

**EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE  
DE PROTEÍNAS DE SUERO Y CERA DE ABEJA SOBRE LA  
CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DE UCHUVA (*Physalis  
peruviana* L.).**

**LISETH YURANI CUATIN RUANO  
DAVID FERNANDO LÓPEZ ENRÍQUEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2015**

**EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE  
DE PROTEÍNAS DE SUERO Y CERA DE ABEJA SOBRE LA  
CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DE UCHUVA (*Physalis  
peruviana* L.).**

**LISETH YURANI CUATIN RUANO  
DAVID FERNANDO LÓPEZ ENRÍQUEZ**

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

**Director(a):  
JOHANA CAROLINA ANDRADE CHAPAL  
Ingeniero Agroindustrial**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2015**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, marzo de 2015.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ingeniera Johana Andrade, por su importante asesoría y colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

Ph.D. Oswaldo Osorio Mora y Ph.D. William Abarracin y, quienes a través de sus valiosos aportes contribuyeron en el desarrollo de la investigación.

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

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro en el arduo camino hacia el éxito y la felicidad a mi madre Omaira Enríquez quien me inspira con su fortaleza para continuar adelante y con su amor para lograr lo que a veces parece inalcanzable, a mi padre Armando López por sus consejos y motivación para lograr lo deseado, a mis hermanos Diana y Camilo por su compañía y apoyo en ese camino, presente y futuro, espero ser un buen ejemplo y apoyarlos en sus sueños.

A mi tía Graciela y a mi prima Daniela por su incondicional apoyo, por su ayuda en momentos difíciles y por su solidaridad, a las personas que aunque ausentes, aún están en el corazón, a mis mejores amigos: Cristian, gracias por sus consejos y motivaciones, Adriana, Daniel y Julián y a mis compañeros que me han enseñado a ser mejor ser humano y dar lo mejor de mí.

**David Fernando López Enríquez**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el motor de mi vida, la luz que guía e ilumina mi camino, a mi padre Segundo Arturo Cuatin quien se esfuerza día con día por brindarme apoyo total en mis decisiones y formación, a mi madre Edith Marleny Ruano por ser mi amiga, compañera y consejera por guiarme por el buen camino con sus sabios consejos y recomendaciones y por su entrega total, a mi hermana Astrid Yineth Cuatin por su cariño incondicional y por motivarme a ser un ejemplo a seguir, a mis familiares por confiar en mí, por su afecto y su gran apoyo.

A mis maestros, amigos y compañeros por estar presentes en momentos inolvidables y por hacer parte del camino en cumplimiento a esta meta para lograr un sueño.

**Liseth Yurani Cuatin Ruano**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	- 18 -
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	- 20 -
2. JUSTIFICACIÓN .....	- 23 -
3. OBJETIVOS .....	- 26 -
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	- 26 -
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	- 26 -
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	- 27 -
4.1 FUNDAMENTOS TEORICOS .....	- 27 -
4.1.1 Uchuva (Physalis peruviana L.) .....	- 27 -
4.1.2. Recubrimientos comestibles. ....	- 30 -
4.1.3. Recubrimientos comestibles en frutas. ....	- 36 -
4.1.4. Recubrimientos y películas comestibles a base de proteínas. ....	- 37 -
4.1.5. Lactosuero. ....	- 37 -
4.1.6. Proteínas del lactosuero. ....	- 38 -
4.1.7. Recubrimientos y películas a base de proteínas de suero. ....	- 40 -
4.1.8 Cera de abeja. ....	- 41 -
4.2. ANTECEDENTES DEL TEMA .....	- 43 -
5. METODOLOGÍA .....	- 48 -
5.1 DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNAS DE LACTOSUERO QUE MANTENGA LA CALIDAD POSTCOSECHA DE LA UCHUVA EN FRESCO .....	- 48 -
5.1.1. Determinar la composición proteica de los sólidos extraídos del lactosuero:.....	- 48 -
5.1.2. Pruebas preliminares para la elaboración del recubrimiento comestible.- 51 -	
5.1.3. Preparación del recubrimiento comestible. ....	- 54 -
5.1.4. Diseño experimental. ....	- 55 -



5.1.5.	Caracterización del recubrimiento obtenido. ....	- 56 -
5.2.	EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA UCHUVA CON LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.....	- 58 -
5.2.1.	Materia prima. ....	- 58 -
5.2.2.	Aplicación del recubrimiento. ....	- 59 -
5.2.3.	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la uchuva. ....	- 60 -
5.3.	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA UCHUVA CON LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	- 65 -
5.3.1.	Prueba sensorial de preferencia. ....	- 66 -
5.3.2.	Prueba de medición del grado de satisfacción. ....	- 68 -
6.1	DESARROLLAR UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNAS DE LACTOSUERO QUE MANTENGA LA CALIDAD POSTCOSECHA DE LA UCHUVA EN FRESCO. ....	- 69 -
6.1.1.	Determinación de la composición proteica de los sólidos extraídos del lactosuero.....	- 69 -
6.1.2.	Formulación del recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja. ....	- 74 -
6.1.3	Efectividad del recubrimiento optimo con respecto a la pérdida de peso. ....	- 79 -
6.1.4.	Caracterización del recubrimiento optimo obtenido .....	- 81 -
6.2.	EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE UCHUVA.....	- 82 -
6.2.1	Evaluación de la Pérdida de peso. ....	- 82 -
6.2.2.	Evaluación del Porcentaje de Acidez titulable y pH. ....	- 85 -
6.2.3.	Evaluación del Contenido de Sólidos solubles .....	- 88 -
6.2.4.	Evaluación del Índice de madurez: .....	- 90 -
6.2.5.	Evaluación de la Firmeza. ....	- 92 -

6.2.6.	Evaluación del Índice de color. ....	- 94 -
6.2.7.	Evaluación del Índice de respiración. ....	- 96 -
6.3.	EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE UCHUVA .....	- 98 -
6.3.1.	Prueba sensorial de preferencia. ....	- 98 -
6.3.2.	Prueba de medición del grado de satisfacción:.....	- 99 -
7.	CONCLUSIONES.....	- 104 -
8.	RECOMENDACIONES .....	- 105 -
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 106 -
	ANEXOS.....	- 115 -

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la uchuva. ....	- 27 -
Tabla 2. Composición nutricional de la uchuva por cada 100g de pulpa. ...	- 29 -
Tabla 3. Composición de lactosuero dulce. ....	- 38 -
Tabla 4. Matriz experimental de la formulación del recubrimiento. ....	- 56 -
Tabla 5. Codificación de muestras para la evaluación sensorial. ....	- 66 -
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del lactosuero dulce. ....	- 69 -
Tabla 7. Características de los sólidos recuperados por los dos métodos de recuperación. ....	- 71 -
Tabla 8. Rendimiento de solidos recuperados por el procedimiento de acidificación y adición de iones calcio.....	- 72 -
Tabla 9. Porcentajes de recuperación de proteína por acidificación y adición de iones calcio.....	- 73 -
Tabla 10. Porcentajes de pérdida de peso de uchuvas con diferentes formulaciones de recubrimiento a base de proteínas lactoséricas y cera de abeja para el día 15 de evaluación.....	- 75 -

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Lactosuero dulce.....	- 48 -
Figura 2. Lactosuero después del tratamiento de acidificación.....	- 49 -
Figura 3. Lactosuero después del tratamiento de adición de iones calcio. ....	- 49 -
Figura 4. Proceso de filtración de solidos recuperados.....	- 50 -
Figura 5. Solidos recuperados antes de macerarse y tamizarse. ....	- 50 -
Figura 6. Solidos de suero recuperados, macerados y tamizados.....	- 51 -
Figura 7. Preparación del recubrimiento comestible. ....	- 55 -
Figura 8. Viscosímetro. ....	- 57 -
Figura 9. Potenciómetro.....	- 57 -
Figura 10. Balanza medidora de humedad KERN DBS.....	- 58 -
Figura 11. Tabla de color para diferentes estados de madurez de uchuva según la norma técnica NTC 4580.....	- 59 -
Figura 12. Uchuvas Testigo Vs recubiertas por inmersión.....	- 60 -
Figura 13. Montaje de titulación. ....	- 61 -
Figura 14. Balanza analítica.....	- 62 -
Figura 15. Sensor de CO <sub>2</sub> Lutron GC2028.....	- 62 -
Figura 16. Texturometro Lloyd LS1.....	- 63 -
Figura 17. Espectrofotómetro CMS Konica Minolta. ....	- 64 -
Figura 18. Refractómetro de mesa Brixco 3030.....	- 65 -
Figura 19. Realización de la prueba de preferencia.....	- 67 -
Figura 20. Realización de grado de satisfacción.....	- 67 -
Figura 21. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para el rendimiento de recuperación de solidos de suero.....	- 72 -
Figura 22. Gráfico de medias y LSD de Fischer con 95% de confiabilidad para el porcentaje de proteína presente en los sólidos recuperados.....	- 74 -

Figura 23. Diagrama de Pareto estandarizado para el porcentaje de pérdida de peso. ....	- 76 -
Figura 24. Gráfico de efectos principales para el porcentaje de pérdida de peso. ....	- 77 -
Figura 25. Superficie de respuesta estimada para porcentaje de pérdida de peso. ....	- 78 -
Figura 27. Comparación del porcentaje de pérdida de peso de uchuvas recubiertas con muestras testigos durante el periodo de evaluación. ....	- 79 -
Figura 28. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la efectividad del recubrimiento óptimo. ....	- 80 -
Figura 29. Evaluación de la pérdida de peso de uchuvas Testigo Vs Recubiertas para el día 15. ....	- 81 -
Figura 30. Comportamiento de la pérdida de peso de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 83 -
Figura 31. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de pérdida de peso en diferentes temperaturas de almacenamiento. ....	- 84 -
Figura 32. Comportamiento del porcentaje de acidez de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 85 -
Figura 33. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de acidez en diferentes temperaturas de almacenamiento. ....	- 86 -
Figura 34. Comportamiento del pH de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 87 -
Figura 35. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de pH en diferentes temperaturas de almacenamiento. ....	- 87 -
Figura 36. Comportamiento de los sólidos solubles de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 89 -

Figura 37. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de sólidos solubles en diferentes Temperaturas de almacenamiento.....	- 89 -
Figura 38. Comportamiento del índice de madurez de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 90 -
Figura 39. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de índice de madurez en diferentes temperaturas de almacenamiento.....	- 91 -
Figura 40. Comportamiento de la firmeza de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 92 -
Figura 41. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de firmeza en diferentes temperaturas de almacenamiento.....	- 93 -
Figura 42. Codificación del índice de Color.....	- 94 -
Figura 43. Comportamiento del índice de color de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 95 -
Figura 44. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación del índice de color en diferentes temperaturas de almacenamiento.....	- 95 -
Figura 45. Comportamiento del índice de respiración de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. ....	- 97 -
Figura 46. Resultados obtenidos para la prueba de preferencia de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.....	- 98 -
Figura 47. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a color de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.....	- 99 -
Figura 48. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a brillo de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.....	- 100 -

Figura 49. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a olor de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.....- 102 -

Figura 50. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a sabor de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.....- 103 -

## RESUMEN

En la actualidad se buscan nuevas tecnologías de conservación de los productos hortofrutícolas, una alternativa viable es la utilización de recubrimientos comestibles, en la presente investigación se desarrolló un recubrimiento a base de un concentrado de proteínas de suero lácteo y cera de abeja que se evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.), se partió de la extracción de proteína de suero por dos métodos, acidificación y adición de solución de iones calcio, obteniendo por el primer método un concentrado de proteína al 37,62%, el cual se utilizó como base del recubrimiento.

Por medio de pruebas preliminares se determinaron las concentraciones de emulsificante, plastificante y espesante. Utilizando Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) se encontró el tratamiento óptimo (10% Concentrado de proteína y 15% cera de abeja) con el cual se logró disminuir la pérdida de peso de la fruta en un 35,49%; el recubrimiento se caracterizó y se evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas de la uchuva en dos condiciones de almacenamiento: ambiente y refrigeración; presentando disminución en el porcentaje de pérdida de peso, firmeza y porcentaje de acidez, aumento para pH, sólidos solubles, índice de madurez e índice de color. El índice de respiración mostro que la uchuva tiene un comportamiento climatérico. El recubrimiento logro mantener las propiedades fisicoquímicas de la uchuva durante los 15 días de la evaluación, con respecto a nuestras testigos.

Se realizaron pruebas de evaluación sensorial de preferencia y grado de satisfacción para diferentes atributos, entre muestras recubiertas y testigo. No se presentaron diferencias significativas en la prueba de preferencia, de igual manera en la prueba de grado de satisfacción no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para Color, Olor y Sabor, sin embargo se detectaron cambios en el brillo de las uchucas recubiertas.



## ABSTRACT

Nowadays new technologies for the conservation of horticultural products are sought, a viable alternative is the use of edible coatings in the present investigation coating was developed based on a concentrated whey protein and beeswax which was assessed the physicochemical and organoleptic properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), was based on the extraction of whey protein by two methods, acidification and addition of calcium ions solution, obtaining the first method protein concentrate to 37.62 %, which was used as a base coating.

Through preliminary testing concentrations emulsifier, plasticizer and thickener were determined. Using Response Surface Methodology (RSM) the optimal treatment (10% protein concentrate and 15% beeswax) with which it was possible to reduce the loss of weight of the fruit in a 35.49% was found; the coating was characterized and evaluated on the physicochemical properties of cape gooseberry two storage conditions: Ambient and cooling; presenting the percentage decrease in weight loss,  $\gamma$ - acidity percentage firmness, increase pH, soluble solids, maturity index and color index. The respiration rate showed that the gooseberry has a climacteric behavior. The coating managed to keep the physicochemical properties of cape gooseberry within 15 days of evaluation, with respect to our witnesses.

Sensory evaluation tests of preference and satisfaction for different attributes, including coated samples and witness were performed. No significant differences in preference test, just as in the proof of satisfaction showed no statistically significant differences for color, odor and taste were found, however changes were detected in the brightness of the coated uchuvas.

## INTRODUCCIÓN

La uchuva es un fruto originario de los andes peruanos; después del banano, es el fruto que más se exporta en Colombia, La corporación colombiana Internacional (CCI) la describe como “un fruto tropical con extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales”; su exquisito sabor y aroma hacen que sea muy apetecida por los consumidores, lo cual ha favorecido su incursión en nuevos mercados. A pesar que el área de cultivo se ha incrementado en los últimos años, debido al aumento de la demanda para el mercado nacional e internacional, en algunas temporadas del año se presenta déficit de producto para suplir el mercado. Además, es necesario implementar tecnologías adecuadas y mejorar las operaciones de manejo en postcosecha con el fin de obtener frutos de excelente calidad y garantizarla durante su comercialización, para evitar las altas pérdidas de producto (Galvis *et al.*, 2005).

El auge de la producción de uchuva y sus oportunidades de comercialización han llevado a varias instituciones del país a considerar la uchuva como una fruta promisoriosa y en consecuencia a dedicar esfuerzos de diverso orden para identificar propiedades y evaluar posibilidades de conservación, teniendo en cuenta que el mercado actual está exigiendo la uchuva sin cáliz y sin cera natural (resina pegajosa propia del fruto), para lo cual es una excelente estrategia recurrir al uso de recubrimientos comestibles (Castro y Gonzales, 2010).

Los recubrimientos comestibles son una tecnología basada en sistemas naturales de conservación que ayudan a reducir las pérdidas de atributos de calidad, cumpliendo con las exigencias de los consumidores actuales: productos saludables, mínimamente procesados, sin agregado de agentes químicos, y de producción sustentable. Siendo por lo tanto una de las alternativas con más futuro en el campo del envasado y conservación de alimentos. Los biopolímeros más utilizados en este tipo de envasado son ceras, derivados de la celulosa, almidón, gomas, alginatos, quitosano y proteínas. Con ellos más la adición de plastificantes y otros aditivos específicos se formulan los distintos tipos de recubrimientos adecuándose a las características que presentan las fruta u hortalizas a tratar, dependiendo de las características deseadas, los recubrimientos comestibles se pueden elaborar usando un tipo de material o una mezcla de ellos, teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas (López-Mata *et al.*, 2012).

Por otra parte, el lactosuero es un subproducto de la industria quesera, este subproducto, que generalmente se desechaba, contiene un poco más del 25 % de las proteínas de la leche, cerca del 8% de la materia grasa y aproximadamente el 95% de la lactosa (el azúcar de la leche), por lo que resulta un inmenso desperdicio de nutrientes no usar el lactosuero como alimento. Las proteínas y la lactosa se transforman en contaminantes cuando el líquido es arrojado al

medioambiente sin ningún tipo de tratamiento, porque la carga de materia orgánica que contiene permite la reproducción de microorganismos (Gil, 2007).

Las proteínas del lactosuero, se definen como aquellas que se mantienen en solución tras precipitar las caseínas a pH 4,6, a una temperatura de 20°C (Gil, 2007). El componente más importante de suero de leche es la proteína, esta se utiliza generalmente en las fórmulas infantiles y alimentos para deportistas, aunque en la actualidad se investigan usos alternativos como en la elaboración de recubrimientos y películas comestibles.

Los recubrimientos comestibles basados en proteínas de suero son excelentes barreras al O<sub>2</sub>, aunque resultan ser muy frágiles, como solución a este inconveniente se tiene que sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol que mejora la flexibilidad en los recubrimientos. Se ha incluido la adición de lípidos que puede reducir la permeabilidad al vapor de agua, los lípidos más utilizados en recubrimientos son el ácido esteárico, ácido palmítico, y algunos aceites vegetales como los de soja y de girasol. A pesar de los buenos resultados obtenidos en algunas formulaciones, estos materiales tienen baja permeabilidad al vapor de agua en comparación a las ceras naturales, como la cera de abeja (Chiumarelli y Hubinger, 2014).

La cera de abejas es una cera comercial que ha sido ampliamente utilizada como aditivo de calidad en la fabricación de cosméticos, industria farmacéutica y alimentaria. Debido a su alta hidrofobicidad y excelente resistencia a la humedad, la cera de abejas es un candidato favorable para la preparación de películas y recubrimientos comestible con la combinación de polisacáridos o proteínas (Zhang *et al.*, 2014).

Consecuentemente, el objetivo de esta investigación fue evaluar un recubrimiento comestible elaborado a base de proteínas de suero y cera de abeja, sobre la calidad fisicoquímica y organoléptica como alternativa para conservar y/o prolongar la vida útil de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.).

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales segmentos de crecimiento en la industria de alimentos son las frutas y verduras, frescas y mínimamente procesadas. El consumo de frutas y hortalizas en la dieta diaria tiene un efecto beneficioso para la salud, son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, además poseen un bajo contenido calórico (Martín *et al.*, 2007).

Los mercados internacionales de frutas y hortalizas frescas y procesadas han presentado un gran dinamismo en los últimos años, impulsados por los cambios en las preferencias de los consumidores. Sin embargo, Colombia a pesar de ser un país eminentemente agrícola, no ha podido aprovechar estas interesantes oportunidades y más aún está cediendo espacios en los que ya había logrado avances importantes; este es el caso de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) frutal exótico, andino y promisorio con un importante y creciente mercado internacional, pero que no han contado con el respaldo tecnológico que les permita posicionarse en el competido mercado hortofrutícola. El único factor a favor ha sido la calidad innata del producto, ya que al igual que muchos de los productos hortofrutícolas del país, las restricciones en cuanto a cantidad, presentación y continuidad se han constituido en el principal cuello de botella (García, 2003). Es importante resaltar que esta calidad inherente del producto debe conservarse en óptimas condiciones hasta el consumidor final.

Las pérdidas post-cosecha en cultivos hortofrutícolas están relacionadas principalmente con la manipulación desde la cosecha hasta el consumidor. Las pérdidas se originan por daños mecánicos, almacenamiento inadecuado, mala manipulación, transporte incorrecto y por el tiempo en vitrina. Se estima que las pérdidas en post-cosecha de frutas frescas y verduras están entre un 5 y 25% en países desarrollados, y entre un 20 y un 50% en países en vías de desarrollo (Pérez-Gago *et al.*, 2008), estas varían entre productos, áreas de producción y época del año (Ramos-García *et al.*, 2010). Las pérdidas post-cosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) se pueden presentar como pérdida total del producto o como disminución de su calidad, cualquiera de ellas se traduce directamente en la reducción de su precio; esta pérdida de calidad puede ser ocasionada por diferentes causas, las cuales pueden agruparse en tres grandes grupos, las de tipo mecánico, las de tipo fisiológico y las ocasionadas por ataques de plagas y enfermedades (García, 2003).

La uchuva (*Physalis peruviana* L.), es una especie frutícola andina que ha adquirido gran importancia en el país por su potencialidad para la exportación como fruta fresca, igualmente, su consumo interno se ha incrementado paulatinamente debido a que el consumidor nacional ha tenido oportunidad de conocer productos procesados que satisfacen sus gustos y que aportan vitaminas y minerales (Coral *et al.*, 2012), a pesar de que el cultivo de la uchuva se ha desarrollado a partir de las oportunidades de exportación identificadas para este

producto en los mercados internacionales, no se cuenta con una oferta tecnológica adecuada para el buen manejo de la fruta durante las etapas de cosecha y post-cosecha de la misma. La uchuva ocupa un lugar preeminente con limitantes de índole sanitaria, tecnológica, de mercado y de estructuración de la cadena, entre otros, que la coloca en un sitio de alta vulnerabilidad.

Según los reportes sobre origen y precios de la uchuva comercializada en la Unión Europea, Colombia es el primer exportador de uchuva, el otro país que exporta uchuva es Sudáfrica, aunque en muy pequeñas cantidades. El mayor consumo se hace en la Unión Europea, especialmente en Alemania, Francia y Reino Unido, ya que son estos países son los que presentan mayor demanda y cuyo principal proveedor es Colombia. La uchuva participó con US\$ 16,6 millones equivalentes al 59% de las exportaciones de fruta fresca de Colombia (MADR, 2009).

En Colombia, el cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en los últimos tiempos reviste importancia por ser un producto de exportación, sin embargo son pocos los cultivos comerciales establecidos en el país conformados en su mayoría son pequeños y medianos productores, teniendo en cuenta la gran demanda de este producto, especialmente en los países europeos. Las zonas donde se localizan las explotaciones de uchuva, corresponden a economía campesina y sus actividades son realizadas básicamente con mano de obra familiar. En el país la uchuva incrementó su producción a 13.723 toneladas, el área sembrada fue de 954 hectáreas en 2008. Con un rendimiento de productividad de 14,38 toneladas/hectárea en el mismo año. En el país las principales áreas cultivadas se localizan en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Huila, Magdalena, Nariño, Tolima y Cauca. Las exigencias de calidad que impone el mercado están referidas a frutos de apariencia llamativa por su color y tamaño, ausencia de plagas y buen sabor (Coral *et al.*, 2012). Así mismo, el I Censo Nacional de diez frutas Agroindustriales y Promisorias realizado en el 2004, establece que la uchuva ocupa el 2% (360 hectáreas) del área total sembrada para estas frutas, de las cuales el 75,89% se encuentran en Cundinamarca, 10,38% en Boyacá y un 5,06 % en Antioquia, representando el 91% en solo estos tres departamentos. De acuerdo con información de FAO, en Colombia el consumo *per cápita* anual de frutas frescas es de aproximadamente 4,1 kg., presentando niveles muy bajos frente a otros países latinoamericanos, como Costa Rica con 49 kg/hab., Cuba con 23,1 kg/hab. y Ecuador con 21,8 kg/hab. El consumo aparente de uchuva en Colombia mostró uno de los crecimientos más dinámicos del conjunto de las frutas colombianas (74,5% promedio anual). Del mismo modo, el consumo *per cápita* creció a una tasa promedio anual de 72,7% en el mismo periodo (MADR, 2009).

En Nariño, según el consolidado agropecuario del 2011 se determinó que 52,9 hectáreas se cultivaron con uchuva, obteniendo un total de 577,8 toneladas con un rendimiento de productividad de 10931,9 kg/Ha con 152 unidades productivas. Los municipios del departamento donde se mas cultiva uchuva son: Pupiales, Ipiales,

Gualmatan, Funes, Pasto, Aldana, Potosi, Puerres, La Laguna, Cabrera y El encano.

En Colombia, la uchuva se ha sembrado pensando en el potencial de los mercados externos; sin embargo, y según la opinión de algunos exportadores, hoy en día, gran parte de la producción se destina al mercado local (aproximadamente el 40%), como resultado de la fruta rechazada en el proceso de exportación; vale destacar que el rechazo obedece al ataque de insectos y plagas en 28% y a la madurez y el tamaño del fruto en 18%. Tales problemas, continúan siendo la principal dificultad, especialmente en las zona apartadas y de menor avance tecnológico, para aprovechar las potencialidades de los mercados internacionales (CCI, 2001)

Las oportunidades de comercialización nacional e internacional de la uchuva se ven limitadas debido a la falta de una tecnología tanto en la cosecha como en la post-cosecha, que sea sencilla, económica y a disposición de los productores, que reduzca las pérdidas y que mantenga la fruta en las mejores condiciones hasta su destino de comercialización.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Colombia cuenta con buenas condiciones agro-ecológicas para el cultivo de la uchuva, además de una experiencia importante de productores y comercializadores, elementos claves en el fortalecimiento de estos segmentos productivos. Esto ha hecho que la uchuva se haya mantenido como uno de los productos de mayor interés y crecimiento dentro de las exportaciones de frutas de nuestro país, ocupando el segundo lugar, después del banano (García, 2003).

La uchuva posee características tanto fisicoquímicas como organolépticas que permiten obtener diversos productos transformados con elevados rendimientos. Las presentaciones de uchuva procesada más frecuentes son: fruta congelada IQF, puré, pulpa, mermeladas, conservas, deshidratada, pero el mayor valor del mercado está en la fruta fresca o en los elaborados que mantienen su forma intacta (MADR, 2009). La uchuva se destaca por un contenido alto en antioxidantes (ácido ascórbico y provitamina A [beta-caroteno]), fósforo, hierro, proteína y fibra. Recientemente se ha incluido la uchuva en la lista de los “Superfrutos” por su alto contenido de vitaminas, minerales y fibra (Almanza-Merchán y Fischer, ND).

Para prolongar la vida post-cosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes tecnologías, una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales frescos es la utilización de recubrimientos comestibles multicomponentes, los cuales pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada, además actúan como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos (Ramos-García *et al.*, 2010). Los recubrimientos comestibles formulados adecuadamente se pueden utilizar para la mayoría de los alimentos, para enfrentar los desafíos asociados a la calidad estable, la seguridad del mercado, el valor nutritivo y la producción económica (Lin y Zhao, 2007). Los recubrimientos comestibles se pueden aplicar en frutos intactos y en productos mínimamente procesados (Valle-Guadarrama *et al.*, 2008). Actualmente el uso de películas y recubrimientos comestibles se ha extendido a muchos alimentos: productos cárnicos, pescados y carne aviar tanto frescos como congelados, frutas y hortalizas enteras o en trozos, quesos, platos preparados entre otros (Parzanese, 2012).

La aplicación de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas mejora el brillo y la textura de la corteza, reduce el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, disminuye la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases (Amaya *et al.*, 2010; Jooyandeh, 2011; Javanmard, 2011), mejorando la apariencia para los consumidores. Estos recubrimientos también mejoran las propiedades mecánicas ayudando a mantener la integridad estructural del producto que recubren y retener compuestos volátiles (Pérez-Gago *et al.*, 2008).

