

**ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DE UN RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO ELABORADO A PARTIR DE
CERA DE LAUREL**

**DIANA LISBETH ACOSTA ALVEAR
JOHANA CAROLINA ANDRADE CHAPAL**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2012**

**ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DE UN RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO A PARTIR DE CERA DE LAUREL**

**DIANA LISBETH ACOSTA ALVEAR
JOHANA CAROLINA ANDRADE CHAPAL**

**Tesis de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agroindustrial**

**Director:
MAURICIO ALEXANDER BUCHELI JURADO
Ingeniero Agroindustrial**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2012**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanada del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Asesor
MAURICIO BUCHELI JURADO

Firma del Jurado
GLORA CRISTINA LUNA

Firma del Jurado
OSWALDO OSORIO MORA

San Juan de Pasto, Noviembre de 2012

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, por haberme dado la vida y permitirme alcanzar esta meta tan importante en mi formación profesional.

A mi madre, por ser la base fundamental de mi existencia, quien con su cariño y apoyo incondicional hace de mí una mejor persona. A mi padre, porque a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para él, como lo es para mí. A mis hermanos, Juan Felipe y Miguel Ángel, por ser tan especiales e importantes, ya que su amor es la fuerza necesaria para superar todos los retos. A cada uno de los miembros de mi familia por creer en mí, por su afecto y devoción.

Johana Carolina Andrade

DEDICATORIA

A Dios quien siempre estuvo a mi lado, y a quien le debo todo en mi vida.

A mi madre LUZ ALVEAR, mi hermano DAVID MAURICIO y mi familia por su inmenso cariño y apoyo incondicional, quienes han sido la razón de todo este camino recorrido y hoy haber dado un paso más en la búsqueda de un sueño.

A mis compañeros, amigos y a todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de este camino, quienes me regalaron experiencias enriquecedoras e hicieron de momentos y lugares los recuerdos más hermosos de mi vida.

DIANA ACOSTA ALVEAR.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Mauricio Bucheli, por su vital asesoría y colaboración en cada una de las fases del presente trabajo.

MSc. Gloria Cristina Luna y PhD. Oswaldo Osorio Mora, quienes a través de sus valiosos aportes contribuyeron en el desarrollo de la investigación.

Grupo de investigación PIFIL, por su contribución en materias primas, conocimiento y apoyo.

Grupo de investigación TEA, por el aporte en instalaciones y equipos para la realización de esta investigación.

Funcionarios del SENA, por su contribución en el desarrollo de la investigación.

Personal de planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial por su amabilidad y apoyo.

A todos los profesores, compañeros y en general a cada una de las personas que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Los recubrimientos comestibles responden a muchos objetivos perseguidos por los sistemas de conservación de alimentos, en especial del sector hortofrutícola, siendo ampliamente estudiados debido a su capacidad de aumentar el tiempo de vida útil del producto sin generar alteraciones organolépticas.

La cera de laurel es un material lipídico renovable, con un potencial uso dentro de esta tecnología, sin embargo hasta hoy solo se encuentra un precedente adicional a esta investigación, el cual evaluó la sustitución de la parafina por la cera de laurel para el recubrimiento de quesos madurados, para ello se realizó una formulación con materiales netamente lipídicos, que conservaron el producto, sin embargo, se presentaron deficientes propiedades mecánicas que generaron agrietamiento en la superficie del queso.

Este inconveniente fue la base de la presente investigación la cual estudió alternativas de mejoramiento para las propiedades mecánicas del revestimiento con el fin de probar sus efectos sobre las frutas, en este caso sobre tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S), para ello se indagó las causas de los problemas reportados y se concluyó que estos radicaban en la formulación ya que solo se trabajó mezclas entre lípidos, lo cual no fue suficiente para ajustar las características de la cera de laurel en pro de alcanzar la funcionalidad de un recubrimiento alimentario, esta composición además generó problemas sensoriales en los quesos.

Ello llevó a la reformulación del recubrimiento utilizando diferentes aditivos como plastificantes, emulsificantes, tensoactivos, entre otros que le proporcionaron buenas propiedades mecánicas y funcionales.

Las cantidades de cada aditivo se establecieron con pruebas preliminares al igual que los límites de manejo del agua y el almidón, compuestos que se variaron dentro de la formulación en tres niveles alto (1), medio (0) y bajo (-1). Tras este proceso se encontró la formulación óptima y se probó su desempeño mediante la evaluación de propiedades sensoriales y fisicoquímicas como pérdida de peso, transpiración, acidez titulable, pH, sólidos solubles, firmeza, índice de madurez y respiración que se analizaron en el programa Statgraphics centurión XV.

El análisis estadístico arrojó excelentes resultados respecto a las propiedades de barrera frente al agua, reflejado en la reducción del porcentaje de pérdida de peso e incremento de la firmeza del tomate, acompañado por una apariencia agradable, de igual manera los índices de madurez y de respiración presentaron valores inferiores a los reportados por los testigos, esto hizo que el recubrimiento aumentara en 5 días el tiempo de vida útil del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S).

ABSTRACT

Edible coatings serve many objectives of the food preservation systems, especially the horticultural sector, being widely studied due to its ability to increase the shelf life of the product without causing organoleptic changes.

Laurel wax is a renewable lipid material, with potential use in this technology, but until now only a precedent is additional to this research, which evaluated the replacement of paraffin wax for coating laurel ripened cheeses, for that purpose a purely lipid formulation with materials which retained the product, however, showed poor mechanical properties cracking generated on the surface of the cheese.

This drawback was the basis of this research which studied alternatives for improving the mechanical properties of the coating in order to test their effects on fruit, in this case on tree tomato (*Cyphomandra betacea* S), for it was investigated the reported causes of the problems and found that these lay in the formulation as only worked lipid mixtures, which was not sufficient to adjust the characteristics of the wax towards laurel achieve the functionality of a food coating, this composition also generated sensory problems in cheese.

This led to the reformulation of the coating using different additives such as plasticizers, emulsifiers, surfactants, and others who provided good mechanical and functional properties.

The amounts of each additive preliminary tests were established limits as water management and starch compounds were varied within the formulation in three levels high (1), middle (0) and lower (-1). After this process the optimum formulation was found and tested for performance by assessing sensory and physicochemical properties such as weight loss, sweating, titratable acidity, pH, soluble solids, firmness, respiration rate and maturity that were analyzed in the program Statgraphics Centurion XV.

Statistical analysis yielded excellent results with respect to the barrier properties against water, as reflected in the reduction of percentage weight loss and increased firmness tomato, accompanied by a pleasing appearance, similarly rates of respiration and ripening levels were below those reported by witnesses, this made the coating increased by five days the lifetime of tree tomato (*Cyphomandra betacea* S).

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO TEORICO	23
4.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	23
4.2 ANTECEDENTES DEL TEMA	29
5. METODOLOGÍA	37
5.1 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO A BASE DE CERA DE LAUREL	37
5.1.1 Obtención de la cera de laurel.	37
5.1.2 Reactivos utilizados en la preparación de los recubrimientos comestibles.	37
5.1.3 Pruebas preliminares para la determinación de la formulación óptima. ...	37
5.1.3.1 Determinación de la cantidad de cera.	38
5.1.3.2 Determinación del plastificante	39
5.1.3.3 Determinación del emulsificante.	40
5.1.3.4 Otros aditivos.	40
5.1.4 Diseño experimental.	41
5.1.5 Determinación de la efectividad del recubrimiento obtenido con respecto a la pérdida de peso.	41
5.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SENSORIALES DEL RECUBRIMIENTO OBTENIDO	42
5.2.1 Porcentaje de humedad.	43
5.2.2 Porcentaje de cenizas.	44
5.2.3 Caracterización sensorial del recubrimiento.	45

5.3	EFFECTOS FISICOQUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS DEL RECUBRIMIENTO SOBRE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Cyphomandra betacea</i> S.) COMO RESPUESTA A LOS DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN.	46
5.3.1	Obtención del tomate de árbol	46
5.3.2	Elaboración del recubrimiento.....	46
5.3.3	Aplicación del recubrimiento..	46
5.3.4	Evaluación fisicoquímica de los fruto.	47
5.3.5	Pruebas de evaluación organoleptica..	51
5.3.5.1	Análisis pruebas sensoriales.....	53
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
6.1	FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO A BASE DE CERA DE LAUREL	54
6.1.1	Efectividad del recubrimiento obtenido con respecto a la pérdida de peso.	59
6.2	CARACTERIZACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO.....	60
6.2.1	Composición del recubrimiento alimentario.....	60
6.2.2	Parámetros fisicoquímicos del recubrimiento.	61
6.2.2.1	Densidad.....	61
6.2.2.2	Viscosidad.....	62
6.2.2.3	Otras características del recubrimiento:.....	63
6.2.3	Parámetros sensoriales del recubrimiento:	63
6.3	EFFECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL RECUBRIMIENTO SOBRE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Cyphomandra betacea</i> S.).....	64
6.3.1	Pérdida de peso y firmeza..	64
6.3.2	Sólidos solubles (°Brix).	66
6.3.3	Acidez titulable y pH.....	67
6.3.4	Índice de madurez.....	69
6.3.5	Índice de respiración.....	71
6.3.6	Transpiración.	73

6.3.6.1	Transpiración en condiciones ambientales	73
6.3.6.2	Transpiración en refrigeración.	74
6.3.6.3	Transpiración en incubación.	75
6.3.7.	Evaluación organoléptica:	77
6.3.7.1	Evaluación sensorial de preferencia..	77
6.3.7.2	Evaluación sensorial discriminativa triangular.....	78
6.3.7.3	Evaluación sensorial clasificación por medio de escalas de intervalo	78
7.	CONCLUSIONES	80
8.	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFIA	82
	ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características físico-químicas de la cera de laurel.....	28
Tabla 2. Matriz experimental formulación recubrimiento.....	41
Tabla 3. Porcentaje de pérdida de peso del tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i> S.) recubierto con diferentes formulaciones a base de cera de laurel	54
Tabla 4. Análisis de Varianza para pérdida de peso.....	55
Tabla 5. Optimización de la formulación del recubrimiento.....	58
Tabla 6. Tabla ANOVA para pérdida de peso por tratamiento.....	60
Tabla 7. Componentes del recubrimiento alimentario y su clasificación	61
Tabla 8. Características del recubrimiento alimentario a base de cera de laurel	63
Tabla 9. Parámetros sensoriales del recubrimiento alimentario a base de cera de laurel	63
Tabla 10. Seguimiento Pérdida de Peso.....	64
Tabla 11. Seguimiento Firmeza	64
Tabla 12. ANOVA para pérdida de peso por tratamiento	65
Tabla 13. ANOVA para firmeza por tratamiento	65
Tabla 14. Seguimiento Sólidos Solubles.....	66
Tabla 15. ANOVA para sólidos solubles por tratamiento	67
Tabla 16. Seguimiento pH y Acidez titulable.....	68
Tabla 17. ANOVA para acidez titulable por tratamiento	69
Tabla 18. ANOVA para pH por tratamiento.....	69
Tabla 19. Seguimiento índice de madurez.....	70
Tabla 20. ANOVA para índice de madurez por tratamiento.....	70
Tabla 21. ANOVA para índice de respiración por tratamiento	73
Tabla 22. ANOVA para % transpiración bajo condiciones ambientales por tratamiento	74
Tabla 23. ANOVA para % transpiración en refrigeración por tratamiento.....	75

Tabla 24.	ANOVA para % transpiración en incubación por tratamiento	76
Tabla 25.	Presentación resultados evaluación sensorial de Preferencia	78
Tabla 26.	Presentación resultados evaluación sensorial de Preferencia	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tomate con aplicación directa de cera de laurel.....	38
Figura 2. Tomates con recubrimientos cuyas formulaciones contenían una cantidad inadecuada de cera de laurel	39
Figura 3. Medición de la viscosidad	43
Figura 4. pH metro HANNA HI 8314	43
Figura 6. Mufla y Crisol	45
Figura 7. Muestras del recubrimiento a base de cera de laurel	45
Figura 8. Tabla de color del tomate de árbol según su grado de madurez	46
Figura 9. Balanza Analítica	47
Figura 10. Medición pH.....	48
Figura 11. Medición Sólidos Solubles	48
Figura 12. Medición Acidez Titulable	49
Figura 13. Medición Intensidad Respiratoria.....	50
Figura 14. Penetrómetro	50
Figura 15. Tomates sometidos a refrigeración y a condiciones ambientales	51
Figura 16. Tomates sometidos a Incubación	51
Figura 17. Jueces realizando evaluación sensorial en la Universidad de Nariño (arriba, aula Ing. Agroindustrial, abajo, aula PIFIL).....	53
Figura 18. Jueces realizando evaluación sensorial en el laboratorio de control de calidad de alimentos SENA.....	53
Figura 19. Porcentaje de pérdida de peso del tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i> S.) recubierto con diferentes formulaciones a base de cera de laurel	55
Figura 20. Diagrama de Pareto Estandarizado para porcentaje pérdida de peso.....	56
Figura 21. Grafica de efectos principales para % pérdida de peso.....	57
Figura 22. Grafica de interacción para % pérdida de peso	57
Figura 23. Superficie de respuesta estimada para porcentaje de pérdida de peso	58

Figura 24. Comparación del Porcentaje de pérdida de peso del tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i> S.) recubiertos Vs. Testigos.....	59
Figura 25. Gráfico de medias de Fisher LSD para porcentaje pérdida de peso...	60
Figura 26. Recubrimiento aplicado por método de inmersión	62
Figura 27. Gráfico de Medias y Fisher LSD 95% para pérdida de peso y firmeza	65
Figura 28. Gráfica de Medias y de Fisher LSD 95% para Sólidos Solubles	67
Figura 29. Gráfico de medias y de Fisher LSD 95% para acidez titulable y pH...	68
Figura 30. Gráfico de medias y de Fisher LSD 95% para índice de madurez.....	70
Figura 31. Gráfico del comportamiento de la respiración para tomates con y sin recubrimiento	71
Figura 32. Apariencia de tomate recubierto (izquierda) y testigo (derecha) al día 16.....	72
Figura 33. Gráfico de medias y Fisher LSD 95% para índice de respiración	72
Figura 34. Comportamiento de la transpiración en condiciones ambientales	74
Figura 35. Comportamiento de la transpiración en refrigeración	75
Figura 36. Comportamiento de la transpiración en condiciones incubación	76
Figura 37. Gráficos de medias y Fisher LSD 95% para transpiración en los tres ambientes estudiados (refrigeración, ambiental, incubación)	77
Figura 38. Evaluación del olor percibido por los jurados para muestras de tomate recubiertos y testigos	79

INTRODUCCIÓN

El creciente deterioro ambiental asociado con el uso masivo de materiales plásticos derivados del petróleo en el empaque y embalaje de los alimentos, ha propiciado la búsqueda de nuevas alternativas para su sustitución cuyas fuentes sean materiales renovables, biodegradables y de origen natural, este interés se centra además en compuestos que interaccionen efectivamente con el producto, que permitan una modificación adecuada de los gases internos, y sobre todo, que no modifiquen las características sensoriales del mismo (Guilbert et al., 1996).

Es así como en los últimos años se ha incrementado el uso de diferentes recubrimientos alimentarios o comestibles, como alternativa de envasado natural, convirtiéndose en una técnica innovadora para la conservación de la calidad de los alimentos, en especial de productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola (Cereda et al., 2003).

La implementación de esta tecnología es un campo prometedor, aun sin explorar a plenitud, que implica la búsqueda de productos con potencial para llegar a ser parte de la matriz estructural de este tipo de recubrimientos, dentro de este grupo se encuentran, carbohidratos, proteínas, lípidos, entre otros, estos pueden actuar como constituyente único o manejarse en mezclas, todo con el fin de aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre ellos, para lograr las mejores propiedades mecánicas y de barrera, ya que estas dependen directamente de los compuestos que integran la matriz (Altenhofen et al. 2009).

Cada tipo de recubrimiento tiene características propias definidas por su composición, es así como los carbohidratos son excelentes fuentes de biopolímeros, además su bajo precio y accesibilidad despierta un gran interés a nivel mundial, reflejado en diversas investigaciones que han comprobado su efectividad, entre ellos el almidón de yuca a tenido gran acogida debido a que presenta buen aspecto, no es pegajosa, es brillante y transparente, mejora el aspecto visual de la fruta y puede ser removida con agua, lo que representa una alternativa potencial para ser utilizado en la conservación de frutas y hortalizas (Cereda et al., 1995; Arvanitoyannis y Biliaderis, 1999, Fishman et al., 2000; Bengtsson et al., 2003; Medina y Salas, 2008; Ruiz et al., 2009).

Los polisacáridos y las proteínas son buenos materiales para la formación de recubrimientos, ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales (Altenhofen *et al.*, 2009; Arvanitoyannis *et al.* 1997; Bosquez-Molina *et al.*, 2010; Chambi & Grosso, 2006; Ponce *et al.*, 2008; Shresta *et al.*, 2003; Sobral *et al.*, 2001; Tanada-Palmu & Grosso, 2005), pero presentan una pobre capacidad de barrera frente a la humedad, este problema no se encuentra en los lípidos dadas sus propiedades hidrofóbicas, especialmente en los que poseen puntos de fusión altos tales como la cera de abejas y la cera carnauba

(Shellhammer & Krochta, 1997; Morillon *et al.*, 2002; Caceres *et al.*, 2003), sin embargo ellos presentan baja resistencia mecánica, que debe contrarrestarse con el uso de aditivos (García *et al.*, 2000; Mchug *et al.*, 2000).

Colombia también ha incursionado en el estudio de este tema, y ha desarrollado investigaciones que han comprobado la efectividad del uso de diferentes revestimientos para la conservación de diferentes frutas tales como el níspero, cuya película se elaboró a partir de quitosano (Marquez *et al.* 2009), mientras que las fresas se evaluaron con revestimientos de gel mucilaginoso de sábila (Restrepo, 2009), de almidón de yuca y proteína aislada de soya (Saavedra *et al.*, 2010); igualmente el propóleo se utilizó en la conservación de mango y aguacate (Figuerola *et al.*, 2011).

En la ciudad de Pasto, se probó las capacidades de la cera de laurel, producto que se obtiene del arbusto del mismo nombre, común en el departamento de Nariño, para ello se usó la cera como sustituto de la envoltura de parafina en quesos madurados, a raíz de esto se determinó la viabilidad de su uso para este fin, sin embargo se presentaron algunas deficiencias en las propiedades mecánicas, como la baja elasticidad y flexibilidad del recubrimiento, causas que llevaron al resquebrajamiento del mismo y por ende a la mala presentación del producto (Mosquera *et al.*, 2002).

Esta fue la razón principal para emprender la presente investigación, cuyos objetivos se dirigieron a contrarrestar los problemas mecánicos presentados por el recubrimiento a base de cera de laurel, para ser probado sobre la calidad del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) a través de pruebas fisicoquímicas y sensoriales.

