



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

TESIS

**“FORMULACIÓN DE UNA PELÍCULA Y UN
RECUBRIMIENTO COMESTIBLES A PARTIR DEL
APROVECHAMIENTO DE LACTOSUERO VACUNO
EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE”**

**PARA OPTAR EL GRADO DE TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

PRESENTADO POR:

Bach. GASTELO GASTELO LUIS ANGEL

Bach. NECIOSUP BURGA INGRID SHILAIT

ASESORADO POR:

Ing. M. Sc. JUAN FRANCISCO ROBLES RUIZ

Lambayeque – Perú

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

TESIS

**“FORMULACIÓN DE UNA PELÍCULA Y UN RECUBRIMIENTO
COMESTIBLES A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE LACTOSUERO
VACUNO EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE”**

**PARA OPTAR EL GRADO DE TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

PRESENTADO POR:

**Bach. GASTELO GASTELO LUIS ANGEL.
Bach. NECIOSUP BURGA INGRID SHILAIT.**

APROBADO POR:

Ing. M. Sc. Juan Carlos Díaz Visitación.
Jurado Presidente

Ing. M. Sc. Jaime Lucho Cieza Sánchez.
Jurado Secretario

Ing. M. Sc. Renzo Bruno Chung Cumpa.
Jurado Vocal

Ing. M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz.
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres FRANCISCA Y SEGUNDO

por su constante e incondicional respaldo

durante mi formación ética y profesional.

Porque cada logro alcanzado por mí,

es una meta cumplida para ellos.

A mi familia por sus innumerables muestras

de aliento y confianza, que hicieron de mí

una persona tenaz y segura.

A la Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO

por abrirme las puertas de sus aulas y allí

adquirir invalores conocimientos aplicables

que me consolidan como un profesional capaz y eficiente.

Luis Ángel Gastelo Gastelo.

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, amor e iluminarme siempre en mi camino, a la Virgen María por ser mi intercedora ante Dios y ser mi fuente de bondad e inspiración.

A mis padres Marina y Vicente, por darme siempre su incondicional apoyo durante mi formación ética y profesional. A mi madre por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por todo su amor y confianza. Y a mi padre por su esfuerzo que lo caracteriza y que me ha infundado siempre, mostrándome el valor para salir adelante y por su amor. Porque todo lo que soy se lo debo a ellos por inculcarme siempre la importancia de estudiar.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y adquirir muchas aptitudes para poder estudiar mi carrera, así también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Ingríd Shílaít Necíosup Burga.

AGRADECIMIENTO

A Dios Omnipotente, por permitirnos
arribar hasta esta maravillosa etapa con salud e inteligencia,
por iluminar nuestro sendero y contribuir de manera celestial
a la cristalización de nuestros objetivos.

A los señores(as) técnicos de laboratorios de la FIQIA, y a todas aquellas
personas que de manera directa e indirectamente
coadyuvaron en el desarrollo y culminación de
nuestro trabajo de investigación.

A nuestro Asesor, Ing. M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz,
a quien expresamos nuestra gratitud y reconocimiento
por guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis,
por inculcarnos conocimientos y valores.
También, por incentivarnos a seguir nuestros ideales
y a mejorar constantemente.

Luis e Ingrid.

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	20
1.1. LACTOSUERO	20
1.1.1. Definición	20
1.1.2. Tipos de Lactosuero	20
1.1.3. Composición Química del Lactosuero	23
1.1.4. Aprovechamiento actual del Lactosuero en la Industria.....	28
1.2. PELÍCULAS Y RECUBRIMIENTO COMESTIBLES.....	32
1.2.1. Historia.....	32
1.2.2. Definición	33
1.2.3. Funciones	35

1.2.4. Componentes	38
1.2.5. Composición	51
1.2.6. Aplicaciones y Usos de los Envases Comestibles	65
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	72
2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA	72
2.1.1. Población	72
2.1.2. Muestra	72
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS	72
2.2.1. Materias Primas	72
2.2.2. Materiales Biológicos	73
2.2.3. Materiales	73
2.2.4. Aditivo Alimentario	73
2.2.5. Equipos de Laboratorio	73
2.2.6. Materiales de Laboratorio	74
2.2.7. Reactivos	76
2.3. MÉTODOS	77

2.3.1. Caracterización de la Materia Prima	77
2.3.2. Metodología Experimental	78
2.3.3. Determinación de los Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible	87
2.3.4. Caracterización de la Película Comestible.....	88
2.3.5. Aplicación y evaluación del efecto de las formulaciones en alimentos	91
2.3.6. Métodos Sensoriales	93
2.3.7. Métodos Microbiológicos	94
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES	97
3.1. Evaluación Sensorial del Lactosuero	97
3.2. Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno.....	98
3.3. Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible.....	100
3.4. Caracterización de la Película Comestible	106
3.4.1. Determinación de Gramaje	106
3.4.2. Determinación del Espesor	107
3.4.3. Determinación de Peso Específico Aparente.....	108

3.4.4. Determinación de la Permeabilidad de Vapor de Agua (WVP) ..	109
3.5. Aplicación y evaluación del efecto de las formulaciones en alimentos	
.....	112
3.5.1. Pérdida de Peso	112
3.5.2. °Brix	114
3.5.3. Acidez Titulable	116
3.5.4. Alimentos Recubiertos	118
3.6. Evaluación Sensorial	119
3.7. Resultados Microbiológicos.....	131
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	134
CAPITULO V: RECOMENDACIONES	137
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla Nº 1. Composición Porcentual del Lactosuero dulce y ácido en estado líquido	22
Tabla Nº 2. Composición en aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína)..	26
Tabla Nº 3. Contenidos en vitaminas del lactosuero	28
Tabla Nº 4. Propiedades funcionales de la leche y lactosuero	31
Tabla Nº 5. Usos posibles de películas y recubrimientos comestibles	66
Tabla Nº 6. Usos más frecuentes de los recubrimientos comestibles	68
Tabla Nº 7. Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno proporcionado por la empresa “CHOTALAC”	77
Tabla Nº 8. Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible	87
Tabla Nº 9. Evaluación Sensorial del Lactosuero proporcionado por la empresa “CHOTALAC”	97
Tabla Nº 10. Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno proporcionado por la empresa “CHOTALAC”	99
Tabla Nº 11. Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible de las diferentes formulaciones.....	101

Tabla Nº 12. Contenido de Humedad de las diversas composiciones de Film	102
Tabla Nº 13. Gramaje de las tres formulaciones de la Película Comestible ...	106
Tabla Nº 14. Espesor de las tres formulaciones de la Película Comestible en mm.....	107
Tabla Nº 15. Peso Específico Aparente de las tres formulaciones de la Película Comestible	108
Tabla Nº 16. Permeabilidad de Vapor de Agua (WVP) de la Película Comestible por Tiempo en días según la formulación y los diferentes rellenos.....	109
Tabla Nº 17. Pérdida de peso (%) de las Uvas Red Globe recubiertas y no recubiertas por día según la formulación	112
Tabla Nº 18. °Brix promedio de las Uvas Red Globe recubiertas y no recubiertas por día según la formulación.....	115
Tabla Nº 19. Acidez Titulable (% de ácido tartárico) de las Uvas Red Globe recubiertas y no recubiertas por día según la formulación.....	117
Tabla Nº 20. Evaluaciones Sensoriales de diversos alimentos recubiertas con diferentes formulaciones	118
Tabla Nº 21. Tabla de resultados prueba de comparación pareada de dos colas para la formulación 1 (8%)	119

Tabla Nº 22. Tabla de resultados prueba de comparación pareada de dos colas para la formulación 2 (10%).....	123
Tabla Nº 23. Tabla de resultados prueba de comparación pareada de dos colas para la formulación 3 (12%).....	127
Tabla Nº 24. Análisis Microbiológicos de la Película Comestible por Tiempo en semanas según la formulación y el tipo de microorganismos	132

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura Nº 1. Estructura molecular de la amilosa	41
Figura Nº 2. Estructura molecular de la amilopectina	42
Figura Nº 3. Estructura conformacional de la amilopectina.....	42
Figura Nº 4. Estructura del gránulo de almidón.....	43
Figura Nº 5. Evolución de los gránulos de almidón de maíz a lo largo del proceso de gelatinización	46
Figura Nº 6. Representación de las posibles estructuras de los recubrimientos compuestos o mezclas. A) Recubrimiento bicapa, B) Recubrimiento emulsionado.....	59
Figura Nº 7. Algunos usos más frecuentes de los recubrimientos comestibles	71

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad formular una película y un recubrimiento comestibles a partir del aprovechamiento de lactosuero vacuno en la región Lambayeque; para ello se dispone de lactosuero vacuno proporcionado por la empresa "CHOTALAC". Se inició caracterizando al lactosuero llevándose a cabo pruebas sensoriales y análisis fisicoquímicos, para luego diseñar el proceso de elaboración y obtención de la película y el recubrimiento comestibles. El parámetro oscilante fue el porcentaje de almidón de yuca (8, 10 y 12%), en lo que respecta al porcentaje de sorbitol se trabajó la relación lactosuero: sorbitol (10:1).