El interés en recubrimientos y películas comestibles se ha renovado en los últimos años debido a las preocupaciones por el medio ambiente y la necesidad de reducir la cantidad de envases desechables (Kim y Ustunol, 2001), debido a que el empleo de materiales no biodegradables para el envase constituyen un porcentaje importante en la acumulación de desechos sólidos.

Actualmente el mercado exige uchuva sin cáliz, razón que justifica que el empaque haya tomado mayor importancia. El tiempo de vida útil de la fruta se reduce considerablemente, cuando se retira el cáliz a la fruta, por lo tanto es necesario buscar los medios o condiciones que protejan la fruta, de manera que se logren tiempos de vida útil similares o mayores a los alcanzados para la fruta con cáliz. Se han evaluado diferentes empaques, entre los cuales están el polietileno (PE), polipropileno (PP), el polietileno poliéster, una poliamida y las canastillas de polietileno tereftalato (PET) y la canastilla recubierta con vinipel. Para el mercado nacional se comercializa también a granel, en canastilla de 7 u 8 kilogramos (García, 2003), sin embargo estos empaques son polímeros derivados del petróleo que generan un impacto ambiental negativo y por otra parte la comercialización a granel necesita de una tecnología que promueva la protección del fruto.

Generalmente las películas y recubrimientos comestibles son obtenidos directamente a partir de la biomasa (almidón, quitosano, gelatina, gluten, zeína, etc.), por síntesis química a partir de monómeros obtenidos de biomasa (ácido poliláctico y otros poliésteres), o bien producido por microorganismos (polihidroxialcanoatos, celulosa bacteriana, etc.) (Catalá *et al.*, 2009); uno de los materiales que se estudia en la actualidad para la elaboración de recubrimientos comestibles son las proteínas del lactosuero.

Para la industria alimentaria, el lactosuero constituye una fuente económica de proteínas que otorga múltiples propiedades en una amplia gama de alimentos (Parra, 2009). “El suero tiene altas posibilidades de ser reutilizado como una materia prima en la elaboración de recubrimientos y películas comestibles con la finalidad de prolongar la vida de anaquel de los productos frescos, lo que conllevaría a un mayor aprovechamiento de los alimentos (Regalado *et al.*, 2006; González–González *et al.*, 2007). Además las películas y recubrimientos hechos a partir de proteínas pueden suplementar el valor nutricional de la comida” (Bourtoom, 2009).

El suero de leche es una significativa fuente de proteínas funcionales como la  $\beta$ -Lactoglobulina y  $\alpha$ -Lactoalbumina principalmente, las proteínas del suero de leche son de alta calidad, ya que tiene todos los aminoácidos esenciales, con un valor biológico más alto que las proteínas del huevo o caseína. La proteína de suero tiene también algunas propiedades funcionales de interés para la industria alimentaria, tales como la solubilidad, emulsificación, formación de espuma, gelificación y viscosidad (Regalado *et al.*, 2006).



El lactosuero es un subproducto de la industria quesera, es uno de los materiales más contaminantes que existen en la industria alimentaria. Cada 1.000 litros de lactosuero generan cerca de 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO). Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 450 personas; más aún, no usar el lactosuero como alimento es un enorme desperdicio de nutrimentos; el lactosuero contiene un poco más del 25 % de la proteínas de la leche, cerca del 8 % de la materia grasa y cerca del 95 % de la lactosa (Inda, 2000). Se estima una producción mundial anual de suero de leche líquida de 118 millones de toneladas, lo que equivale a alrededor de 7 millones de toneladas de sólidos de suero. Sin embargo, en 1995 alrededor del 62% de la producción de suero de leche total fue utilizado en alguna aplicación, pero el 38% restante de las proteínas de suero de leche estaban todavía disponibles (Regalado *et al.*, 2006). En Latinoamérica el suero de leche no tiene valor agregado a pesar de que se produce en grandes cantidades, convirtiéndose en la principal fuente de contaminación de la industria láctea. Además son pocas las investigaciones desarrolladas sobre la elaboración de recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche, por esta razón es importante desarrollar estudios para utilizar el suero de leche como materia prima en su elaboración (Albizú y Ac, 2011).

En el departamento de Nariño no se hace un aprovechamiento adecuado del lactosuero, en la elaboración de queso tipo cuajada el 90% de la leche que se procesa se desecha como suero; las medianas empresas queseras de la región buscan alternativas para generar valor agregado al suero, por lo general se utiliza en la elaboración de requesones y/o se destina para la industria de confitería, pastelería, galletería, entre otras por otra parte las pequeñas empresas desperdician el suero siendo utilizado en la alimentación animal o desechado a las fuentes hídricas.

A través de esta investigación se pretende mantener y/o mejorar la calidad fisicoquímica y organoléptica de la uchuva por mayor tiempo puesto que Colombia es el principal exportador hacia los países de la Unión Europea, el objetivo es brindar una fruta de excelente calidad mediante un recubrimiento comestible a base de proteínas de suero resultado de un proceso de extracción sencillo y económico que brinde valor agregado a la producción de suero de leche, un subproducto contaminante de la industria quesera, por otra parte la utilización de recubrimientos comestibles y aprovechamiento del lactosuero generan un impacto ambiental positivo debido a la reducción de empaques plásticos y vertimiento de suero a las fuentes hídricas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar un recubrimiento comestible a base de concentrado de proteínas lactoséricas y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica y organoléptica de la uchuva.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar un recubrimiento comestible a base de concentrado de proteínas de lactosuero y cera de abeja que mantenga la calidad post-cosecha de la uchuva en fresco.
- Evaluar el recubrimiento comestible obtenido sobre las propiedades fisicoquímicas de la uchuva.
- Evaluar el recubrimiento comestible obtenido sobre las propiedades organolépticas de la uchuva.

## 4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

### 4.1 FUNDAMENTOS TEORICOS

**4.1.1 Uchuva (*Physalis peruviana* L.).** La uchuva es originaria del Perú, Colombia es el primer productor mundial de uchuva, es una de las principales frutas de exportación, ocupa el segundo lugar después del banano en mercados de Alemania y Holanda con más del 60% de la demanda (Duque *et al.*, 2011), seguido por Sudáfrica. Se cultiva de manera significativa en Zimbabwe, Kenya, Ecuador, Perú, Bolivia y México, sin embargo actualmente se encuentra cultivada en casi todos los altiplanos de los trópicos y en varias partes de los subtrópicos. En Colombia se encuentra distribuida en la región andina, como planta silvestre y solo desde hace algunos años está cultivada como una verdadera oportunidad comercial. Entre los principales países consumidores de uchuva están: Holanda, Alemania, Francia, Inglaterra, España, Bélgica, Suiza, Canadá y Brasil.

La uchuva se conoce con los nombres: uvilla, copa capolí, agua y mate, amor de bolsa, cereza del Perú, cuchuva, miltomate, motobobo, embolsado, sacabuche, cereza de judas, yuyo de hojas, cereza de invierno, cereza de la tierra, tomate de cáscara y en inglés: Capeggoseberry (grosella del Cabo), peruvian grandcherry (cereza del Perú) (Duque *et al.*, 2011).

#### **Clasificación taxonómica, descripción botánica y aspectos agronómicos.**

**Tabla 1. Clasificación taxonómica de la uchuva.**

Clasificación taxonómica	
Reino	Vegetal
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Tubiflora
Familia	Solanaceae
Genero	Physalis
Especie	Peruviana
Nombre común	Uchuva, uvilla

Fuente: González (2010).

**Descripción botánica:** Planta de tipo arbustiva con una raíz fibrosa que se encuentra a más de 60 cm de profundidad en el suelo. Posee un tallo algo quebradizo de color verde, con vellosidades de textura muy suave al tacto. Las hojas son enteras, similares a un corazón pubescente y de disposición alterna. Las flores son hermafroditas de cinco sépalos, con una corola amarilla y de forma tubular (Calvo, 2009). La fruta de uchuva es una baya jugosa en forma de globo u

Ovoide con un diámetro entre 1,25 a 2,15 cm y con un peso de 4 a 10 g, contiene unas 100 a 300 semillas, su piel es delgada y lustrosa y está recubierta con un cáliz. Su estructura interna es similar a la de un tomate en miniatura. El color característico de la uchuva se encuentra en los cromoplastos los cuales contienen carotenoides que son los pigmentos amarillo-rojizos de las frutas. Durante la maduración varía de color amarillo al ocre o amarillo naranja y su sabor va desde ácido hasta muy agrio. “La fruta de la uchuva presenta un comportamiento climatérico, el pico climatérico se presenta a los 64 días después de la floración y su madurez fisiológica se da en el día 56” (Duque *et al.*, 2011).

**Aspectos agronómicos:** La uchuva se adapta a una amplia gama de condiciones agroecológicas y está clasificada como una especie muy tolerante debido a su adaptabilidad a climas como el del mediterráneo y suelos de cualquier tipo. En algunas regiones colombianas se cultiva en asociación con curuba, feijoa, tomate de árbol, hortalizas y tubérculos; y en ocasiones con algunas plantas de maíz y cereales. Su siembra es recomendada como cobertura para proteger terrenos de la erosión, debido a su crecimiento vigoroso y expansión rápida.

En Colombia la Uchuva crece en sitios entre 1800 y 2800 msnm, con temperaturas promedio entre 13° y 15°C. Con el aumento de la altitud se incrementa la radiación ultravioleta y la temperatura disminuye, ocasionando en la uchuva un porte (tallo) más bajo de la planta, hojas más pequeñas y gruesas para filtrar mejor radiación ultravioleta. El contenido de sólidos solubles y provitamina B disminuyen con la altitud. La planta es susceptible a temperaturas extremas; las temperaturas muy altas pueden perjudicar la floración y fructificación, así como las temperaturas nocturnas inferiores a 10°C de manera constante impiden que prospere, igualmente una lluvia persistente afecta la condición de la planta. “La temperatura y la luz juegan un papel muy importante en el tamaño, color, contenido nutricional, sabor y tiempo de maduración del fruto. Para obtener un fruto de buena calidad se requiere una intensidad lumínica equivalente entre 1,500 y 2,000 horas luz/año. La precipitación anual óptima debe oscilar entre 1000 y 2000 mm bien distribuidos a lo largo del año, con una humedad relativa entre 70% y 80%. El suministro de agua durante los períodos secos es importante para evitar que se rajen los frutos. La uchuva prefiere aquellos suelos con textura areno-arcillosa con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica y un pH que debe estar entre 5,5 y 6,8. El período útil de producción de la planta es de nueve a once meses desde el momento de la primera cosecha. A partir de ese momento disminuye tanto la productividad como la calidad de la fruta. La literatura reporta un rendimiento promedio estimado entre 14 y 18 t/ha. Es recomendable conservar la uchuva en su cápsula, ya que su remoción afecta significativamente el aspecto del producto y su conservación durante el almacenamiento” (Calvo, 2009).

## Valor nutricional de la uchuva:

**Tabla 2. Composición nutricional de la uchuva por cada 100g de pulpa.**

<b>Factor nutricional</b>	<b>Contenido</b>
Calorías	54,0
Agua	79,6
Proteínas (g)	1,1 -1,5
Grasas (g)	0,4 – 0,5
Carbohidratos (g)	11,0 – 13,1
Fibra (g)	0,4
Cenizas (g)	0,7 – 1,0
Calcio (mg)	7,0 – 9,0
Fosforo (mg)	2,1 – 3,8
Hierro (mg)	1,2 -1,7
Vitamina A (U.I)	648,0 – 1730,0
Tiamina (mg)	0,01 – 0,03
Riboflavina (mg)	0,17 – 0,18
Niacina (mg)	0,8
Ácido ascórbico (mg)	20,0
Pulpa g/100g fruta	70,0
Cascara g/100g fruta	3,5
Semilla g/100g fruta	26,5

Fuente: Adaptado de: González (2010) y Mendoza *et al.* (2012).

**Agroindustria de la uchuva:** Los transformados de fruta son en general productos de baja rotación en el mercado nacional e internacional y se presenta una alta competencia con los productos de frutas tradicionales. Se considera que el procesado es una estrategia para recuperar o no perder los excedentes de fruta. La uchuva se comercializa en diferentes presentaciones: mermelada, chutney, salsas, deshidratada, en almíbar, etc. Actualmente se trabaja en la obtención de pulpas normalizadas y a partir de estas se han desarrollado derivados como néctares y mermeladas de alta calidad. Las mermeladas se comercializan en el mercado nacional y algunas empresas sólo producen para exportar. La tendencia más novedosa en mermeladas es evitar la adición de preservativos, colorantes o saborizantes y en empaques al vacío que aumentan la duración del producto. Recientemente, se han introducido al mercado los productos deshidratados, comercializados principalmente a través de los supermercados e hipermercados. Es necesario buscar alternativas de uso del producto deshidratado que es rechazado principalmente por el color, por ejemplo la obtención de barras nutricionales. La uchuva deshidratada tiene un tiempo de duración de 1 año con calidad del producto (MADR, 2009).

La uchuva es un fruto con estacionalidad baja, se consume y se encuentra disponible todo el año. La fruta presenta un alto potencial de comercialización local, que debe ir acompañado de estrategias de promoción y publicidad. Las actividades de este tipo han dado buenos resultados en las tiendas, incluso se ve un aumento mayor en los estratos bajos. De acuerdo con la información recolectada, los volúmenes de uchuva comercializados en las plazas de mercado son bastante bajos. Los productores de la fruta venden cerca de 5,55% del volumen total de fruta en las plazas de mercado. No se llevan estadísticas oficiales de la uchuva debido a los bajos volúmenes comercializados. En el 2001 entraron registradas 580 toneladas y en 2002 fueron 499 toneladas. Esto se hizo por un programa de recolección de información que se trabajó con la Universidad de la Salle. La uchuva llega en combinación con otros productos, por lo que es muy difícil registrarla. Las plazas de mercado, venden la uchuva con y sin capacho, aunque con capacho se garantiza duración del producto hasta de una semana. La uchuva sale en algunas ocasiones para los mercados de Pereira, el Chocó y la Costa Atlántica. En general, los volúmenes que se manejan en plaza se venden directamente en fresco en su mayoría y en menor medida a las empresas que transformen la fruta, El volumen de uchuva que manejan las agroindustrias depende del peso relativo que tenga el producto dentro de su portafolio de productos y de los requerimientos hacia mercados internacionales, que según la demanda, tienen exigencias de fruta entre 50 y 500 kg semanales y para ello, el canal que se establece son las centrales de abasto (MADR, 2009).

Los productos procesados cuentan con los estudios nutricionales exigidos para la venta del mismo, sin embargo, es necesario profundizar en este aspecto para que sea posible posicionar el producto como nutracéutico o alimento funcional. Por otro lado, no existen estudios que indiquen que características del fruto se pierden en el proceso de transformación (MADR, 2009).

**4.1.2 Recubrimientos comestibles.** Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente aplicada mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (Quintero *et al.*, 2010), se forma directamente sobre la superficie de los productos vegetales como una envoltura protectora. El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, produciendo una atmósfera modificada ya que reducen la disponibilidad de O<sub>2</sub> e incrementan la concentración de CO<sub>2</sub> (Ramos-García *et al.*, 2010), además crean una barrera a la transferencia al vapor de agua retrasando el proceso de senescencia y el deterioro del producto hortofrutícola por deshidratación (Pérez-Gago *et al.*, 2008). Un recubrimiento comestible es una película que envuelve al alimento y que puede ser consumida como parte del mismo (Sánchez-González *et al.*, 2008).

Los términos Recubrimientos Comestibles y Películas Comestibles se utilizan indistintamente para referirse a la aplicación de matrices transparentes y comestibles sobre las superficies de los alimentos, con el fin de servir de empaque y de preservar su calidad. Sin embargo ambos se distinguen por el modo en que son obtenidos y aplicados sobre el producto (Parzanese, 2012). La diferencia entre recubrimiento y película es que la película es una capa preformada que se coloca sobre el alimento y el recubrimiento es una capa delgada de material que forma un revestimiento sobre el mismo alimento, es decir se aplican en forma de líquido sobre el alimento (Otín, 2011). Por lo general los recubrimientos son capas más delgadas que las películas comestibles independientes. “Los recubrimientos comestibles por sí mismos pueden mejorar la integridad física de un producto revestido, que no necesariamente tienen que ser tan duro y resistente como una película independiente debido al apoyo subyacente de los alimentos (Jooyandeh, 2011). Un recubrimiento comestible es una matriz fina y continua que se dispone sobre la superficie del alimento mediante la inmersión o aplicación de un spray de la solución filmogénica formulada. Por otra parte las películas comestibles son matrices preformadas, obtenidas por moldeo, cuyo espesor es siempre mayor al de los recubrimientos, estas son aplicadas sobre la superficie o como separador de los distintos componentes de un alimento, luego de ser producidas” (Parzanese, 2012).

El propósito de las películas y recubrimientos comestibles es proporcionar integridad al alimento, generando una barrera selectiva al oxígeno, dióxido de carbono, agua, aromas y otros compuestos, además de sus propiedades de barrera, las películas y recubrimientos comestibles pueden mejorar la apariencia de los alimentos y estos materiales también pueden actuar como portadores de principios activos, tales como antioxidantes, saborizantes, nutrientes enriquecidos, colorantes, agentes antimicrobianos, o especias (Regalado *et al.*, 2006).

El problema del deterioro en los productos hortofrutícolas se debe a que estos son tejidos vivos que están sujetos a continuos cambios después de ser cosechados. Durante el almacenamiento, las frutas y hortalizas continúan respirando, es decir consumiendo oxígeno ( $O_2$ ) y desprendiendo dióxido de carbono ( $CO_2$ ). La velocidad de deterioro es generalmente proporcional a la velocidad a la que transcurre la respiración del producto. Además, las frutas y hortalizas también transpiran, es decir pierden agua, lo cual produce pérdidas importantes por deshidratación (Pérez-Gago *et al.*, 2008). Otra de las causas a las que se atribuye las pérdidas post-cosecha está relacionada con una elevada temperatura la cual podría acelerar la respiración, lo que aumenta la producción de etileno y el alto nivel de dióxido de carbono, y por lo tanto se producen los cambios en el sabor, color, textura, apariencia, y los nutrientes de los productos (Lin y Zhao, 2007).

Con respecto a la industria de productos frescos, los beneficios potenciales de la utilización de recubrimientos comestibles incluyen (Lin y Zhao, 2007):

- Para proporcionar barrera contra la humedad en la superficie de los productos para ayudar a aliviar el problema de la pérdida de humedad. La pérdida de humedad durante el almacenamiento post-cosecha de productos frescos conduce a la pérdida de peso y cambios en la textura, sabor, y apariencia.
- Para proporcionar barrera de gas suficiente para controlar el intercambio de gases entre el producto fresco y su atmósfera circundante, lo que frenaría la respiración y el deterioro de retardo. La función de barrera de gas a su vez podría retardar la oxidación enzimática y proteger los productos frescos de los cambios de coloración y textura de ablandamiento durante el almacenamiento.
- Para restringir el intercambio de compuestos volátiles entre los productos frescos y su entorno circundante a través de proporcionar barreras de gas, lo que impide la pérdida de componentes volátiles del sabor naturales y componentes de color de los productos frescos y la adquisición de olores extraños.
- Para proteger contra el daño físico de los productos causado por impacto mecánico, presión, vibraciones, y otros factores mecánicos, apoyándose en los empaques tradicionales.
- Para actuar como portadores de otros ingredientes funcionales, tales como agentes antimicrobianos, antioxidantes y nutracéutico.

Debido a que son considerados aditivos alimenticios y que es necesario que posean determinadas propiedades de barrera para la preservación de los productos, los recubrimientos y películas comestibles deben presentar las siguientes características (Otín, 2011; Parzanese, 2012):

- No ser tóxicas para la salud humana.
- Poseer propiedades nutricionales y organolépticas que sean compatibles con el alimento a recubrir.
- Presentar propiedades mecánicas adecuadas para evitar pérdidas por roturas o quiebre del material.
- Ser estables frente a las distintas condiciones de almacenamiento.
- Estabilidad bioquímica, físico-química y microbiológica.
- Poder adherirse fácilmente a la superficie de los alimentos a tratar.
- Responder a la reglamentación vigente (aditivos alimentarios).
- Requerir de tecnologías sencillas y de bajo costo para su fabricación y posterior aplicación, materias primas económicas.



**Tipos de películas y recubrimientos comestibles según su composición:** Es importante destacar que las características funcionales de los recubrimientos y películas comestibles son consecuencia directa de la materia prima utilizada para su fabricación, la cual debe ser obtenida de fuentes naturales para asegurar su biodegradabilidad. Estos componentes que forman parte de la formulación de recubrimientos y películas comestibles se clasifican en tres categorías (Parzanese, 2012):

**Hidrocoloides:** Son polímeros hidrofílicos (contienen grupos Hidroxilo -OH) de origen vegetal, animal o microbiano. Producen un elevado aumento de la viscosidad y en algunos casos tienen efectos gelificantes ya que se disuelven y dispersan fácilmente en agua. En la industria de alimentos se los utiliza como aditivos con el fin de espesar, gelificar o estabilizar. Durante los últimos años se expandió el desarrollo de películas biodegradables utilizando hidrocoloides como materia prima, porque presentan excelentes propiedades mecánicas así como de barrera frente al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y lípidos. La desventaja es que por ser hidrofílicos permiten el transporte de humedad.

Debido a que se denominan hidrocoloides a aquellas sustancias solubles o dispersables en agua, este término se aplica generalmente a sustancias compuestas por polisacáridos, aunque también algunas proteínas reciben esta clasificación. Entre los más utilizados para la formulación de películas y recubrimientos se encuentran:

**a. Polisacáridos:**

- Almidones: su uso en la fabricación de películas y recubrimientos es muy conveniente ya que son polímeros biodegradables, comestibles y sus fuentes son abundantes (maíz, trigo, papa, arroz, etc.), renovables y de bajo costo. Su funcionalidad es principalmente servir como barrera al O<sub>2</sub> y a los lípidos, como también mejorar la textura.
- Alginatos: se obtienen de diferentes especies de algas, principalmente de *Macrocystis Pyrifera*. Presenta la propiedad de formar geles cuando se le adicionan iones calcio (Ca<sup>2+</sup>) los cuales se utilizan en la formulación de películas y recubrimientos comestibles. Sus aplicaciones son variadas ya que poseen buenas propiedades de barrera frente al O<sub>2</sub> y lípidos, una de las más destacadas es en productos cárnicos frescos o congelados para evitar su deshidratación superficial. Además se lo utiliza en recubrimientos de partículas de café liofilizadas.
- Pectinas: corresponden a un grupo complejo de polisacáridos estructurales que están presentes en la mayoría de las plantas, principalmente en los cítricos. Para formar películas con este compuesto es necesario agregar una sal de

calcio (cloruro de calcio) y plastificante. Debido a que son altamente permeables al agua su uso se limita a mejorar el aspecto de algunos productos como frutas secas.

- **Quitina y Quitosano:** La quitina es el polisacárido más abundante en la naturaleza después de la celulosa. Las principales fuentes de este biopolímero son el exoesqueleto de muchos crustáceos, las alas de algunos insectos, paredes celulares de hongos, algas, y otros. En cuanto a su producción industrial se basa mayormente en el tratamiento de los caparazones de crustáceos como camarones, langostas y cangrejos los cuales son obtenidos fácilmente como desechos de las plantas procesadoras de estas especies. Además la quitina constituye la fuente industrial de quitosano más importante ya que mediante un proceso de desacetilación química o enzimática (eliminación del 50% aproximadamente de sus grupos acetilos) se convierte en quitosano, pudiendo obtenerse a gran escala. En los últimos años el quitosano se convirtió en el aditivo de alimentos de origen biológico preferido, debido a sus propiedades antimicrobianas, a su abundancia en la naturaleza y a su capacidad para formar películas. Estas se distinguen de las obtenidas a partir de otros polisacáridos por ser transparentes, de buenas propiedades mecánicas y de barrera frente al O<sub>2</sub>. Las películas comestibles a base de quitosano han sido aplicadas en muchos productos, principalmente frutas y hortalizas como frutillas, pimientos, pepinos, manzanas, peras, duraznos y ciruelas con el objetivo de preservar su calidad y actuar como agente antimicrobiano.
- **Carragenatos:** se extraen de algas rojas como las especies Chondrus y Gigarina. Al igual que los alginatos requieren de la adición de sales de calcio para la formación de geles. Como resultado se obtienen películas transparentes, incoloras y de sabor ligeramente salado. Estas se aplican principalmente para retardar la pérdida de humedad de algunos frutos.
- **Derivados de la celulosa:** Los derivados de la celulosa son considerados buenos agentes formadores de películas debido a su estructura lineal. Generalmente las películas son sólidas y resistentes a los aceites y a la mayoría de los solventes orgánicos no polares. Se emplean para controlar la difusión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, a fin de retrasar el proceso de maduración en frutas y vegetales.

## **b. Proteínas**

- **Caseína:** los caseinatos son buenos formadores de películas emulsionadas por su naturaleza anfifílica, su estructura desordenada y su capacidad para formar puentes de hidrógeno. Las películas de caseinato presentan características favorables para uso en alimentos como transparencia y flexibilidad. Se

desarrollaron cubiertas protectoras para brownies, cubos de chocolate y donuts a partir de caseinato de sodio, aceite de algodón, soja o maíz y un plastificante.

- **Proteínas del suero lácteo:** Las películas basadas en proteínas del suero son excelentes barreras al O<sub>2</sub>, aunque resultan ser muy frágiles. Como solución a este inconveniente se detectó que sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol. Para la fabricación de las películas y los recubrimientos se parte de un concentrado de proteínas al que se aplica calor para su desnaturalización. Tras su refrigeración se elimina el gas atrapado y se forma el material de recubrimiento.
- **Colágeno:** es el mayor constituyente de la piel, tendones y tejidos conectivos, y se encuentra extensamente distribuido en las proteínas fibrosas de los animales. Las películas comestibles obtenidas a partir de este se aplican desde hace tiempo en productos y derivados cárnicos, principalmente como recubrimiento de salchichas y otros embutidos. Los beneficios que presenta este tipo de recubrimiento son evitar la pérdida de humedad y dar un aspecto uniforme al producto mejorando sus propiedades estructurales.
- **Zeína:** es una prolamina y la principal proteína de reserva del maíz. Se caracteriza por ser un material relativamente hidrofóbico y termoplástico por lo cual forman películas fuertes, con brillo, resistentes al ataque microbiano, insolubles en agua; con propiedades antioxidantes y capacidad de adhesión.

### **c. Lípidos**

Contrariamente a los hidrocoloides, los lípidos se caracterizan por ser hidrofóbicos y no poliméricos, presentando excelentes propiedades de barrera frente a la humedad. Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y films comestibles se pueden mencionar las ceras, resinas, ácidos grasos, monoglicéridos y diglicéridos. La característica negativa de estas sustancias es su escasa capacidad para formar films, es decir no poseen suficiente integridad estructural ni durabilidad. No obstante se los utiliza principalmente como protección de frutas, aplicándose una capa lipídica externa como suplemento a la cera natural que poseen los frutos, la cual es generalmente removida durante el lavado. Asimismo se emplean como barrera entre los distintos compuestos de un alimento heterogéneo, como soporte de aditivos liposolubles y para dar brillo a productos de confitería.