Para ello, se superaron las deficiencias de la matriz del revestimiento aplicado sobre quesos, a través de la reformulación, creando así un recubrimiento “compuesto” que consiste en la combinación de lípidos e hidrocoloide, para formar una emulsión a la cual también se le agregaron aditivos tales como plastificantes, emulsificantes, entre otros, alcanzando así las mejores propiedades mecánicas y funcionales, comprobadas en su aplicación sobre la superficie del tomate.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El empaque y embalaje de los alimentos ha mejorado el proceso de comercialización de los diferentes productos, en especial de los hortofrutícolas, ya que evitan posibles daños mecánicos, fisicoquímicos o biológicos, sin embargo esto acarrea un enorme problema ambiental debido a que en la mayoría de los casos se elaboran a partir de productos plásticos y polímeros sintéticos derivados del petróleo, materiales que al no ser biodegradables, son responsables de gran parte de los residuos contaminantes que se acumulan en la naturaleza. Además, su fabricación requiere un alto costo energético, energía que se pierde en gran medida porque suelen tirarse tras el primer uso; asimismo, su destrucción es igualmente muy costosa, energéticamente hablando, y muy contaminante en la mayoría de los casos.

“La incineración de determinados tipos de plástico es una de las causas de la lluvia ácida que destruye bosques y la salud de los seres humanos; mientras que abandonados a la intemperie, sus cadenas moleculares resisten a romperse por la acción de agentes naturales, razón por la cual generalmente necesitan un promedio de 150 años para degradarse”¹.

A pesar de todas estas desventajas, “la utilización de este tipo de empaques dentro de la industria alimentaria parece continuar en auge debido a su capacidad protectora, en especial dentro del sector agrícola, ya que sus productos presentan pérdidas postcosecha que rondan entre un 25 y 50% sobre la producción”², “mermas de esta magnitud representan una reducción significativa de alimentos y un considerable daño económico para los comerciantes y especialmente para los productores”³.

Como alternativa a toda esta problemática se vienen desarrollando recubrimientos alimentarios o comestibles, elaborados a partir de productos naturales y renovables, este proceso no requiere grandes costos energéticos y además no genera desechos ya que en la mayoría de los casos son biodegradables. “Bajo este contexto esta opción constituye un método ambientalmente interesante para mejorar la calidad, estabilidad y salubridad de muchos alimentos, siendo una oportunidad para contrarrestar las pérdidas postcosecha en frutas y hortalizas, sin embargo ellos presentan factores limitantes en su desarrollo e implementación,

¹ INFORMA ANUAL AMBIENTAL. 2009. Agencia de protección ambiental, ministerio de ambiente y espacio publico. Buenos Aires, Argentina: s.n. Pp. 86.

² FAO. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Parte II. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Internet: (<http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S07.htm#4>).

³ FAO. Red de informaciones sobre las Operaciones Post-cosecha. Servicio de tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria - División de sistemas de apoyo a la agricultura. Internet: (http://www.fao.org/sd/ruralradio/common/ecg/24516_es_post_harvest).

como es el gran número de variables que condicionan su efectividad, las cuales tienen que contemplarse a la hora de diseñar el recubrimiento⁴, para que este pueda cumplir con los requisitos fisicoquímicos para ser utilizados en frutas y hortalizas, estos requisitos se refieren a sus propiedades mecánicas, permeabilidad selectiva, inocuidad, entre otras, los cuales van ligados directamente a su composición y a los parámetros de elaboración.

Diversas investigaciones han demostrado que uno de los materiales más utilizados para la elaboración de recubrimientos debido a sus excelentes propiedades de barrera frente al vapor de agua son los lípidos, aunque estos presentan problemas de estabilidad y elasticidad. Esta teoría se reafirmó mediante una investigación realizada en la Universidad de Nariño, la cual probó la efectividad de un recubrimiento a base de cera de laurel sobre quesos madurados; en ella se demostró la viabilidad de utilizar la cera como materia prima para este fin debido a la capacidad hidrofóbica propia de su composición, sin embargo se encontraron problemas mecánicos reflejados en la baja elasticidad, que generaron una serie de grietas afectando la funcionalidad del recubrimiento y la presentación de los quesos, siendo este un gran inconveniente para la comercialización de dichos productos en el mercado⁵.

Este antecedente fue el punto de partida del presente trabajo, dentro del cual se abordó la utilización de cera de laurel como base para la elaboración de un recubrimiento alimentario para ser utilizado en productos hortofrutícolas tomando como fruta patrón el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.), para ello se superaron los problemas mecánicos presentados por la cera de laurel a través de aditivos naturales que permitieron obtener las características apropiadas para la conservación del fruto, demostrándose así la importancia de la profundización del estudio de la cera de laurel dentro de este campo, ya que puede llegar a constituirse como una materia prima de gran importancia dentro de los recubrimientos alimentarios generando un aporte valioso a esta tecnología ecológicamente sostenible.

⁴ NAVARRO T, María LI. 2007. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Valencia. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos.

⁵ MOSQUERA M, Soraida. ORTEGA C, Andrea E. 2002. Evaluación de la cera de laurel (*Myrica Pubescens*) en el recubrimiento de quesos maduros. San Juan de Pasto, Tesis de grado zootecnista. Universidad de Nariño. Facultad Ciencias Pecuarias.

2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la industria hortofrutícola hace énfasis en la utilización de nuevas tecnologías favorables al medio ambiente y al consumidor, ello ha provocado la demanda de productos naturales, frescos, saludables y dispuestos para consumir inmediatamente; entre los que se encuentran los mínimamente procesados denominados comercialmente de IV gama, así la oferta de estos productos ha aumentado notablemente, generando competitividad y aportando tecnologías emergentes y sostenibles que garantizan la calidad sensorial y nutritiva, colocando la seguridad alimentaria como factor indispensable.

Por ello se hace necesario implementar estudios dirigidos a la aplicación y evaluación de métodos de conservación innovadores, una de estas alternativas consiste en la utilización de recubrimientos formulados con sustancias naturales biodegradables que proporcionan una cubierta protectora adicional cuyo impacto tecnológico es igual al de una atmosfera modificada, generándose así una alternativa a este tipo de almacenamiento.

Los recubrimientos presentan la ventaja de poder aplicarse a todo tipo de frutas, inclusive aquellas que se consumen con piel, permiten reducir la generación de residuos plásticos de envasado y a diferencia del resto de recubrimientos, se formulan a partir de ingredientes que en su mayoría proceden de fuentes naturales y renovables.

Por lo tanto su aplicación se considera una alternativa que provee mayor sostenibilidad medioambiental frente al envasado con materiales sintéticos, sin embargo, el potencial de los recubrimientos comestibles en post-cosecha es un campo inexplorado a plenitud, siendo necesario buscar aplicabilidad hacia nuevos sistemas investigativos sobre este recurso.

Para ello se hace necesario encontrar nuevas materias primas, como la cera de laurel; producto natural de gran potencial, estudiado ampliamente en el presente trabajo, en el cual se implemento la formulación y elaboración de un recubrimiento alimentario a base de cera de laurel, cuyas propiedades mecánicas y funcionales fueron probadas sobre el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.), fruto seleccionado para esta investigación debido a la importancia comercial y nutricional que representa para la región andina colombiana. Gracias al recubrimiento alimentario aplicado al tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) se logró incrementar el tiempo de vida útil, sin afectar las características fisicoquímicos y organolépticas, generando de esta manera una alternativa viable para dinamizar su comercialización.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de un recubrimiento alimentario a partir de cera de laurel

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la formulación de un recubrimiento alimentario a base de cera de laurel que permita obtener las mejores propiedades mecánicas y de presentación en el producto.
- Establecer los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del recubrimiento obtenido
- Evaluar los efectos organolépticos y fisicoquímicos del recubrimiento sobre tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) como respuesta a los diferentes métodos de aplicación.

4. MARCO TEORICO

4.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Tanto los vegetales como las frutas continúan activos tras la recolección y manifiestan procesos metabólicos de respiración, transpiración, maduración y senescencia, por lo tanto para optimizar su aprovechamiento económico se debe regular su vida útil para adaptarla a las exigencias comerciales.

Durante la respiración, se consumen nutrientes para la obtención de energía necesaria para su metabolismo, por tanto la velocidad de respiración determina la velocidad de deterioro del fruto. “Además de respirar, las frutas transpiran, es decir, pierden agua, lo que trae una serie de alteraciones como la pérdida de turgencia del fruto y cambios de color”⁶.

“Igualmente se dan otros procesos metabólicos de naturaleza enzimática, como la síntesis de pigmentos y la degradación de las paredes celulares, que producen un deterioro en el fruto en la etapa postcosecha”⁷. A la actividad metabólica se suma el desarrollo de microorganismos patógenos, que reduce la calidad de las frutas.

Con el objetivo de retrasar los procesos de deterioro del sector hortofrutícola y para prolongar el periodo de vida útil, se aplican diferentes tecnologías postcosecha. Idealmente, la máxima reducción de la actividad metabólica de las frutas y, por tanto, la máxima vida útil se logra a temperaturas ligeramente superiores al punto de congelación de las mismas, las bajas temperaturas ofrecen la ventaja adicional de disminuir el ritmo de crecimiento microbiano e incluso llegan a impedir la germinación de las esporas fúngicas. Sin embargo, el frío puede ocasionar daños de los tejidos debido a la sensibilidad.

“Por tanto, para determinar la temperatura óptima de almacenamiento es imprescindible estudiar la respuesta del fruto a las bajas temperaturas. La vida útil en refrigeración de los distintos frutos es muy variable y se correlaciona con su intensidad respiratoria”⁸.

La refrigeración es la base de conservación de los frutos, sin embargo con frecuencia la refrigeración tradicional no es suficiente para lograr una óptima calidad de los productos en conservación. Así la refrigeración se complementa con

⁶ WILLIS, R.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D; MCGILASSON, W.B.; HALL, E.G. 1981. En Postharvest, an Introduction to the physiology and Handling of Fruits and Vegetables. Ed. AVI Publishing Co. pp.18-41

⁷ CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. 1976. En Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Vol.1. Zaragoza: Ed. Acribia, Pp. 135-290.

⁸ DAY, B. 1993. Fruit and vegetables, en Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Ed. R. Parry, Blackie Academic & Professional, London, UK,.pp. 115-133.

otras tecnologías como los tratamientos con calor, las atmosferas modificadas y controladas, los tratamientos químicos y las radiaciones ionizantes. Además, la utilización de envolturas plásticas, recubrimientos o películas proporcionan al fruto una barrera de protección adicional y pueden mejorar la calidad de los frutos durante el almacenamiento en refrigeración o incluso a temperatura ambiente.

“Los recubrimientos o películas comestibles consisten en una capa delgada que se pre-forma o forma directamente sobre la superficie de los productos vegetales como una envoltura protectora⁹. Se elaboran a partir de una gran variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos ya sea como componentes únicos o combinados, con la finalidad de desarrollarlas con mejores propiedades de barrera y mecánicas”¹⁰. El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento¹¹, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural de producto que envuelven, tienen compuestos volátiles y también pueden actuar de vehículo de aditivos alimentarios (antimicrobianos, microorganismos de control biológico, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc.)¹².

“Los recubrimientos a base de lípidos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad y a su capacidad de formar una red molecular densa y ordenada tras un enfriamiento adecuado, presentando así una escasa permeabilidad al vapor de agua”¹³. La pérdida de humedad en frutas y vegetales frescos disminuye la firmeza y el peso de los productos afectando su calidad y como consecuencia ocurren pérdidas económicas durante su comercialización.

“Los lípidos presentan el siguiente orden de eficiencia en sentido decreciente como barrera frente a la humedad: Ceras > grasas sólidas > lecitina, acetoglicéridos > aceites líquidos”¹⁴.

La composición y factores de elaboración, por una parte, y la interacción con el agua, el oxígeno y los demás componentes del alimento por otra, influyen en las propiedades fisicoquímicas, funcionales y organolépticas de la película o

⁹ DEL VALLE, V., HERNANDEZ MUÑOS, P., GUARDA, A., and GALOTTO, M. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia Picus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. Food Chemistry 9. Pp. 751-756.

¹⁰ KESTER, J., AND FENNEMA, O. 1986. Edible films and coatings: A review. Food Technology 40. Pp.47-59

¹¹ KROCHTA, J.M.; De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: changes and opportunities. Food Technol., 51:61-72.

¹² MELLENTHIN, W.M, CHEN, P.M, BORGIC, D.M. 1982. In-line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of 'Bartlett' and 'd'Anjou' pears. HortSci.

¹³ KESTER, J. J.; FENNEMA, O.R. 1986. Edible films and coatings: a review. Food Technol.

¹⁴ BUREAU, G., MULTON, J.L. Embalaje de los alimentos de gran consume. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A. 1995.p. 351

recubrimiento¹⁵. Generalmente recubrimientos lipídicos presentan algunas limitaciones tales como, propiedades mecánicas pobres y en ocasiones mala apariencia¹⁶; es por eso que los lípidos son mezclados con otras sustancias como polisacáridos, ya que estas combinaciones proporcionan al recubrimiento mayor estabilidad. Actualmente, la mayoría de los recubrimientos contienen aditivos, como plastificantes, emulsificantes y agentes tensoactivos, mejorando así las propiedades estructurales o de manipulación del recubrimiento, al igual que la calidad, el flavor, el color o las propiedades nutritivas del producto recubierto.

“Las películas o recubrimientos formados por varios compuestos se han diseñado para aprovechar las propiedades funcionales complementarias de los distintos tipos de materiales filmógenos comestibles y para limitar los inconvenientes propios de cada uno de ellos, a este tipo de asociación se le denomina películas o recubrimientos de materiales compuestos”¹⁷.

Las películas y recubrimientos heterogéneos se aplican bien en forma de emulsión o suspensión de los constituyentes miscibles en capas sucesivas, denominados multicapa, o bien disueltos en un solvente común; lo cual influye en sus propiedades de barrera.

“En el caso de los lípidos generalmente se crean asociaciones con una matriz estructural a base de hidrocoloide, ya que los lípidos y sus derivados poseen las mejores propiedades de barrera frente a la transferencia de agua, sin embargo se plantean numerosos problemas de aplicación, estabilidad mecánica y química y/o calidad organoléptica, los cuales se corrigen gracias a esta sociedad”¹⁸.

“En el caso de las emulsiones se utilizan agentes emulsificantes en las formulaciones con el fin de favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y mejoran la capacidad del recubrimiento para impregnar al alimento y formar una capa continua en la superficie del mismo. Además, las formulaciones pueden incluir agentes plastificantes que mejoren su integridad física”¹⁹.

“La incorporación de plastificantes tiene como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos quebradizos. La rigidez de los recubrimientos se debe a las fuerzas de cohesión que estabilizan la matriz polimérica de polisacárido o proteína. Los plastificantes debilitan estas fuerzas de cohesión entre las cadenas de polímero, incrementando la movilidad de las mismas y mejorando

¹⁵ Ibid., p. 353

¹⁶ GARCÍA, M., Martino, M., AND ZARITZKY, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starchbased films and coatings. *Journal of Food Science*

¹⁷ BUREAU. Op. cit., p. 356

¹⁸ Ibid., p. 357

¹⁹ ROMERO, C., MARTIN, M., VELAZQUEZ, G., TORRES, J. 2004. Effect of plasticizer, pH and hydration on the mechanical and barrier properties of zein and ethylcellulose films. *Ciencia y tecnología alimentaria*. Volumen 4.

la flexibilidad de la matriz polimérica. Sin embargo, la reducción de la cohesión del polímero se traduce en un incremento de la permeabilidad a los gases y al vapor de agua del recubrimiento²⁰. Algunos de los plastificantes utilizados en la formulación de recubrimientos son polioles, como glicerol, polietilenglicol, propilenglicol, sorbitol, sacarosa y glucosa, que tienen naturaleza hidrofílica y reducen significativamente la barrera al vapor de agua del recubrimiento. “Para preservar la barrera al vapor de agua de los recubrimientos se pueden utilizar otros plastificantes de naturaleza hidrofóbica, como los ácidos grasos y sus derivados, y los aceites que, sin embargo, aumentan la permeabilidad al oxígeno del recubrimiento. Por tanto, en función de las características requeridas del recubrimiento se pueden utilizar un tipo u otro de plastificante, o una combinación de ellos”²¹.

Los emulsificantes, tensoactivos o surfactantes son sustancias anfifílicas con actividad superficial. Reducen la tensión interfacial sólido-líquido aumentando la capacidad del recubrimiento para impregnar al alimento en la etapa de aplicación del mismo. También reducen la tensión interfacial agua-lípido, favoreciendo la dispersión de los lípidos en agua y, por tanto, la formación de recubrimientos emulsionados. Por su carácter anfipático, estabilizan las emulsiones y reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas de los polímeros, actuando, en cierto modo, como plastificantes de los mismos. Algunos de los emulsificantes usados en la formulación de recubrimientos comestibles son: ácidos grasos, monoacilgliceroles, lecitina y sus derivados, propilenglicol, monoestearato, glicerol monoestearato, ésteres de ácidos grasos y sorbitan o polioxeno y ésteres de sacarosa²².

Las proteínas y polisacáridos, suelen ser empleados como componentes principales en la formulación de recubrimientos emulsionados, gracias a su actividad estabilizante, por lo que en algunos casos no es necesario la incorporación de otros agentes emulsificantes o tensoactivos. Tanto las proteínas como los polisacáridos se sitúan en la interfaz lípido-agua y establecen fuerzas de repulsión que evitan la coalescencia de las partículas de lípido, siendo estas de naturaleza electrostática en el caso de proteínas y estérica en el caso de polisacáridos²³.

Las características de los recubrimientos, y en concreto su composición, han sido objeto de continuas modificaciones. Así el agua, como solvente de las formulaciones de recubrimientos, ha remplazado a los hidrocarburos de petróleo y el uso de algunos componentes ha dejado de estar autorizado por

²⁰ BANKER, G.S. 1966. Film coating theory and practice. J. Pharm. Sci., 55. pp 81-89.

²¹ MCHUGH, T.H; KROCHTA, J.M. 1994. Permeability properties of edible films. En Edible Coatings and films to improve Food Quality. Eds. J.M. VI.

²² BALDWIN, E. A. 1999. Surface treatments and edible coatings in food preservation. En Handbook of food preservation. Ed. M. Shafiur-Rahman, Marcel Dekker, Inc. New York, U.S.A. p. 577-609.

²³ CALLEGARIN, F., QUEZADA, J.A., DEBEAUFORT, F., VOILLEY, A. 1997. Lipids and biopackaging. J. Am. Oil Chem. Soc., p.1183-1192

la legislación de los distintos países. En España, por ejemplo, la legislación vigente desautoriza el uso de componentes como la “cera montana”, la “resina de colofonia” y la “parafina” utilizados con anterioridad. La composición de los recubrimientos, por tanto, está sujeta a continuos cambios en base a las necesidades de cada momento y la tendencia actual es excluir los ingredientes que pudieran causar algún perjuicio. En este sentido, se observa un creciente interés por desarrollar recubrimientos alternativos a las ceras comerciales utilizadas por la industria. Las ceras comerciales son emulsiones iónicas cuya formulación requiere del uso de coadyuvantes, como el amoníaco, que pueden presentar toxicidad por inhalación y suponen un problema de salud laboral en las industrias de elaboración de las mismas²⁴.

En los últimos años, el creciente interés de consumidores y productores por productos saludables, así como por preservar el medio ambiente, ha impulsado el desarrollo de recubrimientos formados a partir de sustancias naturales comestibles y biodegradables. Los recubrimientos comestibles presentan la ventaja de poder aplicarse a todo tipo de frutas, inclusive aquellas que se consumen con piel como la fresa, la cereza y la frambuesa. Permiten reducir la generación de residuos plásticos de envasado y, a diferencia de otros recubrimientos, se formulan a partir de ingredientes que, en su mayoría, proceden de fuentes renovables, evitando el uso de parafinas, aceites minerales, polietileno oxidado y plásticos procedentes del petróleo, por tanto, se convierten en una alternativa saludable de mayor sostenibilidad medioambiental al envasado con materiales sintéticos y viables en las distintas regiones del mundo.