Con la finalidad de asegurar la calidad e inocuidad de la película y el recubrimiento comestibles se ejecutaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales a las tres formulaciones planteadas. Fueron estos análisis, sumados a los resultados de la caracterización de la película y recubrimiento comestibles los que contribuyeron a elegir la formulación más óptima, siendo para la película comestible la formulación 3 (12%) y para el recubrimiento comestible la formulación 1 (8%). Se analizó los costos, donde el precio unitario de la película comestible es 0,43 céntimos por cada bloque de 9 cm x 5 cm (largo x ancho) y por cada 100 g de recubrimiento comestible es 0,13 céntimos.

Palabras claves: Lactosuero, Almidón de yuca, Película Comestible, Recubrimiento Comestible, Gelatinización.

ABSTRACT

The present research work has for purpose to formulate a film and a coating eatable as from the use of bovine lactoserum at the region Lambayeque; for it CHOTALAC gets ready of bovine lactoserum provided by the company. He started up characterizing the lactoserum taking effect you try sensorial and physicochemical analysis, stops next designing the process of elaboration and obtaining of the film and the coating eatable. The oscillating parameter was the percentage of cassava starch (8, 10 and 12%), in regards to the percentage of sorbitol the lactoserum worked the account itself: Sorbitol (10:1).

With the aim of insuring quality and innocuousness of the film and the coating eatable they executed assay physicochemical, microbiological and sensorial to the three presented formulations. They were these analyses, once the results from the characterization of the film were added to and coating eatable the ones that contributed to elect the most optimal formulation, being for the eatable film the formulation 3 (12%) and for the eatable coating the formulation 1(8%). You analyzed costs, where the unit price of the eatable film is 0.43 cents for 9 cm's each block x 5 cm (length x broad) and for each 100 g of eatable coating it is 0.13 cents.

Key words: Lactoserum, Cassava Starch, Eatable Film, Eatable Coating, Gelatinization.

INTRODUCCIÓN

En la industria láctea, los efluentes son caracterizados por desprender un alto grado de carga contaminante. Especialmente en las queserías, uno de los efluentes que más contaminación genera y no tienen un buen aprovechamiento posterior es el lactosuero.

La alternativa más viable para solucionar esta problemática, surge como opción el empleo de películas o recubrimientos comestibles que puedan impartir propiedades funcionales específicas al alimento como empaque y que ofrezcan costos competitivos a los materiales de envase plásticos actuales. Y al mismo tiempo en la Región Lambayeque se encuentran muy pocos estudios realizados sobre películas o recubrimientos comestibles a base de suero de leche por lo que sería de gran interés realizar investigaciones acerca de la elaboración y efecto de bioenvases de este tipo.

De acuerdo con Krochta y De Mulder - Johnston (1997), una película comestible se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como un recubrimiento, o colocada (lo que implica que debe ser pre-formada) sobre o entre los componentes de los alimentos. Su propósito es el de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos, pigmentos, etc.; servir como vehículo para aditivos alimentarios (antioxidantes, antimicrobianos, saborizantes, colorantes); y/o mejorar la integridad mecánica o características de manejo del alimento en cuestión. En

algunos casos las películas comestibles con buenas propiedades mecánicas pueden llegar a sustituir las películas de empaque sintéticas.

Esta tecnología responde a:

- El interés de los consumidores en alimentos saludables, de alta calidad, convenientes y seguros.
- La toma de conciencia colectiva en cuanto al cuidado del medio ambiente, y la necesidad de contar con materiales biodegradables y/o reciclables que reduzcan las consecuencias ambientales de los envases sintéticos.
- La capacidad de estas películas para contribuir a la solución de problemas relacionados con la apariencia, conservación y almacenamiento de ciertos alimentos.
- La gran disponibilidad, carácter de recurso renovable y costo relativamente bajo de las materias primas utilizadas en su elaboración.

Entre la variedad de compuestos disponibles para elaborar películas plásticas biodegradables, el almidón es uno de los biopolímeros que presentan beneficios potenciales; ya que, pueden ser producidos a bajo costo y a gran escala (Lee *et al.*, 2004; Parra *et al.*, 2004).

El presente trabajo se propuso resolver el siguiente problema ¿Cuál es la formulación más adecuada para la obtención de una película y recubrimiento comestibles a partir del aprovechamiento del lactosuero vacuno en la región Lambayeque?

Planteándonos el siguiente objetivo general: Formular una película y un recubrimiento comestibles a partir del aprovechamiento del lactosuero vacuno en la región Lambayeque.

Teniendo los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar al lactosuero vacuno utilizado en la presente investigación.
- Diseñar el diagrama de flujo conveniente a realizar en la obtención de la película y recubrimiento comestibles.
- Caracterizar organolépticamente las formulaciones utilizadas en la presente investigación.
- Realizar una caracterización fisicoquímica y sensorial a la película y recubrimiento comestibles obtenidos.
- Realizar pruebas de estabilidad microbiológica a la película y recubrimiento comestibles obtenidos.

Para finalizar, esta tesis es una contribución experimental y aplicada, que explicará el proceso de obtención de una película y recubrimiento comestible,

así como los pasos detallados para realizar sus respectivas caracterizaciones, las cuales contrastan que este envase biodegradable es un producto de calidad e inocuo para el consumidor.

CAPÍTULO I

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. LACTOSUERO

1.1.1. Definición

El lactosuero es definido como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso” (Foegeding y Luck, 2002). Es un líquido translúcido verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína (Jelen, 2003).

1.1.2. Tipos de Lactosuero

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2003).

En la tabla N° 1 se puede detallar la composición porcentual del lactosuero dulce y ácido en estado líquido, observándose que el dulce tiene mayor lactosa y mayor proteína respecto al ácido.

1.1.2.1. El Lactosuero dulce

Proviene de quesos coagulados con renina. La mayoría de este suero se compone de nitrógeno no proteico (22% del total) y tiene una gran concentración de lactosa (cerca del 51% de todo el suero); es el más rico en proteínas (7%) pero muy pobre en cuestión de ácido láctico (0%). El resto del suero es un conjunto de sales, minerales y grasas que varían de especie a especie (Pintado, 2012).

López (2008) cita que el suero, como subproducto de la elaboración de quesos blandos, duros o semiduros y de la producción de caseína de cuajo, es conocido como suero dulce y tiene un pH de 5,9 - 6,6.

1.1.2.2. El Lactosuero ácido

Proviene de quesos coagulados con ácido acético. Es el subproducto común de la fabricación de queso blanco y por su pH (4,6) resulta corrosivo para los metales. Contiene una mayor proporción de nitrógeno no proteico (27% del total) y posee menos lactosa en concentración (42%); ya que, por provenir de

leches ácidas, parte de la lactosa se convierte en ácido láctico por la fermentación. Por ello, tiene más cantidad de ácido láctico (10%) y debido a la desnaturalización es más pobre en proteínas (6,0%) (Pintado, 2012).

López (2008) menciona que la fabricación de caseína precipitada por ácidos minerales da lugar a un suero ácido con un pH de 4,3 - 4,6.

Tabla Nº 1. Composición Porcentual del Lactosuero dulce y ácido en estado líquido.

Componente	Lactosuero dulce*	Lactosuero ácido**
Proteína	0,8	0,7
Lactosa	4,9	4,4
Minerales	0,5	0,8
Grasa	0,2	0,04
Agua	93,0	93,5
Ácido láctico	0,2	0,5

* Suero procedente de la coagulación enzimática de la leche (pH = 6,4).

** Suero procedente de la coagulación ácida de la leche (pH = 4,5).

Fuente: Restrepo (2006).

En cualquiera de los dos tipos de lactosuero obtenidos, 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 y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes (Liu *et al.*, 2005).