### **d. Compuestos**

Como su nombre lo indica los films compuestos son formulados mediante la combinación de hidrocoloides y/o lípidos permitiendo aprovechar las ventajas

funcionales que presenta cada uno, reduciendo las características desfavorables. Según la ubicación en el espacio de los lípidos respecto a los hidrocoloides, los recubrimientos y películas compuestas pueden ser de dos tipos:

- **Laminados:** se configuran mediante la superposición de una capa lipídica sobre una de hidrocoloides, formando una bicapa. De esta manera se logra una distribución homogénea de los lípidos controlando de manera satisfactoria la transferencia de agua.
- **Emulsiones:** se trata de mezclas heterogéneas de lípidos dentro de una matriz de hidrocoloides, obtenidas por emulsión o microemulsión. Este tipo de películas son menos eficientes respecto a la transferencia de humedad ya que no se logra una distribución homogénea de los lípidos.

**4.1.3. Recubrimientos comestibles en frutas.** El uso de una película comestible o recubrimiento comestible en aplicaciones alimentarias y en especial en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz estructural (conformación, masa molecular, distribución de cargas), las condiciones bajo las cuales se preforman las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Quintero *et al.*, 2010).

Los recubrimientos comestibles han sido utilizados para mantener la calidad y prolongar la vida útil de algunas frutas y vegetales frescos, como frutas cítricas, manzanas y pepinos, entre otras. Las frutas o verduras están generalmente recubiertas por inmersión o aspersion, con una gama de materiales comestibles, de manera que una membrana semipermeable se forma en la superficie para la supresión de la respiración, el control de la pérdida de humedad, y proporcionar otras funciones. “Una variedad de materiales comestibles, incluyendo lípidos, polisacáridos, y proteínas, solos o en combinaciones, han sido formulados para producir recubrimientos comestibles” (Lin y Zhao, 2007).

En los últimos años se presentaron en el mercado múltiples tipos de recubrimientos y películas comestibles destinados a la conservación de frutas y hortalizas trozadas o enteras, los cuales son resultado de las numerosas investigaciones desarrolladas sobre el tema. Los biopolímeros más utilizados en este tipo de films son ceras, derivados de la celulosa, almidón, gomas, alginatos,

quitosano y proteínas. Con ellos más la adición de plastificantes y otros aditivos específicos se formulan los distintos tipos de recubrimientos adecuándose a las características que presentan la fruta u hortaliza a tratar. Es necesario que estos recubrimientos exhiban óptimas propiedades de barrera tanto a gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) como al vapor de agua, debido a que las pérdidas en la calidad de estos productos se vinculan principalmente a procesos metabólicos de respiración y transpiración (Parzanese, 2012).

Los recubrimientos más comunes son aquellos que se aplican a las frutas para sustituir la cera natural que se ha eliminado durante el lavado y cepillado de las mismas. Este tipo de recubrimientos están compuestos, en general, por mezclas de diferentes resinas o ceras, naturales o sintéticas, y se aplican a frutas enteras (cítricos y manzanas, entre otros) para alargar su vida útil durante su almacenamiento (Sánchez-González *et al.*, 2008).

**4.1.4. Recubrimientos y películas comestibles a base de proteínas.** En los últimos años, la investigación sobre empaques se han enfocado más a películas biodegradables comestibles, incluyendo películas hechas a partir de fuentes de proteínas vegetales y animales, tales como el maíz zeína, gluten de trigo, soja y proteína de cacahuete, semilla de algodón, albúmina, gelatina, colágeno caseína, y proteínas de suero (Kim y Ustunol, 2001; Seydim y Sarikus, 2006; Catalá *et al.*, 2009).

Los recubrimientos y películas comestibles se pueden preparar a partir de diferentes materiales; entre ellos, los recubrimientos comestibles a base de proteína son las más atractivas. Estos recubrimientos y películas tienen impresionantes propiedades de barrera de gas en comparación con las preparadas a partir de lípidos y polisacáridos. Las propiedades mecánicas de las películas comestibles basadas en proteínas también son mejores que las de las películas basadas en polisacáridos y grasa porque tiene una estructura única (basadas en 20 diferentes monómeros) que confiere una gama más amplia de propiedades funcionales, especialmente un alto potencial de unión intermolecular (Bourtoom, 2009), que al ser combinadas con otros compuestos y desarrolladas a diferentes temperaturas permiten obtener recubrimientos con propiedades químicas y físicas diferentes (Albizú y Ac, 2011).

**4.1.5. Lactosuero.** El lactosuero es definido como la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso. Es un líquido translúcido amarillo-verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína (Parra, 2009). En los últimos se ha buscado nuevos usos para el suero, ya que anteriormente se lo utilizaba en la alimentación animal; el suero de leche genera una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de hasta 38.000 mg/L, las preocupaciones ambientales y los reglamentos y se han convertido en tema importante (Regalado *et al.*, 2006).

**Tabla 3. Composición de lactosuero dulce.**

<b>Componente</b>	<b>Lactosuero dulce (g/L)</b>
Sólidos totales	63,0 – 70,0
Lactosa	46,0 – 52,0
Proteína	6,0 – 10,0
Calcio	0,4 – 0,6
Fosfatos	1,0 – 3,0
Lactatos	2,0
Cloruros	1,1

**Fuente: Parra (2009).**

Se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del 85-90% del volumen de la leche, contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes. Entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,10% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco) (Parra, 2009). Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico (Londoño *et al.*, 2008).

**4.1.6. Proteínas del lactosuero.** Las proteínas lactoséricas representan una rica y variada mezcla que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche, siendo su principal componente la  $\beta$ -lactoglobulina con cerca de 10% y  $\alpha$ -lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea, además, contiene otras proteínas como, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas, y glicomacropéptidos (Parra, 2009; Regalado *et al.*, 2006). Las proteínas del suero son aquellas que permanecen solubles después de la coagulación de la caseína a pH 4.6. Son proteínas de naturaleza globular y termosensibles (Quintero, 2006).

Las proteínas del suero se purifican comercialmente para producir la proteína de suero de leche concentrado (WPC) con 25% a 90% de contenido de proteína o aislado de proteína de suero (WPI) con contenido de proteína por encima de 90% (Galiotta *et al.*, 2005; Regalado *et al.*, 2006; Lin y Zhao, 2007).

El concentrado de proteína de suero se produce por un proceso de fraccionamiento industrial que implique ultrafiltración y diafiltración de suero de leche líquido pasteurizado. Esto es seguido por concentración al vacío y secado por pulverización, los aislados de proteína de suero de leche se puede obtener por intercambio iónico o por el procesamiento de separación de membrana seguido de la concentración y el secado (Regalado *et al.*, 2006; Ramos *et al.*, 2013).

Además de su contenido de proteínas distintas, WPI y WPC difieren en los niveles de tales otros componentes como los lípidos, minerales y lactosa. Estas diferencias pueden influir notablemente los enlaces intermoleculares en las películas fabricadas de la misma y en consecuencia en sus propiedades mecánicas y térmicas y de barrera, como consecuencia de estructuras moleculares distintas (Ramos *et al.*, 2013). Los WPC contiene mayores cantidades de grasa y lactosa que la WPI, y estos compuestos pueden influir en las propiedades de los recubrimientos comestibles, ya que podría actuar como discontinuidades en la matriz proteica de las películas comestibles y cambiar cambios en la barrera y las propiedades mecánicas (Rodríguez-turienzo *et al.*, 2012).

**$\beta$ -Lactoglobulina.**  $\beta$ -lactoglobulina es la más abundante de las proteínas del suero y contiene 162 residuos de aminoácidos dentro de su estructura. La  $\beta$ -lactoglobulina en su estructura secundaria contiene un 10% de  $\alpha$ -hélices, 43% laminas  $\beta$  antiparalelas y 47% de estructura desordenada. La presencia de dos enlaces disulfuro y de un grupo tiol libre, provoca una estructura espacial relativamente rígida, éste grupo tiol libre puede variar entre los residuos de aminoácidos 119 y 121. La proteína es de tipo globular con una masa molecular de 18,400 Da. Las  $\beta$ -lactoglobulinas se pueden asociar según el pH del medio: y se presenta como monómero arriba del pH 8 y como dímero en un intervalo de pH entre 5 y 8, que se polimeriza en octámero, cuando el pH varía de 3.5 a 5.2. La interacción de grupos tioles e hidrofóbicos, de las  $\beta$ -lactoglobulinas después la termodesnaturalización son los responsables primarios de la formación de películas (Murillo, 2008). Es una molécula sensible al calor y al pH. Por arriba de 65°C, la estructura globular de la  $\beta$ -lactoglobulina se abre y expone sus grupos sulfhidrilo e hidrofóbicos, asimismo induce la oxidación de los grupos sulfhidrilo libres, intercambio de enlaces hidrofóbicos y sulfhidrilo. Estas reacciones pueden ser usadas para formar películas insolubles en agua (Quintero, 2006).

**$\alpha$ -Lactoalbúmina.** Es la segunda proteína en importancia del suero de la leche. Tiene actividad biológica ya que es parte constitutiva del sistema enzimático requerido para la síntesis de la lactosa y al igual que la  $\beta$ -lactoglobulina es una proteína globular. La masa molecular reportada de la  $\alpha$ -lactoalbúmina varía entre 15 y 16 kDa; sin embargo, la masa calculada a partir la composición de residuos de aminoácidos es de 14,437 Da. Contiene residuos de ácido glutámico y leucina en posiciones terminales, tiene un alto contenido de residuos de triptófano en toda su estructura y además cuatro enlaces disulfuro. No presenta grupos sulfhidrilo libres a pesar de alto su contenido de cisteína. Al igual que la  $\beta$ -lactoglobulina, se puede cristalizar fácilmente y muestra complejos fenómenos de asociación-disociación dependientes del pH y cambios de conformación (Murillo, 2008). Esta proteína sufre cambios conformacionales a pH 4, relacionados con la pérdida de calcio. A pH entre 4 y 5 se encuentra de 2 formas con diferente estabilidad térmica. A pH 6.5 y a una temperatura de 62°C inicia su desdoblamiento, pero con

enfriamiento, la molécula puede volver a su estructura nativa siempre y cuando los enlaces disulfuro no hayan sido dañados por el calentamiento (Quintero, 2006).

**Seroalbúminas.** Proteína globular que contiene 582 aminoácidos y su masa molecular es de 66,000 Da representa el 7% de las proteínas del suero y contiene 17 enlaces disulfuro. Pueden unirse a otras moléculas como ácidos grasos libres que estabilizan a la molécula de seroalbúmina contra la desnaturalización por tratamientos térmicos (Murillo, 2008).

**Inmunoglobulinas.** Las inmunoglobulinas suman el 10% de todas las proteínas del lactosuero, constan de moléculas de glucoproteínas con alto contenido de grupos azufrados. La concentración relativamente baja de inmunoglobulina hallada en la leche normal, actúa conjuntamente con la fase lipídica para el fenómeno de formación de nata. Parece que las inmunoglobulinas son monómeros o polímeros de una molécula de cuatro cadenas entrecruzadas, con puentes disulfuro. Las estructuras primarias de las inmunoglobulinas son específicas según su origen, por lo que estas proteínas sólo son heterogéneas cuando se consideran en el conjunto de las proteínas lácteas (Murillo, 2008).

**4.1.7. Recubrimientos y películas a base de proteínas de suero.** Las películas comestibles y recubrimientos basados en proteínas del suero de leche podrían representar un medio eficaz para la utilización del exceso de suero (Parzanese, 2012).

La capacidad de interacción de las proteínas del suero con moléculas de la misma o de otra especie, carbohidratos y lípidos, las convierte en un material versátil para su aplicación en productos alimenticios y en la fabricación de películas y/o recubrimientos que brindan protección al alimento como una barrera inerte. Recientemente se han fabricado películas y recubrimientos comestibles a base de proteínas de suero de leche. La elaboración de las películas depende de las condiciones de tratamiento térmico y de los valores de pH empleados (Murillo, 2008). Los recubrimientos elaborados a base de proteína de suero de leche tienen ventajas sobre recubrimientos elaborados a partir otros biopolímeros debido al excelente valor nutricional, sabor suave y capacidad de servir como medio para agregar color, sabor e ingredientes funcionales a los alimentos (Albizú y Ac, 2011).

Es necesaria la desnaturalización de la  $\beta$ -Lactoglobulina y la  $\alpha$ -Lactoalbumina, para exponer los grupos sulfhidrilo (-SH) y disulfuro (S-S) encubiertos en el centro hidrofóbico de las estructuras globular terciaria nativa de estas proteínas. La posterior formación de enlaces disulfuro intermoleculares, principalmente entre las unidades monoméricas de la  $\beta$ -Lactoglobulina promueven la generación de una red tridimensional estable. Sin embargo, es necesario incorporar un plastificante (glicerol o sorbitol) para disminuir la densidad y reversibilidad de las interacciones intermoleculares, e incrementar la movilidad de las cadenas en consecuencia la



flexibilidad de la película. Las películas en base a suero de leche plastificadas con glicerol son excelente barrera al O<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Galiotta *et al.*, 2005; Lin y Zhao, 2007; Murillo, 2008), debido a su naturaleza hidrofílica, son barreras pobres a la humedad. Sus propiedades de barrera a la humedad, sin embargo, se pueden mejorar mediante la incorporación de materiales hidrófobos tales como lípidos para producir películas de emulsión de proteína / lípido (Kim y Ustunol, 2001; Seydim y Sarikus, 2006).

**4.1.8 Cera de abeja.** La cera de abejas es un producto obtenido de las colmenas, que se ha utilizado tradicionalmente: para fabricar velas, como recubrimiento impermeabilizante, como agente moldeable en joyería, tablillas de escritura, esculturas y similares; y como espesante y vehículo de administración de cosméticos y colores y de remedios grasos en la farmacopea tradicional, “ceratos”. La cera de abejas, como una cera comercial ha sido ampliamente utilizada como aditivo de calidad alimentaria en la fabricación de cosméticos, industria farmacéutica y la industria alimentaria. Debido a su alta hidrofobicidad y excelente resistencia a la humedad, la cera de abeja es un candidato favorable para la preparación de película comestible con combinación de polisacáridos o proteínas (Zhang *et al.*, 2014).

**Composición de la cera de abeja.** Como toda sustancia natural la composición de la cera de abejas es bastante variable y compleja. Puede contener más de 300 compuestos diferentes y no todos han sido identificados aun. Consiste principalmente de esterés; otros tantos contribuyen a su aroma y otros compuestos menores le aportarían su plasticidad y bajo punto de fusión.

Su composición ha sido investigada detalladamente. Los componentes pueden ser resumidos en:

- Monoesteres 35%
- Hidrocarbonato 14%
- Acilos libres 12%
- Diésteres 14%
- Hidroxipoliésteres 8%
- Hidroximonoésteres 4%
- Triésteres 4%
- Acidos poliésteres 2%
- Acidos monoéteres 1%
- Material no identificado 7%

**Propiedades físicas de la cera de abeja.** Las principales características de la cera de abejas son las siguientes:

- Sólido cuyo color varía de blanco, amarillo a pardo grisáceo.
- Bajo peso pero resiste tracciones o pesos relativamente importantes
- Peso específico que oscila entre 0,96 y 0,972
- La densidad varía entre 0,939 a 0,987
- Se ablanda a 38 °C
- El punto de fusión de la cera de abejas puede variar de 62 a 65 °C y el punto de la solidificación de 61,5 a 63 °C; evaporándose a 250 °C
- Tiene un olor agradable parecido a la miel y un sabor leve característico
- Fría es algo frágil y muestra una fractura no cristalina, opaca y granular
- Insoluble en agua, levemente soluble en alcohol frío, parcialmente soluble en alcohol caliente y éter y completamente soluble en aceites fijos o volátiles, cloroformo, éter, bencina (a 30 °C), carburina y disulfuro de carbono (a 30 °C).
- Buen aislante pero inflamable.

Durante su almacenaje a temperaturas frescas la cera desarrolla una sustancia polvorienta en su superficie, que se llama floración. Sus causas no se comprenden bien. Pero bajo el microscopio se puede observar que tiene una estructura cristalina característica. Su punto de fusión (39 °C) se halla por debajo de la cera.

**Usos de la cera de abeja.** Desde la antigüedad se conocen algunas propiedades terapéuticas de la cera de abejas como: que ablanda tumores duros, que la cera succiona los venenos. Por esto se aplicaba en forma de pomada en las heridas ocasionadas por flechas envenenadas.

En la actualidad, la cera de abejas tiene un amplio mercado; a continuación se mencionan los usos más importantes en las diferentes industrias.

La industria de cosméticos es el mayor y más importante consumidor de cera de abejas, donde se la emplea en las fórmulas de muchas cremas de belleza, lociones, pomadas, lápices labiales, etc.

La industria de velas, ocupa el segundo lugar en consumir cera de abejas. La tercera industria que tiene un gran consumo de cera es la misma industria apícola, en forma de hojas o láminas de cera estampada. En odontología la cera de abejas se utiliza para impresión y para placas base. Otros destinos de la cera son muy diversos, divididos entre la industria, agricultura, etc.

Es empleada en la electrónica, en armamento, industria textil, industria vidriera, galvanoplastia, industria papelera, etc. Se utiliza en agricultura en preparaciones para injertos. En medicina, en diversos bálsamos, ungüentos, supositorios, pomadas, emplastos. En cosmética, en la composición de cremas limpiadoras, astringentes, de belleza, de afeitar; de barras de labios (Sabinas A).

## 4.2. ANTECEDENTES DEL TEMA

Algunas propiedades de los recubrimientos a base de proteínas de lactosuero y su aplicación fueron estudiadas por varios autores: Kim y Ustunol (2001) realizaron un estudio sobre los atributos organolépticos de películas a base de proteína de suero y cera de candelilla; estas no tenían olor a la leche distintivo, sin embargo, se percibió ligeramente un sabor dulce por un panel sensorial entrenado. La película de proteína de suero sin cera de candelilla fue clara y transparente, mientras que las películas que contenían cera de candelilla eran opacas.

Las proteínas del suero presentaron una capacidad antioxidante mejor que caseinato de calcio, además, la adición de carboximetilcelulosa (CMC) a las formulaciones mejora significativamente su poder antioxidante. Los resultados generales sugieren claramente que los recubrimientos comestibles a base de proteína tuvieron éxito en retrasar la oxidación de pardeamiento en las manzanas en rodajas y las patatas. Las capacidades antioxidantes de las películas de proteínas de leche y glicerol fueron 37,63% para el caseinato de calcio y 60,21% para las películas de proteína de suero. Cuando CMC fue añadido a las formulaciones de película, las capacidades antioxidantes aumentaron, 66,14% para el caseinato de calcio (alanato) y 75,17% para el suero de leche. Se puede ver que las proteínas del suero exhiben una mayor potencia antioxidante que caseinato de calcio. La adición de CMC incrementó la potencia antioxidante de estas películas en un 43% para las formulaciones de calcio caseinato y un 20% para las formulaciones de proteína de suero (Le Tien *et al.*, 2001).

La vida útil post-cosecha de tomates (*Lycopersicon esculentum*) recubiertos con una película de suero de leche y monoestearato de glicerilo acetilado se comparó con frutos mantenidos en iguales condiciones pero sin recubrir. Durante las cuatro semanas de almacenamiento, los tomates recubiertos exhibieron menor pérdida de peso, menor desarrollo de color rojo y contenido de licopeno, menor pérdida de firmeza, y un cambio en la evolución de los ácidos málico y succínico. No se observaron diferencias en la evolución de los grados Brix, pH y acidez titulable durante el periodo de almacenamiento (Galiotta *et al.*, 2005).

Seydim y Sarikus (2006) realizaron pruebas con películas a base de proteínas de suero WPI, en las que utilizaron aceites esenciales de orégano, romero y ajo como agentes antimicrobianos.

Hay informes de películas de aislado de proteína de suero, plastificadas con sorbitol o glicerol que fueron ligeramente dulces y adhesivas. Por otro lado, la percepción de textura de películas de aislado de proteínas de suero plastificadas con glicerol podría reducirse si espesor de la película se redujo a alrededor de 23 micras, evaluados en las galletas y queso fundido. La percepción de la textura por los consumidores de películas de aislado de proteína de suero también puede ser

reducido, haciéndolos más solubles, por lo que se disuelven fácilmente en la boca durante la masticación (Regalado *et al.*, 2006).

Lin y Zhao (2007) reportan varios estudios en su revisión; recubrimientos de Caseinato a base de suero de leche y a base de proteínas han sido aplicados sobre las pasas, guisantes congelados, y cacahuets para proporcionar una barrera a la transferencia de oxígeno y la humedad para extender la vida útil de los productos. Estos recubrimientos, junto con el envasado en atmósfera modificada, protegidos zanahorias contra la deshidratación y ayudaron mantener su firmeza durante el almacenamiento.

Ozdemir y Floros (2008-a y 2008-b) evaluaron el efecto de las concentraciones de proteína, sorbitol, cera de abejas y sorbato de potasio en películas de proteína de suero sobre resistencia a la ruptura, módulo de Young, elongación y la transparencia, el otro estudio similar evalúan el efecto de los mismos factores sobre la permeabilidad al vapor de agua, solubilidad en el agua y características sensoriales.

Ceras y recubrimientos comestibles a base de proteínas, polisacáridos y diversas combinaciones de estos productos se han utilizado en muchos otros productos de frutas y verduras, así como para aplicaciones de otros alimentos, incluidas las nueces y productos cárnicos. Tales revestimientos se han utilizado para reducir la pérdida de humedad y heridas superficiales, así como para reducir una variedad de enfermedades en las variedades de manzana (Javanmard, 2011).

Los resultados de estudios hechos por Javanmard (2011) indicaron que los frutos con el recubrimiento de concentrado de proteínas de suero con gelan fueron de más alto rating para el gusto, brillo, color y aceptabilidad general y los más bajos fueron para la pérdida de peso. Los resultados también mostraron una diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles y la acidez entre el control y las manzanas recubiertas después de 4 semanas a 4 °C.

Jooyandeh (2011) en una recopilación de información sobre películas y recubrimientos comestibles a base de proteínas de suero presenta algunos estudios: cacahuets revestidos con proteínas de suero aisladas tuvieron una menor formación de peróxido y hexanal durante el almacenamiento en comparación a los cacahuets no recubiertos; también se encontró que los recubrimientos con proteína de suero podrían extender la vida útil de los cacahuets a 273 días a 25 °C en comparación con los 136 días para cacahuets sin revestir. Otros autores encontraron que la incorporación del agente tensoactivo en el recubrimiento con proteínas de suero aumentó significativamente su eficiencia de revestimiento. Películas de suero de leche también mejoran la vida útil de los huevos mediante la reducción de la pérdida de agua y dióxido de carbono a través de la cáscara durante el almacenamiento.

Estudios de Albizú y Ac (2011) sobre recubrimientos en base a proteínas de suero aplicadas en queso tienen como resultado diferencia entre concentraciones de proteína de 1, 4 y 6% utilizando un tratamiento térmico de 75°C durante 30 minutos. La solución con 1% de proteína concentrada de suero no desarrolló viscosidad debido al bajo contenido de sólidos presentes, los tratamientos con 4 y 6% de proteína concentrada de suero formaron una solución poco viscosa con alta presencia de agregados indeseables. La presencia de grumos fue debido a que la adición del plastificante y ajuste de pH se realizaba después del tratamiento térmico. Por otro lado al utilizar concentraciones de 4, 6 y 8% a 90°C durante 30 minutos se obtuvo una consistencia viscosa deseada. Al utilizar 10% de concentrado de proteína se presentaron agregados insolubilizados en la solución.

Dentro de las primeras aplicaciones consideradas en fase de experimentación se puede nombrar su uso como cobertura en productos sensibles al oxígeno, como nueces y maníes, para evitar su oxidación y prolongar su vida útil. También se investiga la formación de recubrimientos comestibles anti-moho para quesos, envases destinados a la leche en polvo y otros productos deshidratados, como barrera frente a la humedad y alternativas al colágeno de las coberturas empleadas en derivados cárnicos (Parzanese, 2012).

Otras investigaciones revelan que los revestimientos de proteína de suero disminuyeron la oxidación de los lípidos de los filetes de pescado. Además, el tratamiento con ultrasonidos y revestimientos retrasa significativamente la oxidación de los lípidos de las piezas de salmón en comparación con los revestimientos con proteínas no tratadas con ultrasonido. Las propiedades sensoriales de las muestras de salmón no se vieron afectadas negativamente por estos recubrimientos (Rodríguez-Turiénzo *et al.*, 2012).

Montalvo *et al.* (2012) en un estudio de revisión bibliográfica sobre recubrimientos a base de proteína presentan algunos estudios sobre manzanas, papas, tomate, maní y fresa utilizando diferentes proporciones de proteínas de suero y diferentes aditivos como antimicrobianos y antioxidantes.

Varios autores han propuesto diferentes metodologías para la elaboración de películas comestibles entre ellos: Kaya S and Kaya A (2000), Kim y Ustunol (2001), Le tien *et al.* (2001), Galiotta *et al.* (2005), Seydim y Sarikus (2006), Gounga *et al.* (2007), González-González *et al.* (2007), Ozdemir y Floros *et al.* (2008-a y 2008-b), Escobar *et al.* (2009), Osés *et al.* (2009), Zinoviadou *et al.* (2009), Lara *et al.* (2009), Otín (2011), Albizú y Ac (2011), Ramos *et al.* (2013), Brncic *et al.* (ND); las metodologías propuestas incluyen la utilización de WPI y/o WPC con plastificantes como glicerol y sorbitol y con otros aditivos como ácido acético, ácido cítrico, cera de candelilla, cera de abeja, CMC y agentes antimicrobianos.

Castro y González (2010) evaluaron fisicoquímicamente el efecto de la aplicación por inmersión y pintado de un recubrimiento comestible, formulado a partir de dos concentraciones de gelatina (4 y 8%), con adición de aceite de orégano como agente antimicrobiano (0,25%) y fibra prebiótica (500 ppm) como favorecedor del crecimiento de la flora bacteriana. Los resultados evidenciaron que el mejor tratamiento T2 (4% sólidos, modo de aplicación: Pintado) fue capaz de reducir la actividad metabólica en los frutos recubiertos en 36% menos con respecto a los frutos control; las pérdidas de peso disminuyeron un 17,67%; la vida útil de las bayas aumentó, en promedio, un 33% y el aporte de fibra prebiótica se incrementó un 8%.

Márquez *et al.* (2009-a) evaluaron las propiedades fisicoquímicas de uchuvas. Pérez *et al.* (2012) en su trabajo formularon un recubrimiento comestible a partir de gel de aloe vera con adición de glicerol como plastificante a diferentes concentraciones (1 - 6% p/p) y, posteriormente, lecitina de soya (0,5 - 2% p/p) como barrera lipídica para evaluar su resistencia al vapor de agua empleando frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su transparencia como recubrimiento. Se determinó que el recubrimiento con concentraciones de 6% p/p y 2% p/p de glicerol y lecitina, respectivamente, presentaba una mayor resistencia al vapor de agua. Con respecto a la transparencia la adición de lecitina aumenta la opacidad de las soluciones de recubrimiento.