Los recubrimientos comestibles o de grado alimentario se constituyen como uno de los métodos más estudiados para la conservación de productos hortofrutícolas debido a su gran potencial aun sin explorar a plenitud, dentro del vasto material por analizar se encuentran las materias primas utilizadas para ello, entre las cuales se debe empezar a considerar la cera de laurel.

Esta cera se obtiene de forma natural del fruto del Laurel, arbusto de origen holártico, común en el departamento de Nariño, el cual ha sido utilizado en la elaboración de productos como velones, jabones de baño, cera para pisos y betún, además también se emplea en el proceso de fabricación de panela para facilitar el desmoldado, ya que antes de verter las mieles generadas de la caña molida en la última paila se adiciona cera de laurel, evitando así que la miel se pegue a las paredes de la misma.²⁵

²⁴ NAVARRO, M., PÉREZ, M., CHIRALT, A. 2007. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Universidad Politécnica De Valencia.

²⁵ MUÑOZ, J., LUNA, C., CUEVA, K., LASCANO, M., GUERRERO, P. 2003. El laurel de cera una especie promisorio de los andes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO, p. 73-76.

A nivel de recubrimiento se lo ha utilizado experimentalmente como sustituto de la parafina en quesos madurados, sin embargo existen parámetros como su olor, color y elasticidad que hay que controlar para que funcione adecuadamente²⁶.

“La obtención de esta cera en el departamento de Nariño se realiza bajo condiciones tradicionales, empleando unas prensas de madera que son instaladas en las fincas durante la época de beneficio”.²⁷

“El rendimiento de cera depende de la madurez del fruto en la cosecha y del sitio de donde procede, generalmente se alcanza un valor del 16.6%, el cual dependiendo de la calidad del fruto puede llegar hasta un 24%”.²⁸

Las características físico-químicas de la cera de se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Características físico-químicas de la cera de laurel

CARACTERÍSTICA	VALOR
Densidad a 25°C	0.92-0.9623 g/ml
Punto de fusión	39 °C
Humedad	5.8%
Materia seca	90.24-99.00%
Extracto con agua 45°C	35.70%
Extracto etéreo	52.30-99.60%
Índice de refracción a 40°C	1.4744
Índice de acidez	0.28-1.02 mg KOH/g
Índice de saponificación	216-224 mg KOH/g
Índice de yodo	1.40-3.30 GL/100
Residuo insaponificable	0.12-0.25%
Grasa (extracto etéreo)	98.90%

Fuente: El Laurel de cera una especie promisorio de los Andes, 2003.

Las características generales de esta cera, su proveniencia y su forma de extracción hacen de este un material natural el cual puede estudiarse ampliamente dentro de la industria alimentaria, ya que se ajusta a los requerimientos actuales de consumo que buscan materias primas seguras y sustentables.

²⁶ MOSQUERA M, S., ORTEGA C, A. Op. cit., p.87.

²⁷ MUÑOZ. Op. cit., p.63.

²⁸ *Ibíd.*, p. 65.

4.2 ANTECEDENTES DEL TEMA

Según Guilbert en 1986, los recubrimientos comestibles se definen como productos que forman una fina capa sobre el alimento, concepto que en 1997, gracias a Krochta y Mulder-Johnston se complementó al afirmar que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento y que ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven y también pueden actuar de vehículo de aditivos alimentarios antimicrobianos, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc.

“Las técnicas de revestimiento se han utilizado siglos, antes del desarrollo de los polímeros plásticos. Por ejemplo, la cera de abejas se utilizó en China durante los siglos XII y XIII, para revestir frutos cítricos con objeto de retrasar la pérdida de agua²⁹.y en Europa durante el siglo XVI, se recurrió al revestimiento de trozos de carne con grasa, para prevenir la desecación”³⁰.

“Desde 1930, el empleo de ceras y resinas naturales y sintéticas para revestir frutas frescas y hortalizas, ha sido objeto de investigación y aplicación práctica en Estados Unidos, Reino Unido y Australia”³¹. La primera referencia sobre el desarrollo de revestimientos comestibles para su utilización en productos cárnicos data de los últimos años de la década de 1950³².

En los últimos cuarenta años se han ido generalizando algunas prácticas, como por ejemplo, el recubrimiento de frutas con películas de parafina o cera, el microacondicionamiento de polvos en capsulas de gelatina, el empleo de una barrera constituida por grasa y cacao para evitar el reblandecimiento de los conos de los helados e incluso el microencapsulado de compuestos volátiles o fácilmente alterables³³.

“Nuevas investigaciones pretenden expandir y perfeccionar las tecnologías y materiales de revestimiento con vistas a una posterior mejora de la calidad y estabilidad de forma inocua y amigable con el medio ambiente. Otros tratamientos de superficie de los alimentos incluyen la aplicación de antioxidantes, acidificantes, fungicidas, conservantes y sales minerales”³⁴.

En el 2004, Jorge Siller et al³⁵, evaluaron las condiciones de almacenamiento y encerado que afectan la calidad del mango, para la prueba se utilizaron dos lotes

²⁹ SHAFIUR, M. Manual de conservación de los alimentos. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A. 2003.p. 615.

³⁰ *Ibíd.*, p. 616

³¹ *Ibíd.*, p. 616

³² *Ibíd.*, p. 617

³³ BUREAU. *Op. cit.*, p. 331

³⁴ SHAFIUR. *Op. cit.*, p. 616

³⁵ RANGEL, D., SILLER, J., DIAZ, J., VALDEZ, B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad de mango. *Revista fitotécnica Mexicana*. Vol. 27.

de fruta, en uno de ellos se probó la cera comercial Britex, mientras que al otro se le dejó como testigo (sin cera). Los resultados mostraron que la cera redujo en un 30% la pérdida de peso de los frutos, pero solamente cuando fueron almacenados en condiciones de alta presión de vapor de agua.

En experimentos sucesivos dados en el 2000, 2003 y 2005, se estudió la efectividad de la cera comercial biodegradable “Semperfreh” elaborada a base de ésteres de sacarosa, determinando que es capaz de reducir la velocidad de maduración de los frutos tratados, manteniéndolos sanos por tiempo prolongado. Esta cera ha sido aprobada por las autoridades reguladoras de los Estados Unidos y la Unión Europea, siendo aceptada por los países de América Central y del Sur, así como en Japón, África del Sur, Australia, y China.

En el 2003, Kluge³⁶, experimentó la aplicación de cera “Semperfreh” en diferentes concentraciones (0.5, 1, 1.5 y 2%) sobre tomates (*Lycopersicon lycopersicum*), su aplicación se realizó por inmersión durante un minuto, luego se realizó un secado con ventilación forzada, luego se conservaron a 25 °C y 70% humedad relativa, finalmente se encontró en los frutos tratados el desarrollo de color tardío, una menor pérdida de peso y firmeza de la pulpa con respecto a los no tratados.

Otro estudio realizado con la cera “Semperfreh”, es el de Venegas³⁷ et al en el 2004, donde estudió el efecto del recubrimiento al 1,0% en frutos de fresa (*Fragaria sp*) de la variedad camarosa, empacados en cajas plásticas y bolsas de polietileno, conservados a la temperatura de 5°C y 90 % de humedad relativa. Como resultado encontraron que estas condiciones redujeron la pérdida de peso y de firmeza, manteniendo la apariencia visual de la fruta, contenido de sólidos solubles y la acidez por un periodo de cinco días.

García Méndez³⁸, en el 2008, con el objeto de aumentar la vida útil y reducir las pérdidas postcosecha durante la comercialización y venta de los frutos de mora (*Rubus glaucus*), se planteó ensayar el tratamiento postcosecha basado en la aplicación superficial de la cera “Semperfreh” al 2%, como parte de las operaciones de la tecnología de IV gama, empleando un empaque con película de plástico polietileno de baja densidad micro (T1) y macro-perforada (T2) combinada con la conservación en refrigeración comercial a 12°C y 80% humedad relativa, analizada por un tiempo de seis días. Para esta prueba se seleccionaron frutos en el grado de madurez comercial. Se encontró que el empaque y la temperatura de

³⁶ KLUGE, R.; K. MINAMI. 2003. Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates “santa clara”. Scientia Agrícola, 54(1-2) : 103-106.

³⁷ VENEGAS, S.; G. SOTO; M. ALCANTARA; J. FLORES, N. OROZCO. 2004. Efecto de un recubrimiento comestible y almacenamiento refrigerado sobre la vida de anaquel de fresa, Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, México, Edición especial 1 (6): 48-53.

³⁸ GARCÍA, A. 2008. Evaluación de un tratamiento postcosecha de la tecnología IV gama en frutos de moras (*Rubus glaucus* Benth). Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha. Vol. 9. Pp 44-54.

conservación utilizada promovieron una atmósfera modificada activa, que permitió disminuir las pérdidas de peso de los frutos, comparados con las muestras sin tratamientos, por un periodo no mayor de cuatro días. Sin embargo, el contenido de sólidos solubles (6,3 °Brix), acidez (0,70 % ácido cítrico), textura (7,5 n) e índice de madurez (IM: 9,00) variaron en detrimento de la calidad comercial, siendo los frutos acondicionados en T2, los que mantuvieron las características similares a las muestras recién cosechadas. En consecuencia este tratamiento resultó en una alternativa para incrementar la vida útil de estos frutos perecederos.

En 2007, se investigó el efecto de un recubrimiento biodegradable, formulado con un terpeno natural de origen vegetal, como alternativa para conservar cítricos en postcosecha, así como el mejor método de aplicación para recubrir la fruta. Los resultados logrados señalan que el recubrimiento terpénico aplicado por pulverización manual sobre naranjas tendría un efecto beneficioso para su conservación postcosecha.

Así también Martínez *et al.*³⁹ evaluaron en el 2006, la aplicación de *áloe vera* como recubrimiento comestible en cereza dulce y en uva de mesa, con resultados bastante satisfactorios con relación a la conservación de las características sensoriales, el control de la actividad respiratoria, la pérdida de humedad, el pardeamiento enzimático y la reducción en la proliferación de microorganismos.

Restrepo F. E Aristizábal T.⁴⁰ en el 2010, realizaron un estudio que se enfocó en aumentar la vida útil de la fresa (*Fragaria x ananassa* duch cv. *Camarosa*), mediante la aplicación de dos recubrimientos comestibles desarrollados a partir del gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis miller*) y cera de carnaúba. Los resultados obtenidos muestran que el recubrimiento comestible de gel mucilaginoso de penca sábila condujo a un aumento en la vida útil de las fresas de por lo menos 10 días, con disminución de la pérdida de humedad, del índice de respiración, y conservación de la firmeza, sin ocasionar cambios perceptibles en el color, en comparación con los frutos utilizados como tratamiento control.

Algunos recubrimientos a base de lípidos presentan ciertas limitaciones tales como, propiedades mecánicas pobres y en ocasiones mala apariencia; es por eso que los lípidos son mezclados con otras sustancias como polisacáridos, ya que estas combinaciones proporcionan al recubrimiento mayor estabilidad.

En el año 2000, se reportó que al mezclar aceite de girasol (*Helianthus annuus*.) Y almidón de maíz (*Zea mays* L.) Con glicerol y sorbitol como plastificante, se obtuvo

³⁹ MARTÍNEZ L, ROMERO N, ALBURQUERQUE JM, VALVERDE F, GUILLÉN S, CASTILLO D, *et al.* 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. Postharvest Biol Tec.

⁴⁰ RESTREPO, J., ARISTIZÁBAL, 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 carnaúba. Revista vitae. Vol. 17.

un recubrimiento, con buenas propiedades mecánicas para adherirse a la zanahoria (*Daucus carota*) Y redujeron la pérdida de vapor de agua tres veces más por encima del control⁴¹.

Igualmente Mc Hugh y Senesi⁴², en el año 2000, realizaron una mezcla de puré de manzana (*Pyrusmalus* L.) Con lípidos (ácidos grasos, alcoholes grasos, ceras y aceite vegetal) y glicerol como plastificante, para elaborar un recubrimiento y aplicarlo en trozos de manzana, este recubrimientos tuvo excelentes propiedades de barrera al oxígeno pero deficientes propiedades de barrera a la humedad, la adición de lípidos garantizó mejores propiedades de barrera al agua. El resultado que obtuvieron fue una buena adherencia del recubrimiento, reducción en la oxidación de los trozos de manzana y poca pérdida de humedad, de igual forma se mantuvo el sabor y el aroma del fruto, concluyendo que a medida que se incrementó la concentración de lípidos se redujo la pérdida de humedad. Actualmente, la mayoría de los recubrimientos son adicionados con glicerol, utilizándolo como plastificante o simplemente para garantizar en el recubrimiento mayores propiedades de barrera a la pérdida de agua.

En el 2003 Caceres *et al.*⁴³, evaluó la mezcla de ceras naturales de carnauba, abeja y candelilla al 10%, combinada con 2% de resina de goma laca, en mandarina, esto redujo la pérdida de peso y se mantuvo la firmeza sin provocar cambios importantes en el contenido de volátiles ni alterar el sabor por 15 días en refrigeración y 7 días a temperatura ambiente (20°C).

Otras investigaciones han reconocido la cera de carnauba como una de las mejores ceras debido al papel que juega sobre la madurez y en general sobre la fermentación, lo cual potencializa los mercados. Una de las investigaciones más destacadas sobre esta cera se llevo a cabo en la Universidad Tecnológica De Curtin, en ella se evaluaron varios recubrimientos sobre el mango, investigándose sus efectos en los parámetros de calidad de la fruta incluyendo el color, la firmeza, las concentraciones de sólidos solubles, acidez total, ácido ascórbico, carotenoides totales y ácidos grasos volátiles⁴⁴.

Para este estudio se utilizo la cera de carnauba, la cera Semprefreh y gel de aloe vera, como control se emplearon frutas sin tratar, tras el encerado, las frutas se dejaron secar a temperatura ambiente y se empacaron en bandejas para su maduración a 21 ± 1 °c y $55,2 \pm 11,1\%$ de humedad relativa hasta que fueron

⁴¹ GARCÍA, M., MARTINO, M., AND ZARITZKY, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science* 65:941–947.

⁴² MCHUNG, T., AND SENESI, E. 2000. Apple Wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science* 65:480–485.

⁴³ CACERES, I., MARTINEZ, J., CUQUERELLA, J., DEL RIO, M. Y NAVARRO, P. 2003. Influencia del encerado en la calidad de la mandarina “Clemenules” procedente de sistemas de producción integrada. *Rev. Iberoamericana de tecnología postcosecha*.

⁴⁴ SINGH, Z. 2008. Investigación de Horticultura Curtin. *Journal Agric. Food Chem.*

comestibles. La cera de carnauba fue la más efectiva en el retraso de la maduración del fruto, manteniendo a la vez la firmeza y la calidad.

Otra investigación realizada sobre el tomate de mesa *Cv debora*, utilizando la cera de carnauba en combinación con cera de frutas, como recubrimiento, demuestra que la aplicación de la cera contribuye a una disminución de la pérdida de peso y del número de frutos descartados debido a lesiones y enfermedades además mantiene de forma eficiente la calidad del tomate.

De igual manera en el 2009, Restrepo J⁴⁵. probó los efectos de dos recubrimientos comestibles a partir del gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis miller*) aplicados sobre la vida útil de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*), el primer tratamiento basado en el gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis miller*), agua y glicerol, mientras que el segundo era una emulsión con cera de carnauba. En los ensayos preliminares quedó demostrado que la utilización del recubrimiento a partir del mucilago, en dilución acuosa, es recomendada a partir de concentraciones del 30% p/p lográndose obtener la formación de películas para la utilización de revestimientos comestibles, cuyos efectos se vieron reflejados en un tiempo de vida útil de 10 días, en los cuales se disminuyeron las pérdidas por humedad, el índice de respiración, manteniendo la firmeza y retrasando los cambios de color, en comparación con los frutos utilizados como tratamiento control.

En términos del análisis sensorial la aplicación de ambos revestimientos fueron aprobados por los jueces en comparación con los frutos control frente a los parámetros de color, olor, textura y sabor los cuales mantuvieron la calidad del fruto hasta por diez días de almacenamiento. La adición de cera carnauba al mucílago de penca sábila mostró un efecto favorable frente a las pérdidas de humedad y un significativo mantenimiento de la firmeza del fruto hasta por 10 días de almacenamiento.

El almidón de yuca ha sido ampliamente estudiado dentro del campo de los revestimientos comestibles y biodegradables, ya que representa una alternativa potencial para ser utilizado en la conservación de frutas y hortalizas. La película de almidón de yuca presenta buen aspecto, no es pegajosa, es brillante y transparente, mejora el aspecto visual de la fruta y puede ser removida con agua.

El uso de almidones para la producción de biopelículas viene siendo un tema de interés razón por la cual ha sido el fundamento de varias investigaciones, entre

⁴⁵ RESTREPO, J. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis Miller*). Tesis de Grado para optar el título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

ellas se encuentra un estudio realizado por Scanavaca *et al*⁴⁶. para determinar la capacidad del almidón de yuca como revestimiento del mango, utilizando soluciones al 0%, 1%, 2% y 3% durante 3 minutos, secadas y almacenados a temperatura ambiente ($\pm 29^{\circ}\text{C}$ y $\pm 87\%$ hr); las frutas fueron analizadas a los 0, 3, 6, 9 y 12 días, encontrando que en los frutos tratados con solución al 3% se redujo la pérdida de agua y se mejoró el aspecto visual mientras que el tiempo de vida útil fue de 12 días frente a 7 que duró el testigo.

Igualmente, Aguilar *et al*⁴⁷. probó la influencia de la concentración de almidón, contenido de glicerol y pH en un recubrimiento de almidón y gelatina sobre la permeabilidad al dióxido de carbono, propiedades mecánicas y firmeza del aguacate Hass, los resultados mostraron que la permeabilidad de la película al CO_2 se incrementó con el aumento del pH y la concentración de almidón, mientras que los mayores valores de deformación se dieron con una baja concentración de almidón y alta de glicerol, en el caso de la resistencia de la película aumentó con la disminución de la concentración de almidón.

Otros estudios realizados por Paola Amaya *et al*⁴⁸. compararon los efectos de la aplicación de solución de almidón nativo de yuca y cera comercial sobre la firmeza, tasa de respiración, grados Brix y pH del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) a temperatura ambiente, tras la investigación no se encontraron diferencias significativas en la evolución de la tasa de respiración, los sólidos solubles y la acidez titulable, mientras que si la hubo en la firmeza, en donde los tomates cubiertos con cera comercial mostraron mayor firmeza y menor tasa de respiración que los frutos cubiertos con la solución de almidón y el testigo.

Múltiples estudios se han realizado a partir de recubrimientos comestibles para tratar de prolongar la vida útil de una fruta tan susceptible, como es la papaya, varias investigaciones han querido abordar el problema a través de películas a base de almidón de yuca, una de ellas realizada por Canto *et al*⁴⁹. Indica como las soluciones al 1% y 3% conservaron el fruto por 4 días sin variación de su calidad y retrasaron los procesos de maduración, decoloración y firmeza.