1.1.3. Composición Química del Lactosuero

La composición del lactosuero varía considerablemente dependiendo del tipo de leche, tipo de queso elaborado y el proceso de tecnología empleado (Parra, 2009).

Contiene principalmente lactosa, proteínas como sustancias de importante valor nutritivo, minerales, vitaminas y grasa (Alvarado, 2014).

Riofrío (2014, p.10) cita a Parzanese (2008) quien menciona que de los dos tipos de suero, el dulce posee mejores aptitudes para el procesamiento y obtención de subproductos de mayor valor agregado. Este presenta aproximadamente 95% de lactosa, 25% de proteínas y 8% de la materia grasa que contiene la leche.

1.1.3.1. Lactosa

Es el disacárido (galactosa - glucosa, enlace β - 1, 4) característico de la leche, siendo ésta su única fuente natural. Constituye la mayor parte del potencial

contaminante del suero; ya que, es el componente que aporta la mayoría de la carga orgánica (Berruga *et al.*, 1997); de ahí que resulta el interés de las diversas posibilidades para la utilización de dicho azúcar.

Es el componente presente en mayor concentración en el lactosuero, representando el 70 - 80% de los sólidos totales. Pasa de la leche al lactosuero junto con las sales. En el lactosuero ácido la lactosa se reduce a causa de la fermentación láctica, y la acidez puede elevarse hasta 120 grados Dornic (°D) (Jáuregui, 2010).

1.1.3.2. Proteínas

No constituyen la fracción más abundante, pero es la más interesante en los terrenos económico y nutricional (Linden y Lorient, 1996). Representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche de bovino (Baro *et al.*, 2001), siendo su principal componente la β - lactoglobulina (β - LG) con cerca de 10% y α - lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea (Hinrichs *et al.*, 2004); además, contiene otras proteínas como lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas, y glicomacropéptidos (Baro *et al.*, 2001).

La β - LG es secretada en leches de rumiantes con alta resistencia a la digestión gástrica, lo que origina intolerancia y/o alergenidad en seres

humanos, sin embargo, tratamientos industriales como esterilización, calentamiento o presión hidrostática alta y la hidrólisis mejoran la digestibilidad de la β - LG presente en el lactosuero (Pescumma *et al.*, 2008).

Las proteínas de este subproducto de la industria quesera desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales (Ha y Zemel, 2003; Ibrahim *et al.*, 2005); además, son de alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados), tienen una calidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido, esto puede ser observado en la tabla N° 2, donde se relaciona el contenido de aminoácidos que contiene el lactosuero respecto al huevo, encontrándose que la leucina y lisina son los aminoácidos que se encuentran en mayor cantidad, además, parecen ejercer determinados efectos biológicos y fisiológicos, *in vivo*, potenciando la respuesta inmune, tanto humoral como celular (Baro *et al.*, 2001).

Tabla Nº 2. Composición en aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína).

Aminoácido	Lactosuero	Huevo	Equilibrio recomendado por la FAO
Treonina	6,2	4,9	3,5
Cisteína	1,0	2,8	2,6
Metionina	2,0	3,4	2,6
Valina	6,0	6,4	4,8
Leucina	9,5	8,5	7,0
Isoleucina	5,9	5,2	4,2
Fenilalanina	3,6	5,2	7,3
Lisina	9,0	6,2	5,1
Histidina	1,8	2,6	1,7
Triptófano	1,5	1,6	1,1

Fuente: Linden y Lorient (1996).

1.1.3.3. Minerales

Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio (Parra, 2009). Los minerales presentes en el lactosuero provienen de las contenidas en la leche, los lactosueros de quesos más ácidos tienen mayor contenido de minerales que los lactosueros de quesos

menos ácidos, esto tiene implicaciones importantes a la hora de procesar el lactosuero para convertirlo en un requesón, en una bebida, o en otro alimento (Jáuregui, 2010).

1.1.3.4. Lípidos

El contenido de grasa depende del que tuviera la leche de quesería empleada, del tratamiento tecnológico aplicado en la elaboración del queso. Si el contenido de grasa del lactosuero es superior al 0.1%, éste se ha de desnatar, normalmente es sometido a una centrifugación para recuperar la grasa que aun contiene, quedando con sólo el 0,03 – 0,05%. De acuerdo al fin que se designe el lactosuero, se evaluará la importancia y/o presencia de estos componentes en este efluente lácteo (Jáuregui, 2010).

1.1.3.5. Vitaminas

Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico (Londoño *et al.*, 2008). La vitamina B₂ (Riboflavina) es la responsable del color verde del lactosuero (Jáuregui, 2010).

En la tabla N° 3 se registran los contenidos de vitaminas, su concentración y necesidades diarias, encontrándose con que el ácido pantoténico presenta la

mayor concentración con 3,4 mg/ml seguido de ácido ascórbico con 2,2 mg/ml (Linden y Lorient,1996).

Tabla Nº 3. Contenidos en vitaminas del lactosuero.

Vitaminas	Concentración (mg/ml)	Necesidades diarias (mg)
Tiamina	0,38	1,50
Riboflavina	1,20	1,50
Ácido nicotínico	0,85	10 - 20
Ácido pantoténico	3,40	10
Piridoxina	0,42	1,5
Cobalamina	0,03	20
Ácido ascórbico	2,20	10 - 75

Fuente: Linden y Lorient (1996).

1.1.4. Aprovechamiento actual del Lactosuero en la Industria

Debido a las excelentes propiedades nutricionales y funcionales y a las grandes cantidades de suero de quesería que se producen, se ha convertido en una excelente materia prima para obtener diferentes productos a nivel tecnológico o como medio de formulación. Aun cuando, su alto contenido en agua, su

salinidad elevada y su alterabilidad microbiana dificultan a menudo su aprovechamiento (FAO, 1997). Estas propiedades se pueden observar en la tabla N° 4 donde se describen las propiedades funcionales de la caseína comparadas con las propiedades del lactosuero.

Pintado (2012) también afirma que el suero es considerado, en general, como un subproducto molesto de difícil aprovechamiento. Los productos que tradicionalmente se han obtenido a partir del suero han sido:

1. Suero en polvo, a base de concentrar los sólidos por evaporación y secado.
2. Suero en polvo desmineralizado, donde se eliminan previamente las sales minerales por intercambio iónico o por electrodiálisis.
3. Lactosa, obtenida por concentración, cristalización y separación.
4. Concentrados proteínicos, obtenidos por ultra filtración del suero.

En la actualidad, los sólidos de suero a utilizar en nutrición humana son producidos en una amplia variedad de formas, tales como, suero en polvo, suero condensado, suero parcialmente deslactosado, suero parcialmente desmineralizado y la combinación de los dos últimos, como asimismo, concentrados de proteínas de suero. Por otra parte, ha habido un incremento en la tendencia a usarlos en alimentación humana debido a una mayor

comprensión de las características de los componentes del suero tanto desde el punto de vista nutricional - fisiológico como funcionales (Pintado, 2012).

Parra (2009) menciona que para la industria alimentaria, el lactosuero constituye una fuente económica de proteínas que otorga múltiples propiedades en una amplia gama de alimentos. Basados en el valor nutricional del lactosuero, un número de usos comerciales se han obtenido como etanol, ácidos orgánicos, bebidas no alcohólicas, bebidas fermentadas, biomasa, concentrados, aislados e hidrolizados de proteína, películas comestibles, medio de soporte para encapsular sustancias, producción de xantana, enzimas, separación de la lactosa para fines endulzantes en alimentos entre otras aplicaciones. Ronda (2000) agrega también que se utiliza en la fabricación de alimentos lácteos (helados, yogur, untables), productos cárnicos (carne procesadas, embutidos), panificados (bases para pasteles, galletas, barras nutritivas), productos de confitería, entre otros.

Madrid (1999) menciona también que se están haciendo otros aprovechamientos, tales como la producción de alcohol, vitamina B₁₂ (el suero es muy rico en esta vitamina), jarabes de glucosa y galactosa, urea, amoníaco, etc.

Tabla N° 4. Propiedades funcionales de la caseína y proteínas del lactosuero.