En cuanto a la utilización se cera de abeja en recubrimientos comestibles se han reportado estudios que señalan que la cera de abeja es un componente más de las formulaciones, ayudando como barrera contra la pérdida de humedad; Películas de quitosano con cera de abeja, glicerol y tween 80 fueron elaboradas, aseguran la permeabilidad del agua y mejoran las propiedades mecánicas como elongación, fuerza de tensión y modulo elástico, estas películas se evaluaron sobre aguacate (Miranda *et al.*, 2013).

El efecto de la cera abeja e hidroxipropilmetilcelulosa como base de recubrimientos comestibles fueron evaluados sobre las propiedades fisicoquímicas y postcosecha de ciruelas, la cera de abeja en la matriz mejoro las propiedades mecánicas y de barrera ante el agua (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2013).

Velickova *et al.* (2013) evaluaron el impacto de recubrimientos elaborados con quitosano y cera de abeja sobre las características post-cosecha de fresas bajo condiciones comerciales de almacenamiento, la eficacia de los recubrimientos se evaluó por los cambios de varios parámetros: la infección por hongos, pérdida de peso, la tasa de respiración, color de piel y pulpa, firmeza, valor de pH, la acidez titulable, contenido de sólidos solubles, contenido de azúcares reductores y cambios en el análisis sensorial.

Fagundes *et al.* (2014) elaboraron un recubrimiento comestible a base de hidroxipropilmetilcelulosa con cera de abeja y otros conservantes alimentarios como propionato de sodio, carbonato de potasio, fosfato amónico y carbonato de

amonio sobre tomates de mesa, los conservantes se adicionaban para estudiar su actividad antifúngica.

Se evaluó el efecto de un recubrimiento a base de almidón de yuca (variedad SM 707-17) modificado enzimáticamente y cera de abejas sobre la pérdida de peso, la firmeza, los grados Brix, la acidez titulable y la tasa respiratoria de frutos variedad roja de chontaduro en etapa poscosecha, almacenados bajo condiciones ambientales (18°C y 77,7% de humedad relativa) (Tosne *et al.*, 2014).

## 5. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad de Nariño sede Pasto (Planta piloto y Laboratorio de investigación en conservación y calidad de alimentos, Facultad Ingeniería Agroindustrial a 2.488 m.s.n.m.).

### 5.1 DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNAS DE LACTOSUERO QUE MANTENGA LA CALIDAD POSTCOSECHA DE LA UCHUVA EN FRESCO

#### 5.1.1. Determinar la composición proteica de los sólidos extraídos del lactosuero:

**Adquisición del suero:** Se adquirió lactosuero dulce subproducto de la elaboración de queso tipo cuajada de la empresa Lácteos la Victoria ubicada en la vereda la Victoria del corregimiento de Catambuco - municipio de San Juan de Pasto.

**Figura 1. Lactosuero dulce.**



Fuente: Ésta investigación.

**Obtención de un concentrado de proteína de suero:** La obtención de proteína de suero se realizó mediante dos tratamientos: acidificación o neutralización, seguidos de un tratamiento térmico, según lo reportado por Inda (2000), las proteínas lactoséricas se pueden desnaturizar elevando la temperatura a un valor suficientemente alto y generalmente se comienzan a ver algunos efectos entre 60 y 70 °C; mediante estos procedimientos se puede recuperar parte de la proteína presente en el suero.



**Acidificación:** Muestras de 2 litros de suero dulce se acidificaron con 16 mL de una solución de ácido cítrico al 33% p/v hasta alcanzar un pH de  $4,6 \pm 0,2$ ; las muestras se realizaron por triplicado, se llevaron a calentamiento hasta alcanzar su punto de ebullición e inmediatamente se enfriaron en un baño de agua-hielo, hasta temperatura ambiente, se dejaron reposar por un periodo de 12 horas hasta la separación de los sólidos.

**Figura 2. Lactosuero después del tratamiento de acidificación.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 3. Lactosuero después del tratamiento de adición de iones calcio.**



Fuente: Ésta investigación.

**Adición de iones calcio:** Se adiciono una solución a 2000 ppm de  $\text{Ca}^{++}$  a muestras de 2 litros de suero; en una relación volumétrica 10:1 (mL de solución/L de suero). Las muestras se realizaron por triplicado y se llevaron a calentamiento hasta alcanzar su punto de ebullición e inmediatamente se enfriaron en un baño de agua-hielo, hasta temperatura ambiente, se dejaron reposar por un periodo de 12 horas hasta la separación de los sólidos.

**Separación de los sólidos recuperados:** Se separaron los sólidos recuperados por filtración utilizando un lienzo, posteriormente se secaron en mufla a 50°C hasta tener una consistencia sólida. Los sólidos una vez secos se maceraron y se tamizaron en un tamiz de malla N°40, esto con el fin de mejorar sus características de solubilidad. Se les midió el porcentaje de humedad en una balanza de humedad KERN DBS 160 a 200 °C.

**Figura 4. Proceso de filtración de solidos recuperados.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 5. Solidos recuperados antes de macerarse y tamizarse.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 6. Sólidos de suero recuperados, macerados y tamizados.**



Fuente: Ésta investigación.

**Evaluación del rendimiento de los procesos de recuperación:** Se comparó los dos métodos para determinar en cual se obtiene mayor rendimiento en la recuperación de sólidos y además se evaluó en cual se presentó mayor precipitación de proteína, utilizando el análisis de proteína por método Kjeldahl (N\*6,38) este estudio se realizó en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

Mediante una prueba de análisis de varianza ANOVA al 95% de confiabilidad por comparación de medias con una prueba de LSD de Fisher en el software Statgraphics Centurion XVI.II, se determinó si existían diferencias estadísticamente significativas entre los procedimientos tanto para recuperación de sólidos como para recuperación de proteína.

Finalmente se caracterizó organolépticamente los sólidos para evaluar cuales podrían brindar mejores características al recubrimiento.

#### **5.1.2. Pruebas preliminares para la elaboración del recubrimiento comestible.**

Se realizaron una serie de pruebas preliminares que permitieron establecer el marco experimental inherente a la elaboración del recubrimiento comestible, el objetivo de estas pruebas fue establecer los intervalos funcionales de las cantidades a trabajar para el concentrado de proteínas de lactosuero y cera de abeja, como componentes principales y los componente secundarios dentro de la formulación que ayuden a adquirir las propiedades adecuadas.

**Evaluación de los reactivos utilizados en la formulación preliminar del recubrimiento:** Para el desarrollo del recubrimiento comestible elaborado a partir de un concentrado de proteínas lactoséricas y cera de abeja, se estudiaron

diferentes formulaciones en las que varía el contenido de estos componentes en tres niveles diferentes como se describe a continuación.

**Determinación de la cantidad de concentrado de proteína de suero:** Las concentraciones de concentrado de proteína de suero en base acuosa que se estudiaron fueron de 10%, 7,5% y 5%, estos valores se determinaron según lo reportado por otros autores: Kaya S y Kaya A (2000), Kim y Ustunol (2001), Le tien *et al.* (2001), Galietta *et al.* (2005), Seydim y Sarikus (2006), Gounga *et al.* (2007), González–González *et al.* (2007), Ozdemir y Floros *et al.* (2008-a y 2008-b), Osés *et al.* (2009), Zinoviadou *et al.* (2009), Otín (2011), Albizú y Ac (2011), Ramos *et al.* (2013), Brncic *et al.* (ND).

Las concentraciones estudiadas brindan características organolépticas apropiadas para un recubrimiento comestible, valores de concentración superiores al 10% mostraban dificultades en la solubilidad por lo cual se formaban grumos o no se disolvían completamente generándose precipitación de sólidos, formándose aglomeración de partículas en la superficie de la fruta, por otra parte valores inferiores al 5% no resultaban apropiadas para desempeñar la función esperada en la formulación, pues es una concentración poco significativa en comparación a la base acuosa.

**Determinación de la cantidad de cera de abeja:** Cera de abeja blanca grado alimentario Numero E901 según la lista de aditivos alimentarios permitidos actualmente en la unión europea, se adquirió de los laboratorios San Jorge de la Ciudad de Bogotá.

Las concentraciones de cera de abeja en base acuosa que se determinaron fueron 15%, 10% y 5%, Se tuvieron presente los reportes de cera de abeja en recubrimientos de varios autores: Miranda *et al.*, (2013); Velickova *et al.*, (2013); Fagundes *et al.*, (2014); Tosne *et al.*, (2014).

Se utilizó un compuesto de carácter lipídico en la formulación del recubrimiento, debido a que las proteínas del suero son compuestos de carácter hidrófilo que no tienen una buena permeabilidad al agua además la cera mejora las propiedades mecánicas del recubrimiento según lo reportado por Bourtoom (2009). El uso de cera de abeja por encima del 15% genera una capa rígida, de color opaco, no apto para la industria alimentaria por su presentación, se complica la aplicación, presenta una estructura quebradiza y afecta las características organolépticas, por el contrario valores inferiores al 5% no generan una consistencia adecuada, razón por la cual se dificulta la aplicación y funcionalidad en el recubrimiento.

**Determinación de la cantidad de plastificante:** Como plastificante se utilizó glicerol en concentración de 10% en base acuosa, se observó que el exceso de glicerol por encima del 12% genera una exudación aceitosa, al evaluar la plastificación del recubrimiento en cajas de Petri, esto posiblemente se deba a que

el glicerol tiene una mayor capacidad de retención de humedad que otros plastificantes (Osés *et al.*, 2009). Por otra parte la falta de glicerol provoca que el recubrimiento no plastifique.

El glicerol es reportado como plastificante en diferentes concentraciones, en formulaciones de recubrimientos (Miranda *et al.*, 2003; Gounga *et al.*, 2007; Valle-Guadarrama *et al.*, 2008; Osés *et al.*, 2009; Ramos *et al.*, 2013).

Los plastificantes debilitan las fuerzas intermoleculares entre las cadenas poliméricas adyacentes, proporcionando a las películas una mayor flexibilidad, y por lo tanto una mayor adaptabilidad al alimento y una menor fragilidad (Otin, 2011). La adición de glicerol a una formulación reduce la fuerza intermolecular a lo largo de la cadena del polímero y esto resulta en un incremento de la flexibilidad (Valle-Guadarrama *et al.*, 2008). El glicerol como plastificante en películas comestibles genera que estas sean más elásticas, incrementando el porcentaje de elongación en películas a base de quitosan (Miranda *et al.*, 2003). Ramos *et al.* (2013) en películas a base de aislados y proteínas de suero indica que al aumentar la concentración de glicerol las películas tienen mayor flexibilidad, pero menor elasticidad y resistencia, indican que a una concentración del 60% se presenta una textura pegajosa en la película.

El glicerol es un plastificante de bajo peso molecular que puede permitir la adaptación del recubrimiento al fruto así se presenten cambios de la forma del fruto por la pérdida de agua. Osés *et al.* (2009) evaluó las propiedades mecánicas de películas de aislados de proteína de suero con diferentes concentraciones de glicerol y reporto como resultado que las películas plastificadas con glicerol hasta en un 40% de concentración se hacen más débiles pero no pierden flexibilidad, por lo tanto es un plastificante más estable, ya que no se presentaron diferencias significativas en el tiempo de evaluación para las propiedades de contenido de humedad ( $14.37 \pm 0.6\%$ ), resistencia a la tensión ( $2.47 \pm 0.2$  MPa), elongación a la rotura ( $106.07 \pm 7.1\%$ ) y módulo elástico ( $30.47 \pm 0.9$  MPa).

**Determinación de la cantidad de emulsificante:** Como emulsificante se utilizó Tween 80 en una concentración de 8% en base a la cera de la formulación, el exceso afecto la calidad sensorial del recubrimiento dándole un sabor amargo característico del emulsificante, y por el contrario la falta de emulsificante generó que se presente una separación de fases.

**Determinación de la cantidad de estabilizante:** Como estabilizante y espesante en la formulación se utilizó Carboximetil Celulosa (CMC) en una concentración del 0,5% en base acuosa, esta además de su función, ayudo a emulsificar (Valle-Guadarrama *et al.*, 2008) y proporcionar una consistencia que facilita la aplicación del recubrimiento sobre la superficie de la fruta, en este caso la uchuva.

Este compuesto en comparación a otros estabilizantes y espesantes no genera cambios en las propiedades organolépticas.

El exceso de CMC genera que se presenten grumos y una consistencia muy viscosa que dificulta la aplicación, por otra parte la falta de este aditivo genera que el recubrimiento no tenga la viscosidad necesaria para que se mantenga en la superficie de la fruta.

**Otros aditivos estudiados:** Se evaluaron otros aditivos como la gelatina para ayudar en la consistencia y gelificación del recubrimiento, sin embargo la gelatina hizo que el recubrimiento se gelifique rápidamente impidiendo su aplicación; también se evaluó almidón de yuca para proporcionar consistencia al recubrimiento, sin embargo este generaba un olor poco agradable y compactaba fácilmente el recubrimiento lo cual no era favorable en la aplicación.

**5.1.3. Preparación del recubrimiento comestible.** El procedimiento de elaboración se realizó preparando diluciones de concentrado de proteína de suero según las cantidades establecidas en agua destilada, esta dilución se realizó a temperatura promedio de  $80 \pm 2$  °C y en agitación constante a 800 rpm en una plancha de calentamiento y agitación digital IKA CMAG HS7 por 5 minutos. Posteriormente se eliminaron grumos de la dilución con ayuda de un homogenizador análogo D160 (velocidad 6); se le adiciono las cantidades establecidas de cera de abeja y CMC, a una temperatura de 80°C hasta la fundición de la cera y formación de una capa lipídica en la parte superior de la mezcla.

**Figura 7. Preparación del recubrimiento comestible.**



Fuente: Ésta investigación.

A la mezcla se agregó Tween 80, se agito hasta lograr la emulsificación finalmente se adiciono el plastificante, y se mantuvo en agitación por 5 minutos a 800 rpm para lograr una dispersión homogénea; se dejó reposar hasta alcanzar temperatura ambiente y se almaceno en refrigeración hasta su aplicación.

**5.1.4. Diseño experimental.** Se utilizó un diseño factorial  $3^2$ , los factores fueron la concentración de proteína de suero y la concentración de cera de abeja, se estudiaron en tres niveles codificados como -1, 0 y +1 que corresponden a los límites para los dos factores que se evaluaron en las pruebas preliminares. Se realizaron nueve tratamientos y se utilizó como variable de respuesta la pérdida de peso en un periodo de 15 días, con mediciones por triplicado, se analizó el diseño utilizando metodología de superficie de respuesta para lograr obtener la formulación óptima y mediante una prueba de análisis de varianza ANOVA al 95% de confiabilidad por comparación de medias con una prueba de LSD de Fisher se comparó el tratamiento optimo con el testigo, pruebas realizadas con el software Statgraphics Centurion XVI.II.

**Tabla 4. Matriz experimental de la formulación del recubrimiento.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Proteína de suero</b>	<b>Cera de abeja</b>
<b>T1</b>	1	1
<b>T2</b>	0	1
<b>T3</b>	-1	1
<b>T4</b>	1	0
<b>T5</b>	0	0
<b>T6</b>	-1	0
<b>T7</b>	1	-1
<b>T8</b>	0	-1
<b>T9</b>	-1	-1

Fuente: Ésta investigación.

**5.1.5. Caracterización del recubrimiento obtenido.** El tratamiento óptimo que presentó menor porcentaje de pérdida de peso se caracterizó mediante la medición de las siguientes propiedades:

**Densidad:** Para la determinar la densidad se utilizó el método del picnómetro, el cálculo de la densidad se realizó mediante la ecuación

$$\rho = \frac{W_f - W_p}{V_p}$$

Dónde:

$\rho$ : Densidad

$W_f$ : Peso del picnómetro con el fluido

$W_p$ : Peso del picnómetro vacío

$V_p$ : Volumen del picnómetro

**Viscosidad:** Para determinar la viscosidad se utilizó el Reómetro Brookfield DV3T a 100 rpm con aguja N° 63.

**pH:** La determinación del pH se realizó con un potenciómetro previamente calibrado con tampones a pH 4 y 7.

**Porcentaje de humedad:** se midió la humedad del recubrimiento con una balanza de humedad KERN DBS 160 a 200 °C.



**Figura 8. Viscosímetro.**



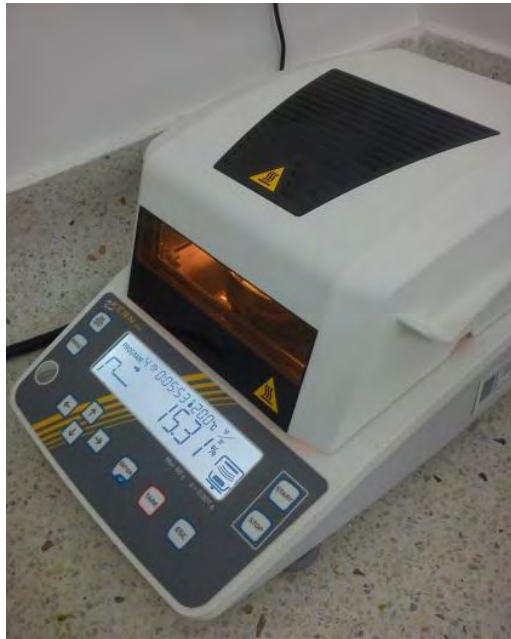
Fuente: Ésta investigación.

**Figura 9. Potenciómetro**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 10. Balanza medidora de humedad KERN DBS.**

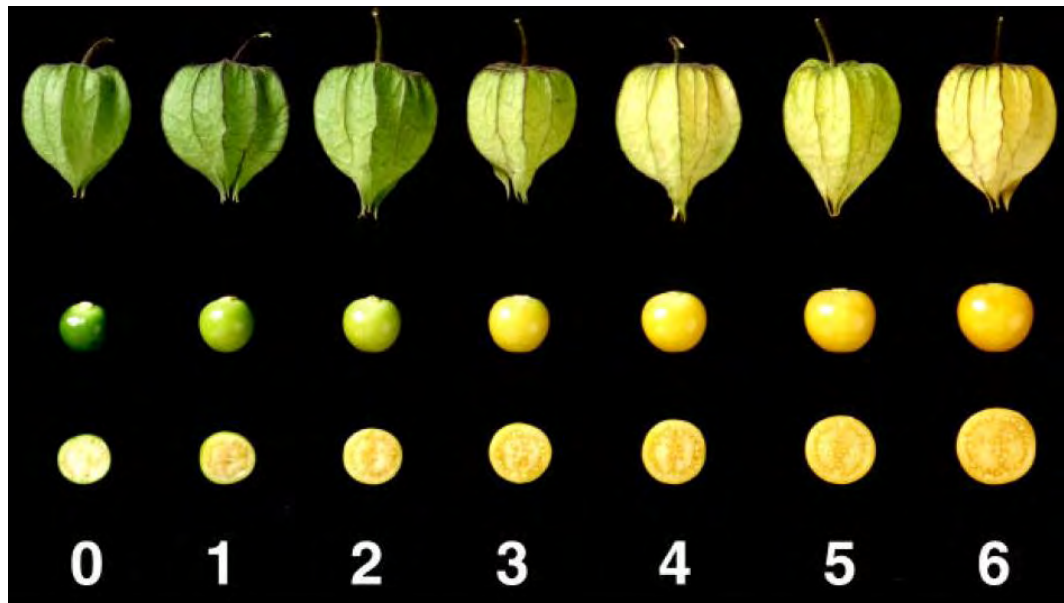


Fuente: Ésta investigación.

## **5.2. EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA UCHUVA CON LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.**

**5.2.1. Materia prima.** Se utilizó uchuva adquirida en el corregimiento de la Laguna – municipio de San Juan de Pasto. A los frutos se les retiró el cáliz con precaución para no generar heridas en el área peduncular, luego se lavaron con agua potable y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio a 30 ppm, se seleccionaron y clasificaron en estado de madurez 4 según la tabla de color presente en la norma técnica colombiana NTC 4580.

**Figura 11. Tabla de color para diferentes estados de madurez de uchuva según la norma técnica NTC 4580.**



Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4580.

**5.2.2. Aplicación del recubrimiento.** Se evaluaron dos diferentes procedimientos de aplicación del recubrimiento sobre la superficie de la uchuva:

**Aspersión:** se utilizó un spray para esparcir el recubrimiento en la superficie del producto, sin embargo debido a la alta viscosidad del recubrimiento, este no era homogéneo en toda la superficie y se presentaron taponamientos en el spray.

**Inmersión:** se sumergieron las bayas en un recipiente que contenía el recubrimiento, se esperó por 3 minutos para que el recubrimiento se adhiriera a la superficie, se retiró el exceso de recubrimiento con ayuda de un material aséptico de paño y posteriormente se utilizó aire frío para el secado del recubrimiento.

**Figura 12. Uchuvas Testigo Vs recubiertas por inmersión.**



Fuente: Ésta investigación.

**5.2.3. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la uchuva.** La formulación de recubrimiento comestible que presentó menor pérdida de peso en los frutos se evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas de la uchuva durante un periodo de 15 días en dos diferentes condiciones de temperatura: ambiente ( $17 \pm 2$  °C y HR: 69%) y refrigeración ( $4 \pm 2$  °C y HR: 66%), las propiedades que se evaluaron fueron:

**pH del zumo:** Se maceraron frutos hasta tener suficiente zumo para evaluar el pH por medio del potenciómetro previamente calibrado.

**Acidez titulable:** Se evaluó la acidez titulable por titulación con NaOH 0,1N y fenoltaleína como indicador, la acidez se expresa como porcentaje de ácido cítrico; se tomaron 5 mL de jugo y se titulan hasta que el indicador cambie de color.

La acidez del producto se expresó como el porcentaje de peso del ácido que se encuentra en la muestra. El cálculo de la acidez titulable se efectúa mediante la siguiente fórmula (g/100ml muestra):

$$\%Acidez = \frac{A * B * C}{D} * 100$$

Dónde:

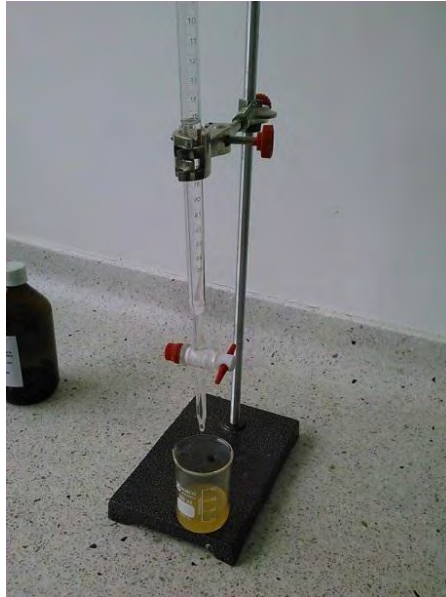
A: Cantidad en mL de base o NaOH gastado.

B: Normalidad de la base usada en la titulación (0.1 N).

C: Peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante de la fruta. (Ácido cítrico =0.064)

D: Volumen de la muestra en mL

**Figura 13. Montaje de titulación.**



Fuente: Ésta investigación.

**Pérdida de peso:** La pérdida de peso se determinó pesando la fruta a diario. Los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso utilizando la fórmula:

$$\%PP = \frac{Pm - Pi}{Pi} * 100$$

Dónde:

%PP= Porcentaje de pérdida de peso

Pm= Peso medido al día

Pi= Peso inicial

**Índice de respiración:** El índice de respiración se determinó con el Medidor de CO<sub>2</sub> Lutron GC 2028, el cual posee un sensor digital capaz de detectar la concentración de CO<sub>2</sub> en ppm contenido en un determinado volumen; para ello se dispuso de 200 g de uchuva en un recipiente de vidrio con volumen estándar herméticamente cerrado; la lectura se realizó a través del sensor contenido al interior del recipiente en un periodo de 20 minutos, y se calculó la intensidad respiratoria con la fórmula:

$$IR = \frac{1,8(CO_2f - CO_2i) * 0,001 * V}{m * t}$$

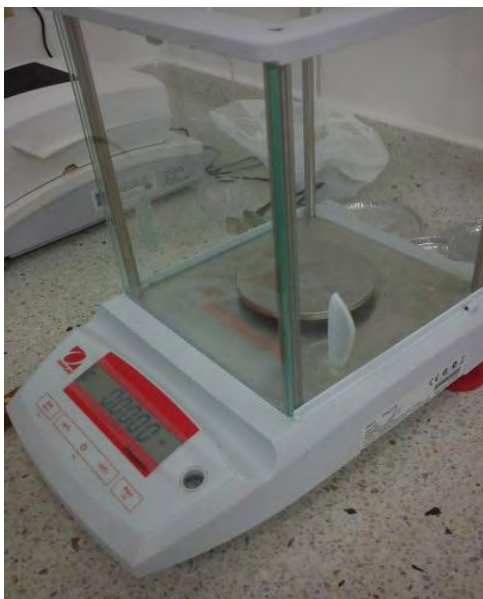
Dónde:

V = Volumen del recipiente (L)

m= Peso de la muestra (Kg)

t= Tiempo de evaluación (h)

**Figura 14. Balanza analítica**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 15. Sensor de CO<sub>2</sub> Lutron GC2028.**

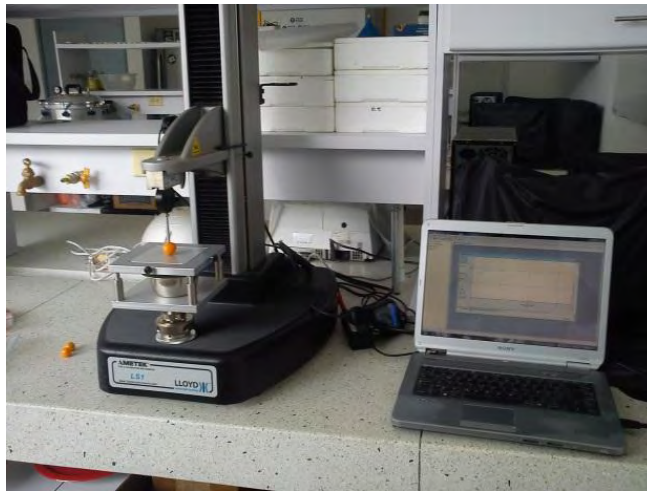


Fuente: Ésta investigación.



**Firmeza:** Se midió la firmeza del fruto con el texturometro Lloyd LS1, la lectura de los datos se realizó mediante el software Nexygen Plus con los parámetros de test de tensión y compresión, con una carga inicial de 0,01N con límite de desplazamiento de 5 mm y velocidad de 21mm/min, con la aguja cilíndrica de 5mm de diámetro, la medición se realizó de manera transversal a la cicatriz peduncular del fruto.

**Figura 16. Texturometro Lloyd LS1.**



Fuente: Ésta investigación.

**Color:** Se midió el color del fruto con el espectrofotómetro CM5 Konica Minolta, teniendo en cuenta un área de medición de 30 mm, ángulo observador de 10°, iluminante D 65, haciendo la lectura de manera transversal a la cicatriz peduncular del fruto. Los resultados de la medición se obtienen con base a los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  correspondientes al sistema de color CIELAB, se calculó el índice de color mediante la fórmula:

$$IC = \frac{1000 \times a^*}{L^* \times b^*}$$

Dónde:

$L^*$  = Luminosidad

$a^*$  = Intensidad del color entre rojo y verde

$b^*$  = Intensidad del color entre amarillo y azul

**Figura 17. Espectrofotómetro CMS Konica Minolta.**



Fuente: Ésta investigación.