Igualmente se evaluó el efecto de una película de almidón de yuca (2 %) sobre la papaya almacenadas a temperatura ambiental ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y a 8°C , 82 % de

⁴⁶ SCANAVACA, L., FONSECA, N. ECANTO, M. 2007. Uso de fécula de mandioca na poscolheita de manga Surpresa (*Mangifera indica*), Rev. Bras. Frutic.

⁴⁷ AGUILAR, M. A., SAN MARTÍN, E., TOMÁS, S. A., CRUZ, A. AND JAIME, M. 2008. R.Gelatine starch films: Physicochemical properties and their application in extending the postharvest shelf life of avocado (*Persea americana*), Jou. Sci. Food.

⁴⁸ AMAYA, P., PEÑA, L., MOSQUERA, A., VILLADA, H., VILLADA, D. 2009. Efecto del uso de recubrimientos sobre la Calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*).

⁴⁹ CANTO, M., et al. 2006. Amadurecimiento de mamao formosa (*Carica papaya*) con revestimiento comestível a base de fécula de mandioca, Ciênc. Agrotec. Lavras, 30.

humedad relativa durante 6 días de almacenamiento. Se realizaron análisis de pérdida de peso, color, pH, acidez, carotenoides totales, vitamina c y sólidos solubles totales, cada tres días de almacenamiento. La película comestible de almidón de yuca resultó ser una buena alternativa para la preservación de la papaya durante seis días de almacenamiento, en relación a los parámetros pH, grados Brix, acidez y carotenoides.

Con el mismo fin, se Jiménez *et al*⁵⁰. Estudió el efecto de aplicaciones de ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya almacenados a temperatura ambiente por 12 días. Los tratamientos fueron: testigo (T1), cera 1 (T2) y cera 2 (T3). Diariamente se midió la pérdida de peso, apariencia general y daños externos y cada tres días el pH, sólidos solubles totales y acidez titulable. Los tratamientos con aplicaciones de cera comestible, demostraron no causar daños aparentes a los frutos ni a sus características fisicoquímicas. El comportamiento de los parámetros de calidad presentó una tendencia normal esperada en la maduración de los frutos con incrementos en el pH y los sólidos solubles totales, así como una disminución en la acidez titulable, la aplicación de las ceras no generó diferencias significativas para estos valores, en cuanto a la pérdida de peso el tratamiento 3 mostró una menor reducción que los otros dos tratamientos, los frutos presentaron una buena apariencia externa hasta los 9 días de almacenamiento, a los 12 días todos los frutos fueron afectados por daños patológicos.

Tal como lo indican las investigaciones, los recubrimientos biodegradables y/o comestibles presentan grandes beneficios reflejados en la conservación organoléptica y nutricional de frutas y hortalizas, así como ventajas a nivel de comercialización e incluso ambiental, es por ello que encontrar nuevas e innovadoras materias primas renovables es un punto de gran interés dentro del enfoque alimentario.

En Nariño, Colombia, se usa la cera de laurel (*Morella pubescens* H&B ex Willd-Wilbur) en la elaboración de varios productos, resultado de investigaciones adelantadas por el grupo de investigación PIFIL (Plan de Investigación para el Fortalecimiento Integral de las comunidades), grupo interdisciplinario e interinstitucional de la Universidad de Nariño, que ha estudiado desde 1995 esta especie, la cera procedente de sus frutos podría convertirse en la materia prima para algunos recubrimientos alimentarios.

La cera obtenida del laurel se utiliza en la fabricación de panela, velas, jabones, y actualmente se está investigando su utilización como materia prima en la

⁵⁰ JIMENEZ, D., TERÁN, Y., ROJAS, B., SALINAS, R., GARCÍA, J., BÁEZ, R. Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vol. 11. Pp 37.

fabricación de cera para pisos, betunes, productos cosméticos, recubrimientos alimentarios, entre otros.

Dentro del estudio sobre recubrimientos el PIFIL realizó una investigación en la cual se utilizó la cera de laurel en el recubrimiento de quesos madurados, tras las diferentes pruebas se determinó la capacidad de la cera como recubrimiento, sin embargo se presentaron problemas de elasticidad que provocaron grietas que afectaron la calidad del queso.

Bajo este precedente esta investigación buscó el mejoramiento de las propiedades mecánicas de un recubrimiento a base de cera de Laurel y determinó su efectividad en la conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.).

5. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad de Nariño sede Pasto (Planta piloto, Facultad Ingeniería Agroindustrial), y en el centro internacional de producción limpia Lope SENA regional Nariño (Laboratorio de control de calidad y laboratorio de manejo postcosecha), a una temperatura promedio de 18°C+/-2°C y HR: 68%.

5.1 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO A BASE DE CERA DE LAUREL

5.1.1 Obtención de la cera de laurel. a cera de laurel fue proporcionada por el “Plan de Investigación para el Fortalecimiento Integral de las Comunidades”-PIFIL, quienes cuentan con materia prima de calidad.

5.1.2 Reactivos utilizados en la preparación de los recubrimientos comestibles. Se realizó una serie de pruebas preliminares con el fin de definir los límites de trabajo dentro de los cuales se alcanza una formulación apta para ser aplicada sobre la superficie de las frutas, en este caso del tomate de árbol.

Teniendo en cuenta las características de la cera de laurel como componente base de la formulación, se evaluaron diferentes compuestos, estudiados por varios autores para la formulación de recubrimientos lipídicos.

Debido a la naturaleza quebradiza de la cera de laurel se trabajó con polioles como glicerol y propilenglicol, plastificantes capaces de disminuir la fragilidad de la película y de dar más flexibilidad a la misma. Igualmente se empleó Tween 80 como emulsificante, y otros aditivos como glucosa, CMC y aceite de oliva capaz de actuar como agente ligante y tensoactivo, por su alto contenido de ácido oleico.

5.1.3 Pruebas preliminares para la determinación de la formulación óptima. Teniendo en cuenta la base netamente lipídica reportada por (Mosquera et al., 2002) en la formulación de un recubrimiento a base de cera de laurel para la conservación de quesos madurados, se concluye que las malas características mecánicas se dieron debido a una formulación en ausencia de compuestos capaces de modificar las características de la cera y de brindarle mayor flexibilidad.

Por ello y para la obtención de una formulación óptima del recubrimiento se realizaron una serie de pruebas preliminares, las cuales permitieron descartar

algunos compuestos evaluados y determinar las proporciones de otros, así como fijar las condiciones de elaboración del recubrimiento.

En primer lugar se evaluó la aplicación directa de la cera de laurel sobre la fruta, llevándola a una temperatura de 50°C, con el fin de examinar las características mecánicas de la cera, tras estas pruebas se observó su fragilidad al quiebre, evidenciando así la necesidad de implementar un excelente plastificante a la formulación, además de probar emulsiones efectivas que le dieran el grosor deseado a la capa de recubrimiento.

Figura 1. Tomate con aplicación directa de cera de laurel



Fuente: Ésta investigación.

Posteriormente se evaluaron diferentes formulaciones tomando como base la citada por (Saavedra et al., 2010), a la cual se realizaron las modificaciones y pruebas correspondientes ajustadas al componente lipídico del recubrimiento estudiado, cera de laurel.

5.1.3.1 Determinación de la cantidad de cera. Se evaluó la proporción de cera necesaria para elaborar un recubrimiento funcional que no afecte las características organolépticas de los frutos y que además sea capaz de brindarles una buena presentación, siendo de esta manera comercialmente atractivo, por lo tanto se realizaron varias pruebas que arrojaron resultados concretos, los cuales indicaban que una cantidad inferior al 5% de cera dentro de la formulación, no cumplía con las características funcionales del recubrimiento además era pegajosa, húmeda y no presentaba una buena adhesión a la superficie del tomate, además no logró formar una buena emulsión, presentándose ciertas cantidades de

cera dispersa sobre la fruta. Mientras que en formulaciones con un porcentaje de cera superior al 27%, se generaron recubrimientos muy gruesos, no aptos dentro de la industria alimentaria dada su mala apariencia y el difícil manejo de la misma, así también se observó que el recubrimiento era quebradizo debido a las características propias de la cera (Figura 2.), adicional a esto, era necesario aplicar a una temperatura aproximada de 50°C para evitar que la emulsión se separe lo cual generó daños en los frutos y un deterioro progresivo de los mismos.

Esto concuerda con algunos estudios que muestran que hay un contenido lipídico crítico a partir del cual las propiedades de barrera del recubrimiento no mejoran e incluso pueden empeorar, (Shellhammer et al., 1997) observaron que un aumento del contenido en cera de abeja a partir del 50% (b.s.), no mejoraba la barrera al vapor de agua de películas a base de proteína de suero de leche. (Avena-Bustillos et al., 1993) observaron un aumento de la permeabilidad al vapor de agua en películas de caseína a partir de un contenido en cera de abeja superior al 25 % (b.s.) y lo atribuyeron a una mala dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide a partir del umbral crítico.

Figura 2. Tomates con recubrimientos cuyas formulaciones contenían una cantidad inadecuada de cera de laurel



Fuente: Ésta investigación.

En cuanto a las propiedades mecánicas, cabe señalar que un aumento de los lípidos tiene un efecto negativo sobre las propiedades mecánicas de las películas (Shellhammer et al., 1997; Perez-Gago et al., 2001; Bravin et al., 2004; Petersson et al., 2005) y que su exceso da lugar a películas frágiles, lo cual fundamenta lo reportado en el presente estudio.

5.1.3.2 Determinación del plastificante. La función tanto del glicerol como del propilenglicol se confirmó sucesivas veces en las formulaciones realizadas

preliminarmente, comprobando la flexibilidad y el manejo dócil del recubrimiento alcanzado con su utilización, en este caso se encontró que para las formulaciones basadas en cera de laurel es aconsejable utilizar los dos plastificantes a la vez ya que son un buen complemento.

5.1.3.3 Determinación del emulsificante. La cantidad de Tween 80 se determinó al igual que cada uno de los componentes mediante diferentes pruebas que indicaron que un exceso en su utilización generaba un incremento en la pérdida de peso de la fruta deteriorándola más rápidamente, mientras que al eliminarlo de la formulación no se alcanzaba la correcta emulsión de las fases.

5.1.3.4 Otros aditivos. Igualmente se probó que el aceite de oliva es un compuesto de importancia dentro del recubrimiento, por su capacidad ligante y tensoactiva.

Se estudió también la adición de sacarosa y de CMC a la formulación, ingredientes que no presentaron ningún efecto significativo en la misma y por lo tanto se eliminaron de ella.

Un ingrediente vital dentro de la formulación es el almidón de yuca, debido a su capacidad de estabilización dentro de la emulsión, sin embargo no se logró establecer una cantidad fija mediante las pruebas preliminares, pero si se determinaron límites dentro de los cuales se logra un buen comportamiento en el recubrimiento.

El agua, es el disolvente escogido para esta investigación y ejerce un papel importante dentro de las formulaciones estudiadas ya que su rol es ser el soporte del almidón en la formación de la matriz hidrocoloide, esencial para la elaboración del recubrimiento; durante las pruebas preliminares se establecieron los límites dentro de los cuales la cantidad de agua le permite al recubrimiento ser funcional.

La constitución de la matriz hidrocoloide proporciona al recubrimiento características que hacen de él un producto más sano e innovador en cuanto a conservación de alimentos mediante una forma ambientalmente sostenible.

Tras esta serie de pruebas preliminares se logró establecer la mezcla base (MB) de la formulación, integrada por los compuestos cuyas cantidades se mantuvieron constantes, se compone de: 3g de cera de laurel, 0.5g de aceite de oliva, 0.2g de Tween 80, 0.7g de propilenglicol, 1g de glicerol y 0.2g de glucosa, generando un peso total y constante de 5.6g para esta serie de pruebas, estos compuestos se disuelven en la matriz hidrocoloide formada por la mezcla almidón-agua, cuyas cantidades fluctuaron dentro de los límites establecidos en dichas pruebas.

Tomando como punto de partida la mezcla base, los límites funcionales para el almidón, corresponden a cantidades que se encuentran entre 0.5 y 2.5 g, y para el agua entre 5 y 45 ml, dentro de los cuales se establecieron tres niveles a evaluar, nombrados como -1, 0 y 1, representando una cantidad menor, intermedia y mayor, respectivamente.

5.1.4 Diseño experimental. Para el diseño experimental se establecieron formulaciones con un contenido de mezcla base (MB) constante para todos los casos, mientras que el almidón de yuca y el agua, se trabajaron en tres niveles, nombrados como -1, 0 y 1, por lo tanto la matriz experimental se presenta de la siguiente manera:

Tabla 2. Matriz experimental formulación recubrimiento

TRATAMIENTO	OTROS	ALMIDON	AGUA
F1	MB	-1	-1
F2	MB	0	-1
F3	MB	1	-1
F4	MB	-1	0
F5	MB	0	0
F6	MB	1	0
F7	MB	-1	1
F8	MB	0	1
F9	MB	1	1

MB: Mezcla base

Fuente: Ésta investigación.

Para la determinación de la formulación óptima y el análisis estadístico se realizó un diseño factorial 3^2 , aleatorizado por bloques con 4 repeticiones, teniendo un total de 36 muestras experimentales, analizadas con Statgraphics Centurion XV. Los recubrimientos se prepararon a una temperatura de 70°C con agitación constante (400 rpm).

5.1.5 Determinación de la efectividad del recubrimiento obtenido con respecto a la pérdida de peso. Una vez determinada la formulación óptima del recubrimiento se comparó sus resultados en cuanto a pérdida de peso con respecto a los testigos (tomates sin recubrimiento).

Para ello se realizó un diseño experimental de un solo factor categórico mediante comparación de muestras dada por la diferencia de medias de Fisher con 95% de

confiabilidad, analizado gracias al programa estadístico Statgraphics Centurion XV.

5.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SENSORIALES DEL RECUBRIMIENTO OBTENIDO

Una vez determinado el recubrimiento con la formulación más adecuada, se establecieron sus características físicoquímicas y sensoriales a través de los siguientes análisis, para los cuales se realizó pruebas por triplicado con el fin de establecer la desviación estándar.

✓ Densidad

Para la determinación de la densidad se midieron 100ml de la solución del recubrimiento en una probeta pesada previamente, la cual posteriormente se pesó con el fluido, tras este procedimiento se aplicó la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{W_f - W_i}{V}$$

DONDE:

δ : Densidad

W_f : Peso de la probeta con el fluido

W_i : Peso de la probeta vacía

V : Volumen del fluido (100 ml)

✓ Viscosidad

Para determinar la viscosidad se recurrió al viscosímetro digital Visco Basic Plus, FUNGILAB ubicado en el SENA, Lope Pasto, esta medición se realizó a 20°C de temperatura utilizando una aguja N. R3 a 60 rpm.

Figura 3. Medición de la viscosidad



Fuente: Ésta investigación.

✓ pH

La determinación del pH se realizó con un pH-metro HANNA HI 8314, previamente calibrado con tampones a pH 4 y 7.

Figura 4. pH metro HANNA HI 8314



Fuente: Ésta investigación.

5.2.1 Porcentaje de humedad. Se llevo acabo por medio del secado al horno; en un crisol previamente pesado se llevó una muestra de 2g al horno a una temperatura de 100°C durante 3h, posteriormente se enfrió al vacío, se peso y se aplicó la siguiente formula:

$$\%ES: \left(\frac{P_2 - P_1}{P_m} \right) * 100$$

$$\%H: 100 - \%ES$$

Donde:

H: Humedad

ES: Extracto seco

P₂: Peso de la muestra después del horno

P₁: Peso crisol vacío

P_m: Peso de la muestra

Las medidas se realizaron por triplicado.

Figura 5. Horno y Enfriadora al vacío



Fuente: Ésta investigación.

5.2.2 Porcentaje de cenizas. Para la determinación del porcentaje de cenizas se llevo la muestra a la mufla a una temperatura de 700°C durante 15min, seguidamente se enfrió al vacío, se procede a pesar y se aplica la siguiente formula:

$$\% C = \left(\frac{P_3 - P_1}{P_m} \right) * 100$$

Donde:

C: Cenizas

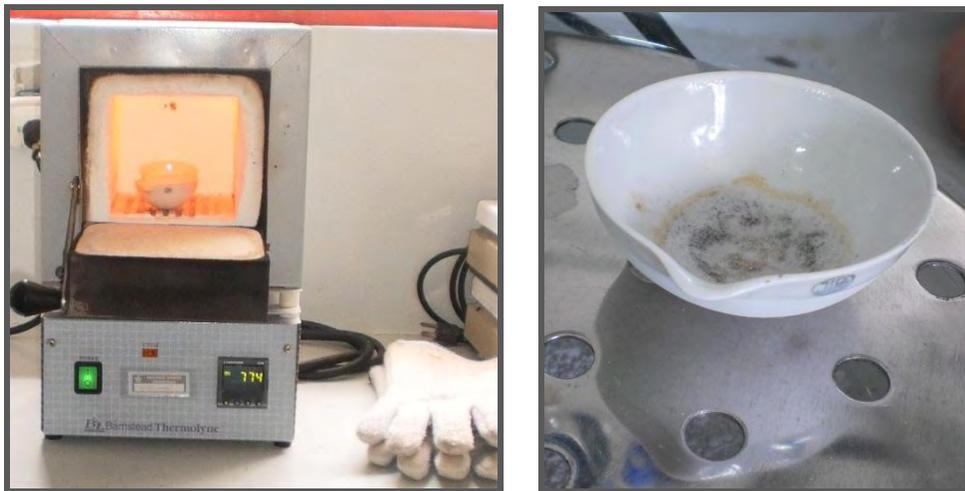
P₃: Peso de la muestra después de la mufla

P₁: Peso crisol vacío

P_m: Peso de la muestra

Las medidas se realizaron por triplicado.

Figura 6. Mufla y Crisol



Fuente: Ésta investigación.

5.2.3 Caracterización sensorial del recubrimiento. Con el recubrimiento ya determinado, se establecieron sus características organolépticas, para parámetros como color, olor y consistencia.

Figura 7. Muestras del recubrimiento a base de cera de laurel

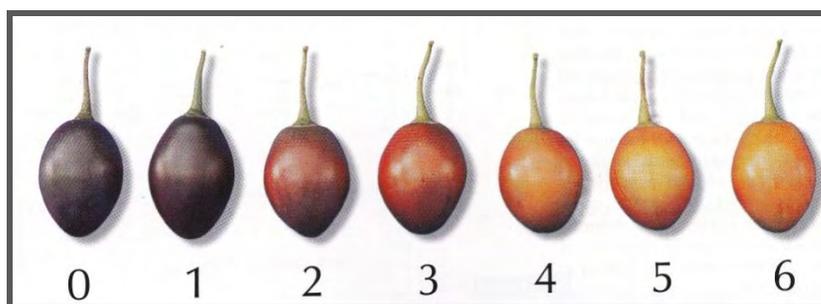


Fuente: Ésta investigación.

5.3 EFECTOS FÍSICOQUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS DEL RECUBRIMIENTO SOBRE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* S.) COMO RESPUESTA A LOS DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN.

5.3.1 Obtención del tomate de árbol . Se utilizaron frutas de una misma variedad y madurez homogénea (3); libres de lesiones, daños mecánicos o enfermedades; de un mismo proveedor, en la ciudad de Pasto Nariño.