Propiedades	Caseínas	Proteínas de lactosuero
Hidratación	Muy alta capacidad de retención de agua (CRA) con formación pegante a la alta concentración.	CRA incrementándose con desnaturalización de proteína.
Solubilidad	Insoluble a punto Isoeléctrico.	Insoluble a pH 5 si es termodesnaturalizado.
Gelificación	No gelificación térmica excepto en presencia de calcio. Gelificación micela por quimosina.	Gelificación térmica desde 70°C, influencia de pH y sales.
Viscosidad	Soluciones muy viscosas a pH básico y neutral. Viscosidad más baja a pl.	Soluciones no muy viscosas excepto si son termodesnaturalizadas.
Propiedades emulsificantes	Excelentes propiedades emulsificantes especialmente a pH básico y neutral baja estabilidad espumante.	Buenas propiedades emulsificantes excepto a pH 4 - 5 si es termodesnaturalizada.
Retención de sabores	Baja retención de sabores.	Retención muy variable con la desnaturalización.
Propiedades espumadas	Baja estabilidad espumante.	Excelente estabilidad espumante.

Fuente: Hui (1993).

Por lo tanto, es importante darle una buena utilización a este subproducto de la industria quesera, con el fin, de disminuir la contaminación ambiental que está causando y así generar valor agregado (Cury, 2013).

1.2. PELÍCULAS Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

1.2.1. Historia

A pesar de que la utilización de envases comestibles en alimentos pueda parecer de reciente aplicación, este tipo de tecnologías llevan empleándose desde hace siglos. Ya en China, en los siglos XII y XIII se utilizaban ceras para recubrir cítricos y evitar así su desecación durante el transporte (Hardenburg, 1967). En Europa este proceso era conocido como “larding”, el cual consistía en el almacenamiento de frutas con ceras o grasas para su posterior consumo. Este proceso prevenía la pérdida de agua, pero el grosor de la envuelta interfería en el intercambio gaseoso natural, lo que producía productos de menor calidad (Contreras - Medellín y Labuza, 1981).

Posteriormente en el siglo XV, una envuelta comestible denominada *yuba*, elaborada a partir de leche de soja hervida, se utilizaba en Japón y otras regiones de Asia para mejorar el aspecto y mantener la calidad de algunos alimentos (Gennadios *et al.*, 1993a). Durante el siglo XVI se practicaba en Inglaterra el recubrimiento con grasa de productos alimentarios, especialmente

carnes, para prevenir también la pérdida de humedad (Kester y Fennema, 1986). En el siglo XIX, la sacarosa comenzó a utilizarse como envuelta protectora en nueces, almendras y avellanas para prevenir la oxidación y rancidez durante el almacenamiento. Durante ese siglo, numerosos recubrimientos gelatinosos basados en polisacáridos, incluyendo alginatos, carragenatos, ésteres de celulosa, pectinas y derivados del almidón, se utilizaron para mejorar la calidad de la carne durante su almacenamiento (Contreras - Medellín y Labuza, 1981). Pero quizá la aplicación más importante se produciría en el siglo XX, con el desarrollo de emulsiones de ceras y aceites en agua, utilizando en frutas para optimizar su apariencia, hacer de vehículo de fungicidas y retrasar la pérdida de agua (Kester y Fennema, 1986). De mediados de los 50's a mediados de los 80's se realizó bastante trabajo orientado al uso de películas y recubrimientos para extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados.

1.2.2. Definición

Cuando un envase, ya sea una película, una lámina, una capa fina o un recubrimiento, es parte de un alimento y se ingiere conjuntamente con él, entonces puede clasificarse con “*envase comestible*” (Debeaufort *et al.*, 1998).

De manera general, las películas y recubrimientos comestibles pueden definirse como cualquier tipo de material utilizado para recubrir alimentos con el fin de prolongar su vida útil y que puede ser ingerido con ellos (Pavlath y Orts, 2009).

Un recubrimiento o cobertura comestible (denominado en inglés como *coating*) se define como una capa delgada de material comestible formado como un revestimiento sobre el alimento, mientras una película comestible (denominado en inglés como *film*) es una capa preformada y delgada elaborada con material comestible que una vez preparada puede disponerse sobre el alimento o entre los componentes del mismo (Krochta y De Mulder - Johnston, 1997). De forma general puede decirse que los recubrimientos se aplican en forma líquida sobre el alimento, normalmente por inmersión del producto en la solución con capacidad filmogénica, mientras que las películas elaboradas como láminas sólidas se aplican posteriormente sobre el alimento como envoltura (McHugh y Senesi, 2000).

Las películas y recubrimientos comestibles pueden ser considerados productos alimentarios, ingredientes, aditivos o sustancias en contacto con los alimentos. En la mayoría de los casos se les denomina aditivos; ya que, no proveen un valor nutricional significativo al alimento; sin embargo, si de alguna forma incrementan el valor nutricional del alimento, pueden ser calificadas como ingredientes (Debeaufort *et al.*, 1998).

1.2.3. Funciones

El desarrollo de recubrimientos comestibles y biodegradables responde, por un lado, al creciente interés de consumidores y productores por alimentos de mejor calidad organoléptica, nutricional e higiénica; y, por otro lado, a una mayor concienciación del impacto medioambiental generado durante los procesos de obtención y eliminación de los envases.

El material de envasado puede evitar el deterioro de los alimentos, disminuyendo la interacción entre el alimento y el medio que le rodea, lo que representa una reducción en la pérdida o ganancia de humedad o aromas, oxidaciones y/o contaminaciones microbianas. Los envases comestibles ofrecen numerosas ventajas respecto a los materiales de envasado poliméricos tradicionales (Gennadios y Weller, 1990; Bourtoom, 2008).

Las películas y recubrimientos comestibles mejoran la calidad de los alimentos, protegiéndolos del deterioro físico, químico y biológico (Kester y Fennema, 1986). Entre sus funciones principales está la de constituir una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua (Krochta y De Mulder - Johnston, 1997); mejorar las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos (Mellenthin *et al.*, 1982), ayudando a mantener la integridad estructural del producto que envuelven; proteger los alimentos del crecimiento microbiano superficial, de cambios químicos inducidos por acción de la luz, oxidación de nutrientes, etc. (Kester y Fennema, 1986); ayudar a retener compuestos

volátiles (Nisperos - Carriedo y Shaw, 1990; Miller *et al.*, 1998) y reducir el transporte de solutos y la migración de aceites y grasas. También pueden actuar de vehículo de aditivos alimentarios o sustancias activas como antimicrobianos, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc. (Kester y Fennema, 1986); además, pueden mejorar las características nutritivas y sensoriales de los alimentos (Cisneros - Zevallos *et al.*, 1997; Mei *et al.*, 2002). Finalmente, la comestibilidad y biodegradabilidad son dos funciones extra, propias de los envases comestibles, y ausentes de manera conjunta en los sistemas de envasado convencional (Debeaufort *et al.*, 1998; Krochta, 2002).

Muchas de las funciones anteriormente descritas son similares a aquellas que presentan los envases sintéticos convencionales; sin embargo, los materiales de los envases comestibles deben elegirse en función del tipo de alimento al que se van a aplicar y sus principales mecanismos de deterioro de la calidad (Petersen y Vaeggemose, 1999).

En un principio las películas y recubrimientos comestibles no se diseñaron con la finalidad de reemplazar totalmente a los materiales de envasado sintéticos, sino que su importancia radicaba en su capacidad para mejorar la calidad del alimento en general, extender el tiempo de vida útil y mejorar la eficiencia económica de los materiales de envasado (Kester y Fennema, 1986). Sin embargo, y debido a su capacidad de protección, pueden potencialmente reemplazar el uso de envases convencionales de manera parcial, simplificando

la estructura total de empaquetado, o bien de forma total, reduciendo, en ambos casos, el uso de los envases tradicionales (Krochta y De Mulder - Johnston, 1997; Debeaufort *et al.*, 1998; Petersen y Vaeggemose, 1999).

Desde el punto de vista medioambiental, permiten reducir la generación de residuos plásticos de envasado y, a diferencia de otros recubrimientos, se formulan a partir de ingredientes que, en su mayoría, proceden de fuentes renovables o incluso de subproductos contaminantes, como en el caso del lactosuero de quesería.

En la mayor parte de las aplicaciones alimentarias, la función más importante es la reducción de la pérdida de humedad, debido a que mantener determinados valores de actividad de agua (A_w) es un factor de suma importancia en la calidad y seguridad de muchos alimentos (Contreras - Medellín y Labuza, 1981).

Los envases comestibles constituyen, por tanto, una alternativa de mayor sostenibilidad medioambiental al envasado con materiales sintéticos y una oportunidad de mejora nutricional, organoléptica y de la calidad de los alimentos envasados.