**Solidos solubles:** Se tomaron unas gotas se zumo de la fruta y se hizo la respectiva lectura en el refractómetro de mesa BRIXCO: 3030 previamente calibrado. La lectura se obtuvo en grados Brix y se corrigió según la temperatura como se indica en las tablas de la norma técnica colombiana NTC 4580.



**Figura 18. Refractómetro de mesa Brixco 3030.**



Fuente: Ésta investigación.

**Índice de madurez:** Para la determinación del índice de madurez se evaluaron los sólidos solubles y la acidez titulable de los frutos. El índice de madurez fue el resultado de la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{\text{Sólidos solubles } (^{\circ}Bx)}{\text{Acidez } (\%Ac \text{ Citrico})}$$

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de análisis de varianza ANOVA al 95% de confiabilidad por comparación de medias con una prueba de LSD de Fisher al último día de tratamiento, el análisis estadístico se realizó mediante el software Statgraphics Centurion XVI.II.

### **5.3. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA UCHUVA CON LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE**

Las pruebas sensoriales se realizaron en las instalaciones de la Universidad de Nariño. El análisis sensorial fue realizado con frutos testigos y recubiertos (con la mejor formulación obtenida) después de 6 días de su aplicación y mantenidos en refrigeración.

Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de cuatro dígitos de la siguiente manera:

**Tabla 5. Codificación de muestras para la evaluación sensorial.**

<b>Prueba de preferencia</b>		<b>Prueba de medición del grado de satisfacción</b>	
<b>3662</b>	Muestra de uchuva sin recubrimiento	<b>6007</b>	Muestra de uchuva sin recubrimiento
<b>5179</b>	Muestra de uchuva con recubrimiento	<b>9892</b>	Muestra de uchuva con recubrimiento

Fuente: Ésta investigación.

La interpretación de los resultados de las pruebas sensoriales se realizó con las tablas reportadas por Anzaldúa (1994). En la que se ubicó el número de jueces que intervinieron en la prueba y respectivamente en otra columna se encuentra el número mínimo de respuestas coincidentes para que haya diferencias significativas.

**5.3.1. Prueba sensorial de preferencia.** Se aplicó una prueba de preferencia a 30 panelistas tipo consumidor donde se evaluó el favoritismo entre una muestra testigo (uchuva sin recubrimiento) y una con tratamiento (uchuva con recubrimiento) en cuanto a apariencia general del fruto, el formato de evaluación de prueba de preferencia que se utilizó se presenta en el Anexo A.

**Figura 19. Realización de la prueba de preferencia.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 20. Realización de grado de satisfacción**



Fuente: Ésta investigación.

**5.3.2. Prueba de medición del grado de satisfacción.** Se aplicó una prueba de medición del grado de satisfacción con una escala hedónica de 3 puntos (me gusta, ni me gusta ni me disgusta y me disgusta) en esta prueba se evaluaron el color, brillo, olor y sabor, en formatos individuales, el formato de evaluación de prueba de grado de satisfacción que se utilizó se presenta en el Anexo B y C.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 DESARROLLAR UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNAS DE LACTOSUERO QUE MANTENGA LA CALIDAD POSTCOSECHA DE LA UCHUVA EN FRESCO.

#### 6.1.1. Determinación de la composición proteica de los sólidos extraídos del lactosuero:

**Propiedades fisicoquímicas del lactosuero:** Se evaluó las propiedades fisicoquímicas del lactosuero dulce (Tabla 6) obtenido de la elaboración de queso tipo cuajada, como materia prima para la obtención de un concentrado de proteínas.

**Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del lactosuero dulce.**

Propiedad	Unidades	Valor promedio (n=4)
Densidad a 15°C	g/mL	1,025 ± 0,005
pH	-	6,725 ± 0,243
Sólidos solubles	°Bx	6,75 ± 0,173
Punto de ebullición	°C	92,0 ± 0,5
Proteína Total	%	0,87 ± 0,06

Fuente: Ésta investigación.

Los resultados que se obtuvieron en cuanto a las propiedades fisicoquímicas y contenido de proteína del suero dulce en esta investigación son similares a los reportados por varios autores: Inda (2000) reporta un promedio de proteína del 0,9% del cual 0,78% corresponde a contenido de proteína lactosérica, sólido solubles del 6,8% y pH de 6,5; Westergaard (2004) reporta que el suero dulce debe tener como mínimo un pH de 6,3 y un contenido de sólidos del 6%; Valencia (2008-b) reporta que el suero dulce no debe tener un pH inferior a 5,8; Parra (2009) presenta para el lactosuero dulce unos valores de proteína entre 6,0 a 10,0 g/L y entre 63,0 a 70,0 g/L de sólidos solubles; Vazquez-Puente *et al.* (2010) reportan que se obtuvo un contenido de proteína de 8,34g/L y una densidad de 1.023 g/mL a 15°C.

Es necesario tener en cuenta que el contenido de sólidos solubles y proteína del suero depende del proceso del que se obtuvo y de la leche de la que parte, estos sólidos presentes en el suero afectan directamente la densidad y las propiedades fisicoquímicas; en cuanto al valor del pH es cercano a la neutralidad debido a que

es un lactosuero dulce que se obtuvo de la producción de queso tipo cuajada, queso que no requiere la adición de ácido para la coagulación de proteína.

**Obtención de un concentrado de proteína de suero.** Las proteínas lactoséricas no reaccionan con el cuajo, son de peso molecular relativamente bajo, y son solubles en su punto isoelectrico, por lo que es necesario desnaturalizarlas térmicamente para luego precipitarlas (Inda, 2000), teniendo en cuenta lo anterior los procedimientos estudiados fueron:

**Acidificación.** Los sólidos recuperados en el proceso de acidificación contaron con unas características muy particulares, se evidenció que los sólidos retenían más cantidad de agua por lo cual necesitaron mayor tiempo de secado para alcanzar la humedad deseada, las características de los sólidos se indican en la Tabla 7.

Entre los ácidos empleados industrialmente se encuentra el ácido cítrico, grado alimentario. El ácido tiene como función bajar el pH hasta valores cercanos al punto isoelectrico de estas proteínas, esto junto con las reacciones de desnaturalización térmica, conducen a la precipitación de las proteínas lactoséricas.

El valor del pH en la desnaturalización de las proteínas lactoséricas juega un papel muy importante, al igual que la temperatura; en algunas proteínas, como las lactoséricas, la desnaturalización a altas temperaturas promueve la ruptura de enlaces -S-S- o las reacciones de intercambio -S-H/-S-S-, pero, fuera de estas reacciones que involucran a los aminoácidos cisteína y cistina, en general el calor solamente afecta a interacciones no covalentes. Durante la desnaturalización la  $\beta$ -lactoglobulina sufre una alteración estructural en la que quedan expuestos los grupos -S-S-, que juegan un papel central en la formación de "puentes" covalentes con otras proteínas (Inda, 2000). Estos cambios en la estructura globular de las proteínas lactoséricas generan que se pierda la solubilidad de estas moléculas y se precipiten.

**Adición de iones Calcio.** Los sólidos obtenidos por adición de solución de iones Calcio presentan características diferenciadas a los sólidos recuperados por acidificación, la retención de agua es mucho menor, eso se evidencia en el menor tiempo de secado para alcanzar una humedad deseada, el color es amarillo opaco posiblemente a la presencia de mayor cantidad materia grasa pues se evidenciaba una capa aceitosa al manipularlos, su sabor es un poco amargo, el cual puede deberse a que los iones calcio generan compuestos que se determinan como cenizas y eso puede hacer que se aprecie este sabor indeseable (Inda, 2000), Inda (2000) reporta que la solubilidad de las proteínas lactoséricas desnaturalizadas es limitada y su susceptibilidad a la precipitación térmica aumenta al aumentar la concentración de proteína ( $\beta$ -lactoglobulina) y al aumentar

la concentración de iones  $\text{Ca}^{++}$ , por esta razón posiblemente los sólidos obtenidos por adición de iones calcio fueron más compactos y menos solubles (Tabla 7).

La precipitación de las proteínas también se puede inducir mediante la adición de concentraciones suficientemente altas de iones calcio, sin la manipulación del pH, parece ser que el calcio está involucrado en la precipitación de las proteínas desnaturalizadas, y no tanto en el proceso de desnaturalización; los iones calcio están involucrados en la etapa final de la desestabilización térmica de las proteínas lactoséricas. La acción del calcio sobre las proteínas lactoséricas se puede interpretar a través del fenómeno conocido en química de proteínas como “salting-out” o “desestabilización salina”. El calentamiento a valores de pH entre 6.6 y 6.9, con adición de solución de cloruro de calcio, da lugar a precipitación independiente del pH, durante el enfriamiento. El calcio añadido al lactosuero interacciona con los grupos cargados eléctricamente de las proteínas, obstaculizando las interacciones proteína-agua y promoviendo la precipitación (Inda, 2000).

**Tabla 7. Características de los sólidos recuperados por los dos métodos de recuperación.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo promedio de secado (horas)</b>	<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>Características de los sólidos</b>	
<b>Acidificación</b>	73,33	15,31	<b>Color</b>	Blanco
			<b>Olor</b>	Característico a Leche
			<b>Sabor</b>	Acido
			<b>Textura</b>	Polvorienta
			<b>Solubilidad</b>	Media
<b>Adición de iones calcio</b>	30,50	16,19	<b>Color</b>	Amarillo opaco
			<b>Olor</b>	Característico a Leche
			<b>Sabor</b>	Amargo
			<b>Textura</b>	Grumosa Compacta
			<b>Solubilidad</b>	Baja – Nula

Fuente: Ésta investigación.

**Evaluación del rendimiento de recuperación de sólidos.** Se comparó los dos procedimientos: acidificación y adición de iones calcio para determinar el rendimiento en cuanto a recuperación de sólidos secos, los resultados se presentan en la tabla 8.

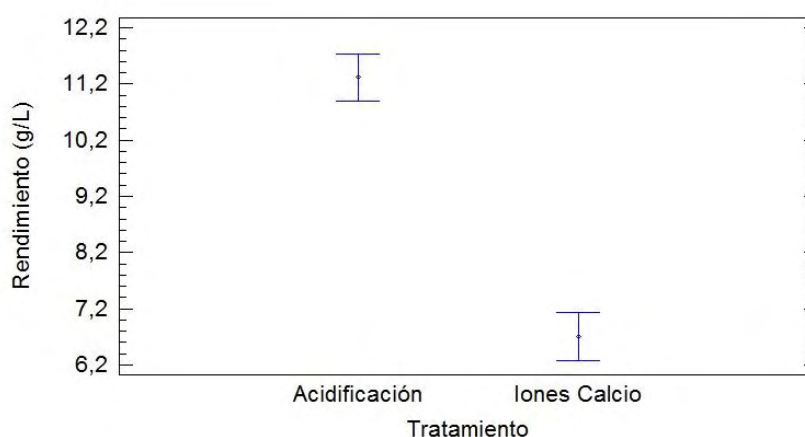
**Tabla 8. Rendimiento de solidos recuperados por el procedimiento de acidificación y adición de iones calcio.**

Tratamiento	Muestra	Peso de solidos recuperados (g)	Humedad (%)	Peso solidos secos (g)	Rendimiento (g/L)
<b>Acidificación</b>	A1	27,892	16,52	23,284	11,642
	A2	25,709	15,45	21,737	10,868
	A3	26,321	13,03	22,883	11,442
	<b>Promedio</b>				11,317 ± 0,4017
<b>Adición de iones calcio.</b>	C1	16,816	18,00	13,789	6,894
	C2	14,815	14,91	12,606	6,303
	C3	16,567	16,60	13,816	6,908
	<b>Promedio</b>				6,702 ± 0,3453

Fuente: Ésta investigación.

Según los resultados presentados, se observa una mayor recuperación de solidos secos en el procedimiento de acidificación con una recuperación promedio de 11,317 g/L de suero. Estadísticamente existieron diferencias significativas entre los dos procesos de recuperación de proteína (p-Valor = 0,0001), lo cual se puede observar en la figura 21.

**Figura 21. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para el rendimiento de recuperación de solidos de suero.**



Fuente: Ésta investigación.



Posiblemente estos resultados se deban a que la acidificación reduce el pH drásticamente hasta alcanzar un valor de 4,6, valor cercano al punto isoelectrico de las proteínas presentes en el suero:  $\beta$ -lactoglobulina con un punto isoelectrico de 5,2 y  $\alpha$ -Lactoalbúmina con un punto isoelectrico de 4,8 (Gil, 2007), estas proteínas se desnaturalizan a valores altos de temperatura y con valores bajos de pH se precipitan, toda la cantidad de solidos recuperados del suero no corresponden a proteína, también se evidencia la presencia de material graso y posiblemente de lactosa, como se mencionó anteriormente los sólidos recuperados por acidificación tuvieron mayor retención de agua lo cual puede incidir en el alto rendimiento de sólidos en comparación con el proceso de adición de iones calcio, pues la cantidad de agua presente pudo disolver solidos que posteriormente al secado permanecieron presentes.

Por otra parte, la solución de iones calcio adicionada al suero para generar la precipitación de las proteínas no pudo ser lo suficientemente alta en concentración de iones, impidiendo que se recuperara más sólidos.

**Evaluación del rendimiento de proteína recuperada:** Se evaluaron los dos procedimientos en cuanto a recuperación de proteína.

**Tabla 9. Porcentajes de recuperación de proteína por acidificación y adición de iones calcio**

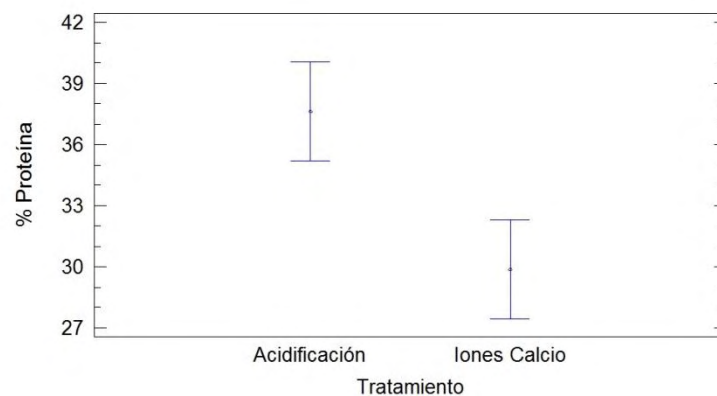
Tratamiento	Muestra	Porcentaje de Proteína en base seca (%)	Cantidad de proteína recuperada (g/L)	Porcentaje de recuperación de proteína (%)
<b>Adición de iones calcio</b>	A1	30,75	2,119	24,36
	A2	27,75	1,749	20,10
	A3	31,12	2,150	24,71
	<b>Promedio</b>	<b>29,87</b>	<b>2,006</b>	<b>23,06</b>
<b>Acidificación</b>	C1	35,50	4,133	47,51
	C2	40,25	4,374	50,28
	C3	37,12	4,247	48,81
	<b>Promedio</b>	<b>37,62</b>	<b>4,251</b>	<b>48,87</b>

Fuente: Ésta investigación.

Al igual que en el rendimiento de sólidos, el proceso de acidificación fue el que presento mayor porcentaje de proteína en los sólidos recuperados con un porcentaje promedio de 37,62% de proteína en base seca. Estadísticamente se presentaron diferencias significativas entre los dos procedimientos (p-Valor = 0,0001) y se muestran en la figura 22.

En el procedimiento de acidificación se obtuvo un porcentaje de recuperación de proteína promedio de 48,87%, teniendo en cuenta que los procesos comerciales deberían recuperar por lo menos el 50% de la proteína “cruda” y que la recuperación teórica máxima de proteína “cruda” (Nx6.38) a partir de lactosuero es de 55 % a 65 % porque la fracción proteosa-peptona, que es estable al calor, y los compuestos nitrogenados no proteicos representan entre el 35 y el 45 % del nitrógeno en un lactosuero típico, (Inda, 2000); el resultado obtenido es muy próximo y se puede considerar aceptable.

**Figura 22. Gráfico de medias y LSD de Fischer con 95% de confiabilidad para el porcentaje de proteína presente en los sólidos recuperados.**



Fuente: Ésta investigación.

El concentrado de proteína de lactosuero que se utilizó para la formulación del recubrimiento corresponde al obtenido por el método de acidificación debido a que contiene mayor cantidad de proteína y presenta mejores características.

**6.1.2. Formulación del recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja.** En base a las pruebas preliminares, las nueve diferentes formulaciones fueron evaluadas por 15 días en base a la pérdida de peso, parámetro que se relaciona directamente con la calidad post-cosecha de las frutas, durante el periodo de evaluación todos los tratamientos presentaron un comportamiento ascendente con respecto a la pérdida de peso. La tabla 10 muestra el porcentaje de pérdida de peso en el último día de evaluación para cada formulación, la menor pérdida de peso (12,953%) se presenta con el tratamiento 1 que corresponde a la formulación con máxima cantidad de cera y la máxima cantidad de proteína, evaluadas.

**Tabla 10. Porcentajes de pérdida de peso de uchuvas con diferentes formulaciones de recubrimiento a base de proteínas lactoséricas y cera de abeja para el día 15 de evaluación**

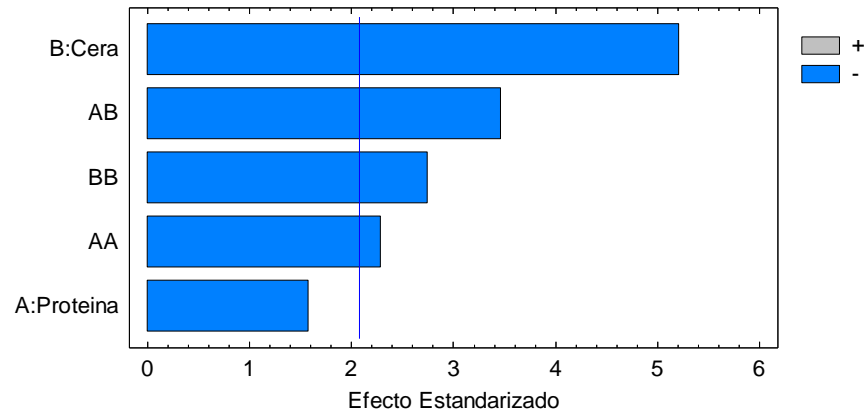
<b>Tratamiento</b>	<b>Concentrado de proteína (%)</b>	<b>Cera de abeja (%)</b>	<b>Porcentaje de pérdida de peso (%)</b>
<b>T0</b>	-	-	20,0793
<b>T1</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>12,9528</b>
<b>T2</b>	7	15	16,3211
<b>T3</b>	5	15	16,6599
<b>T4</b>	10	10	17,7196
<b>T5</b>	7	10	19,0166
<b>T6</b>	5	10	18,8527
<b>T7</b>	10	5	19,0323
<b>T8</b>	7	5	19,7450
<b>T9</b>	5	5	17,2590

Fuente: Ésta investigación.

Los resultados del diseño bifactorial por análisis de varianza para determinar la incidencia de los factores sobre la variable respuesta mostraron que no se presenta efecto significativo por si solo de la concentración de concentrado de proteína de suero ( $p\text{-Valor}=0,1085$ ), mientras la concentración de cera de abeja si genera efecto significativo sobre la pérdida de peso ( $p\text{-Valor}=0,0000$ ), así como la interacción de los dos factores ( $p\text{-Valor}=0,016$ ).

El diagrama de Pareto (Figura 23) presenta de manera concreta el efecto significativo de los factores sobre la variable respuesta, el color azul de las barras significa que reduce la pérdida de peso.

**Figura 23. Diagrama de Pareto estandarizado para el porcentaje de pérdida de peso.**

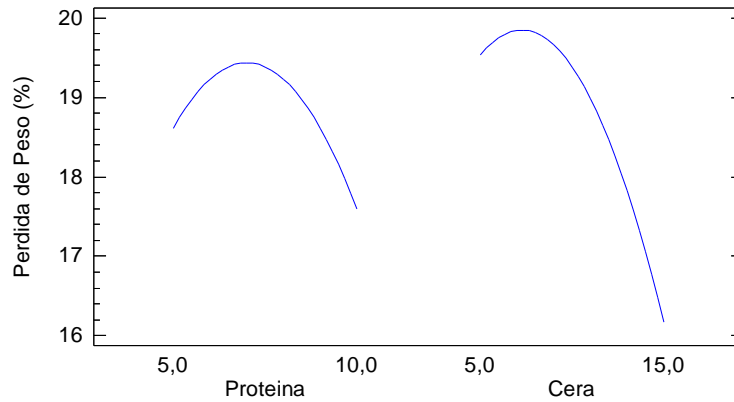


Fuente: Ésta investigación.

La cera de abeja tiene incidencia debido a que es el compuesto lipídico dentro de la formulación que cumple con la función de crear una barrera ante la pérdida de agua, los resultados permiten proponer que a mayor concentración de cera de abeja la pérdida de peso es menor dentro del rango de evaluación, por otra parte la proteína lactosérica por sí sola no puede cumplir con la barrera deseada para evitar la pérdida de peso en la fruta, en los rangos que se estudiaron y bajo las condiciones de obtención que se utilizaron.

La figura 24 muestra que a concentraciones altas de cera de abeja el porcentaje de pérdida de peso es menor, de igual manera sucede con las concentraciones altas de proteína, sin embargo la cera de abeja presenta el menor valor de pérdida de peso.

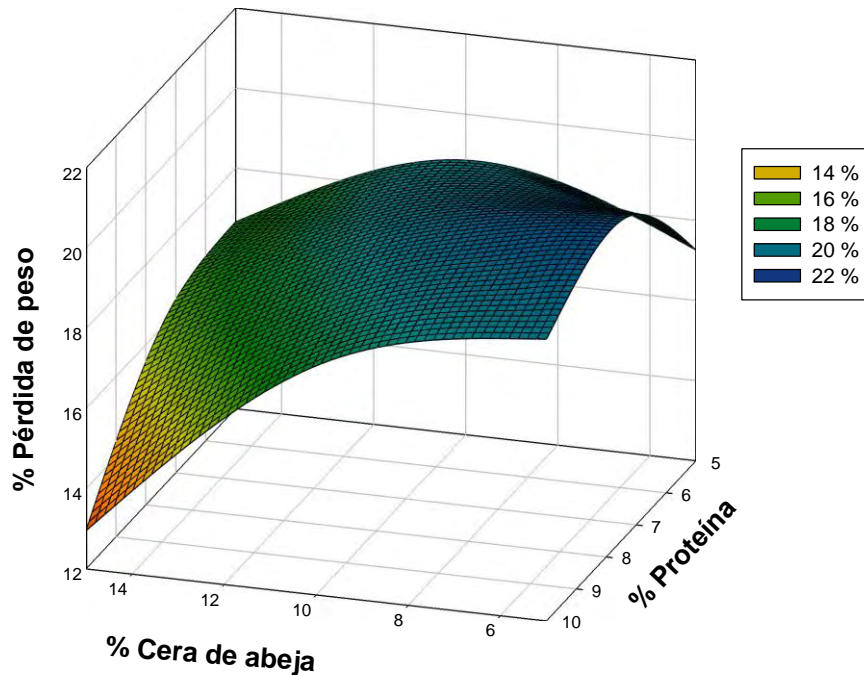
**Figura 24. Gráfico de efectos principales para el porcentaje de pérdida de peso.**



Fuente: Ésta investigación.

La superficie de respuesta estimada para los dos factores en estudio: Concentración de cera y Concentración de concentrado de proteína, indica el efecto que se presenta con respecto al porcentaje de pérdida de peso del fruto, el punto más bajo en la gráfica corresponde a un 15% de Cera de abeja y un 10% de concentrado de proteína, es decir que estos valores son óptimos para reducir la pérdida de peso en uchuva; el resultado del análisis estadístico indica un valor óptimo de 13,0029 %.

**Figura 25. Superficie de respuesta estimada para porcentaje de pérdida de peso.**



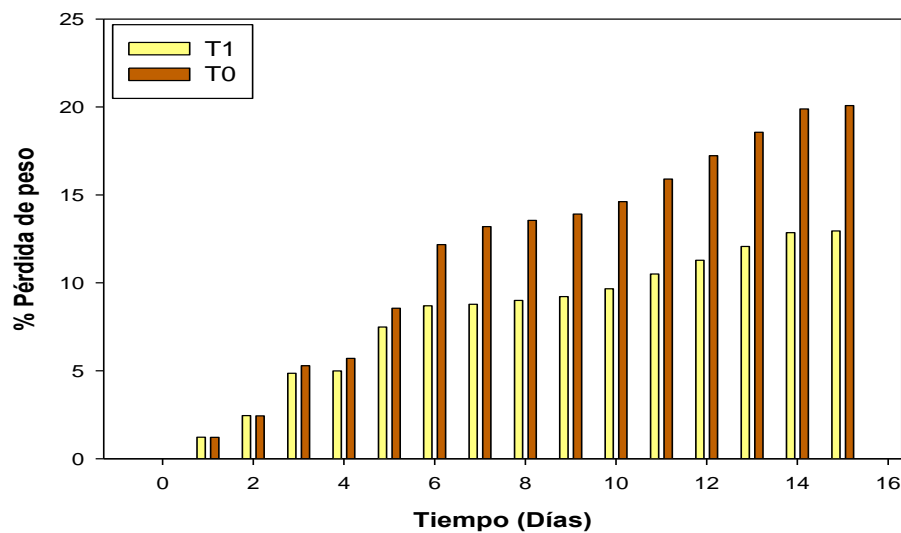
Fuente: Ésta investigación.

El tipo de recubrimiento que se obtiene es compuesto ya que posee un material lipídico correspondiente a la cera de abeja y un material hidrocoloide correspondiente a la proteína de suero, los dos en una emulsión, el material lipídico impide la pérdida de agua y previene problemas ligados a esta como es reducción en la firmeza, deterioro del fruto y mala presentación; por otra parte el material proteico brinda características estructurales al recubrimiento, según Bourtoom (2009) y Parzanese (2012) los recubrimientos a base de proteína son excelentes barreras contra gases y mejoran las propiedades mecánicas del recubrimiento, sin embargo no son buena barrera contra la pérdida de humedad y por eso la cera de abeja en esta formulación complementa esta función.

### 6.1.3 Efectividad del recubrimiento óptimo con respecto a la pérdida de peso.

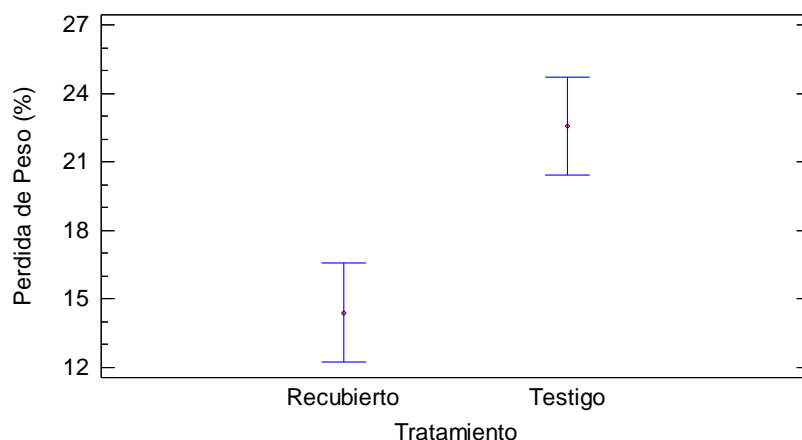
El recubrimiento óptimo (T1), presentó valores inferiores en la pérdida de peso a partir del día 3 (Figura 27), para el día 15 de evaluación se tienen un porcentaje de pérdida de peso promedio de 12,9528%, mientras la muestra testigo tiene una pérdida de 20,0793% es decir se presenta una reducción de 35,49% con respecto al testigo, existen diferencias significativas entre los tratamientos (p-Valor=0,0024) (Figura 28).