Figura 8. Tabla de color del tomate de árbol según su grado de madurez



Fuente: SENA. Caracterización de los productos hortofrutícolas Colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad, 2004.

5.3.2 Elaboración del recubrimiento. El primer paso para la elaboración del recubrimiento es la formación de la matriz hidrocoloide, esto se realizó mediante la dilución del almidón en agua, esta mezcla se llevó a 70°C bajo agitación constante (400 rpm) hasta alcanzar la gelificación, luego se adiciona la cera y el aceite de oliva, seguido por el Tween 80, propilenglicol, glicerol, y glucosa, en su orden, la agitación continua durante 15 minutos, tiempo en el cual se logra una mezcla homogénea.

5.3.3 Aplicación del recubrimiento. Los frutos se sometieron a operaciones previas de acondicionamiento tales como limpieza, desinfección y un posterior secado.

Debido a la alta viscosidad del recubrimiento no pudo aplicarse ni por aspersión ni por inmersión, métodos que habían sido previamente planteados.

El método de aspersión fue fallido, ya que la elevada viscosidad del recubrimiento impidió que fluyera libremente por el difusor, generándose taponamiento del mismo, mientras que en el caso de la inmersión las capas sobre los frutos quedaron demasiado gruesas siendo inaceptables a nivel comercial además no

cumplían con su función de prolongar la vida útil del producto ya que a pesar de eliminar el exceso de revestimiento, se presentaba un gradiente negativo de difusión cuya concentración era mayor en el recubrimiento que en el fruto generando una desecación progresivamente más rápida que los testigos, por tanto tuvo que rechazarse también este método.

Al no poderse realizar ninguno de estos dos métodos, se plantea una alternativa a este inconveniente que consiste en realizar una aplicación de contacto en la cual se dispersa homogéneamente el recubrimiento con una tela de algodón sobre la superficie de la fruta, así se lograron capas suficientemente finas como para no ser detectadas a simple vista por el consumidor.

5.3.4 Evaluación fisicoquímica de los fruto. Para determinar los efectos del recubrimiento sobre el fruto se evaluaron los aspectos que se presentan a continuación, todos ellos excepto la transpiración bajo condiciones ambientales (T:18+/- 2°C y HR:68%).

Pérdida de peso:

La pérdida de peso se determinó por triplicado pesando los tomates de árbol antes y después de la aplicación de cada tratamiento. Los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial de los tomates, este proceso se repitió diariamente hasta que los tomates perdieron las características de calidad comercial.

Figura 9. Balanza Analítica



Fuente: Ésta investigación.

✓ pH del zumo:

Se realizó con un pH metro HANNA HI 8314, previamente calibrado con tampones a pH 4 y 7. Las medidas se realizaron por triplicado.

Figura 10. Medición pH



Fuente: Ésta investigación.

✓ Sólidos solubles:

La medición de los sólidos solubles se realizó mediante el uso del refractómetro marca Atago ATC-1 de 0-32°Bx a 18°C, colocando 3 gotas de jugo puro de cada tomate y realizando la lectura, el resultado se expresa en °Brix.

Figura 11. Medición Sólidos Solubles



Fuente: Ésta investigación.

✓ Acidez titulable:

La acidez se obtuvo por titulación con NaOH 0,1N y fenoltaleína como indicador, mediante una bureta digital marca JENCONS DIGITRATE PRO 50 ml.

Figura 12. Medición Acidez Titulable



Fuente: Ésta investigación.

✓ Índice de madurez (° Brix/Acidez):

Para la determinación del índice de madurez se evaluaron los sólidos solubles y la acidez titulable de los frutos.

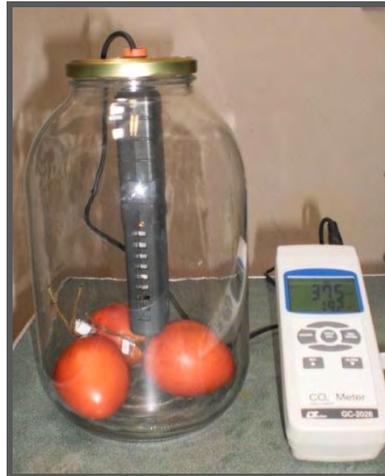
El índice de madurez será el resultado de la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{\text{Sólidos solubles (°Bx)}}{\text{Acidez(\%ácido cítrico)}}$$

✓ Intensidad respiratoria:

El índice de respiración se determinó con el Medidor de CO₂ Lutron GC 2028, el cual posee un sensor digital capaz de detectar la concentración de CO₂ en ppm contenido en un determinado volumen; para ello se obtuvo el volumen y el peso de tres tomates de árbol que se introdujeron en un recipiente hermético de vidrio, luego se realizó una purga del aire previa al comienzo de la lectura del sensor el cual también estaba contenido en el recipiente. Esta medición se realizó cada 4 días para cada una de las muestras.

Figura 13. Medición Intensidad Respiratoria.



Fuente: Ésta investigación.

✓ Firmeza:

Para la realización de esta prueba se utilizó un penetrómetro BISHOP FT 327, con una punta de 5mm de diámetro, el cual opera en un rango de 0-27Lbf. Esta determinación se realizó por triplicado.

Figura 14. Penetrómetro

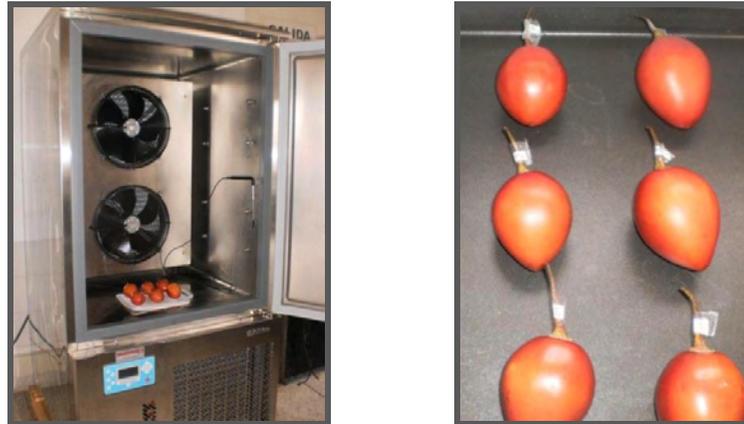


Fuente: Ésta investigación.

✓ Transpiración:

La transpiración de los tomates se realizó en tres ambientes refrigeración (4°C HR 68%), incubación (26°C HR 55%), y ambiente (18°C HR 68%), y fue evaluada mediante la pérdida de peso del fruto teniendo en cuenta su índice de transpiración evaluado como la relación superficie/volumen, esto se realizó con tres replicas durante cinco días seguidos.

Figura 15. Tomates sometidos a refrigeración y a condiciones ambientales



Fuente: Ésta investigación

Figura 16. Tomates sometidos a Incubación



Fuente: Ésta investigación.

5.3.5 Pruebas de evaluación organoléptica. Se realizó la prueba de evaluación organoléptica a los diez días de seguimiento de muestras de tomates recubiertos y testigos (sin recubrimiento), con el apoyo de quince jueces consumidores del fruto, esta prueba se efectuó en tres ambientes; el salón de Ingeniería Agroindustrial, salón de juntas del PIFIL, laboratorio de control de calidad de alimentos SENA Lope.

A cada juez se le ubicaron las muestras codificadas con su respectivo número, quienes evaluaron características como brillo, color, olor, textura y apariencia. (Ver el Anexo 1.).

✓ Prueba de evaluación sensorial de preferencia

Se realizaron 4 preguntas de este tipo con el fin de conocer la preferencia de los jueces, la prueba consistió en pedirle a cada uno de ellos que indicara cual de las dos muestras prefiere para las características brillo, color, textura y la apariencia general.

✓ Prueba discriminativa triangular

En esta prueba se le presentaron tres muestras a los jueces, de las cuales dos eran iguales y se le solicitó que identifique la muestra diferente.

✓ Prueba de evaluación sensorial clasificación por medio de escalas de intervalo

Para evaluar el olor, se les presentó a los jueces una escala en la cual no se tienen solo puntos extremos, si no que contiene además dos puntos intermedios, para propiciar una mayor objetividad de los jueces al asignar su veredicto.

Para realizar el análisis estadístico para la característica del olor se hizo necesario dar una numeración para la evaluación de los jueces:

0. No hay olor
1. Olor ligero
2. Olor intenso
3. Olor muy intenso

Figura 17. Jueces realizando evaluación sensorial en la Universidad de Nariño (arriba, aula Ing. Agroindustrial, abajo, aula PIFIL)



Fuente: Ésta investigación.

Figura 18. Jueces realizando evaluación sensorial en el laboratorio de control de calidad de alimentos SENA



Fuente: Ésta investigación.

5.3.5.1 Analisis pruebas sensoriales. Para la interpretación de las respuestas de las anteriores pruebas se accedió a las tablas (Roessler y col., 1948) como las que presenta el Apendice II y V de (Anzaldúa, 1994); En la que se ubica el numero de jueces que intervinieron en la prueba y respectivamente en otra columna se encuentra el numero minimo de respuestas coincidentes para que haya diferencias significativas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO A BASE DE CERA DE LAUREL

Las nueve formulaciones fueron evaluadas durante 24 días en base al porcentaje de pérdida de peso, parámetro que se relaciona directamente con el deterioro de los productos hortofrutícolas ya que involucra pérdidas de firmeza y mala apariencia.

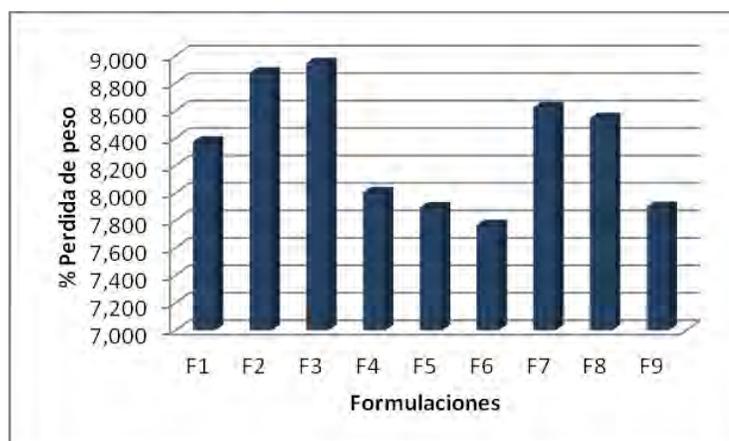
En la tabla 3, así como en la figura 19, se indican los porcentajes de pérdida de peso del tomate de árbol recubierto con las diferentes formulaciones, estos datos corresponden al día 18, momento en el cual empezaron a ser notorias las diferencias en apariencia entre los tomates expuestos a los nueve tratamientos. Los resultados indican que la formulación seis presenta un menor valor para la pérdida de peso, con respecto al resto de los tratamientos, lo que se constituye como una ventaja para la conservación de la fruta.

Tabla 3. Porcentaje de pérdida de peso del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) recubierto con diferentes formulaciones a base de cera de laurel

TRATAMIENTO	OTROS	ALMIDON	AGUA	%PÉRDIDA PESO
F1	MB	-1	-1	8,373
F2	MB	0	-1	8,874
F3	MB	1	-1	8,944
F4	MB	-1	0	8,003
F5	MB	0	0	7,892
F6	MB	1	0	7,763
F7	MB	-1	1	8,620
F8	MB	0	1	8,544
F9	MB	1	1	7,896

Fuente: Esta investigación.

Figura 19. Porcentaje de pérdida de peso del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) recubierto con diferentes formulaciones a base de cera de laurel



Fuente: Esta investigación.

El análisis de varianza, presentado en la Tabla 4, muestra la influencia de los factores evaluados (almidón y agua) sobre la pérdida de peso de los frutos recubiertos, con un nivel de confianza del 95% y un error máximo permisible del 5%, así se deduce que la pérdida de peso en los tomates se ve significativamente afectado por los efectos agua-agua, agua e interacción agua-almidón, cuyos valores-p son 0.0000, 0.0104 y 0.0006, respectivamente.

Tabla 4. Análisis de Varianza para pérdida de peso

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Almidon	0,102443	1	0,102443	0,91	0,3485
B:Agua	0,852774	1	0,852774	7,58	0,0104
AA	0,231654	1	0,231654	2,06	0,1629
AB	1,67962	1	1,67962	14,92	0,0006
BB	3,44094	1	3,44094	30,57	0,0000
bloques	2,7077	3	0,902566	8,02	0,0006
Error total	3,03898	27	0,112555		
Total (corr.)	12,0541	35			

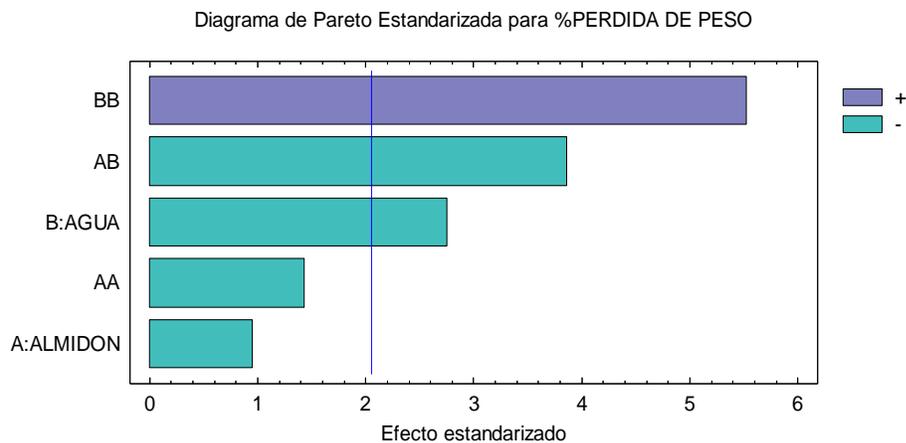
Fuente: Esta investigación.

El diagrama de Pareto, mostrado en la figura 20, es una representación grafica donde se observa de forma mas clara los factores mas influyentes sobre la pérdida de peso del tomate de árbol, estos efectos son BB, AB y B respectivamente según su orden de relevancia, dada por la longitud que

sobrepasa la línea azul superpuesta por las barras, definida por el intervalo de confianza del 95% para este estudio.

El gráfico muestra que el almidón (A) por si solo no ejerce un efecto significativo sobre la variable respuesta (perdida de peso), a diferencia del agua, como factor individual (B) y la relación almidón-agua (AB), cuyo efecto es inversamente proporcional a la pérdida de peso en las frutas tratadas con las diferentes formulaciones.

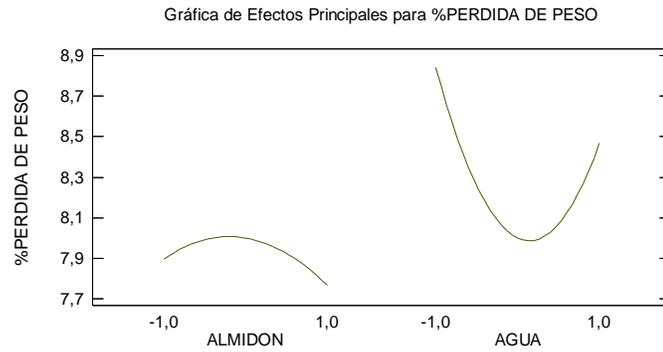
Figura 20. Diagrama de Pareto Estandarizado para porcentaje pérdida de peso



Fuente: Esta investigación.

Mediante la figura 21. Se puede observar el efecto que tiene la variación de los dos factores estudiados dentro de los límites establecidos, así se tiene que los menores valores de pérdida de peso se alcanzan con valores altos de almidón, mientras que en el caso del agua se alcanzan en un nivel medio, sin embargo al llevar el agua a los límites tanto superior como inferior, se eleva la pérdida de peso.

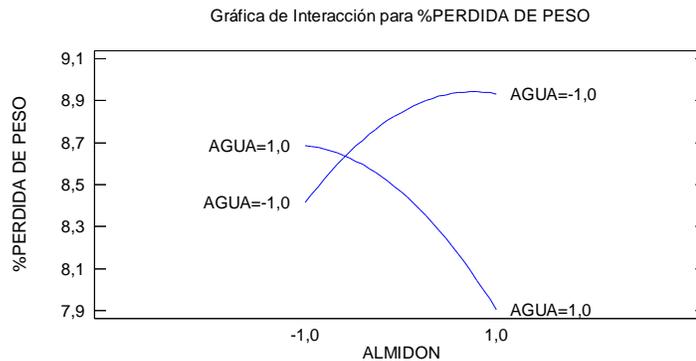
Figura 21. Grafica de efectos principales para % pérdida de peso



Fuente: Ésta investigación.

La figura 22, muestra la elevada interacción que existe entre los dos factores estudiados, de modo que para ejercer un efecto significativo sobre la variable respuesta deben actuar juntos.

Figura 22. Grafica de interacción para % pérdida de peso

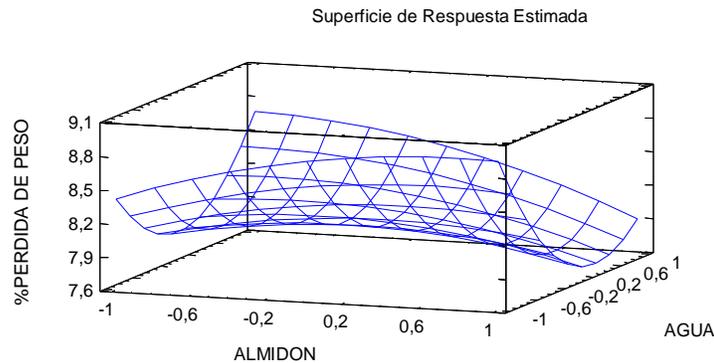


Fuente: Esta investigación.

La figura 23, correspondiente a la superficie de respuesta estimada indica que cuando se trabaja con cantidades elevadas de agua y bajas de almidon se incrementa la pérdida de peso en los frutos de tomate de arbol, al igual que al trabajar con altas cantidades de almidon y bajas de agua, es decir que tomar los extremos inversos de los dos factores trae un efecto negativo sobre la pérdida de peso.

Asi mismo se observa que el valor mas bajo de pérdida de peso se obtiene al trabajar el almidón en su nivel mas alto y el agua a un nivel intermedio, esto se especifica en la tabla 5, en la que se indica que el punto optimo de interaccion de los factores almidon y agua es 1 y 0.39 respectivamente, asi que al trabajar con estas cantidades se pretende minimizar la pérdida de peso.

Figura 23. Superficie de respuesta estimada para porcentaje de pérdida de peso



Fuente: Ésta investigación.

Tabla 5. Optimización de la formulación del recubrimiento

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
ALMIDON	-1,0	1,0	1,0
AGUA	-1,0	1,0	0,390752

Fuente esta investigación

Meta: minimizar %PÉRDIDA DE PESO
Valor óptimo = 7,66365

Tras este proceso de análisis estadístico se determina la formulación del recubrimiento alimentario capaz de minimizar la pérdida de peso en el tomate de árbol, dada por la emulsión formada entre la mezcla base y los valores correspondientes a 1 y 0.3907 dentro de los niveles estudiados para almidón y agua respectivamente.