1.2.4. Componentes

Muchos biopolímeros han sido usados para formular películas y recubrimientos comestibles, por ejemplo, polisacáridos, proteínas, lípidos o sus mezclas (Debeaufort *et al.*, 1998). Miramont (2012, p.16) cita a Ochoa *et al.* (2011) quien menciona que las ceras y aceites (ejemplo: parafina, cera de abejas) son usadas como recubrimientos sobre naranjas, limones, manzanas, peras; ellas crean una barrera realmente eficiente al agua y pueden prevenir la pérdida de peso. Los polisacáridos usados en películas o recubrimientos incluyen, por ejemplo, la celulosa y sus derivados, el almidón, las pectinas y gomas (Flores *et al.*, 2007). Han sido usadas proteínas provenientes de origen vegetal y animal, incluyendo gluten de trigo (Kayserilioglu *et al.*, 2001), proteína de soja, zeína (Lai y Padua, 1997; Lai *et al.*, 1997) y proteína de la leche (Letender *et al.*, 2002). Los lípidos y sus derivados son principalmente usados en películas o recubrimientos para mejorar sus propiedades de barrera a la humedad (García *et al.*, 2000).

Entre los polímeros naturales, el almidón ha sido considerado como uno de los más prometedores candidatos para futuros materiales debido a una atractiva combinación entre precio, disponibilidad y termoplasticidad (Lai y Padua, 1997; Mali *et al.*, 2005). El almidón ha sido utilizado en la fabricación de bolsas de residuos en conjunto con polímeros derivados del petróleo. También se ha

usado para fabricar artículos descartables de servicios de alimentos por ejemplo, cubiertos, platos, tazas (Lai *et al.*, 1997).

Los almidones son polímeros que se utilizan para numerosas aplicaciones en la industria alimenticia y sus propiedades funcionales dependen del origen (trigo, maíz, papa, mandioca) pero también son afectados por otros factores como modificaciones químicas.

En esta sección se describirán las características generales del almidón, y del sorbitol por ser los componentes bases de las películas y recubrimientos estudiadas en el presente trabajo.

1.2.4.1. Almidón

A. Características Químicas y Físicas

Los almidones son polisacáridos de reserva alimenticia predominante en las plantas. Fisiológicamente son sustancias de reserva. Se encuentran principalmente en los granos de cereales, tubérculos, frutas y en varias legumbres.

En los tejidos vegetales, los almidones están presentes en forma de gránulos intracelulares compactos con estructura y tamaño característico según la planta de la cual provienen. El diámetro de los mismos está comprendido

entre los 2 a 130 micrones. Estas características particulares sirven para identificar la procedencia del almidón. El almidón está compuesto por dos tipos de moléculas:

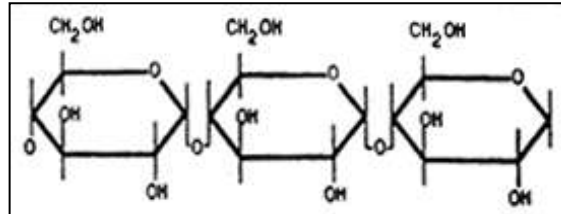
- Amilosa: Normalmente representa un 20 - 30% del total.
- Amilopectina: Normalmente en un 70 - 80% del total.

Ambos son polímeros de unidades de α - D - glucosa. Los pesos moleculares de estas moléculas dependen de la fuente y de la muestra específica que se tome, pero las moléculas de amilopectina son más grandes que las de amilosa. Independientemente de sus tamaños, cada molécula de amilosa o amilopectina tiene sólo un extremo reductor (en el carbono 1). Existen algunos almidones, como el almidón de maíz céreo, que contienen solamente amilopectina mientras que, en el otro extremo, están los almidones de maíz ricos en amilosa los cuales contienen alrededor de 52 - 75% de amilosa (Fanelli, 2009).

✓ **Amilosa**

La amilosa es un polímero de residuos de D - glucosa unidos por enlaces α - 1,4 (Figura N° 1). El grado de polimerización (número de unidades de glucosa por molécula) va desde 500 a 2000. Las largas cadenas de amilosa se asocian entre sí (Fanelli, 2009).

Figura N° 1. Estructura molecular de la amilosa.

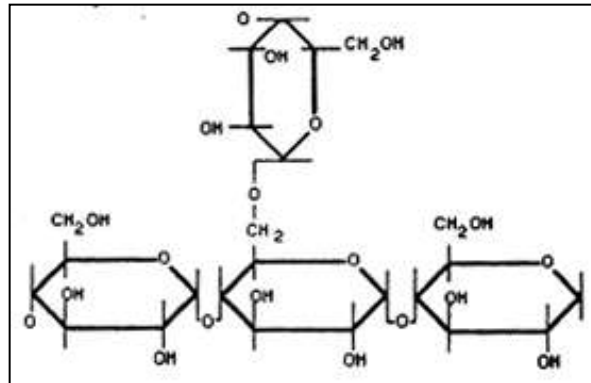


Fuente: Barzanallana (2013).

✓ **Amilopectina**

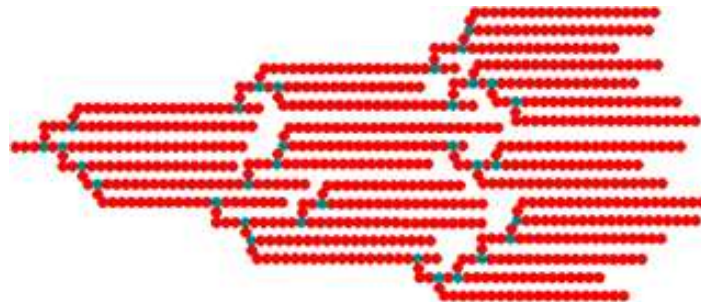
Las cadenas de amilopectina, al igual que las de amilosa, están formadas por unidades de glucosa con uniones glicosídicas α - 1,4. Presentan ramificaciones que consisten en cadenas laterales con uniones α - 1,6. Dichas cadenas son relativamente cortas y se presentan a intervalos de 20 a 30 residuos de glucosa, lo cual constituyen alrededor del 45% del total de enlaces (Figura N° 2). El grado de polimerización va desde 10^4 a 10^5 . La estructura conformacional, visualizada mediante estudios enzimáticos, es de tipo árbol como puede verse en la Figura N° 3. Las moléculas se orientan radialmente y a medida que el radio aumenta, también lo hace el número de ramificaciones (Fanelli, 2009).

Figura N° 2. Estructura molecular de la amilopectina.



Fuente: Vega (2014).

Figura N° 3. Estructura conformacional de la amilopectina.



Fuente: Miramont (2012).

✓ Gránulo de almidón

El gránulo de almidón está formado por capas concéntricas o anillos de crecimiento. En cada capa las moléculas de amilosa y amilopectina se encuentran entremezcladas y dispuestas de manera radial. Cuando es

posible, las moléculas lineales de amilosa y las cadenas laterales externas de la amilopectina se unen a través de puentes de hidrógeno formando micelas (áreas cristalinas). Estas micelas son las responsables de mantener el gránulo unido, permitiendo así el hinchamiento en lugar de la completa ruptura del gránulo y solubilización de las moléculas, durante el calentamiento de la suspensión acuosa. A lo largo de una cadena lineal, o en las ramificaciones externas de la amilopectina, pueden existir varias zonas cristalinas, producto de distintas asociaciones intermoleculares locales. Entre estas zonas micelares existen zonas amorfas (Figura N° 4) (Miramont, 2012).

Figura N° 4. Estructura del gránulo de almidón.



Fuente: Miramont (2012).

El acoplamiento de la posición axial - ecuatorial de las unidades α - D - glucopiranosilo con enlaces α - 1,4 en las cadenas de amilosa, da a las moléculas una forma de hélice o espiral con giro a la derecha. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno y es, por lo tanto, lipofílico,

mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. Cada hélice tiene seis unidades de α - D - glucosa por vuelta. Cuando 2 hélices se asocian forman una estructura de doble hélice. En el centro de dicha estructura queda un canal abierto que permite que se formen complejos con otras moléculas. Así, una molécula de tri-ioduro se compleja con seis unidades de glucosa en una vuelta de hélice. Se genera entonces una peculiar resonancia eléctrica que da lugar a una coloración azul. Por lo tanto, cuando se agrega solución de I_2 a una dispersión de almidón se forma un complejo de color azul (Fanelli, 2009).