**Figura 27. Comparación del porcentaje de pérdida de peso de uchuvas recubiertas con muestras testigo durante el periodo de evaluación.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 28. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la efectividad del recubrimiento óptimo.**



Fuente: Ésta investigación.

Los resultados muestran que la formulación que se obtuvo como óptima es eficiente para reducir la pérdida de peso en uchuva, evitar que se pierda agua en el fruto es una característica muy importante para su conservación pues se reduce la transpiración y las características fisicoquímicas y sensoriales deseadas se mantiene por mayor tiempo; se puede comprobar que la cera de abeja cumple la funcionalidad dentro de la formulación ayudando a proteger el producto y reduciendo la pérdida de agua, según estudios la cera de abeja crea una barrera para evitarla pérdida de peso por deshidratación; en formulación de películas de quitosano se utilizó para mejorar las propiedades de barrera (Miranda *et al.*, 2003); Velickova *et al.* (2013) en estudios sobre fresa utilizando películas de quitosano y cera de abeja obtuvieron pérdidas de peso del 11%, reduciendo la pérdida en un 48% con respecto a testigos. Otras formulaciones con Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y cera de abeja presentaron disminución en la pérdida de peso a medida que se incrementa la incorporación de cera (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2013, Fagundes *et al.*, 2014). Tosne *et al.* (2014) evaluaron un recubrimiento a base de almidón de yuca y cera de abeja, obteniendo resultados favorables para disminuir la pérdida de peso en chontaduros hasta en un 50%.

Ozdemir y Floros (2008-b) reportan el efecto de la concentración de la proteína de suero, sorbitol, cera de abejas y sorbato de potasio que influyeron en la permeabilidad al vapor de agua y solubilidad en agua, según los resultados de esta investigación al aumentar la concentración de proteína la permeabilidad disminuye pero sigue siendo un factor influyente, la cera de abeja cumple su papel de impermeabilidad al vapor de agua por su carácter hidrofóbico, este último resultado es similar con el obtenido en esta investigación.



Otro tipo de ceras se han implementado para evitar la pérdida de peso en productos hortofrutícolas por ejemplo se utilizaron cera de carnauba en mango obteniendo reducciones de peso del 16,7% (Hoa *et al.*, 2002), resultados de mejora en la permeabilidad del agua se obtuvieron con cera de candelilla sobre limones (Bosquez-Molina, 2003) y cera de laurel en recubrimientos sobre tomate de árbol han logrado la pérdida de peso en un 7,763% (Andrade *et al.*, 2014).

**Figura 29. Evaluación de la pérdida de peso de uchuvas Testigo Vs Recubiertas para el día 15.**



Fuente: Ésta investigación.

**6.1.4. Caracterización del recubrimiento óptimo obtenido.** El recubrimiento con la formulación óptima de concentrado de proteína de suero y cera de abeja fue caracterizado en algunos parámetros fisicoquímicos, no existen estudios reportados sobre recubrimientos combinando estos dos factores básicos por lo cual no se tiene un patrón de comparación.

**Densidad:** la densidad del recubrimiento fue de 1,055 g/mL a 15°C, comparando con la densidad del agua a la misma temperatura es levemente superior, lo cual nos indica que al ser más denso puede funcionar como barrera impermeabilizante para este líquido, con base a que dentro de la formulación existe el componente hidrofóbico.

Se reporta una densidad de películas comestibles a base de concentrado de proteínas de suero con diferentes concentraciones de glicerol (40, 50 y 60% p/p) desde 1,26 a 1,31 g/mL (Ramos *et al.*, 2013) estos datos son relativamente similares a los obtenidos sin embargo las concentraciones de glicerol reportadas son más altas a las utilizadas en esta investigación y a eso puede deberse el incremento en la densidad.

**Viscosidad:** Esta propiedad del recubrimiento se relaciona con la incorporación de CMC en la formulación, pues este componente se encargó de generar la textura indicada para la aplicación, se observó que a mayor concentración de CMC la viscosidad aumentaba, el valor de la viscosidad para el recubrimiento óptimo fue 624,1 cP, sin embargo la adición de sólidos como la cera de abeja y la proteína de suero puede influir en esta propiedad del recubrimiento, debido a que es material sólido que se encuentra en un porcentaje considerable, Ozdemir y Floros (2008-b) reportan que la cera de abeja es el factor más importante que influye en la viscosidad y el aspecto de las películas de proteínas de suero.

Una viscosidad de 952.9 cP se reportó para un recubrimiento a base de cera de laurel, que se atribuyen al contenido de hidrocoloide en la formulación (Andrade *et al.*, 2014); este valor es más alto al obtenido en esta investigación ya que la formulación contenía además del CMC, almidón de yuca, estos dos hidrocoloides afectaron esta característica generando un incremento de la viscosidad.

Esta característica reológica del recubrimiento no solo es importante en la aplicación sino también en las propiedades mecánicas del recubrimiento, se reportó que a mayor concentración de la proteína de suero, mayor es la resistencia a la ruptura (Ozdemir y Floros, 2008-a)

**pH:** el valor del pH 6,61 fue cercano a la neutralidad, lo cual nos indica que es un valor favorable para un recubrimiento alimentario.

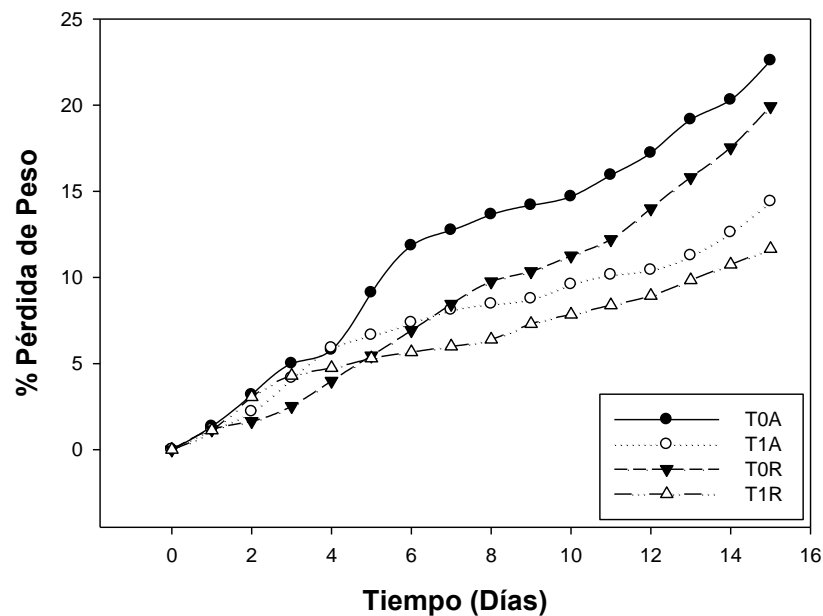
**Porcentaje de humedad:** se presentó un alto porcentaje de humedad en el recubrimiento óptimo alcanzado el 81,92%, es posible que la alta humedad sea consecuencia de que el diluyente de la base del recubrimiento fue el agua.

## **6.2. EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE UCHUVA**

Se codificó los experimentos de la siguiente manera: tratamiento testigo a temperatura ambiente (T0A), testigo en refrigeración (T0R), recubierto a temperatura ambiente (T1A) y recubierto en refrigeración (T1R).

**6.2.1 Evaluación de la Pérdida de peso.** Se evaluó la pérdida de peso en frutos de uchuva, La figura 30 muestra el comportamiento del porcentaje de pérdida de peso durante los días evaluados, en dos condiciones de almacenamiento.

**Figura 30. Comportamiento de la pérdida de peso de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**

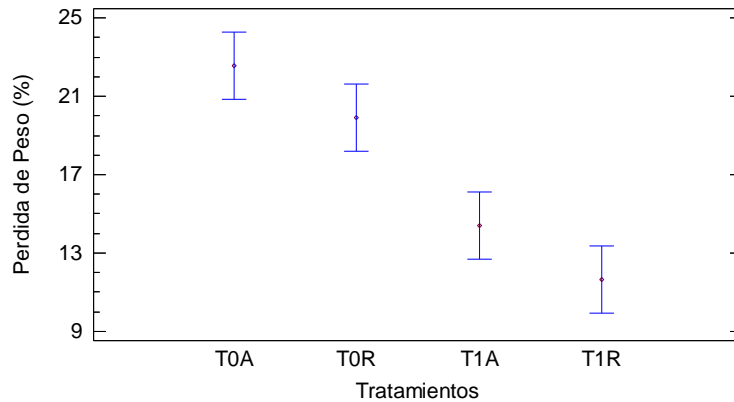


Fuente: Ésta investigación.

Para el día 15 las muestras a temperatura ambiente tuvieron pérdidas de peso del 22,5779% y 14,4044%, testigo y recubiertas respectivamente, las muestras en refrigeración tuvieron resultados menores en pérdida de peso 19,9281% y 11,6588%, testigo y recubiertas respectivamente. Obteniendo como resultado que se logró disminuir la pérdida de peso en un 36,20% para almacenamiento ambiente y 41,50% para almacenamiento en refrigeración. La función del recubrimiento comestible se observa a partir del día 4 para ambiente y 5 para refrigeración presentando una menor tendencia de pérdidas de peso en cuanto a los testigos.

Se observó que el tratamiento T1A tuvo una menor pérdida de peso que el tratamiento T0R, lo cual indica que el recubrimiento puede funcionar como una alternativa de barrera a la pérdida de agua sin necesidad de disminuir la temperatura, substituyendo a la refrigeración, sin embargo si se combina bajas temperaturas y recubrimiento se tiene mejores resultados en la reducción de esta variable.

**Figura 31. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de pérdida de peso en diferentes temperaturas de almacenamiento.**



Fuente: Ésta investigación.

El anterior gráfico presenta que existen diferencias significativas ( $p$ -Valor = 0,0000), entre T0A y T1A; T0R y T1R. Según los resultados la temperatura de almacenamiento no es un factor determinante que incida sobre la pérdida de peso, por el contrario el recubrimiento si causa efectos sobre esta característica.

Castro y Gonzales (2010) expresan que la uchuva fresca presenta tendencia a perder agua a medida que pasa el tiempo influenciando diferentes factores como manipulación, limpieza y desinfección, entre otros. Esta tendencia se observa en los resultados obtenidos en la presente investigación, la pérdida ocurre cuando la presión de vapor de agua del medio externo es menor que la del fruto internamente y trae como consecuencia una disminución de peso a lo largo del tiempo.

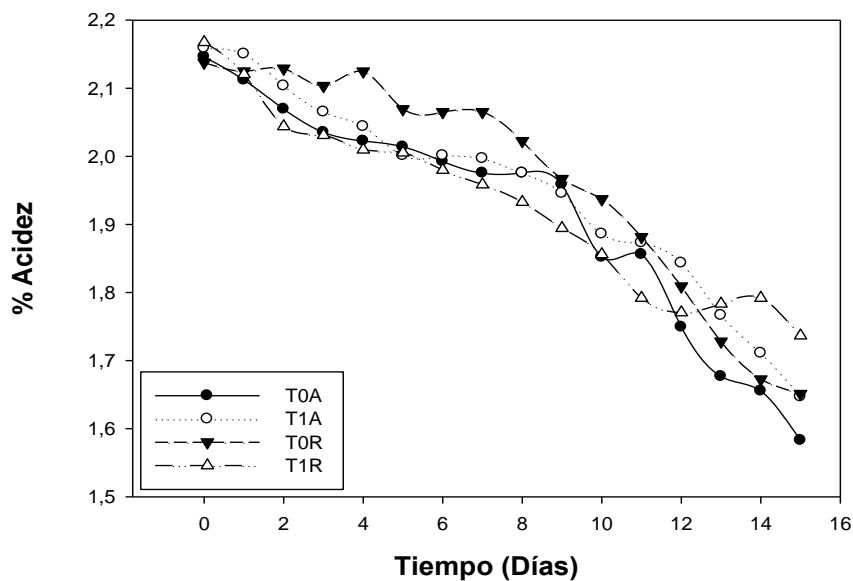
La aplicación de recubrimientos comestibles probablemente no permite que el fruto pierda agua en exceso; controlando la causa principal de deterioro la cual no genera solo pérdidas cuantitativas de agua, sino también en apariencia (arrugamiento), textura y calidad nutricional, los resultados de la investigación se soportan en la anterior información ya que se obtuvo menores pérdidas de peso en las muestras con recubrimiento.

Ávila *et al.* (2006) reporta pérdidas de peso para uchuvas a 24 °C hasta del 17% y del 11% a 18°C, teniendo en cuenta el estado de madurez 5 en 20 días de estudio. Lancho *et al.* (2007) al igual que Benavides y Cuasqui (2008), reportan que la temperatura y la ventilación son determinantes en el proceso de respiración de la fruta, cuanto más alta sea la temperatura más rápido se producirá este proceso vital, eliminando dióxido de carbono y agua; y produciendo energía que

genera calor, que si no se disipa de alguna manera calienta aún más el producto y se genera la pérdida de agua, este proceso se observa en los resultados obtenidos al tener una menor pérdida de peso en los tratamientos almacenados en refrigeración.

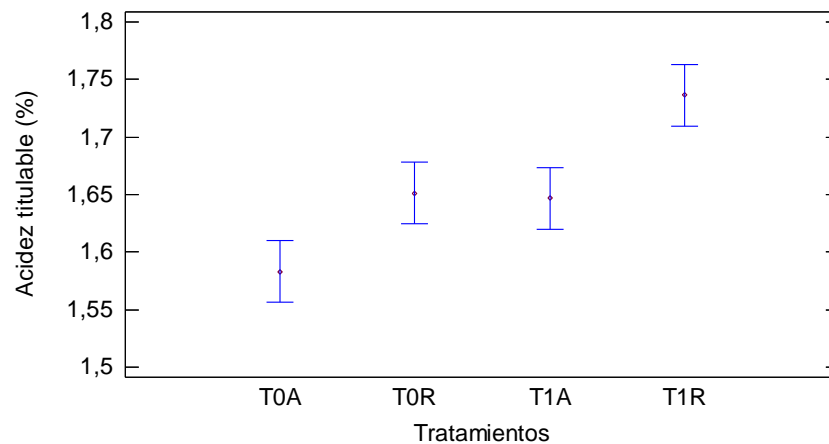
**6.2.2. Evaluación del Porcentaje de Acidez titulable y pH.** La figura 32 muestra el comportamiento en la disminución del porcentaje de acidez en el tiempo de evaluación, el recubrimiento actúa con menores valores respecto a los testigos. El porcentaje de acidez que alcanzaron las muestras testigo es de 1,5829% y 1,6512% para ambiente y refrigeración respectivamente, mientras las muestras recubiertas tuvieron un porcentaje de acidez del 1,6469% a temperatura ambiente y 1,7365% en refrigeración.

**Figura 32. Comportamiento del porcentaje de acidez de uchucas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 33. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de acidez en diferentes temperaturas de almacenamiento.**

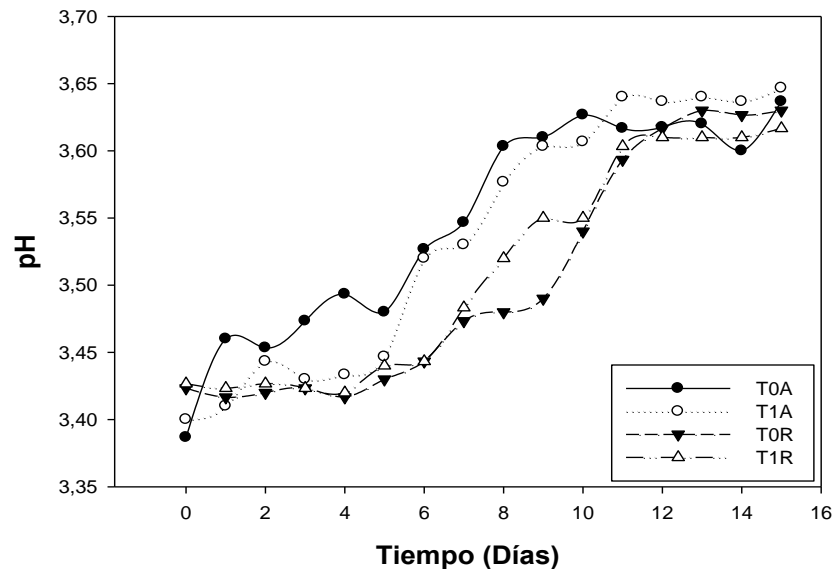


Fuente: Ésta investigación.

En el gráfico de medias se observa que se presentan diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0013) entre T0A y T0R; T0A y T1A; T0A y T1R, también se presentan diferencia significativa entre tratamiento T1A y T1R, es decir la temperatura de almacenamiento afecto el porcentaje de acidez, a mayor temperatura se presenta menor acidez, sin embargo entre T0R y T1A no se presentan diferencias significativas lo cual puede indicar que el recubrimiento mantiene la acidez del fruto de la misma manera que un tratamiento en refrigeración sin recubrimiento.

Se obtuvieron valores de porcentaje de acidez descendentes entre 2,2 y 1,6 los cuales se encuentran acorde a los requerimientos máximos de acidez expresados como porcentaje de ácido cítrico 2,03 y 1,68 de la NTC 4580 para estados de madurez de 4 a 6. Ávila *et al.* (2006) presenta valores de acidez para uchuva entre 2,2 a 2,7% los cuales son más altos que los reportados en esta investigación, sin embargo presentan el mismo comportamiento descendente a lo largo del almacenamiento.

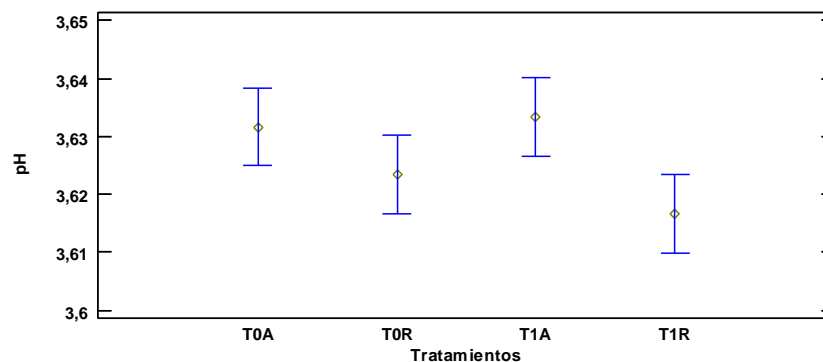
**Figura 34. Comportamiento del pH de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**



Fuente: Ésta investigación.

El comportamiento con respecto al pH es contrario al comportamiento de la acidez, es decir son inversamente proporcionales, se obtuvo valores muy aproximados de pH para las muestras ambiente 3,64 y 3,65 testigo y recubierta respectivamente; valores de pH 3,63 y 3,62 para muestras en refrigeración testigo y recubiertas respectivamente, para el día 15 de evaluación.

**Figura 35. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de pH en diferentes temperaturas de almacenamiento.**



Fuente: Ésta investigación.

El análisis estadístico indicó que para pH no se obtienen diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor = 0,0715), es decir ni el recubrimiento, ni la temperatura son factores que influyen en el pH del fruto, pero se observa una tendencia esperada al coincidir con que la muestra recubierta en refrigeración presenta mayor porcentaje de acidez y a su vez menor valor de pH.

Novoa *et al.* (2006), Indica que el pH de la uchuva incrementa hasta el día 16 de su evaluación, partiendo con frutos en estado 4 de maduración y encontrando valores de pH de 4.1 hasta 4.9, estos valores son elevados con respecto a los reportados en este trabajo, en este mismo trabajo presenta valores de acidez con un pico en los días 2 a 4 de almacenamiento y valores promedio de 2 a 1.5% de acidez, estos resultados se ajustan a los obtenidos en la presente investigación.

Benavides y Cuasqui (2008) reportan que en un estudio pos-cosecha de la uchuva sin cáliz, la variable de pH tuvo un incremento proporcional al estado de madurez y al tiempo de conservación de la uchuva, lo cual coincide con los resultados de esta investigación, este comportamiento se da debido a que los ácidos orgánicos son utilizados como sustrato respiratorio y para la síntesis de nuevos compuestos durante la maduración.

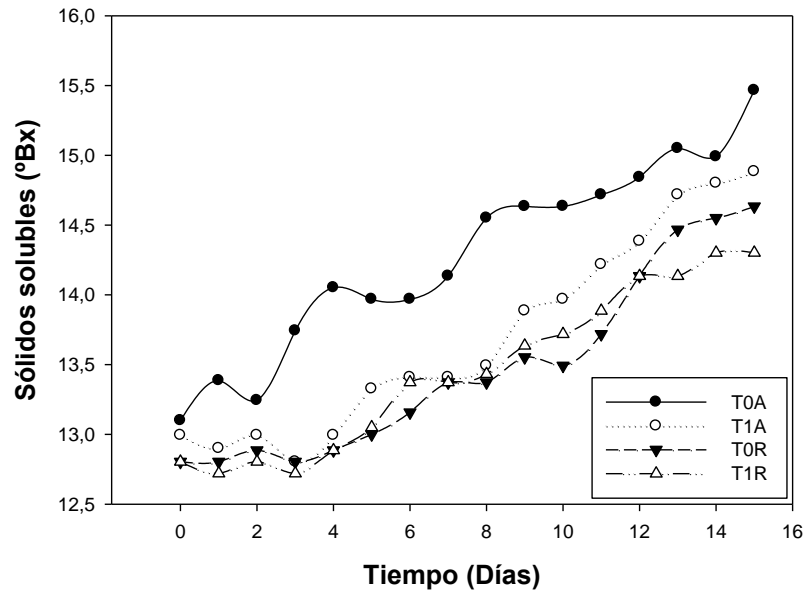
Castro y Gonzales (2010) expresan que en uchuvas recubiertas y testigos la tendencia de pH es aumentar mientras la acidez expresada como porcentaje de ácido cítrico disminuye, este proceso indica un aumento de madurez el cual es más rápido en los frutos testigos, lo cual es similar al proceso obtenido en la investigación. De igual manera debido a que las temperaturas bajas retardan el proceso de maduración es de esperarse que los frutos refrigerados presenten menores valores de pH y mayores de acidez.

**6.2.3. Evaluación del Contenido de Sólidos solubles.** La figura 36 muestra la tendencia ascendente en todos los tratamientos a medida que transcurre el tiempo, presentando mayores valores de Sólidos solubles los testigos en los dos experimentos.

Los valores de sólidos solubles donde que se obtuvieron fueron 15,4653; 14,8832; 14,6317 y 14,3010 °Bx para los tratamientos T0A, T1A, T0R y T1R respectivamente.

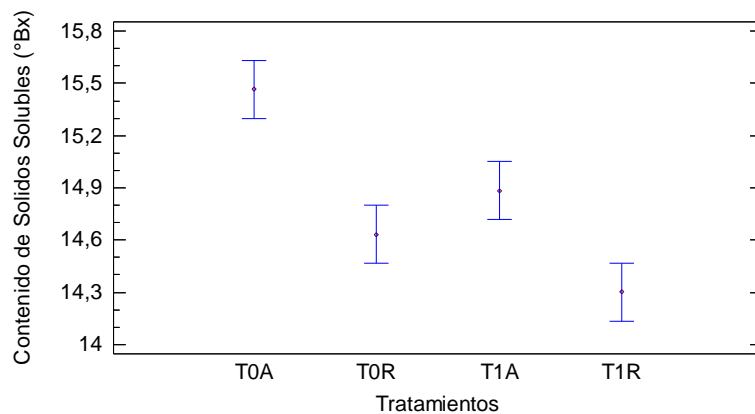


**Figura 36. Comportamiento de los sólidos solubles de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**



Fuente: Ésta investigación.

**Figura 37. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de sólidos solubles en diferentes Temperaturas de almacenamiento.**



Fuente: Ésta investigación.

La figura de medias indica que existen diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0003) entre las condiciones de almacenamiento aplicadas, siendo el mayor valor de

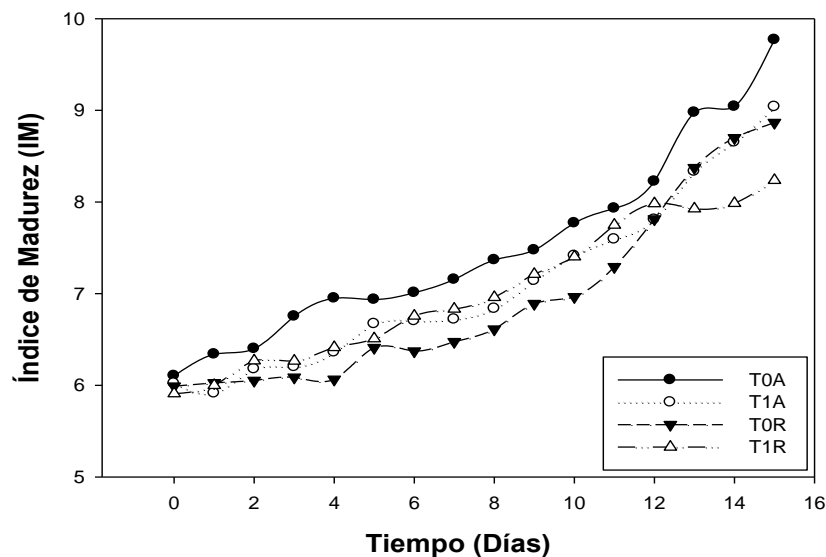
sólidos solubles para el tratamiento T0A y el menor para la muestra T1R, los resultados muestran que con el recubrimiento se logra mantener baja la concentración de sólidos solubles, indicando un proceso más lento en la maduración del fruto. La temperatura tiene un efecto significativo sobre los sólidos solubles al igual que el recubrimiento a temperatura ambiente.

Restrepo *et al.* (2008), expresa que los °Bx aumentan con el proceso de maduración del fruto, el aumento de azúcares es producto de la hidrólisis del almidón y/o síntesis de la sacarosa de igual manera de la oxidación de ácidos consumidos en la respiración; como ocurre en la presente investigación, siendo mayores en las muestras almacenadas a temperatura ambiente, lo cual indica que es mayor el proceso de maduración, debido a que las temperaturas bajas frenan el metabolismo y consecuentemente la síntesis de azúcares (Benavides y Cuasqui, 2008).

Según Duque *et al.* (2011), las frutas de uchuva presentan niveles de humedad altos propios de los vegetales frescos y bajo contenido en sólidos solubles los cuales se encuentran alrededor de  $13,8 \pm 0,8$ . En la investigación se obtuvieron datos entre 12,5 y 15,5 °Bx, los cuales coinciden según el dato promedio reportado y no se encuentran muy alejados del mínimo contenido recomendado en la NTC 4580 de 14,5 a 15,6 °Bx correspondientes a estados de madurez de 4 a 6.