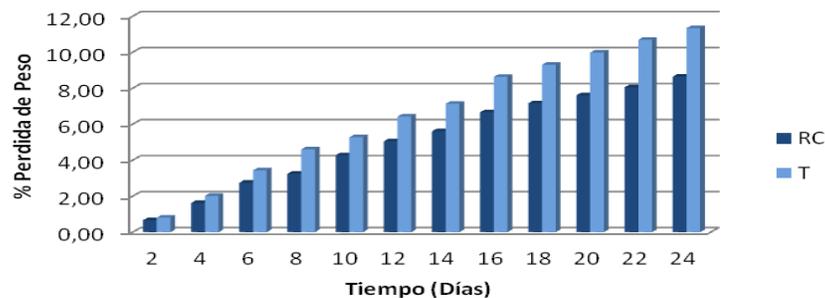
El recubrimiento obtenido es un “*film compuesto*”, ya que esta formado por un lípido (cera de laurel) y un hidrocoloide (almidón)(Krochta et al., 1994). Estos recubrimientos potencializan su funcionalidad gracias a que combinan las ventajas de estos tipos de compuestos, obteniendo buenas propiedades de barrera frente al agua gracias a la cera de laurel y una barrera selectiva a gases como dióxido de carbono y oxígeno, debido al hidrocoloide, estas características fueron probadas por (Baldwin et al.,1996; Kester y Fennema, 1986).

Bajo esta perspectiva, los valores obtenidos para el almidón y el agua mediante el proceso de optimización adquieren lógica, ya que un recubrimiento lipídico se

beneficia enormemente al tener un hidrocoloide en su formulación, compuesto que brinda buen soporte estructural, impidiendo que la emulsión pierda su cohesión, del mismo modo el agua, obtuvo un valor medio ideal, ya que elevarlo mas traería consigo la reducción de la capacidad de impermeabilidad del recubrimiento frente al agua y al reducirlo, no brindaría el soporte necesario para la formación de la matriz hidrocoloide.

6.1.1 Efectividad del recubrimiento obtenido con respecto a la pérdida de peso. La figura 24, muestra la dinámica manejada tanto por los tomates con recubrimiento como los testigos, durante un tiempo de 24 días de análisis, en ella se indica la disminución del porcentaje de pérdida de peso generada por la aplicación del recubrimiento alimentario efecto que se va haciendo mas notorio con el transcurso de los días, alcanzando una reducción del 24% con respecto al testigo, lo que indica la efectividad del método para este parámetro.

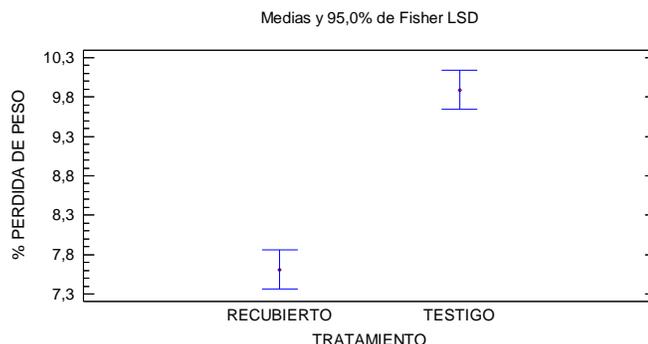
Figura 24. Comparación del Porcentaje de pérdida de peso del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) recubiertos Vs. Testigos



Fuente: Esta investigación.

Según el gráfico de Fisher, se observa una diferencia clara entre las medias, lo cual indica con una confianza del 95%, que el recubrimiento tiene un efecto significativo sobre la pérdida de peso con respecto al testigo, ello se debe a las características lipídicas de la cera de laurel, demostrando así que tiene buenas propiedades de barrera frente al agua, al disminuir el intercambio de humedad entre el medio ambiente y el alimento.

Figura 25. Gráfico de medias de Fisher LSD para porcentaje pérdida de peso



Fuente: Esta investigación.

Según la tabla ANOVA para porcentaje de pérdida de peso por tratamiento surge una diferencia estadísticamente significativa, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$), entre las muestras recubiertas y los testigos, ratificando así lo indicado por la figura 25.

Tabla 6. Tabla ANOVA para pérdida de peso por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10,3672	1	10,3672	126,78	0,0000
Intra grupos	0,490631	6	0,0817718		
Total (Corr.)	10,8578	7			

Fuente: Esta investigación

Estas pruebas mostraron la efectividad del recubrimiento para la conservación del tomate de árbol, gracias a sus propiedades de barrera frente al agua, generadas por el componente lipídico del revestimiento, estos resultados coinciden con los obtenidos por (Cepeda et al., 2004; Pérez et al., 2003) sobre el mango y el melón respectivamente.

6.2 CARACTERIZACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ALIMENTARIO

6.2.1 Composición del recubrimiento alimentario. La tabla 7, muestra la clasificación de cada uno de los componentes utilizados en la elaboración del recubrimiento, todos ellos aceptados por la Food and Drug Administration de los

Estados Unidos U.S. FDA, que certifica inocuidad y seguridad en su utilización para el consumo humano; esta tabla no indica la cera de laurel ya que es un componente lipídico de reciente estudio en el área de los alimentos, sin embargo se espera que en un futuro sea tenido en cuenta gracias a los resultados de esta investigación y de otras venideras para que al igual que otras ceras naturales utilizadas en la elaboración de recubrimientos comestibles como la de Carnauba y la cera Candelilla se catalogue con la clasificación GRAS.

Además, los componentes de la cera de laurel se han estudiado mediante cromatografía en columna (fase estacionaria Silicagel), cuya deducción indica que los principales constituyentes son glicerina y los ácidos mirístico, palmítico y una pequeña cantidad de ácido esteárico, los cuales no presentan ningún tipo de problema en contra de la salud humana (Medina et al., 2003).

Tabla 7. Componentes del recubrimiento alimentario y su clasificación

COMPONENTE	CLASIFICACIÓN	U.S. FDA 21 CFR #
Almidón	GRAS	
Aceite de oliva	Lubricante, agente ligante	172.862
Propilenglicol	GRAS, plastificante, espesante, componente de revestimientos poliméricos y resinosos	184.1666, 175.300
Tween 80	Emulsificante, agente tensoactivo, humectante	172.840
Glicerol	GRAS, GMP	1.821.320
Glucosa	GRAS, GMP	168.122

GRAS=Generalmente reconocidas como seguras por el U.S. Food and Drug Administration
GMS=Buenas practicas de fabricación

Fuente: SHAFIUR. Manual de conservación de los alimentos, 2003.

6.2.2 Parámetros fisicoquímicos del recubrimiento. Dada la ausencia de estudios relacionados con la utilización de cera de Laurel como recubrimiento alimentario en frutas, no existe un patrón comparativo para evaluar los parámetros estudiados en la presente investigación.

6.2.2.1 Densidad. La densidad presentada por el recubrimiento es de 0,9518 g/ml evaluada a 20°C, valor ligeramente inferior frente al de agua pura (0,9982 g/ml a 20°C) y muy similar a las reportadas por (Navarro et al., 2010). Se observa que la

densidad al igual que la viscosidad aumenta exponencialmente con el incremento de la concentración de hidrocoloide.

6.2.2.2 Viscosidad. La composición del recubrimiento presenta un alto porcentaje de hidrocoloide lo cual se ve reflejado en el valor de la viscosidad (952.86 cP), reafirmando así la teoría de (Parzanese et al. 2010), que indica que este parámetro se incrementa en la medida que se adiciona mas hidrocoloide a la formulación.

Figura 26. Recubrimiento aplicado por método de inmersión



Fuente: Ésta investigación.

6.2.2.3 Otras características del recubrimiento:

Tabla 8. Características del recubrimiento alimentario a base de cera de laurel

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
pH	El pH del recubrimiento es 6,35 siendo un valor neutro, equivalente a datos reportados por (Navarro et al., 2010) en recubrimientos a base de hidroxipropil-metilcelulosa.
PORCENTAJE DE HUMEDAD	El porcentaje de humedad que presentó el recubrimiento es de 54.26 %, este valor corresponde a la base hidrocoloide del mismo, la cual le brinda excelentes propiedades mecánicas así como de barrera frente al O ₂ , CO ₂ .
PORCENTAJE DE CENIZAS	El porcentaje de cenizas del recubrimiento es de 0.56%, el cual indica los minerales que se encuentran presentes en el recubrimiento.

Fuente: Ésta investigación.

6.2.3 Parámetros sensoriales del recubrimiento:

Tabla 9. Parámetros sensoriales del recubrimiento alimentario a base de cera de laurel

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
COLOR	Presenta un color verde crema (característico a la cera de Laurel).
OLOR	Característico a la cera de Laurel (menos acentuado).
CONSISTENCIA	La consistencia presentada es cremosa.

Fuente: Ésta investigación.

6.3 EFECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL RECUBRIMIENTO SOBRE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* S.)

6.3.1 Pérdida de peso y firmeza. Los parámetros de calidad correspondientes a pérdida de peso y firmeza presentaron un comportamiento inherente a la maduración de los frutos, donde se observó un aumento del porcentaje de pérdida de peso y por ende la disminución de la firmeza con el transcurso de los días. Tendencia muy similar a la reportada por (Márquez et al., 2007).

Tabla 10. Seguimiento Pérdida de Peso

PERIODO	RECUBRIMIENTO	TESTIGO
%PÉRDIDA PESO		
DÍA 0	0	0
DÍA 4	2,28	3
DÍA 8	4,56	7,04
DÍA 12	7,1	9,84
DÍA 16	9,37	13,21

Fuente: Ésta investigación.

Tabla 11. Seguimiento Firmeza

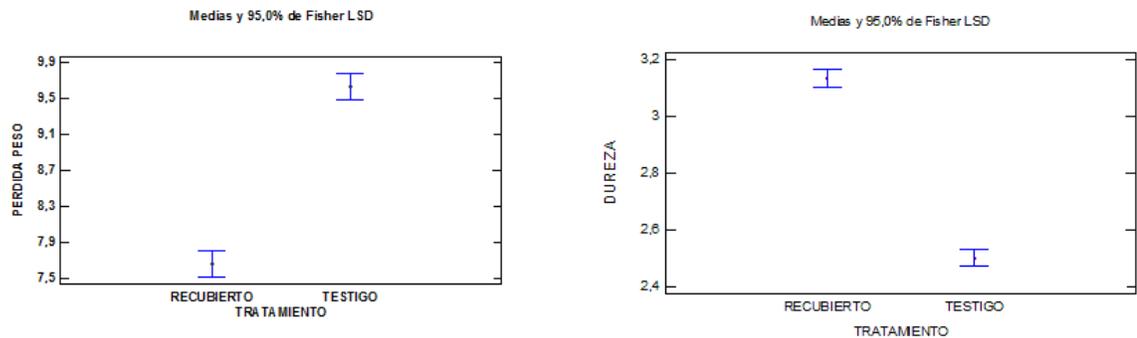
PERIODO	RECUBRIMIENTO	TESTIGO
FIRMEZA Kgf		
DÍA 0	8	7,95
DÍA 4	7,84	7,59
DÍA 8	7,26	6,73
DÍA 12	6,48	5,31
DÍA 16	3,12	2,51

Fuente: Ésta investigación.

La figura 27, presenta los valores de las medias con respecto a pérdida de peso y firmeza mediante el gráfico de Fisher LSD, que indica que los tratamientos con recubrimiento difieren significativamente de los testigos, de modo que existe suficiente evidencia para concluir que el recubrimiento tiene efecto positivo sobre la pérdida de peso y firmeza. Lo anterior se confirmó con las tablas ANOVA de los

dos casos en donde el valor-p es menor a 0,05 con un nivel del 95,0% de confianza.

Figura 27. Gráfico de Medias y Fisher LSD 95% para pérdida de peso y firmeza



Fuente: Ésta investigación.

Tabla 12. ANOVA para pérdida de peso por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,74605	1	7,74605	276,49	0,0000
Intra grupos	0,168094	6	0,0280157		
Total (Corr.)	7,91414	7			

Fuente: Ésta investigación.

Tabla 13. ANOVA para firmeza por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,7938	1	0,7938	685,29	0,0000
Intra grupos	0,00695	6	0,00115833		
Total (Corr.)	0,80075	7			

Fuente: Ésta investigación.

En el anterior análisis se observa una correlación entre el porcentaje de pérdida de peso y la firmeza, datos evaluados para las muestras con y sin recubrir, que indican una mayor pérdida de peso en los tomates testigos mientras que los recubiertos mostraron una pérdida considerablemente menor, congruente con el comportamiento de la firmeza, la cual presenta mejores resultados en los tratamientos con recubrimiento que en los testigos.

La relación existente entre estas dos características es trascendental en la conservación de la fruta, una gran pérdida de peso deprecia la apariencia ya que lleva a la aparición de malformaciones o arrugas en su superficie.

Los resultados coinciden con los obtenidos por (Heredia et al., 1999) y (Báez-Sañudo et al., 2002), quienes encontraron que el uso de cubiertas cerosas reduce la pérdida de peso y conservan la firmeza por mas tiempo.

6.3.2 Sólidos solubles (°Brix). Los sólidos solubles totales presentaron una tendencia normal en los dos tratamientos, el comportamiento de estos resultados coinciden con los obtenidos por (Peñuela et al. 2004); Aunque se observa una pequeña disminución en SST en la muestra con recubrimiento con respecto a los testigos. Esta tendencia podría estar relacionada con el retardo del proceso de maduración en el tratamiento con recubrimiento. Similar comportamiento fue observado por (Castricini, 2009).

Tabla 14. Seguimiento Sólidos Solubles

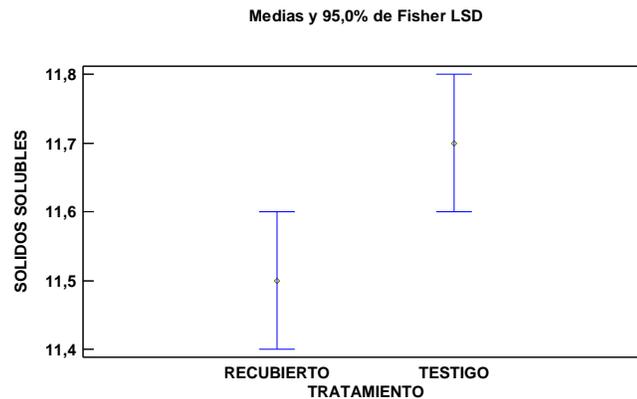
PERIODO	RECUBRIMIENTO	TESTIGO
	SÓLIDOS SOLUBLES °Bx	
DÍA 0	9,8	9,9
DÍA 4	10,5	10,3
DÍA 8	10,9	11,1
DÍA 12	11,3	11,5
DÍA 16	11,5	11,7

Fuente: Ésta investigación.

En la figura 28, no se logra determinar con exactitud si los intervalos de confianza alcanzan a sobreponerse, lo cual indica que no hay suficiente evidencia para concluir que las muestras evaluadas presentan diferencias significativas. Lo anterior se logra resolver gracias a la tabla ANOVA para Sólidos Solubles en donde el valor-p presentado fue menor que 0,05 con un nivel del 95,0% de

confianza; demostrando que si existe diferencias significativa entre los tratamientos analizados.

Figura 28. Gráfica de Medias y de Fisher LSD 95% para Sólidos Solubles



Fuente: Ésta investigación.

Tabla 15. ANOVA para sólidos solubles por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,08	1	0,08	6,00	0,0498
Intra grupos	0,08	6	0,0133333		
Total (Corr.)	0,16	7			

Fuente: Ésta investigación.

6.3.3 Acidez titulable y pH. Los parámetros de calidad correspondientes a pH y acidez titulable, presentaron una tendencia normal esperada debido a la maduración de los frutos, razón que justifica la disminución del contenido de ácido cítrico y por ende el incremento del pH con el transcurso de los días.

En los dos casos evaluados los resultados obtenidos durante el periodo de análisis tanto para acidez titulable como para pH, coinciden con los reportado por (Rojas et al. 2006).

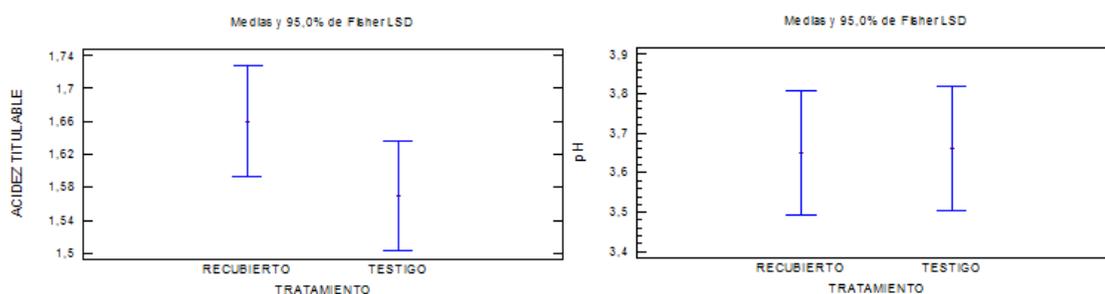
Tabla16. Seguimiento pH y Acidez titulable

PERIODO	RECUBRIMIENTO	TESTIGO
PH		
DÍA 0	3,31	3,43
DÍA 4	3,41	3,54
DÍA 8	3,53	3,43
DÍA 12	3,58	3,49
DÍA 16	3,66	3,66
% ACIDEZ TITULABLE		
DÍA 0	2,56	2,68
DÍA 4	2,35	2,3
DÍA 8	2,13	2,15
DÍA 12	2,03	1,89
DÍA 16	1,66	1,57

Fuente: Esta investigación.

La figura 29, donde se presentan las gráficas de medias de Fisher, indican que los intervalos de confianza se traslapan, por ende no existe diferencia significativa entre los valores de acidez titulable y de pH entre los tratamientos, esto se reitera en las tablas ANOVA, que para ambos casos presentan un Valor-P superior a 0.05.

Figura 29. Gráfico de medias y de Fisher LSD 95% para acidez titulable y pH



Fuente: Ésta investigación.

Tabla 17. ANOVA para acidez titulable por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0162	1	0,0162	2,69	0,1524
Intra grupos	0,0362	6	0,00603333		
Total (Corr.)	0,0524	7			

Fuente: Ésta investigación.

Tabla 18. ANOVA para pH por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0002	1	0,0002	0,01	0,941
Intra grupos	0,2014	6	0,0335667		
Total (Corr.)	0,2016	7			

Fuente: Ésta investigación.

Se presentaron resultados similares en estudios previos realizados con recubrimientos céreos, por ejemplo en la papaya (*Carica papaya*), recubierta con ceras comestibles no se encontró efecto significativo sobre el pH, sólidos solubles y acidez titulable, esto coinciden con los obtenidos por (Mulkay et al., 2004) y por (Yusof et al., 1992) quienes señalan que la aplicación de ceras en frutos de papaya, no afectan estos parámetros durante el período de almacenamiento, esto se reportó también en el limón persa (*Citrus latifolia Tanaka*) evaluado con recubrimientos de cera candelilla y goma mezquita (Bosquéz, 2003), por otra parte en el tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) se evaluó el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta crantz*), sin ningún efecto sobre sólidos solubles y acidez titulable.

Esta dinámica muestra que factores como los sólidos solubles, acidez titulable y pH, no son afectados por la mayoría de los recubrimientos comestibles que se han investigado.