Los gránulos de almidón que no han sufrido tratamiento térmico presentan birrefringencia, lo cual indica un alto grado de orden interno. La birrefringencia es la habilidad de refractar la luz en dos direcciones. Bajo la luz polarizada, los gránulos presentan una marcada cruz de interferencia que atraviesa el hilum. La pérdida de birrefringencia indica la pérdida del orden molecular en las zonas cristalinas, micelares, y se usa como criterio de gelatinización. Los gránulos de cada especie de almidón tienen tamaños, formas y superficies característicos (Miramont, 2012).

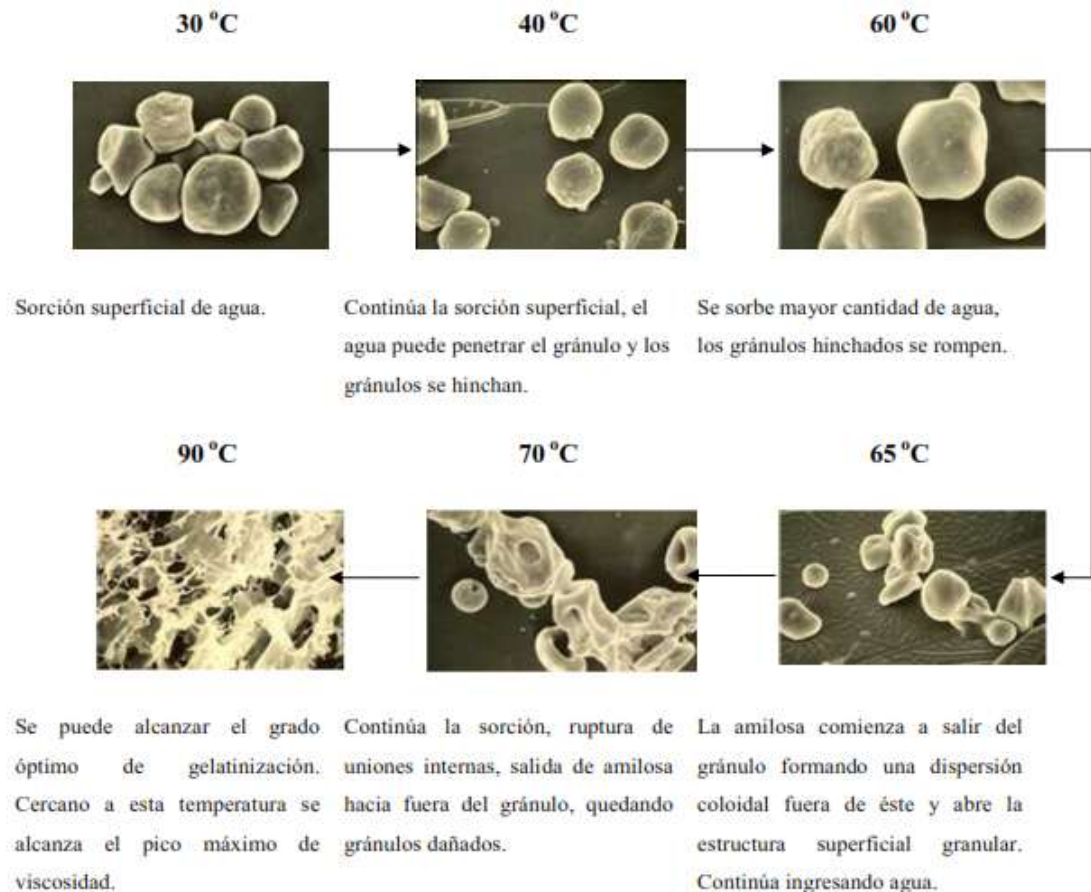
B. Gelatinización

Los almidones cumplen un papel importante en la tecnología alimenticia, debido a sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, además de su bajo

costo. Se usan como agentes espesantes, para aumentar la viscosidad de salsas, estabilizantes de geles y emulsiones, enturbiadores, glaseantes, ligantes y agentes de relleno (favoreciendo la retención de agua) y gelificantes. Estas funciones se deben a sus propiedades hidrocoloidales. Los gránulos de almidón son prácticamente insolubles en agua fría, pero cuando se exponen a altas temperaturas en presencia de agua, éstos se hinchan debido al alto porcentaje de agua sorbida. De este modo aumenta la viscosidad de la suspensión de almidón, porque los gránulos hinchados se adhieren entre sí (Fanelli, 2009).

Los almidones comienzan a gelatinizar a temperaturas entre 60 a 70°C, dependiendo de cada almidón específico. La pérdida de birrefringencia se puede utilizar como indicador de la temperatura de inicio de la gelatinización, puesto que la misma ocurre cuando comienza el hinchamiento del gránulo. A continuación se muestra la evolución de los gránulos de almidón de maíz a lo largo del proceso de gelatinización (5% almidón - 95% agua) en la figura N° 5 (Fanelli, 2009).

Figura N° 5. Evolución de los gránulos de almidón de maíz a lo largo del proceso de gelatinización.



Fuente: Miramont (2012).

El conjunto de cambios descritos da lugar a un producto amorfo. Los factores que influyen en la gelatinización son el tipo y la concentración de almidón, la agitación, la presencia de proteínas, lípidos, sal, azúcar y otros componentes potencialmente presentes y el pH. La velocidad de

enfriamiento también afecta las características del producto final (Miramont, 2012).

Durante el almacenamiento de productos conteniendo almidón gelatinizado, la amilosa tiende a cristalizar y la amilopectina a recrystalizar (retrogradación del almidón) dando lugar a un producto parcialmente cristalino y con una textura mucho más rígida (Fanelli, 2009).

C. Características y propiedades del almidón de yuca

La mandioca o tapioca o yuca es un tubérculo originario de un arbusto perenne (***Manihot esculenta***) que se cultiva en los países tropicales de América, África y Asia. Pertenece a la familia de las ***Euforbiáceas*** y comprende más de 7000 especies distribuidas por las regiones cálidas de todo el mundo. Este tubérculo presenta un tejido de color blanco, recubierto por una corteza de color pardo o marrón oscuro y de aspecto leñoso (EROSKI CONSUMER, 2009).

La yuca, dado su bajo contenido proteico respecto al de los cereales, no logró expandirse en su consumo. Históricamente lo han consumido los sectores de menores ingresos y ocupa un lugar secundario en el comercio internacional (Miramont, 2012).

La fécula de mandioca, principal derivado industrial, se emplea como aglutinante para la fabricación de alimentos; aventaja a otros almidones por su proceso de gelatinización más rápido. Es utilizada como materia prima para productos cárnicos, panificados, helados, dulces, jaleas y aderezos (Miramont, 2012).

El almidón de mandioca es más simple de extraer que el de maíz; ya que, sus tubérculos contienen muy poca cantidad de proteínas, grasas, etc. Si la extracción se hace correctamente, se logra un almidón muy blanco y puro (Miramont, 2012).

Los gránulos de almidón de mandioca tienen una forma cónica - truncada. El tamaño de los mismos exhibe una amplia variación, entre 4 - 40 μm . Presenta muy bajo contenido de lípidos y de fósforo. El contenido de amilosa se encuentra en un rango de 20 - 27% similar al de otros almidones; aproximadamente el 40% del total de amilosa es soluble (Miramont, 2012).

Entre los diferentes almidones de tubérculos, la mandioca presenta la más baja temperatura de gelatinización. Esta temperatura va desde los 50 - 73°C (Miramont, 2012).

La viscosidad es una propiedad importante en los almidones en la que están basadas algunas aplicaciones. El almidón de mandioca presenta alta viscosidad comparando con otros almidones de tubérculos y de cereales; las características de viscosidad están influenciadas por las diferentes

variedades, factores ambientales, rangos de calentamiento, otros ingredientes presentes en el sistema, etc. (Miramont, 2012).

En lo que respecta al poder de hinchamiento de los granos, su valor es medio comparado con almidón de papa y cereales. La solubilidad es más alta (25 al 40%) que la de almidones de tubérculos y esta propiedad puede ser atribuida en parte al alto poder de hinchamiento sufrido en la gelatinización. La alta claridad de estos almidones hace que sea muy útil en la industria alimenticia y también en la textil. El almidón de mandioca tiene fuerzas asociativas más débiles comparadas a las de los cereales y esto hace que tenga mayor claridad (Miramont, 2012).