#### 6.2.4. Evaluación del Índice de madurez:

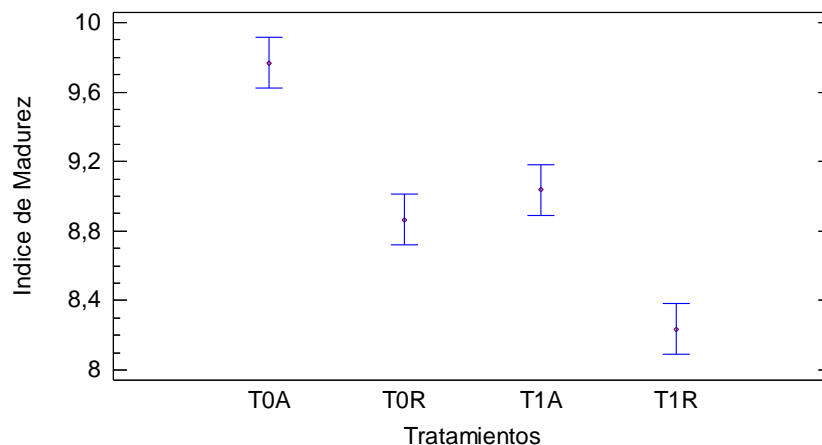
**Figura 38. Comportamiento del índice de madurez de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**



Fuente: Ésta investigación.

La figura anterior indica el comportamiento del índice de madurez, se presentan valores de 9,7699 y 9,0376, 8,8667 y 8,2361 para T0A, T1A, T0R y T1R respectivamente para el día 15 de almacenamiento.

**Figura 39. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de índice de madurez en diferentes temperaturas de almacenamiento.**



Fuente: Ésta investigación.

La gráfica de medias muestra la diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0000) entre los tratamientos a temperatura ambiente y los tratamientos en refrigeración, sin embargo no se presenta diferencias entre el tratamiento T0R y T1A por lo cual el recubrimiento sin necesidad de refrigeración puede mantener el índice de madurez de la fruta.

Los valores mínimos recomendados para índice de madurez según la NTC 4580 están entre 7,1 y 9 para estados de madurez de 4 a 6, se obtuvieron en la investigación valores entre 6 y 10 los cuales no se encuentran muy alejados de los requeridos por la Norma Técnica Colombiana.

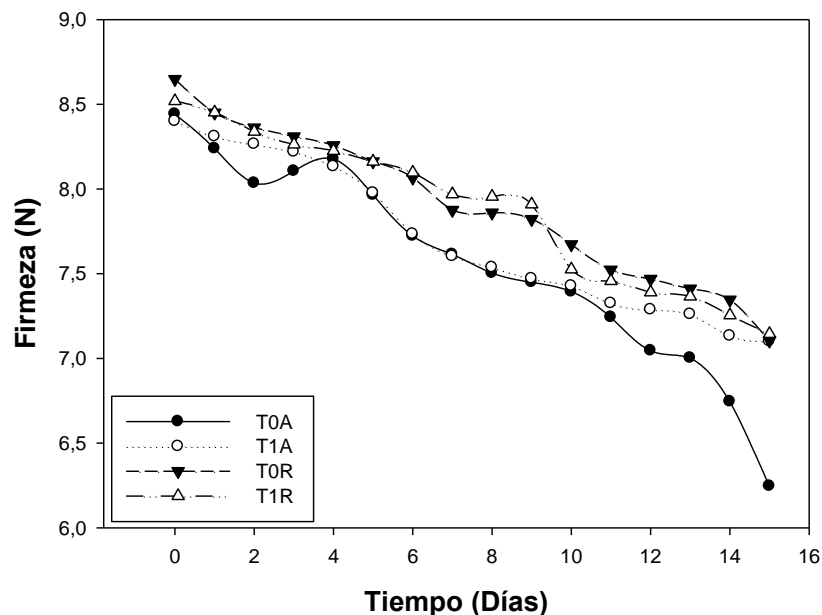
Lanchero *et al.*, (2007) señala que un fruto tropical como la uchuva, en su óptima madurez, muestra la mayor cantidad de carbohidratos y a su vez presenta la menor concentración de acidez, lo cual coincide con los resultados obtenidos, teniendo con mayor índice de madurez el tratamiento testigo almacenado en temperatura ambiente del mismo modo este presenta la mayor concentración de sólidos solubles y menor acidez. El recubrimiento comestible aplicado logra mantener índices de madurez menores a los testigos siendo mejorado al mantener las muestras en refrigeración generando de esta manera una mayor vida útil,

resultados que coinciden con los reportados por Locaso *et al.*, (2007) donde se expresa que el índice de madurez aumento y resultó menor en las frutas recubiertas, tratándose de un recubrimiento terpénico aplicado en naranjas, de igual manera se presentó un menor aumento de madurez en fresas con recubrimiento a base de gluten de trigo (Tanada y Grosso, 2005).

**6.2.5. Evaluación de la Firmeza.** El mayor porcentaje de reducción de firmeza fue del 26,0% para el tratamiento T0A, los demás tratamientos T1A, T0R y T1R tuvieron una reducción de 15,46%, 17,85% y 16,14% respectivamente.

Se presentó una reducción en la firmeza del fruto como resultado de la pérdida de agua del producto, Se obtuvieron valores de firmeza para T0A, T1A, T0R y T1R de 6,2463 N, 7,1013 N, 7,1044 N, 7,1440 N respectivamente en el último día de evaluación.

**Figura 40. Comportamiento de la firmeza de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**

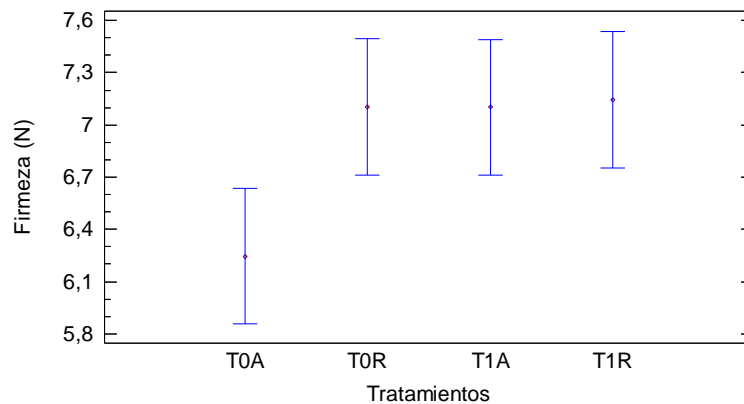


**Fuente:** Ésta investigación.

El Tratamiento T0A es el que obtuvo menor firmeza, se presenta arrugamiento por la pérdida de peso, mientras T1A mantiene una firmeza muy similar a los tratamientos en refrigeración los cuales no presentan una diferencia significativa.

La figura 41 muestra que no se presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor = 0,0739) entre los tratamientos, indicando que únicamente el tratamiento testigo a temperatura ambiente (T0A) fue el que tuvo menor firmeza, mientras los tratamientos de refrigeración tanto testigo como recubierto (T0R y T1R) como el testigo recubierto a temperatura ambiente (T1A), mantuvieron la firmeza del fruto, sin presentar cambios de apariencia, ni arrugamiento.

**Figura 41. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación de firmeza en diferentes temperaturas de almacenamiento.**



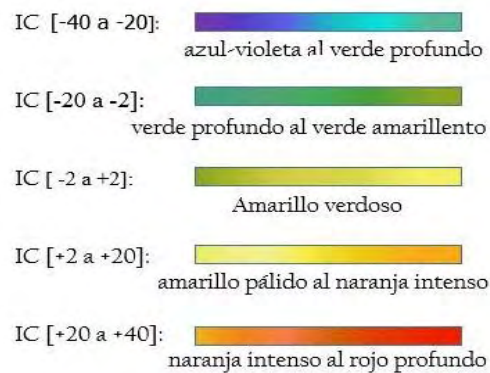
Fuente: Ésta investigación.

El grado de firmeza de una fruta cambia con el avance del proceso de maduración del fruto (Ciro y Ósorio, 2007). A medida que se va desarrollando la maduración se reduce la dureza de los frutos debido a la formación de ácido péctico, ácido pectínico y pectinas, a partir de la protopectina que se encuentra en la laminilla media y en la pared primaria de las paredes celulares que producen gelificación (Lanchero *et al.*, 2007); además la reducción en la firmeza del fruto se ve influenciada por la pérdida de agua es por ello que en los tratamientos con recubrimiento la firmeza tuvo menor variación. Lanchero *et al.* (2007) muestra valores de firmeza para la uchuva sin cáliz, que van desde 1,7 lb-f a 1,1 lb-f, que equivalen a 7,56 N a 4,89 N; estos valores corresponden a dos semanas de evaluación, este rango de firmeza incluye a los evaluados en la presente investigación. Recubrimientos de quitosano con incorporación de cera de abeja mantuvieron la firmeza de fresas en las condiciones de almacenamiento (Velickova *et al.*, 2013), Trejo-Márquez *et al.* (2007), reportan que la firmeza de las fresas con recubrimiento comestible al igual que los frutos no recubiertos presentaron una disminución a lo largo del almacenamiento, estudiaron un recubrimiento a base de gelatina obteniendo que los frutos sin recubrimiento

presentaron una pérdida de firmeza del 62%, mientras fresas con recubrimiento tuvieron valores inferiores de 20%, 22 y 29% para diferentes concentraciones 1%, 2% y 3% de gelatina respectivamente; estos fenómenos también se evidenciaron en los resultados de la aplicación del recubrimiento.

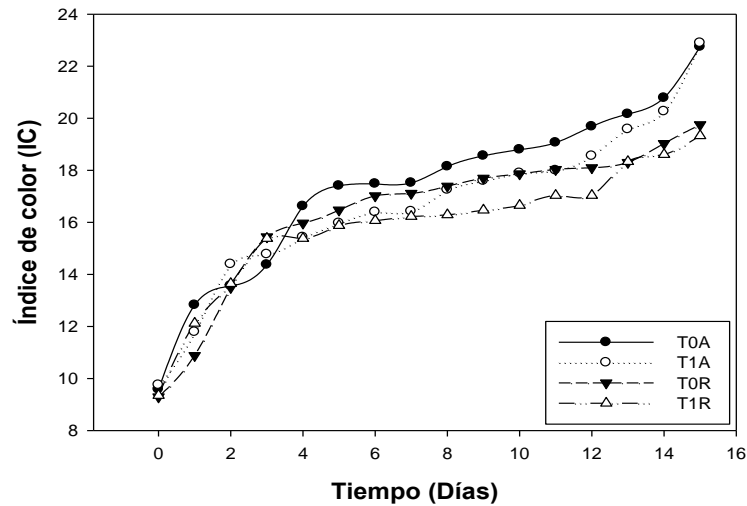
**6.2.6. Evaluación del Índice de color.** El comportamiento del color que presentó la uchuva en el tiempo de evaluación correspondió a los estados de maduración 4 a 6, según la norma técnica colombiana NTC 4580.

**Figura 42. Codificación del índice de Color**



Fuente: Ésta investigación.

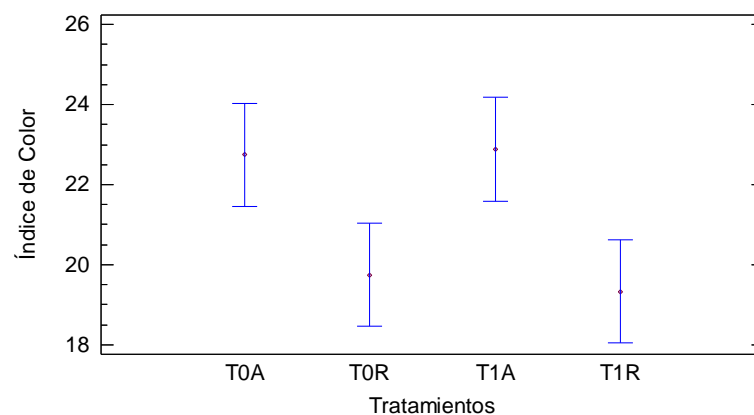
**Figura 43. Comportamiento del índice de color de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**



Fuente: Ésta investigación.

El índice de color para las uchuvas con tratamiento T0A vario del día cero al día 15 entre 9,58 a 22,74; para uchuvas con tratamiento T1A vario de 9,75 a 22,89; para uchuvas con tratamiento T0R de 9,29 a 19,75 y para el tratamiento T1R de 9,35 a 19,33. Teniendo en cuenta estos intervalos podemos evidenciar que la uchuva se encuentra en el intervalo de color de amarillo pálido a naranja intenso.

**Figura 44. Gráfico de medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad para la comparación del índice de color en diferentes temperaturas de almacenamiento.**



Fuente: Ésta investigación.

No se obtuvieron diferencias significativas de color ( $p$ -valor = 0,0138) entre los tratamientos en refrigeración y entre los que se encontraban a temperatura ambiente, pero las bajas temperaturas redujeron la velocidad de maduración del producto y por tanto se mantiene al final de la evaluación, contrario a lo sucedido con las muestras ambiente donde el color final fue más cercano al naranja. Los resultados presentan que no existe influencia del recubrimiento sobre el color pero la temperatura por el contrario, es un factor determinante para el cambio de color y los frutos en refrigeración tuvieron una tonalidad más baja en el color amarillo característico del fruto.

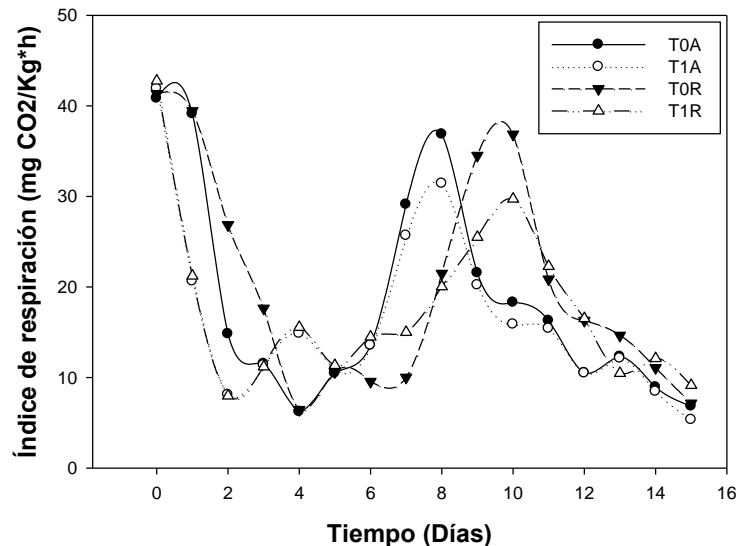
Parámetros  $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  se reportaron con valores de 62, 11.8 y 52 para uchuvas, teniendo un índice de color promedio de 3,66, este valor corresponde a la escala de amarillo sin embargo es un color muy opaco pues el estado de madurez del fruto es 3 (Restrepo *et al.*, 2009), los resultados obtenidos en esta investigación son más altos teniendo en cuenta que el estado de madurez de los frutos se encontraba entre 4 a 6. Caballero *et al.* (2010) en un estudio de las características de uchuva indica que obtuvo parámetros de color  $L^*$ = 59,63;  $a^*$ =25,495 y  $b^*$ =50,083 por lo cual el índice de color sería de 8,54; este valor corresponde a un color amarillo y es similar a los resultados que se presentaron. Estudios realizados en fresas recubiertas con diferentes concentraciones de gelatina indicaron que el recubrimiento comestible no presentó modificaciones en el parámetro de color (Trejo-Márquez *et al.*, 2007) para tomates cereza recubiertos con HPMC y cera de abeja se encontró resultados similares, reportando que el recubrimiento no afecta este parámetro (Fagundes *et al.*, 2014), el mismo efecto se presentó con el recubrimiento aplicado.

El color es un parámetro que indica directamente la madurez del producto, el cambio que se da de color en el fruto es de verde a amarillo, consecuencia de la degradación de la clorofila por acción de las enzimas clorofilasas, que en el medio ácido aumentan su actividad. A su vez esto hace que sean más visibles los  $\beta$ -carotenos, los cuales se encuentran enmascarados a lo largo de la maduración del fruto (Galvis *et al.*, 2005). La uchuva es un fruto carotenógeno, es decir tiene alta concentración de  $\beta$ -carotenos al igual que otras frutas como mango, tomate y cítricos. Se reporta que el contenido más alto de carotenos 235  $\mu\text{g/g}$  de peso fresco, es cuando la coloración es naranja claro a naranja es decir en los estados 5 y 6 de maduración (Fischer y Martínez, 1999)

**6.2.7. Evaluación del Índice de respiración.** El comportamiento de la respiración de las uchuvas almacenadas a refrigeración y temperatura ambiente, tanto con recubrimiento como sin recubrimiento se indica en la siguiente gráfica:



**Figura 45. Comportamiento del índice de respiración de uchuvas almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.**



Fuente: Ésta investigación.

La importancia de la variable índice de respiración radica en el hecho de que generalmente a mayor índice respiratorio el fruto entra en la fase de senescencia más rápidamente (Ávila *et al.*, 2006). El índice de respiración de la uchuva muestra que es un fruto que tiene un comportamiento climatérico, presentándose un alza de la respiración para el día 8 de evaluación en las muestras almacenadas a temperatura ambiente y para el día 10 de evaluación en las muestras en refrigeración. La refrigeración hizo que retardara la aparición del climaterio, Ávila *et al.* (2006) indica que a mayor temperatura de almacenamiento el climaterio aparece más rápido. Algunos autores reportan que el fruto es climatérico (Ávila *et al.*, 2006; Novoa *et al.*, 2006), sin embargo en el estudio de Galvis *et al.* (2005) se reportan autores que presentan estudios en los que el comportamiento del fruto no es climatérico y se clasifica a la uchuva como un fruto intermedio en el comportamiento.

Para los tratamientos con recubrimiento se presenta un pequeño pico de alza en la respiración en los primeros días que puede deberse a la adaptación de la fruta al recubrimiento, este pico se presenta tanto en refrigeración como ambiente. Por otra parte para las muestras en refrigeración los valores de respiración en el pico climatérico son menores a las muestras a temperatura ambiente, lo cual indica que la temperatura disminuye la respiración de la fruta, los valores alcanzados en los picos climatéricos de la muestra T1A y T0R son muy similares lo cual lleva a deducir que el recubrimiento actúa como una barrera eficiente frente a los gases

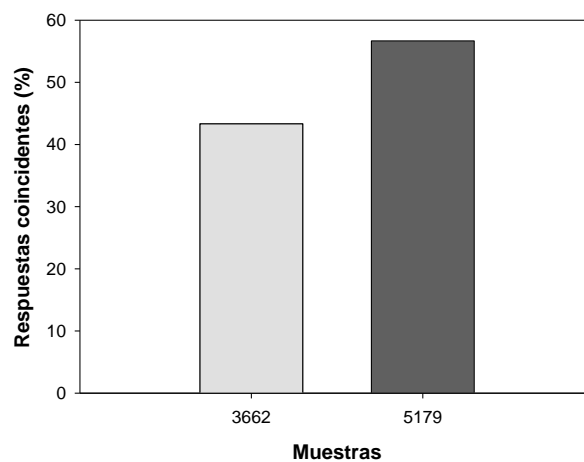
para disminuir la tasa respiratoria del producto y por lo tanto mejorar su conservación.

El comportamiento observado en los resultados indica que el recubrimiento elaborado funciona como una buena barrera ante los gases, Galletta *et al.*, (2005) indica que los recubrimientos a base de proteína de suero plastificados con glicerol son buena barrera al CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Un estudio indico que la permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono de películas con aislados de proteínas de suero es mayor que con concentrados de proteínas de suero, además que un factor adicional que influye es la concentración de glicerol, pues a mayor concentración se mejoran las propiedades de barrera (Ramos *et al.*, 2013), Para esta presente investigación podemos observar una reducción en la producción de CO<sub>2</sub>, en las muestras recubiertas, debido a la permeabilidad que genera las proteínas de suero a estos gases y por lo tanto el retraso en la degradación de la fruta.

### 6.3. EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE UCHUVA

**6.3.1. Prueba sensorial de preferencia.** Los resultados de la prueba sensorial de preferencia se indican en la siguiente figura:

**Figura 46. Resultados obtenidos para la prueba de preferencia de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.**



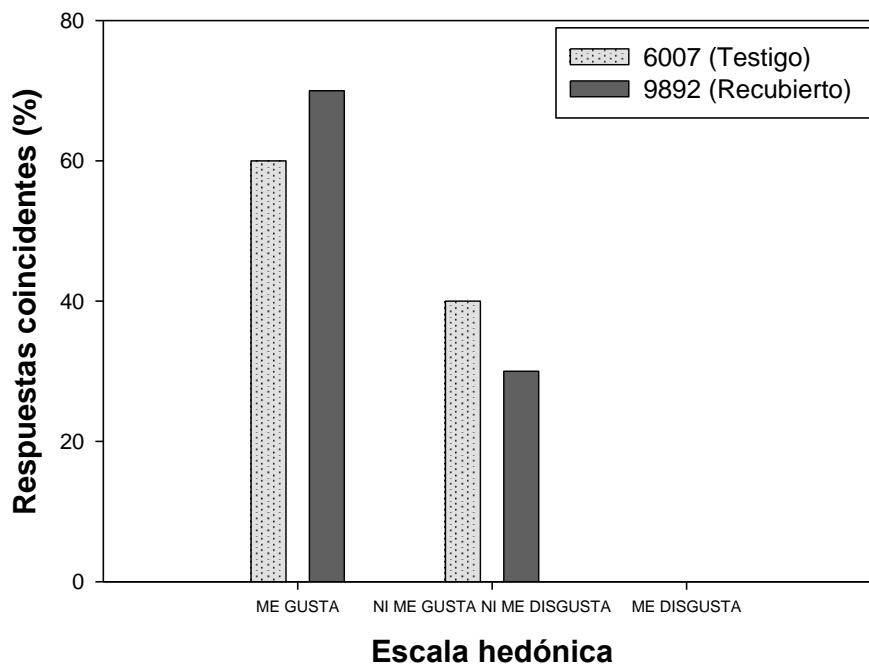
Fuente: Ésta investigación.

Los resultados para la evaluación de apariencia general de uchuvas recubiertas (5179) y testigos (3662), muestran con 99% de confiabilidad que no hay diferencias significativas, es decir que la preferencia no se presentó de manera evidente por alguna de las muestras, el 56,67% de los jueces evaluadores prefieren de manera general la muestra con aplicación de recubrimiento. Siendo así se puede deducir que el recubrimiento aplicado no afecta la apariencia general de los frutos siendo imperceptible para el consumidor.

### 6.3.2. Prueba de medición del grado de satisfacción:

**Color:** En la evaluación de color no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa con un 99% de confiabilidad. Para la muestra testigo 18 jueces (60%) manifestaron gusto por la misma, 12 jueces (40%) expresaron no presentar ni gusto ni disgusto por la muestra y a ninguno de los jueces les disgustó. En la muestra recubierta 21 de los jueces (70%) presentaron gusto, el 30% dijeron que ni les gustó ni les disgustó y 0% manifestó disgusto por la muestra.

**Figura 47. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a color de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.**

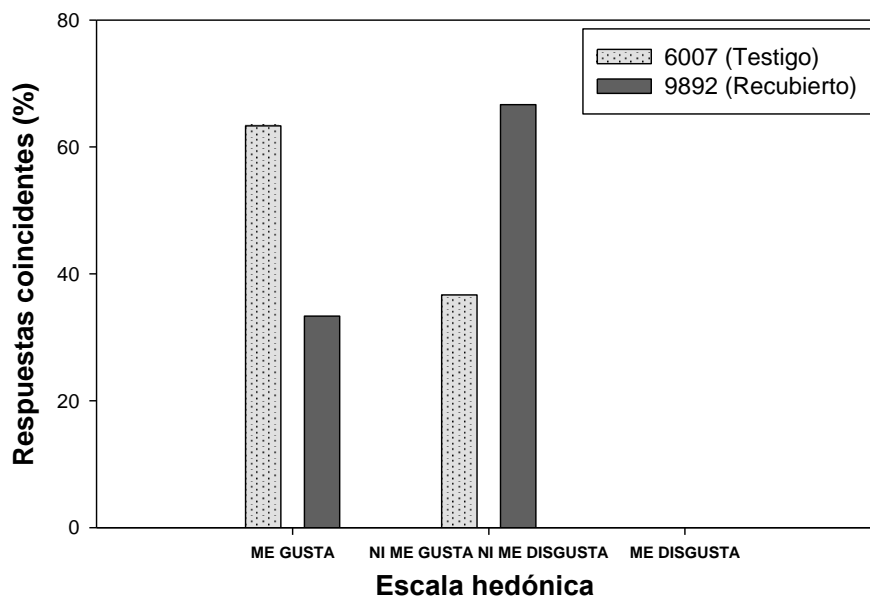


Fuente: Ésta investigación.

Los resultados indican que el color de las dos muestras fue de gusto para los jueces evaluadores siendo la muestra recubierta la que más gustó, los resultados son similares a los de Pérez-Gago *et al.* (2005), donde expresan que los tratamientos a base de proteínas de suero de leche generaron como resultado las puntuaciones sensoriales más altas en la conservación del color en trozos de manzanas recubiertos durante 7 días de almacenamiento a 5 °C.

**Brillo:** La prueba de brillo muestra diferencia estadísticamente significativa con un 95% de confiabilidad. La muestra testigo gustó al 63,33% y ni gustó ni disgustó al 36,67% por otro lado cero jueces presentaron disgusto. Para la muestra recubierta 33,33% de los jueces expresaron gusto y 66,67% presentaron ni gusto ni disgusto por la misma, 0% mostraron disgusto por la muestra. La prueba indica que el brillo de la muestra testigo gustó más que el de la recubierta, presentando para la muestra recubierta ni gusto ni disgusto.

**Figura 48. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a brillo de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.**



Fuente: Ésta investigación.

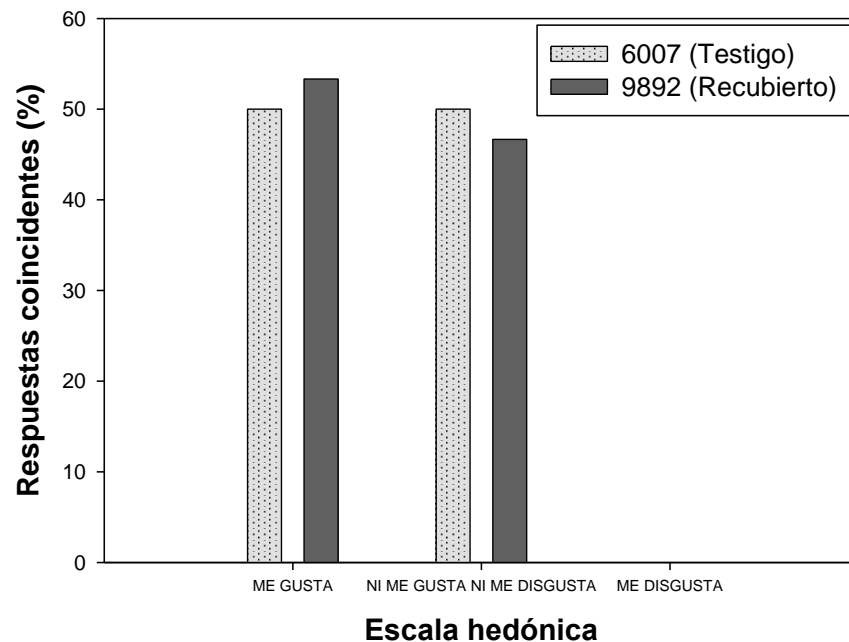
La aplicación del recubrimiento comestible es capaz de modificar el brillo natural del fruto sin llegar a ser un disgusto para el consumidor, debido al color blanquecino que presenta el recubrimiento debido a los componentes empleados en su elaboración, este resultado es lógico de acuerdo a estudios realizados por Márquez *et al.*(2009-b), donde se manifiesta que la aplicación de recubrimientos

comestibles puede afectar las propiedades organolépticas dependiendo la epidermis del fruto a los cuales les puede generar u opacar su brillo natural. Según estudios de Chiumarelli y Hubinger (2014), la adición de lípidos en recubrimientos comestibles puede afectar la transparencia y algunas características sensoriales, estudios demostraron que la cera de abeja en películas de proteínas de suero, era el factor principal que afecta la transparencia de las películas (Ozdemir y Floros, 2008-a) la cual puede ser la causa para la pérdida del brillo en esta investigación.