6.3.4 Índice de madurez. La tabla 18, muestra un comportamiento muy similar del índice de madurez entre los tratamientos hasta el día ocho, a partir del cual se empiezan a dar cambios sustanciales, mostrando así una reducción de este valor para tomates recubiertos.

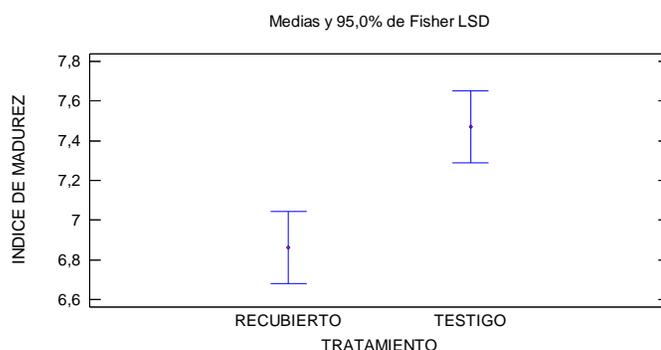
Tabla19. Seguimiento índice de madurez

PERIODO	RECUBRIMIENTO	TESTIGO
	INDICE DE MADUREZ	
DÍA 0	3,83	3,69
DÍA 4	4,47	4,48
DÍA 8	5,12	5,16
DÍA 12	5,57	6,08
DÍA 16	6,93	7,45

Fuente: Ésta investigación.

Según el gráfico de medias de Fisher, el índice de madurez es significativamente diferente entre los tomates con recubrimiento y los testigos. Esto se confirma en la tabla ANOVA donde el valor-p (0.0097) es menor a 0.05, lo cual indica que el recubrimiento presenta un efecto relevante sobre el índice de madurez, de modo que los tomates con recubrimiento maduraron mas lentamente que los testigos, lo cual implica una gran ventaja ya que se extiende el tiempo de anaquel de la fruta.

Figura 30. Gráfico de medias y de Fisher LSD 95% para índice de madurez



Fuente: Ésta investigación.

Tabla 20. ANOVA para índice de madurez por tratamiento

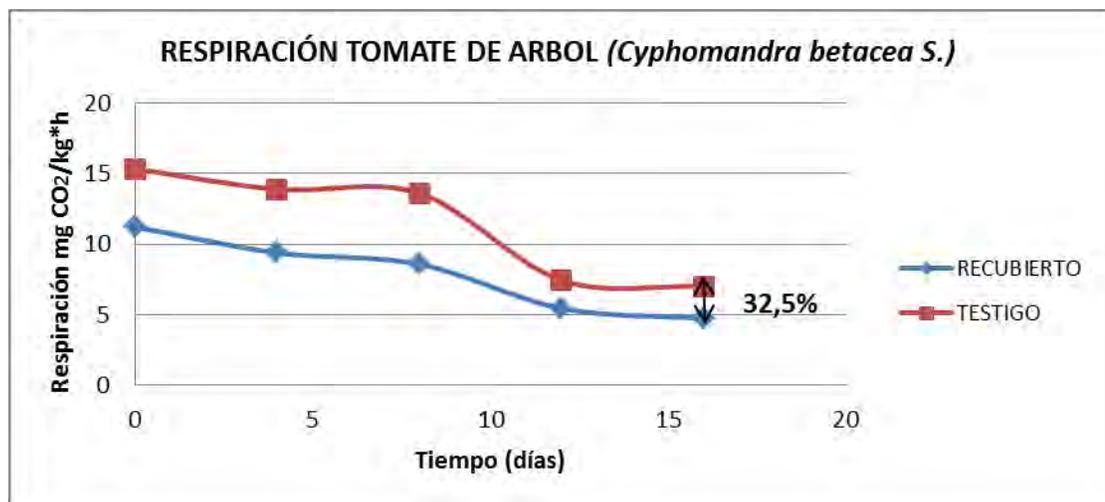
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,552067	1	0,552067	21,59	0,0097
Intra grupos	0,102267	4	0,0255667		
Total (Corr.)	0,654333	5			

Fuente: Ésta investigación.

Valores similares se presentaron en estudios realizados en otras frutas no climatéricas como cítricos y fresas, donde el recubrimiento redujo el índice de madurez de los frutos recubiertos con respecto a los testigos (Locaso, 2007; Saavedra et al., 2010)

6.3.5 Índice de respiración. La figura 31, muestra el comportamiento del índice de respiración en los tomates con y sin recubrimiento, ratificando su condición como fruto no climatérico, ya que se logra observar como su respiración desciende en forma progresiva hasta el día doce, donde los tomates testigos empiezan a presentar una estabilidad correspondiente a los días de sobre maduración, lo cual trae consigo que los atributos de consumo empiecen a afectarse, presentando arrugamiento de la epidermis en los sectores aledaños al pedúnculo; mientras que para los tomates recubiertos aun no se percibe esta estabilidad, lo que les brinda una apariencia agradable con respecto al testigo que ya muestra deterioro, como se indica en la Figura 32.

Figura 31. Gráfico del comportamiento de la respiración para tomates con y sin recubrimiento



Fuente: Ésta investigación.

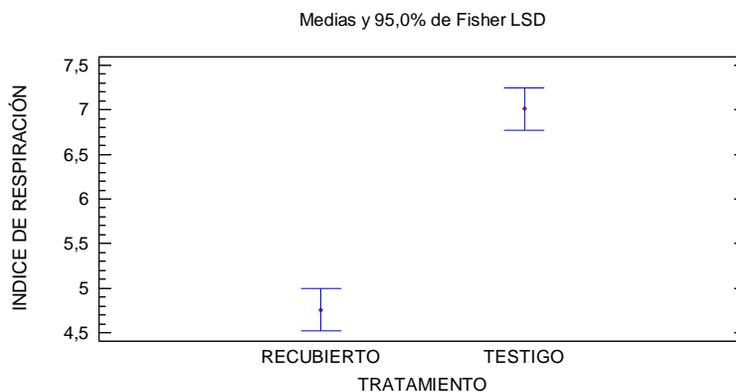
Figura 32. Apariencia de tomate recubierto (izquierda) y testigo (derecha) al día 16



Fuente: Ésta investigación.

Mediante la figura 33, referente al gráfico de Fisher LSD se observa claramente la diferencia entre las medias de los índices de respiración para cada tratamiento, donde los intervalos de confianza no se traslapan por lo cual son estadísticamente diferentes, esto indica que el recubrimiento reduce el índice de respiración de forma considerable.

Figura 33. Gráfico de medias y Fisher LSD 95% para índice de respiración



Fuente: Ésta investigación.

Mediante el análisis estadístico de la tabla 20, se corrobora la existencia de una diferencia significativa para este parámetro, entre los tomates recubiertos y los testigos con un nivel de confianza del 95%, validado por un valor-p de 0.0002,

que al ser menor a 0.05 demuestra que el recubrimiento disminuye la respiración de los tomates generando un efecto positivo sobre la calidad de los mismos, ya que esta directamente ligada con la pérdida de peso, dureza y apariencia.

Tabla 21. ANOVA para índice de respiración por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,59375	1	7,59375	171,22	0,0002
Intra grupos	0,1774	4	0,04435		
Total (Corr.)	7,77115	5			

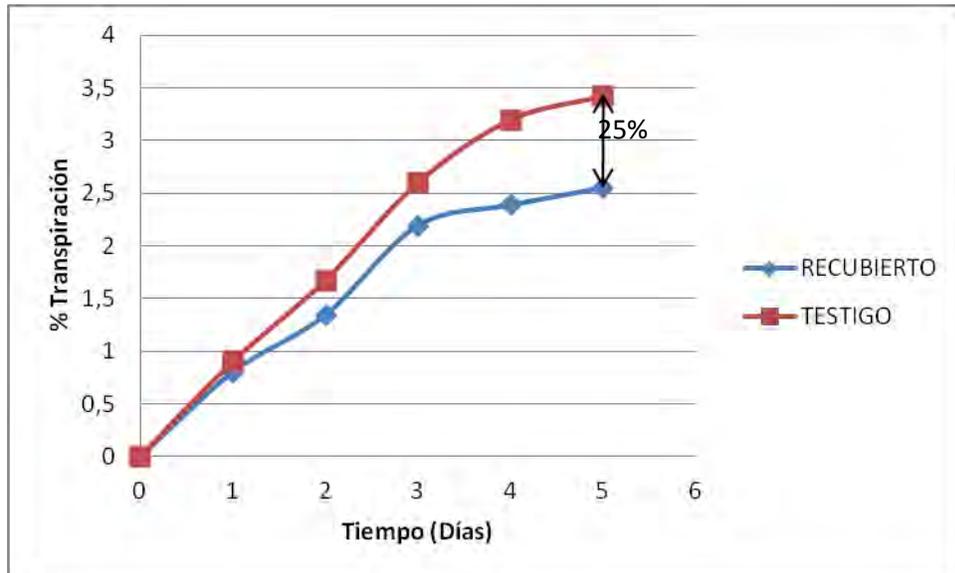
Fuente: Ésta investigación.

Este efecto sobre la respiración de los tomates recubiertos indica la capacidad de la capa protectora de formar un efecto similar al de las atmosferas modificadas, gracias a la barrera semipermeable al dióxido de carbono y al oxígeno, generada por sus componentes, haciendo que los tomates con el revestimiento disminuyan la intensidad respiratoria, conservando su calidad fisicoquímica y sensorial por un tiempo mayor que los testigos, estos resultados se pueden comparar con los obtenidos por (Naavarro, 2007; Restrepo, 2009) quienes reportaron comportamientos similares para ciruela y fresa respectivamente.

6.3.6 Transpiración. La transpiración se evaluó en tres ambientes con el fin de probar el comportamiento del recubrimiento sobre los tomates bajo diferentes condiciones ambientales.

6.3.6.1 Transpiración en condiciones ambientales. La transpiración evaluada bajo condiciones ambientales (T: 18°C +/- 2°C y HR 68%), muestra por medio de la figura 34. un comportamiento diferente entre los tomates recubiertos y los testigo desde el primer día, a partir del cual se va incrementando esta brecha, donde el recubrimiento disminuye los valores de transpiración, esto se va haciendo aun mas evidente del día tres en adelante hasta llegar al día cinco donde el porcentaje de transpiración presenta una diferencia del 25% con respecto al testigo.

Figura 34. Comportamiento de la transpiración en condiciones ambientales



Fuente: Ésta investigación.

La tabla 21. Indica una diferencia significativa ya que muestra un valor-p (0.0004), inferior a 0.05, valor considerado el limite para catalogar una diferencia como significativa estadísticamente.

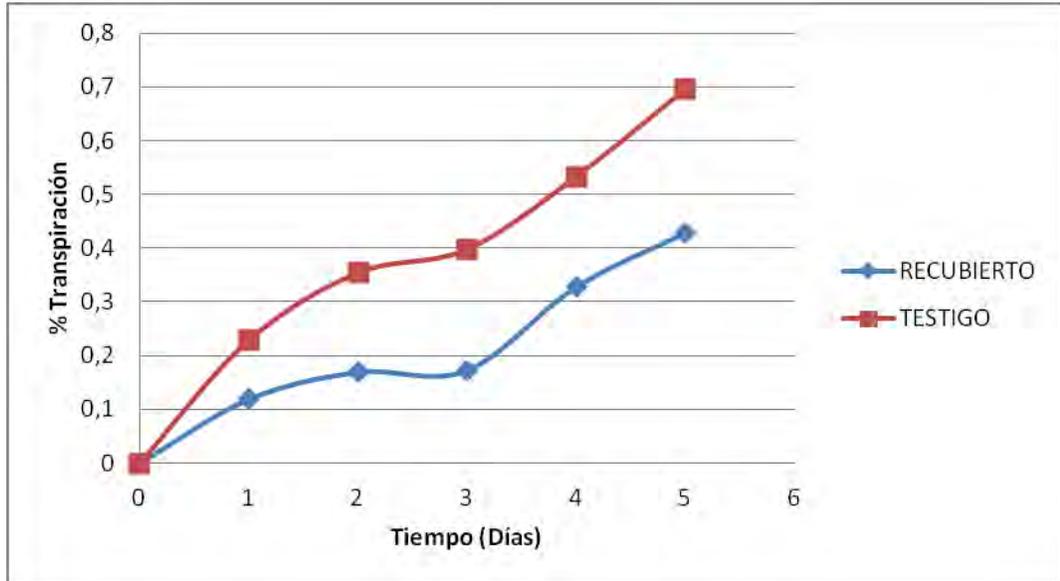
Tabla 22. ANOVA para % transpiración bajo condiciones ambientales por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,957602	1	0,957602	115,02	0,0004
Intra grupos	0,0333013	4	0,00832533		
Total (Corr.)	0,990903	5			

Fuente: Ésta investigación.

6.3.6.2 Transpiración en refrigeración. El comportamiento de la transpiración en un medio refrigerado (T: 4°C+/- 0.5°C HR: 68%) se muestra mediante la figura 35. Este presentó una diferencia entre el recubrimiento y el testigo desde el primer día, el cual se incremento a partir del día dos; en adelante la diferencia entre la transpiración del testigo con respecto al recubierto mantuvo valores casi constantes que giran alrededor del 40%.

Figura 35. Comportamiento de la transpiración en refrigeración



Fuente: Ésta investigación.

Según la tabla 22. Se tiene un valor-P de 0.000 el cual representa una diferencia estadísticamente significativa entre la transpiración de los tomates con recubrimiento y los testigos.

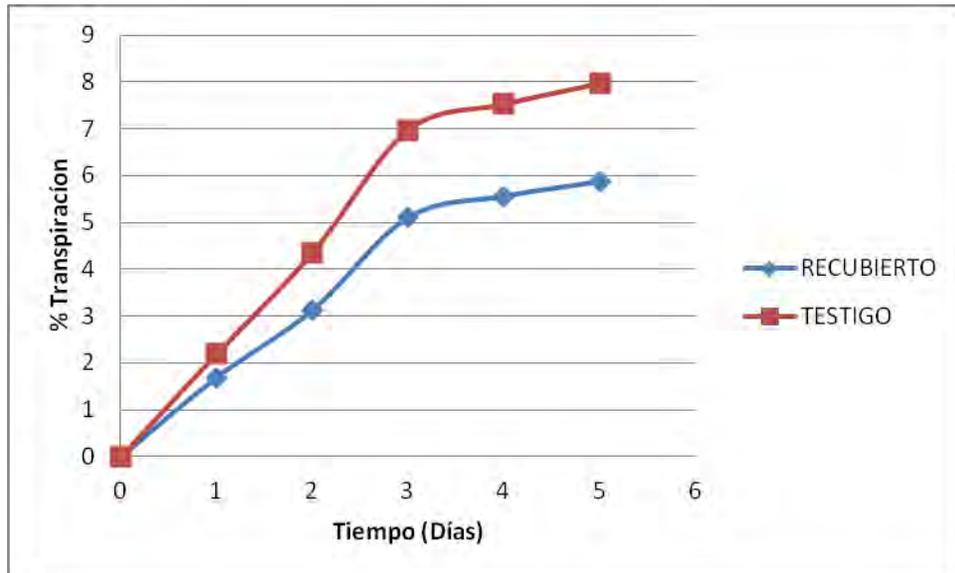
Tabla 23. ANOVA para % transpiración en refrigeración por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,06615	1	0,06615	350,31	0,0000
Intra grupos	0,000755333	4	0,000188833		
Total (Corr.)	0,0669053	5			

Fuente: Esta investigación

6.3.6.3 Transpiración en incubación. La figura 36, indica como la transpiración en incubación (T: 26°C+/- 2°C HR: 55%) presenta una variación considerable desde el día 3, a partir del cual la diferencia entre los tomates recubiertos y los testigos es de 26,5%.

Figura 36. Comportamiento de la transpiración en condiciones incubación



Fuente: Ésta investigación.

El valor-p indicado por la tabla 23. Para este caso es de 0.0002, lo cual indica la diferencia significativa entre la transpiración de los tomates recubiertos y los testigos.

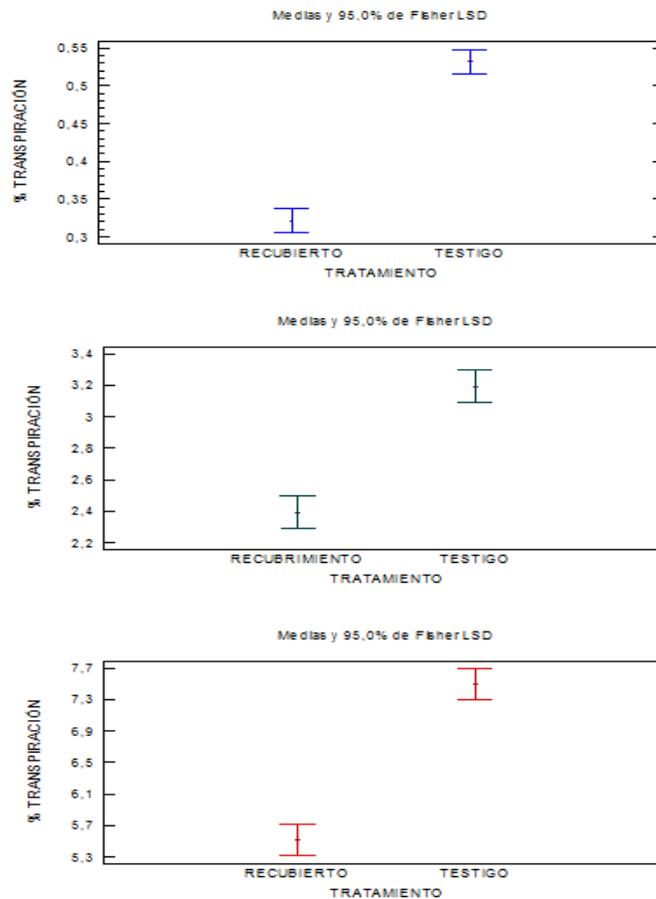
Tabla 24. ANOVA para % transpiración en incubación por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5,85291	1	5,85291	186,65	0,0002
Intra grupos	0,125429	4	0,0313573		
Total (Corr.)	5,97834	5			

Fuente: Ésta investigación.

La transpiración en los tres ambientes presentó resultados óptimos ya que se obtienen diferencias significativamente estadísticas entre los tomates con recubrimiento y sin recubrimiento, lo cual se traduce en una disminución considerable de pérdida de agua, dada por el efecto que tiene la capa protectora sobre los frutos; logrando mantener su calidad por mas tiempo. Esta variación se observa claramente en la figura 37.

Figura 37. Gráficos de medias y Fisher LSD 95% para transpiración en los tres ambientes estudiados (refrigeración, ambiental, incubación)



Fuente: Ésta investigación.

La evaluación de la transpiración en los tres medios muestra que el recubrimiento conserva su funcionalidad dentro de un rango amplio de temperaturas, por lo tanto puede ser utilizado en tomates de árbol que se sometan a refrigeración o aquellos que deban soportar temperaturas altas, ello debido a la barrera frente al agua generada gracias a la cera de laurel, material lipídico hidrofóbico vital para la efectividad del recubrimiento.

6.3.7. Evaluación organoléptica:

6.3.7.1 Evaluación sensorial de preferencia. La tabla 24, indica los resultados de la evaluación sensorial de preferencia realizada a los 15 jueces en base a tomates con y sin recubrimiento al decimo día de analisis.