Otra propiedad muy importante en aplicaciones alimenticias es la estabilidad que es definida por la retrogradación de las moléculas de almidón; en este sentido, el almidón de mandioca tiene una buena estabilidad comparada con almidones de cereales. La digestibilidad es alta y mayor al 60% (Miramont, 2012).

Las propiedades del almidón de mandioca revelan que puede ser utilizado en diferentes productos alimenticios. Primero, su sabor suave es una ventaja por sobre el de los cereales que es más fuerte por la presencia de lípidos. La temperatura de gelatinización es muy baja, inferior a la mayoría de los almidones de cereales y otros almidones de tubérculos y raíces. La alta viscosidad es muy útil en productos que requieren cuerpo. Así, el almidón de

mandioca tiene muchas propiedades deseables que lo hacen muy útil en la industria alimenticia. Sin embargo no se usa en algunos alimentos por su poca estabilidad a la congelación y descongelación (Moorthy, 2004).

1.2.4.2. Sorbitol

El sorbitol es un poliol (*alcohol de azúcar*) que se utiliza como edulcorante de carga en diversos productos alimentarios. Además de otorgar dulzura, es un excelente agente humectante y texturizador. El sorbitol es aproximadamente un 60 % tan dulce como la sacarosa y tiene un tercio menos de calorías. Produce una sensación suave en la boca, con un sabor dulce, fresco y agradable. Es no cariogénico y puede ser útil para las personas diabéticas. El sorbitol se ha usado sin problemas en alimentos procesados durante casi medio siglo. También se utiliza en otros productos, como farmacéuticos y cosméticos (<http://datosobrelospolios.com/sorbitol/>).

El sorbitol es un aditivo clasificado dentro de los Edulcorantes calóricos. Tal como indica, tiene poder edulcorante, también es un aditivo con propiedades humectantes y de agente de relleno. Se encuentra en la naturaleza formando parte de muchas frutas y plantas como ciruelas, pasas, manzana, llantén, etc. Se obtiene biotecnológicamente a partir de la glucosa y con ayuda de enzimas (http://www.botanical-online.com/aditivos_edulcorantescaloricos_sorbitol.htm).

Según Cuq *et al.* (1998) considera al sorbitol como uno de los plastificantes naturales más utilizados en la elaboración de envueltas comestibles, aparte del agua. Cuya función es mejorar la flexibilidad y consistencia de las envueltas, haciéndolas menos quebradizas para evitar su rotura durante la manipulación y el almacenamiento (Torres, 1994; Sothornvit y Krochta, 2000)

McHugh y Krochta (1994a), citado por Rodríguez (2011, p.32), descubrió que la utilización de sorbitol en películas de proteína de lactosuero da lugar a films con menores permeabilidades al vapor de agua en comparación con el glicerol. El sorbitol también presenta una menor permeabilidad al oxígeno que el glicerol en películas elaboradas con aislado proteico de lactosuero (McHugh y Krochta, 1994a; Osés *et al.*, 2008) y caseínas (Chick y Ustunol, 1998).

Así pues, el sorbitol parece ser un plastificante más efectivo que el glicerol a la hora de mejorar las propiedades mecánicas y de barrera frente al vapor de agua y al oxígeno en las películas elaboradas con proteínas. Sin embargo, la cristalización del sorbitol con el tiempo endurece las películas volviéndolas menos flexibles, lo que puede limitar su aplicación (Osés *et al.*, 2008).

1.2.5. Composición

Las películas y recubrimientos comestibles se componen principalmente de una *base polimérica*, que proporcionan una matriz macromolecular con alta resistencia cohesiva. A esta base se le pueden adicionar diversos aditivos

como: *plastificantes*, añadidos generalmente para mejorar sus propiedades elásticas, *surfactantes o emulsionantes*, para facilitar la formación del polímero, *antioxidantes o compuestos antimicrobianos*, que mejoran la efectividad del recubrimiento o película, o incluso saborizantes o pigmentos.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que todos los materiales utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles deben estar autorizados por la legislación vigente. En la Unión Europea estos materiales se regulan por la directiva 95/2/CE de 20 de febrero de 1995 relativa a aditivos alimentarios distintos de los edulcorantes. La última revisión legislativa es la Directiva 06/52/CE de 5 de julio de 2006.

1.2.5.1. Base Polimérica

Los envases comestibles pueden agruparse en tres tipos en función de la base polimérica utilizada: *hidrocoloides, lípidos y mezclas o sistemas multi componentes*. Los hidrocoloides incluyen polisacáridos (derivados de celulosa, alginatos, pectinas y almidones entre otros) y proteínas (del lactosuero, de soja, ovoalbúmina, etc.). Los lípidos incluyen ceras, acilgliceroles y ácidos grasos y las mezclas contienen componentes lipídicos e hidrocoloidales. El tipo de componente utilizado determinará las propiedades de cada película o recubrimiento (Krochta, 2002).

A. Hidrocoloides

Se denominan comúnmente hidrocoloides a los biopolímeros de elevado peso molecular y que se dispersan en agua. Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, London, Debye, de cristalización o de valencia primaria) (Sothornvit y Krochta, 2005). Su cohesión molecular les confiere buenas propiedades mecánicas, pudiendo ejercer de matriz estructural del recubrimiento (Guilbert, 1986), y buenas propiedades de barrera frente a los gases (O_2 y CO_2) (Kester y Fennema, 1986; Park *et al.*, 1993; Nisperos-Carriedo, 1994). Sin embargo, la polaridad de estos polímeros hace que sean afines al agua y que ésta se integre fácilmente en su estructura estableciendo puentes de hidrógeno con las moléculas de polímero, reemplazando las uniones entre las moléculas del propio polímero. De esta manera, el polímero pierde cohesión y aumenta la permeabilidad tanto al agua como a los gases (McHugh y Krochta, 1994b).

✓ **Polisacáridos**

Los carbohidratos son ampliamente utilizados en la industria alimentaria como estabilizantes, espesantes y gelificantes. Además, debido a su capacidad de polimerización, pueden utilizarse también en la elaboración de envases comestibles (Guilbert y Biquet, 1995). En general, los carbohidratos

producen películas con buenas propiedades mecánicas y son barreras eficientes contra compuestos de baja polaridad. Sin embargo, su naturaleza hidrofílica hace que presenten una baja resistencia a la pérdida de agua (Parra *et al.*, 2004). Su selectividad en cuanto a la permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono condiciona la creación de atmósferas modificadas en el interior del alimento, lo que se traduce en un aumento de la vida útil del producto.

La formación de películas de polisacáridos implica frecuentemente la formación de un gel y/o la evaporación del solvente. Los hidratos de carbono, incluyendo almidón, derivados de la celulosa, pululano, quitosano, alginato, pectina, carragenatos, goma gelán, entre otros, han sido estudiados como materiales formadores de películas comestibles (García *et al.*, 1998, 2000b; Yang y Paulson, 2000; Diab *et al.*, 2001; Lazaridou y Biliaderis, 2001; Lee *et al.*, 2004; Parra *et al.*, 2004; Tomás *et al.*, 2004; Tapia - Blácido *et al.*, 2005). Estos compuestos tienen las características de ser polímeros de cadena larga, solubles en agua y de producir un fuerte aumento en la viscosidad al dispersarse en ella.

✓ **Proteínas**

Las proteínas poseen una estructura única basada en 20 monómeros (aminoácidos), lo que les confiere un amplio abanico de propiedades

funcionales, especialmente un elevado potencial de unión a nivel intermolecular (Bourtoom, 2009). Las películas de base proteica pueden formar uniones en diversas posiciones y con diferentes grupos, lo que supone un elevado potencial de formación de enlaces e interacciones y, por tanto, los tipos de uniones al utilizar proteínas serían mucho más variados que en el caso de los carbohidratos.

En general, las películas a base de proteína son barreras excelentes al oxígeno, dióxido de carbono y a algunos aromas (Gennadios *et al.*, 1993b). Sin embargo, sus propiedades mecánicas no son tan buenas. Las películas proteicas poseen mayor resistencia al vapor de agua que el resto de los hidrocoloides. A pesar de que son susceptibles a variaciones de pH, pueden proporcionar un valor nutricional añadido al producto, son buenas formadoras de films y se adhieren a superficies hidrofílicas (Baldwin *et al.*, 1995).