Fresas recubiertas con quitosano y cera de abeja mostraron una disminución en el parámetro L\* de color, es decir que la cera de abeja disminuyo el brillo de los frutos (Velickova *et al.*, 2013).

**Olor:** La prueba de olor no presento diferencias estadísticamente significativas con un 99% de confiabilidad. Para la muestra testigo las respuestas de los jueces estuvieron divididas, manifestando un 50% el gusto por la muestra, el 50% restante ni gusto ni disgusto y 0% presentaron disgusto. En la muestra recubierta 53,33% de los encuestados presentaron gusto por la muestra, 46,67% no presentaron gusto ni disgusto y 0% expresaron disgusto por la muestra. Los resultados revelan que la aplicación del recubrimiento no genera modificaciones en esta propiedad sensorial, evidenciando que los diferentes olores de materiales utilizados en su elaboración se atenuaron a tal punto que resultaron imperceptibles para el consumidor.

**Figura 49. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a olor de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.**

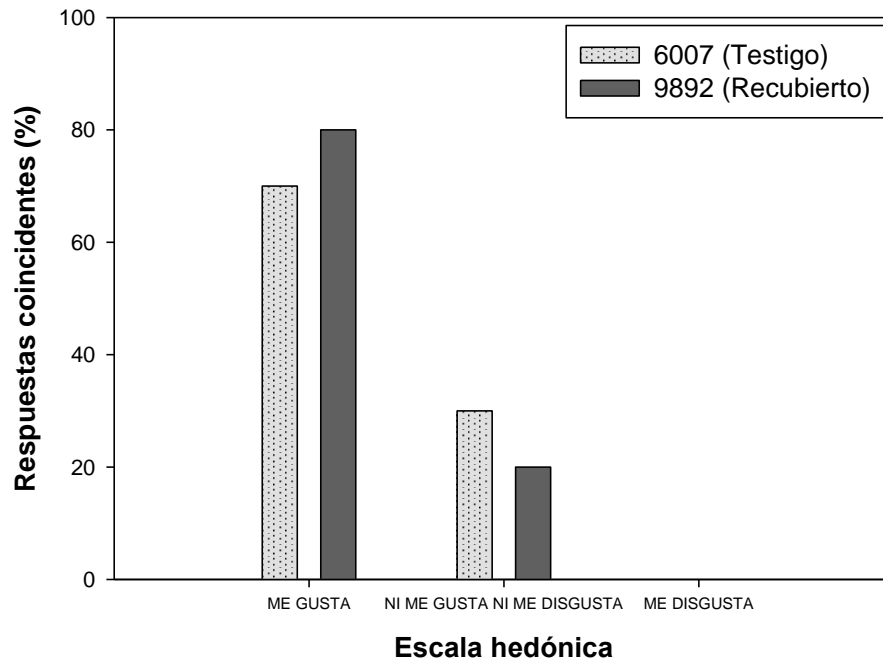


Fuente: Ésta investigación.

**Sabor:** La evaluación de sabor no presentó diferencias estadísticamente significativas con un 99% de confiabilidad. La muestra testigo gustó al 70% de los encuestados, ni gustó ni disgustó al 30% y ningún encuestado manifestó disgusto. Por otro lado para la muestra recubierta 80% de los jueces presentaron gusto, 20% ni gusto ni disgusto y cero jueces presentaron disgusto. La prueba indica que el sabor fue de gusto para las dos muestras.

Kim y Ustunol (2001) indican que las películas y recubrimientos a base de proteínas son las películas son sabor insípido. En un estudio realizado con películas a base de proteína de suero y cera de abeja aplicadas en queso Cheddar no se encontraron diferencias significativas entre muestras recubiertas y testigo, lo cual comprueba que las proteínas lactoséricas y la cera de abeja no afectan el sabor del producto (González-González *et al.*, 2007).

**Figura 50. Resultados obtenidos para la prueba de medición del grado de satisfacción en cuanto a sabor de uchuvas Testigo Vs Recubiertas.**



Fuente: Ésta investigación.

Las pruebas de análisis sensorial realizadas muestran claramente que al aplicar el recubrimiento comestible a las uchuvas se logra mantener las propiedades organolépticas características del fruto, teniendo una excepción con el brillo natural del fruto, el cual se ve afectado según la evaluación por parte de los jueces.

## 7. CONCLUSIONES

El método de acidificación logro una recuperar de solidos del 11,317 g/L de suero, los cuales contienen 37,62% de proteína en base seca, logrando un rendimiento de 48,87% con respecto al contenido de proteína inicial, se encontraron diferencias significativas tanto en rendimiento como en porcentaje de proteína recuperada con respecto al método de adición de iones calcio.

El recubrimiento que presento menor porcentaje de pérdida de peso (12,95%) fue el que contenía 10% de concentrado de proteína de suero, 15% de cera de abeja en solución acuosa, como emulsificante tween 80 (8% con respecto a la cera), espesante CMC (0,5%) y glicerol (10%) como plastificante, siendo esta formulación apropiada para conservar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de uchuvas.

El recubrimiento se caracterizó por presentar una viscosidad de 624,1 cP, densidad de 1,055 g/mL, pH de 6,61 y 81,92 % de humedad promedio. Con estas características el recubrimiento fue capaz de mantener los atributos de la uchuva y aumentar el tiempo de vida útil.

El recubrimiento comestible desarrollado es una alternativa viable para la conservación de la uchuva evitando el deterioro acelerado de la fruta, se logró disminuir la pérdida de peso en 36,20% y 41,50% para almacenamiento en ambiente y refrigeración respectivamente en relación al testigo, la combinación del recubrimiento con refrigeración logro una pérdida de peso del 11,66% a los 15 días de almacenamiento.

Las propiedades fisicoquímicas: acidez titulable, solidos solubles e índice de madurez tuvieron cambios significativos, entre muestras testigo y recubiertas tanto a temperatura ambiente como de refrigeración, el pH de la fruta no presenta diferencias significativas con ningún tratamiento, el índice de color solo presenta diferencias con la temperatura de almacenamiento y la firmeza se mantiene sin cambios significativos excepto a temperatura ambiente y sin recubrimiento.

La uchuva presenta un comportamiento climatérico, presentando su climaterio a los 8 y 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración respectivamente.

La apariencia general de los frutos recubiertos no presento diferencias en cuanto a los testigos, del mismo modo las propiedades sensoriales de color, sabor y olor no se vieron afectadas por la aplicación del recubrimiento, en caso del brillo se presentó diferencias debido a la opacidad generada por la cera utilizada en la formulación.



## **8. RECOMENDACIONES**

Investigar otros posibles procedimientos alternativos, económicos y sencillos para la obtención de concentrados de proteína de suero.

Realizar pruebas bromatológicas completas para determinar la composición total de los sólidos recuperados con los métodos que se evaluó.

Realizar estudios complementarios que evalúen la posibilidad de obtener recubrimientos capaces de incluir agentes antimicrobianos, antioxidantes, nutricionales y vitaminas.

Evaluar la aplicabilidad y funcionalidad del recubrimiento obtenido a base de proteínas de suero y cera de abeja, en otras frutas.

Realizar estudios complementarios que evalúen las propiedades de barrera del recubrimiento comestible a base de proteína de suero y cera de abeja.

Realizar estudios complementarios que evalúen las propiedades mecánicas del recubrimiento comestible a base de proteína de suero y cera de abeja.

Realizar estudios en la formulación de este tipo de recubrimiento con el fin de disminuir el color blanquecino y evitar afectar el brillo del fruto.

Evaluar el aporte nutricional que brinde el recubrimiento comestible elaborado a partir de concentrado de proteínas de suero y cera de abeja.

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.

Realizar estudios de tecnologías complementarias a los recubrimientos que permitan alargar la vida útil del producto.

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

Realizar estudios de factibilidad económica para el montaje de una planta para la elaboración de este tipo de recubrimientos comestibles y producción a gran escala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIZÚ, H y AC, M. Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras. Bogotá: Escuela Agrícola Panamericana, 2011. Pág. 29

ALMANZA-MERCHÁN y FISCHER, G. Fisiología del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Pág. 1-19.

AMAYA, P; PEÑA, L; MOSQUERA, A; VILLADA, H y VILLADA, D. Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). Dyna. Medellín: s.n., 2010. Vol. 77. No. 162. Pág. 67-73. ISSN 00127353.

ANDRADE, J; ALVEAR, D; BUCHELI, M y OSORIO, O. Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación postcosecha de tomate de árbol. Bogotá: s.n., s.f. (*Cyphomandra betaceaa* S.), Revista Información Tecnológica, 2014. Vol. 25. No.6.

ANZALDUA, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A.1994.

ÁVILA, J; MORENO, P; FISCHER, G Y MIRANDA, D. Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. Acta Agronómica (Colombia), 2006 Vol. 55. No. 4. Pág. 29-38.

BENAVIDES, P y CUASQUI, L. Estudio del comportamiento poscosecha de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) Sin capuchón. Presentada al Comité Asesor como requisito parcial para obtener el título de: Ingeniero En Agroindustrias. Ibarra – Ecuador. Escuela de ingeniería agroindustrial. Facultad de ingeniería en ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra: Universidad técnica del norte, 2008.

BÓSQUEZ E. 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 para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. México D.F – México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2003.

BOURTOOM, T. Edible protein films: properties enhancement. International Food Research Journal, 2009. No. 16 Pág. 1-9.

BRNČIĆ, S; LELAS, V; BRNČIĆ, M; BOSILJKOV, T; JEŽEK, D y BADANJAK, M. Thermal gelation of whey protein at different pH values. Faculty of Food Technology and Biotechnology, Pierottijeva 6, Zagreb, Croatia.

CABALLERO, P; ORTIZ, L; MALDONADO, O y RIVERA, M. Valoración de las características físicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) comercializada en el municipio de Pamplona. @limentech ciencia y tecnología alimentaria, 2011. ISSN 1692-7125. Vol. 9. No. 1, Pág. 49-55.

CAJAMAR, Grupo cooperativo. Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria, 2014. Ficha de transferencia N°3.

CALVO, I. El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana*). Área: Manejo integrado de cultivos / frutales de altura. San José, Costa Rica, 2009.

CASTRO, R y GONZÁLEZ, H. Evaluación fisicoquímica de la efectividad de un recubrimiento comestible en la conservación de uchuva (*Physalis peruviana* L. var. Colombia). Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Facultad de Ingeniería de Alimentos, 2010.

CATALÁ, R; ALMENAR, E y GAVARA, R. Innovaciones y tendencias en el envasado de frutas y hortalizas. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. CSIC, 2009. Pág. 1540 – 1548.

CIRO, H; OSÓRIO, J. Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L). Dyna, 2008. Vol. 75. No. 154. Pág. 39-46. ISSN 0012-7353.

CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. Uchuva: Perfil del producto. Inteligencia de mercados. Bogotá – Colombia Publicación N° 34. ISSN 0123-1338. Pág. 1- 14.

CONSOLIDADO AGROPECUARIO DE NARIÑO. Secretaria de Agricultura de Nariño. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2011.

CORAL, L; TORRES, F y YÉPEZ, B. Estudio de mercado para la comercialización de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Nariño. Revista de ciencias agrícolas. 2012. Vol. 29. No. 1 Pág. 92 - 102. ISSN Impreso 0120-0135.

CHIUMARELLI, M. Y HUBINGER, M. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. Food Hydrocolloids, 2014 Vol. 38 Pág. 20-27.

DUQUE, A; GIRALDO, G y QUINTERO, V. Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Temas agrarios, 2011. Vol. 16. No. 1. Pág. 75 – 83.

ESCOBAR, D; SALA, A; SILVERA, C; HARISPE, R Y MÁRQUEZ, R. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay, 2009. No. 4. Pág. 33 – 36.

FAGUNDES, C; PALOUB, L; MONTEIROA, A; PÉREZ-GAGO, M. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 2014. No. 92. Pág. 1–8

FISCHER, G; MARTÍNEZ, O. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. Revista agronómica Colombiana, 1999. Vol. 1-3. No.16. Pág. 35 - 39.

GALIETTA, G; HARTE, F; MOLINARI, D; CAPDEVIELLE, R y DIANO, W. Aumento de la vida postcosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. Revista iberoamericana de tecnología postcosecha, 2005. Vol. 6 No. 2. Pág. 117 – 123. ISSN impreso 1665 – 0204.

GALVIS, J; FISCHER, G Y GORDILLO, O. Cosecha y poscosecha de uchuva. Avances sobre el cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia, 2005. Pág 165 – 190. ISBN 958-701-603-3

GARCÍA, M. Cultivo y comercialización de la uchuva. Agronet. 2003. Pág. 70.

GIL, M. Industrialización de las proteínas de suero. Revista: Revisiones de la ciencia, Tecnología e ingeniería de alimentos, 2007. Vol. 7 No. 2. Pág. 3- 25.

GONZÁLEZ, M. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Tesis de Grado previa la obtención del título de químico farmacéutico. Riobamba – Ecuador. Escuela superior politécnica del Chimborazo, 2010. Pág. 175.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, M; PÉREZ-MEDRANO, J Y PÉREZ-PÉREZ C. Evaluación sensorial de queso tipo cheddar recubierto con un bioempaque elaborado a base de aislado de proteína de suero (WPI) y cera de abeja. IX Congreso de ciencia de los alimentos y V foro de ciencia y tecnología de alimentos. XXV Aniversario de la carrera de Ingeniería en Alimentos en el Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, 2007. Pág. 738 – 744.

GOUNGA, M; XU, S-Y y WANG, Z. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glicerol ratio and pullulan addition in film formation. *Journal of Food Engineering*, 2007. Vol. 83. Pág. 521 – 530.

HOA, T; DUCAMP, M; LEBRUM, M; BALDWIN, E. Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. *Journal of Food Quality*, 2002. No. 25. Pág. 471 - 486.

INDA, A. Industria quesera. Organización de los Estados Americanos OEA, 2000. Pág. 157. En línea: [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/LIBROS/QUESO/Queso\\_all.pdf](http://www.science.oas.org/oea_gtz/LIBROS/QUESO/Queso_all.pdf). Consultado: 01 de Agosto de 2012.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas, Uchuva, especificaciones. NTC 4580. Bogotá D.C. El instituto, 1999. Pág. 17.

JAVANMARD, M. Shelf-life of apples coated with whey protein concentrate - gellan gum edible coatings. *Journal of Food Biosciences and Technology*, Islamic Azad University, Science and Research Branch, 2011. Vol. 1. Pág. 55 – 62.

JOOYANDEH, H. Whey Protein Films and Coatings: A Review. *Asian Network for Scientific Information*, *Pakistan Journal of Nutrition*, 2011. Vol. 10. No. 3. Pág. 296 – 301. ISSN impreso 1680 – 5194.

KAYA, S y KAYA, A. Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. *Journal of Food Engineering*, 2000. Vol. 43. Pág. 91 – 96.

KIM, S. y USTUNOL, Z. Sensory attributes of whey protein isolate and candelilla wax emulsion edible films. *Institute of Food Technologists. Journal Of Food Science*, 2001. Vol. 66. No. 6. Pág. 909 – 911.

LANCHERO, O; VELANDIA, G; FISCHER, G; VARELA, N Y GARCÍA, H. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 2007. Vol. 8 No. 1. Pág. 161-68.

LARA, E; GARCÍA-ALMENDÁREZ, B y REGALADO, C. Empaques biodegradables comestibles con actividad antimicrobiana a base de proteína de suero. *XI Congreso Nacional De Biotecnología Y Bioingeniería*, 2009.

LE-TIEN, C; VACHON, C; MATEESCU, M y LACROIX, M. Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. *Institute of Food Technologists. Journal Of Food Science*, 2001. Vol. 66. No. 4. Pág. 512 – 516.

LIN, D y ZHAO Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Institute of Food Technologists, Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety, 2007. Vol. 6. Pág. 60 – 75.

LOCASO, D; CRUAÑES, M; VELAZQUE, M; PISONERO, M; GERARD, O y TEREZANO, I. Conservación de naranjas con un recubrimiento formulado con terpenos obtenidos a partir de *Pinus elliotis*\*. Ciencia, Docencia y Tecnología, 2007. Vol. 35. Pág. 153-173.

LONDOÑO, M; SEPÚLVEDA, J; Hernández, A y PARRA, J. Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 2008. Vol. 6. No. 1. Pág. 4409 – 4421.

LÓPEZ-MATA, M; RUIZ-CRUZ, S; NAVARRO-PRECIADO, C; ORNELAS-PAZ, J; ESTRADA-ALVARADO, M; GASSOS-ORTEGA, L y RODRIGO-GARCÍA, J. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2012. Vol. 14 No. 1. Pág. 32 – 43.

MÁRQUEZ, C; TRILLOS, O; CARTAGENA, J y COTES, J. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica, 2009. Vol. 16 No.1.Pág. 42 - 48 ISSN 0121-4004

MÁRQUEZ, C; CARTAGENA, J. y PÉREZ-GAGO, M. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). VITAE, revista de la facultad de química farmacéutica, 2009. Vol. 16 N. 3. Pág. 304-310. ISSN 0121-4004, ISSN 2145-2660.

MARTÍN, O; SOLIVA, R y OLIU, G. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos físico-químicos y microbiológicos. V Congreso Iberoamericano De Tecnología Postcosecha Y Agroexportaciones, 2007. Pág. 862 – 868.

MENDOZA, J; RODRÍGUEZ, A y MILLÁN, P. Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2012. Vol. 10. No. 2. Pág. 188 – 196.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Agenda Prospectiva De Investigación Y Desarrollo Tecnológico Para La Cadena Productiva De La Uchuva En Fresco Para Exportación En Colombia. 2009. ISBN: 978-958-8536-09-5

MIRANDA, P; CÁRDENAS, G; LÓPEZ, D Y LARA, A. Comportamiento de películas de quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. Revista de la sociedad química de México, 2003. Vol47. No. 4. Pág. 331 – 336.

MONTALVO, C; LÓPEZ-MALO, A Y PALOU, E. Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones. Temas selectos de ingeniería de alimentos, 2012. Vol. 6. No. 2. Pág. 32 – 46.

MURILLO, M. Evaluación de propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas de películas comestibles adicionadas con nisina y/o glucosa oxidasa. Tesis para obtener el grado de maestra en biotecnología. Mexico D.F. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División De Ciencias Biológicas Y De La Salud, 2008. Pág. 77.

NAVARRO-TARAZAGA, M; MASSA, A; PÉREZ-GAGO, M. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). LWT - Food Science and Technology, 2011. No. 44. Pág. 2328 – 2334.

NOVOA, R; BOJACÁ, M; GALVIS, J Y FISCHER, G. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.) Agronomía Colombiana, 2006. Vol. 24. No. 1. Pág. 78 – 88.

OSÉS, J; FERNÁNDEZ-PAN, I; MENDOZA, M y MATÉ, J. Stability of the mechanical properties of edible films based on whey protein isolate during storage at different relative humidity. Food Hydrocolloids, 2009. Vol. 23. Pág. 125 – 131.

OTÍN, J. Estudio de la difusión del carvacrol y el eugenol desde películas de proteína de suero lácteo a diferentes simulantes alimentarios. Trabajo Fin De Máster En Tecnologías Y Calidad En Las Industrias Agroalimentarias. Pamplona. Universidad pública de Navarra, Departamento de tecnología de los alimentos, 2011. Pág. 62.

OZDEMIR, M y FLOROS, J. Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. Journal of Food Engineering, 2008-a Vol. 84 Pág. 116 – 123.

OZDEMIR, M y FLOROS, J. Optimization of edible whey protein films containing preservatives for water vapor permeability, water solubility and sensory characteristics. Journal of Food Engineering, 2008-b. Vol. 86. Pág. 215 – 224.

PARRA, R. Lactosuero: importancia en la industria de alimento. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, 2009. Vol. 62. No. 1. Pág. 4967- 4982. ISSN impreso 0304-2847

PARZANESE, M. Tecnologías para la Industria Alimentaria: Películas Y Recubrimientos Comestibles, 2012. Pág. 11.

PÉREZ, A; IBARGÜEN, Á y PINZÓN, M. Evaluación de transparencia y resistencia al vapor de agua en recubrimientos comestibles a base de gel de aloe *Barbadensis miller*. Vitae, 2012. Vol. 19. No. 1. Pág. S126 - S128. ISSN impreso 0121-4004.

PÉREZ-GAGO, M; SERRA, M; ALONSO, M; MATEOS, M; y DEL RIOA, M. Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. Postharvest Biology and Technology, 2005. Vol. 36. Pág. 77 – 85.

PÉREZ-GAGO; M. A. DEL RÍO Y ROJAS-ARGUDO, C. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Centro de Postcosecha. (IVIA), 2008. Pág. 5.

QUINTERO, J; FALGUERA, V y MUÑOZ, A. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga, 2010 Vol. 5 Pág. 93 – 118.

QUINTERO, B. Incorporación de la pediocina producida por *Pediococcus parvulus* mxvk133 en películas y recubrimientos comestibles. Tesis que para obtener el grado de doctora en biotecnología. Mexico D. F. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División De Ciencias Biológicas Y De La Salud, 2006. Pág. 111.

RAMOS, Ó; REINAS, I; SILVA, S, FERNANDES, João; CERQUEIRA, Miguel; PEREIRA, Ricardo; VICENTE, António; POÇAS, Fátima; PINTADO, Manuela; MALCATA; Xavier. Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom. Food Hydrocolloids, 2013. Vol. 30. Pág. 110 – 122.

RAMOS-GARCÍA, M; BAUTISTA-BAÑOS, S; BARRERA-NECHA, L; BOSQUEZ-MOLINA, E; ALIA-TEJACAL, I y ESTRADA-CARRILLO, M. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Revista Mexicana de Fitopatología, 2010. Vol. 28. No. 1. Pág. 44 – 57. ISSN impreso 0185 -3309.

REGALADO, C; PÉREZ-PÉREZ, C; LARA-CORTÉS, E Y GARCÍA-ALMENDAREZ, B. Whey protein based edible food packaging films and coatings. Food biotechnology. Research Signpost, 2006. Pág. 237 – 261.

RESTREPO, A; CORTÉS, M y MÁRQUEZ, C. Uchuvas (*Physalis peruviana* L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E. Revista de la facultad de química farmacéutica, 2009. Vol. 16. No.1. Págs. 19 - 30. ISSN 0121-4004.



RODRIGUEZ-TURIENZO, L; COBOS, A y DIAZ, O. Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2012. Vol. 14 Pág. 92 – 98.

SABINARES, A. Miel Sabinares Arlanza. Usos de la cera de abeja. Página disponible desde internet en: <http://www.mielarlanza.com/es/contenido/?idsec=400>

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L; VARGAS, M; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C; CHÁFER, M Y CHIRALT. A. Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. VIII Congreso SEAE Bullas, 2008.

SEYDIM A.C y SARIKUS, G. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 2006. Vol. 39. Pág. 639 – 644.

TANADA, P. Y GROSSO C. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 2005. Vol. 36 Pág. 199–208.

TOSNE, Z; MOSQUERA, S Y VILLADA, H. Efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el Chontaduro. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2014. Vol. 12 No. 2 Pág. 30 – 39.

TREJO-MÁRQUEZ, A; RAMOS-LÓPEZ, K y PÉREZ, C. efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. V Congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones, 2007.

VALENCIA, J. El suero de quesería y sus posibles aplicaciones 1/3. *Mundo lácteo y cárnico*, 2008. Pág. 4 – 6.

VALENCIA, J. El suero de quesería y sus posibles aplicaciones 2/3. *Mundo lácteo y cárnico*, 2008. Pág. 16 – 18.

VALLE-GUADARRAMA, S; LÓPEZ-RIVERA, O; REYES-VIGIL, M; CASTILLO-MERINO, J; SANTOS-MORENO, A. Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2008. Vol. 14. No. 3. Pág. 235 – 241.

VÁZQUEZ-PUENTE, F; VILLEGAS, G y MOSQUEDA, P. Precipitación de proteínas lactoséricas en función de la acidez, temperatura y tiempo, de suero producido en Comonfort, Guanajuato, México. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2010. Vol. 1. No. 2 Pág. 157 – 169. ISSN: 2218-4384.

VELICKOVA, E; WINKELHAUSEN, E; KUZMANOVA, ALVES, S Y MOLDÃO-MARTINS, M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 2013. No. 52. Pág. 80 – 92.

WESTERGAARD, V. Tecnología de la Leche en Polvo. Evaporación y Secado por Atomización. Copenhague, Dinamarca. Niro A/S, 2004. Pág. 343.

ZHANGA, W; XIAOA, H y QIANBA, L. Beeswax–chitosan emulsion coated paper with enhanced water vapor barrier efficiency. *Applied Surface Science*, 2014. Vol. 300. Pág. 80–85.

ZINOVIADOU, K; KOUTSOUMANIS, K y BILIADERIS, C. Physical and thermo-mechanical properties of whey protein isolate films containing antimicrobials, and their effect against spoilage flora of fresh beef. *Food Hydrocolloids*, 2010. Vol. 24. Pág. 49 – 59.

# **ANEXOS**

**ANEXO A. FORMATO DE EVALUACIÓN DE PRUEBA DE PREFERENCIA.**



**FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL PARA  
UCHUVA**



**PRUEBA DE PREFERENCIA**

Fecha: \_\_\_\_\_

Observe por favor las dos muestras de uchuva que tiene ante usted y marque con una X cuál de las dos prefiere de acuerdo a la apariencia general:

**5179 3662**

Comentarios:

---

---

---

MUCHAS GRACIAS.

**ANEXO B. FORMATO DE EVALUACIÓN DE PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN PARA COLOR, BRILLO Y OLOR.**



**FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL PARA UCHUVA**



**PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN**

Fecha: \_\_\_\_\_

Observe las muestras que se presentan a continuación. Por favor marque con una X la casilla que indique su opinión acerca de cada una, en referencia a su:

\_\_\_\_\_\*

**9892 6007**

Me gusta  
Ni me gusta ni me disgusta  
Me disgusta

Comentarios:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MUCHAS GRACIAS.**

*\*(Formato aplicado individualmente para evaluación de diferentes atributos: color, brillo y olor).*

**ANEXO C. FORMATO DE EVALUACIÓN DE PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN PARA SABOR.**



**FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL PARA UCHUVA**



**PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN**

Fecha: \_\_\_\_\_

Pruebe las muestras que se presentan a continuacion. Por favor marque con una X la casilla que indique su opinion.

**9892 6007**

Me gusta  
Ni me gusta ni me disgusta  
Me disgusta

Comentarios:

---

---

---

MUCHAS GRACIAS.