Tabla 25. Presentación resultados evaluación sensorial de Preferencia

Característica	N. Respuestas Coincidentes	Significancia
BRILLO	15	Todos los jueces prefirieron la muestra con recubrimiento, lo cual indica que hay una diferencia significativa con un 0,1% de probabilidad de error.
COLOR	13	Trece de los jueces determinaron que presenta mejor color la muestra con recubrimiento, comprobando que existe diferencia significativa entre las muestras con un 1% de probabilidad de error.
TEXTURA	15	El 100% de los jueces establecieron que la muestra con recubrimiento presentó una mejor textura que el testigo, ratificando que existe una diferencia significativa con una probabilidad de error de 0,01%.
APARIENCIA GENERAL	13	La mayoría de los jueces prefirieron la muestra con recubrimiento, indicando una vez más que existe diferencia significativa entre las muestras con una probabilidad de error de 1%.

Fuente: Ésta investigación.

6.3.7.2 Evaluación sensorial discriminativa triangular. La tabla 26, presenta los resultados de la evaluación sensorial de preferencia, que demuestra como la apariencia de los tomates con recubrimiento es significativamente diferente a la de los testigos, con un nivel de confianza del 99.9%.

Tabla 26. Presentación resultados evaluación sensorial de Preferencia

N. Respuestas Coincidentes	Significancia
12	Doce de los jueces determinaron correctamente la muestra diferente, lo cual indica que existe una diferencia significativa con un 0,1% de probabilidad de error.

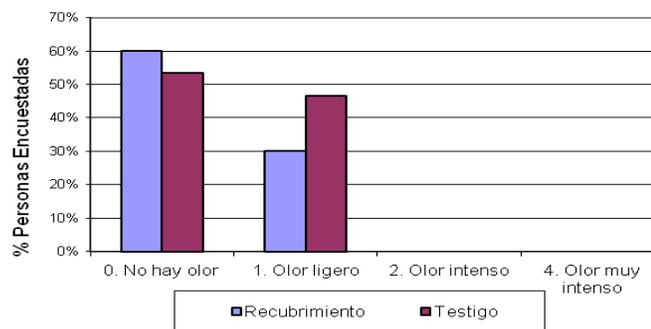
Fuente: Ésta investigación.

6.3.7.3 Evaluación sensorial clasificación por medio de escalas de intervalo . Los resultados arrojados por esta prueba contenidos en la figura 38., muestran que para la mayoría de jueces no existe olor alguno en ninguna de las dos muestras de tomates, mientras que para otras existe un olor ligero propio del

tomate, por lo tanto se concluye que el recubrimiento no ejerce cambios sobre el olor natural de la fruta.

Del mismo modo se comprueba que el recubrimiento una vez impregnado sobre la fruta no presenta ningún olor característico a cera de laurel, superando así el problema reportado por (Cabrera et al., 2002) en el recubrimiento de quesos madurados.

Figura 38. Evaluación del olor percibido por los jurados para muestras de tomate recubiertas y testigos



Fuente: Esta investigación

Todas las pruebas sensoriales mostraron que el recubrimiento es capaz de conservar la calidad visual del tomate por mayor tiempo, esto sin modificar factores como el olor o el color, resultados similares a los recubrimientos elaborados a partir de cera de abejas o carnauba (Morillon *et al.*, 2002; Caceres *et al.*, 2003).

7. CONCLUSIONES

El recubrimiento obtenido se compone de una mezcla base, integrada por: 3g de cera de laurel, 0.5g de aceite de oliva, 0.2g de Tween 80, 0.7g de propilenglicol, 1g de glicerol y 0.2g de glucosa, que forman una emulsión con la matriz hidrocoloide, constituida por la dilución de 4,5g de almidón en 32,8g agua, esta composición mantiene la estabilidad estructural brindando al revestimiento buenas características funcionales y mecánicas.

El recubrimiento alimentario se caracteriza principalmente por una densidad de 0.95 g/ml y una viscosidad de 952.9cP, valores altos que se atribuyen al contenido de hidrocoloide en la formulación, siendo este un factor determinante y limitante para la aplicación del mismo por métodos como inmersión y aspersion.

El recubrimiento resultó una buena alternativa de conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) gracias a sus excelentes propiedades de barrera frente a la transferencia de agua, las cuales se ven reflejadas en la reducción de la pérdida de peso, una mayor firmeza y una buena apariencia, lo que llevó a los frutos recubiertos a incrementar su vida de anaquel en un 25% más con respecto a las muestras testigo expuestas a condiciones similares (T:18°C +/- 2°C, HR:68%).

El índice de respiración presentado por el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) se redujo debido a la acción semipermeable del recubrimiento frente a los gases como O₂ y CO₂, factor vital ya que al trabajar con películas totalmente impermeables se impide la entrada y salida de gases generando reacciones anaerobias que se traducen en alteraciones de las frutas como aparición de olores desagradables o maduración anormal.

Se determinó que el recubrimiento no genera alteraciones en las propiedades organolépticas de los frutos recubiertos, además el revestimiento brindó a los frutos características mas agradables para el consumidor referentes a brillo, color, olor, textura y apariencia con respecto a los tomates sin recubrimiento.

8. RECOMENDACIONES

Realizar estudios que contemplen la posibilidad de obtener recubrimientos capaces de actuar como agentes portadores de sustancias antimicrobianas y nutricionales.

Evaluar la aplicabilidad y funcionalidad del recubrimiento obtenido a base de cera de laurel, en otras frutas, especialmente en las climatéricas para determinar el comportamiento del revestimiento en estos casos.

Realizar una investigación que aborde la utilización del recubrimiento en frutas de consumo directo con piel, (como manzana, pera, etc.), dentro del cual se realice un análisis que permita descartar cualquier reacción que afecte la inocuidad.

Evaluar métodos para reducir la viscosidad de modo que pueda estudiarse la aplicación por inmersión y aspersion del recubrimiento sin que este pierda su estabilidad y características para alargar la vida útil.

Diseñar los métodos y equipos de aplicación del recubrimiento comestible a gran escala.

Evaluar la factibilidad económica de montar una planta para la producción de este tipo de recubrimientos en la región

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, M. A., San Martín, E., Tomás, S. A., Cruz, A. And Jaime, M. 2008. R.Gelatine starch films: Physicochemical properties and their application in extending the postharvest shelf life of avocado (*Persea americana*), Jou. Sci. Food.

Altenhofen, M., Krause, A. C., Guenter, T. 2009. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca⁺² ions: Effect of the plasticizer concentration. Carbohydrate polymers.

Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., Villada, D. 2009. Efecto del uso de recubrimientos sobre la Calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*).

Anzaldua, A. La evaluacion sensorial de los alimentos en la teoria y la practica. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A.1994.

Altenhofen, M., Krause, A., Guenter, T. 2009. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca⁺² ions: Effect of the plasticizer concentration. Carbohydrate polymers.

Artés H, Francisco. Encarna, Aguayo. Gómez, Perla. Artés, Francisco. Productos Vegetales Mínimamente Procesados o de Cuarta Gama. Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería de Alimentos.

Arvanitoyannis, I., Biliaderis, C. 1999. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methyl cellulose and soluble starch. Carbohydrate Polymers. 38(1):47-58.

Avena-Bustillos, R.J.; Krochta, J.M. 1993. Water vapor permeability of caseinate-based edible films as affected by pH, calcium crosslinking and lipid content. J. Food Sci. pp. 904-907.

Báez - Sañudo, R., Saucedo, C., Pérez, B., Bringas, E., Mendoza, A. *et al.* 2002 Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente sobre la conservación de melón reticulado. Fitotecnia Mexicana Vol. 25(4) 375 - 379.

Baldwin, E. Surface treatments and edible coatings in food preservation. En Handbook of food preservation. Ed. M. Shafiur-Rahman, Marcel Dekker, Inc. New York, U.S.A. 1999.

Banker, G.S. 1966. Film coating theory and practice. J. Pharm. Sci., pp. 55.

Bengtsson, M., Koch, K. Gatenholm, P. 2003. Surface octanoylation of highamylose potato starch films. Carbohydrate Polymers.

Bósquez, 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. Universidad Autónoma Metropolitana.

Bosquez-Molina., Tomás, S., Rodríguez, M. 2010. Influence of CaCl₂ on the water vapor permeability and the surface morphology of mesquite gum based edible films. LWT-Food Science and Technology. 43, 1419 – 1425.

Bravin, B.; Peressini, D.; Sensidoni, A. 2004. Influence of emulsifier type and content on functional properties of polysaccharide lipid-based edible films. J. Agr. Food Chem. Pp 64.

Bureau, G. Multon, J. Embalaje de los alimentos de gran consumo. Zaragoza, España. Editorial Acribia SA. 1995.

Caceres, I., Martinez, J., Cuquerella, J. Del Rio, M. Y Navarro, P. 2003. Influencia del encerado en la calidad de la mandarina “Clemenules” procedente de sistemas de producción integrada. Rev. Iberoamericana de tecnología postcosecha.

Callegarin, F., Quezada, J., Debeaufort, F., Voilley, A. 1997. Lipids and biopackaging. J. Am. Oil Chem. Soc., p.1183-1192

Canto, M., et al. 2006. Amadurecimento de mamão formosa (*Carica papaya*) con revestimento comestível a base de fécula de mandioca, Ciênc. Agrotec. Lavras, 30.

Castricini, Ariane. 2009. Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de mamões (*Carica papaya* L.) ‘Golden’. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Cepeda, J., Diaz, Juan., Dolores, R., Torres, B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad del mango. Revista fototecnica Mexicana. Chapingo, Mexico. pp. 201-209.

Cereda, M., Bertollini, A., Silva, A., Oliveira, M., Evangelista, R. 1995. Películas de almidón para la preservación de frutas. En Anais do Congresso de Polímeros Biodegradáveis. Avances y perspectivas. Buenos Aires, Argentina.

Cereda, M., De Castro, T. 2003. Embalagens de materiais biodegradáveis. In Workshop sobre tecnologias em agroindústrias de tuberosas tropicais. Centro de

Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) Botucatu, São Paulo, Brasil. pp. 124.

Chambi, H., Grosso, C. 2006. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. *Food Research International*. 39, 458 – 456.

Cheftel, J.C.; Cheftel, H. 1976. En *Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos*. Vol.1. Ed. ACRIBIA, Zaragoza. pp. 135-290.

Day, B. 1993. Fruit and vegetables, en *Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods*. Ed. R. Parry, Blackie Academic & Professional, London, UK, pp. 115-133.

Del Valle, V., Hernandez Muños, P., Guarda, A., And Galotto, M. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia Picus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry* 9. Pp. 751-756.

FAO. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Parte II. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Internet: (<http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S07.htm#4>).

FAO. Red de informaciones sobre las Operaciones Post-cosecha. Servicio de tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria - División de sistemas de apoyo a la agricultura. Internet: (http://www.fao.org/sd/ruralradio/common/ecg/24516_es_post_harv)

Figuerola, Jorge., Salcedo, Jairo., Olivero, Rafael., Narváez, German. Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. Universidad de Sucre – Colciencias. Grupo de investigación en Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible “PADES”. Colombia.

Fishman, M., Coffin, D., Konstance, R., Onwulata, C. 2000. Extrusion of pectin/starch blends plasticized with glycerol. *Carbohydrate Polymers*.

García, A. 2008. Evaluación de un tratamiento postcosecha de la tecnología IV gama en frutos de moras (*Rubus glaucus* Benth). *Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha*. Vol. 9. Pp 44-54.

García, M., Martino, M., And Zaritzky, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science* 65:941–947.

Guilbert, S., Gontard, N., & Gorris, L. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*.

Gutiérrez, H., De La Vara, R. Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw-Hill Interamericana. 2008.

Heredia, J., Contreras, L., Siller, J. *et al.* 1999. Efectos del uso de ceras comestibles sobre la maduración poscosecha en papaya cv. Maradol. VIII Congreso de Horticultura. Manzanillo, Colima. México. P.216.

Historia del PIFIL. Pagina disponible desde internet en: <http://www3.udenar.edu.co/pifil/>

Informa anual ambiental 2009. Agencia de protección ambiental, ministerio de ambiente y espacio publico. Buenos Aires, Argentina.

Jiménez, D., Terán, Y., Rojas, B., Salinas, R., García, J., Báez, R. Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Vol. 11. Pp 37.

Kester, J., And Fennema, O. 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technology* 40. Pp.47-59

Kluge, R.; K. Minami. 2003. Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates "santa clara". *Scientia Agrícola*,54(1-2) : 103-106.

Krochta, J.M.; De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: changes and opportunities. *Food Technol.*, 51:61-72.

Locaso, D. 2007. Conservación de naranjas con un recubrimiento formulado con terpenos obtenidos a partir de *Pinus elliotis*, *Rev. Ciencia Docencia y Tecnología*. Pp. 153-173,

Márquez, C., Otero, C., Cortés, M. *et al.* 2007. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha.

Martínez L, Romero N, Alburquerque Jm, Valverde F, Guillén S, Castillo D, *et al.* 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biol Tec*.

Mchugh, T.H; Krochta, J.M. 1994. Permeability properties of edible films. En *Edible Coatings and films to improve Food Quality*. Eds. J.M. VI.

Mchung, T., And Senesi, E. 2000. Apple Wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science* 65:480–485.

Medina, Ana L, Y Lopez, Diana A. 2003. Caracterización química de los principales componentes de la cera de Laurel (*Myrica pubescens* H.B.K.) que se cultiva en el departamento de Nariño. San Juan de Pasto.

Medina, Jorge., Salas, Juan. 2008. Caracterización morfológica del grano de almidón nativo: apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería* (Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia).

Mellenthin, W.M, Chen, P.M, Borgic, D.M. 1982. In-line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of 'Bartlett' and 'd'Anjou' pears. *HortSci*.

Morillon, V., Debeaufort, F., Bond, G., Capelle, M., & Volley, A. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid – based edible films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.

Mosquera M, Soraida. Ortega C, Andrea E. 2002. Evaluación de la cera de laurel (*Myrica Pubescens*) en el recubrimiento de quesos maduros. San Juan de Pasto, Tesis de grado zootecnista. Universidad de Nariño. Facultad Ciencias Pecuarias.

Muñoz, J., Luna, C., Cueva, K., Lascano, M., Guerrero, P. 2003. El laurel de cera una especie promisorio de los andes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO.

Mulkay T, I Cáceres, J Rodríguez, A Paumier.(2004) Manejo de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) cv Maradol. *Revista CitriFrut*.

Navarro, M. 2007. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica De Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos.

Pagella, C., Spigno, G., De Faveri, D. M. 2002. Characterization of starch based edible coatings. *Trans IChemE*.

Perez-Gago, M., Krochta, J. 2001. Lipid particle size effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein/beeswax emulsion films. *J. Agr. Food Chem*. Pp. 49.

Pérez, B., Bringas, E., Saucedo, C., Nuñez, M., Baez, R. 2003. Efecto del uso de cera comestible en las características fisicoquímicas del Melón Cantalope. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Pp 140-147.

- Petersson, M., Stading, M. 2005. Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-monoglyceride films an effect on film forming conditions. Food hydrocolloids. Pp. 19.
- Ponce, A., Roura S., Del Valle C., Moreira M. 2008. Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: in vitro and in vivo studies. Postharvest Biology and Technology.
- Rangel, D., Siller, J., Diaz, J., Valdez, B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad de mango. Revista fitotecnica Mexicana. Vol. 27.
- Restrepo, J. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis Miller*). Tesis de Grado para optar el título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Rojas, M, Raybaudi, R., Soliva, R., Avena, R., Mchugh, T., And Martin, O. 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. Postharvest Biology and Technology.
- Rojas, Juan Mauricio et al. Características de los productos hortofrutícolas Colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. 2006. pag 125-129
- Romero, C., Martin, M., Velazquez, G., Torres, J. 2004. Effect of plasticizer, pH and hydration on the mechanical and barrier properties of zein and ethylcellulose films. Ciencia y tecnologia alimentaria. Volumen 4.
- Ruiz, Gladys., Montoya, Carolina., Paniagua, Marco. 2009. Degradabilidad de un polímero de almidón de yuca. Revista EIA (Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia).
- Saabedra, N., Algecira, N. 2010Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas.
- Scanavaca, L., Fonseca, N. Ecanto, M. 2007. Uso de fécula de mandioca na poscolheita de manga Surpresa (*Mangifera indica*), Rev. Bras. Frutic.
- Shafiur, M. Manual de conservación de alimentos. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A. 2003.
- Shellhammer, T. H.; Krochta, J.M. 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. J. Food Sci. pp. 62.

Shrestha, A., Arcot, J., Paterson, J. 2003. Edible coating materials their properties and use in the fortification of rice with folic acid. *Food Research International*. 36, 921 – 928.

Singh, Z. 2008. Investigación de Horticultura Curtin. *Journal Agric. Food Chem.*
Sobral, P., Menegalli, F., Hubinger, M., Roques, M. 2001. Mechanical water vapor barrier, and thermal properties of gelatin based edible films, *Food Hydrocolloids*. 15, 423 – 432.

Tanada, P., Grosso, C. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*. 36, 199 – 208.7

Venegas, S.; G. Soto; M, Alcantara; J, Flores,N, Orozco. 2004. Efecto de un recubrimiento comestible y almacenamiento refrigerado sobre la vida de anaquel de fresa, *Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, México, Edición especial 1 (6): 48-53.*

Wills, R.H.; Lee, T.H.; Graham, D; Mcgllasson, W.B.; HALL, E.G. 1981. En *Postharvest, an Introduction to the physiology and Handling of Fruits and Vegetables*. Ed. AVI Publishing Co. pp.18-41

Yusof, S., Salleh, M. 1992. Physico-chemical response of papaya to waxing. *Acta Horticulturae* 292:223-230.

Zaritzky, N. *et al.* 2010. Películas biodegradables y recubrimientos comestibles a base de hidrocoloides: caracterización y aplicaciones. Centro de Investigaciones y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). UNLP – CONICET.

ANEXOS

ANEXO A.

FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL

A continuación se le presentan unas muestras para ser evaluadas sensorialmente, por favor responda cada una de las preguntas

1. Mire las dos muestras de tomate e indique ¿Cual es más brillante?
Marque con una X la más brillante.

1658 _____

3526 _____

2. Huela las muestras y evalúe el olor usando la escala mostrada:

Muestra 6164

0 no hay olor

1 olor ligero

2 olor intenso

3 olor muy intenso

¿cuál? _____

¿cuál? _____

¿cuál? _____

Muestra 9965

0 no hay olor

1 olor ligero

2 olor intenso

3 olor muy intenso

¿cuál? _____

¿cuál? _____

¿cuál? _____

3. Observe las dos muestras e indique con una X la que presenta mejor color

5147 _____

7509 _____

4. Tiene ante usted dos muestras de tomate, tome cada uno y deslice sus dedos sobre ellos de arriba hacia abajo; indique con una X cual de las dos muestras prefiere según la textura

4168 _____

1568 _____

¿Por qué? _____

5. Ante usted hay tres muestras dos de ellas son iguales entre sí, obsérvelas e indique con una X cual es la muestra diferente

3472 _____

2386 _____

4029 _____

6. Observe las dos muestras que se le presentan e indique con una X cual de las dos prefiere

4589 _____

1234 _____

¿Por qué? _____

Comentarios:

GRACIAS POR SU TIEMPO Y COLABORACIÓN