Las fuentes más comunes de proteínas son la leche y derivados (caseína y proteínas del lactosuero), el maíz (zeína), la soja (proteínas de soja), el huevo (ovoalbúmina), trigo (gluten) y tejidos animales (colágeno) (Baldwin *et al.*, 1995).

Un valor añadido en la utilización de proteínas en la elaboración de películas y recubrimientos para alimentos es su capacidad para actuar como antioxidantes naturales. Diversos estudios han descrito la actividad antioxidante de proteínas de origen animal y vegetal como las proteínas de la

leche (Cervato *et al.*, 1999; Tong *et al.*, 2000), la zeína del maíz (Wang *et al.*, 1991) o la gliadina del trigo (Iwami *et al.*, 1987). También se ha estudiado la actividad antioxidante de péptidos generados a partir de la hidrólisis de diversas proteínas entre las que se encuentran: las proteínas de la clara de huevo (Tsuge *et al.*, 1991), las proteínas de la yema de huevo sin lecitina (Park *et al.*, 2001), la proteína de soja (Chen *et al.*, 1995), la elastina soluble (Hattori *et al.*, 1998), la caseína de la leche (Suetsuna *et al.*, 2000) y las proteínas del lactosuero (Peña - Ramos y Xiong, 2001, 2003).

Finalmente, al igual que en proteínas y péptidos, se ha estudiado la actividad antioxidante de los aminoácidos individualmente. Para que un aminoácido actúe como antioxidante y evite la oxidación lipídica, debe ser oxidado preferentemente frente a los ácidos grasos poliinsaturados (Elías *et al.*, 2005). Cada aminoácido presenta una estabilidad oxidativa diferente (Stadtman, 1993), por lo que la capacidad de los residuos aminoacídicos de interaccionar con radicales libres o productos de la oxidación lipídica determinará la capacidad antioxidante general de la proteína (Viljanen *et al.*, 2005). Sharp *et al.* (2004) estudiaron la reactividad de diferentes aminoácidos frente a la oxidación con radicales hidroxilo, observando el siguiente orden de mayor a menor capacidad de oxidación: cisteína > triptófano, tirosina > metionina > fenilalanina > histidina > isoleucina > leucina > prolina. Sin embargo, para otros autores la participación de la metionina en el sistema antioxidante no está clara (Elías *et al.*, 2005). Así pues, proteínas

con elevadas cantidades de aminoácidos altamente oxidables, como la cisteína, el triptófano y la tirosina, presentan la capacidad de inhibir las reacciones de oxidación lipídica.

B. Lípidos y resinas

La naturaleza hidrofóbica de los compuestos lipídicos explica las excelentes propiedades como barrera frente a la humedad de las películas y recubrimientos de grasas y derivados. Sin embargo, su falta de estabilidad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas, formando recubrimientos quebradizos (Gontard *et al.*, 1995). En consecuencia, los lípidos deben asociarse con otras sustancias formadoras de polímeros, como proteínas o derivados de la celulosa (Debeaufort *et al.*, 1993). La permeabilidad al vapor de agua disminuye cuando la concentración de fase hidrofóbica aumenta en la composición de la envuelta (Bourtoom, 2008). Por regla general, se observa el siguiente orden de eficacia en sentido decreciente como barrera frente a la humedad: ceras > grasas sólidas > lecitina, acetilglucéridos > aceites líquidos (Guilbert y Biquet, 1995).

Los lípidos más utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles son ceras (cera de abeja, candelilla, carnauba y parafina), ácidos grasos y diversos aceites vegetales (de cacahuete, maíz y soja), siendo los más efectivos la parafina y la cera de abeja (Bourtoom, 2008).

En la actualidad, los lípidos, solos o en emulsión con otros compuestos, se utilizan como recubrimientos comestibles para carnes, pescado, frutas, vegetales, semillas, caramelos, alimentos frescos, curados, congelados o procesados (Rhim y Shellhammer, 2005). Posiblemente su aplicación más importante sea en frutas y vegetales, en cuyo caso los recubrimientos lipídicos previenen la pérdida de peso (debido a que evitan la pérdida de agua), ralentizan la respiración aeróbica, evitan la abrasión durante el transporte y mejoran su apariencia aportando brillo a su superficie. Al mismo tiempo, si el recubrimiento es muy grueso, su efecto sobre la transmisión de oxígeno y de dióxido de carbono puede dar lugar a procesos fisiológicos no deseados como la respiración anaeróbica, lo que producirá una disminución en la calidad del producto. En el caso de productos hortícolas con bajos procesos respiratorios, como las raíces, esta problemática es mínima y pueden emplearse recubrimientos de mayor grosor (Pavlath y Orts, 2009).

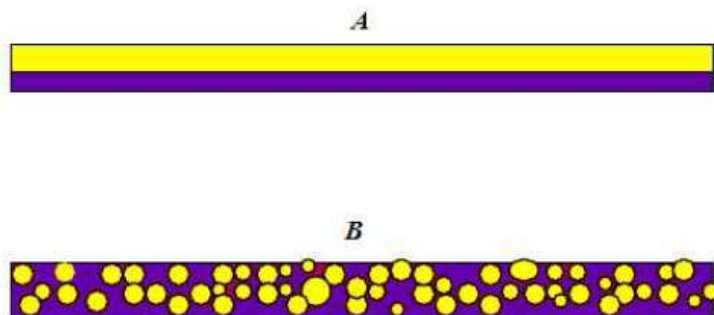
C. Mezclas o sistemas multicomponentes

El objetivo de emplear mezclas de biopolímeros para la elaboración de películas comestibles es contrarrestar las deficiencias propias de cada componente, y así poder mejorar las propiedades y características del material resultante (Tharanathan, 2003).

Estos recubrimientos compuestos se formulan generalmente a partir de una matriz estructural hidrocoloidal, que aporta la consistencia estructural y la barrera a los gases, y una cantidad de componente lipídico que aporta la resistencia al vapor de agua (Guilbert, 1986). Otras combinaciones también son posibles, como proteínas y polisacáridos o polímeros sintéticos y naturales, entre otros (Bourtoom, 2008).

Los recubrimientos compuestos pueden ser: *recubrimientos emulsionados*, cuando el lípido está emulsionado en la matriz del hidrocoloide o recubrimientos bicapa, en los que el lípido está separado de la matriz, cada uno formando una capa (Pérez - Gago y Krochta, 2005).

Figura Nº 6. Representación de las posibles estructuras de los recubrimientos compuestos o mezclas. A) Recubrimiento bicapa, B) Recubrimiento emulsionado.



Fuente: Rodríguez (2011).

A pesar de que en un principio las películas bicapa suponen una barrera más eficaz frente al vapor de agua (Kamper y Fennema, 1984; Guilbert y Biquet, 1995), su preparación requiere de varios pasos: dos aplicaciones y dos etapas de secado; siendo ésta la razón por la cual la industria alimentaria se inclina por el uso de formulaciones emulsificadas. En este caso el recubrimiento se aplica directamente sobre el alimento y sólo se requiere una etapa de secado. Cabe también señalar que tanto la técnica de elaboración de la formulación como la técnica de aplicación afectan a la estructura y propiedades finales de recubrimiento.

Kamper y Fennema (1984) fueron los primeros en utilizar emulsiones de metilcelulosa y ácidos grasos para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua de las películas de celulosa. A partir de entonces, numerosos autores han estudiado el desarrollo de películas multicomponentes basándose en el trabajo de estos autores. Algunos ejemplos de películas multicomponentes estudiadas en la que se utilizaron matrices proteicas son: películas de aislado proteico de lactosuero y lípidos (McHugh y Krochta, 1994b), caseínas y lípidos (Avena - Bustillos y Krochta, 1993), gelatina y almidón soluble (Arvanitoyannis *et al.*, 1997), aislado proteico de soja y alginato o ácido poliláctico (Rhim *et al.*, 1999, 2007).

1.2.5.2. Plastificantes

Además del componente de naturaleza polimérica y de alto peso molecular (matriz), otro componente importante de los envases comestibles son los plastificantes.

Un plastificante puede definirse como una sustancia estable, de baja volatilidad y elevado punto de ebullición, la cual, cuando se adiciona a un material polimérico, modifica las propiedades físicas y/o mecánicas del mismo. Este tipo de sustancias modifica la organización tridimensional, disminuye las fuerzas de atracción intermoleculares e incrementa la movilidad de las cadenas (Banker, 1966; McHugh y Krochta, 1994a). Así mismo, los plastificantes deben ser compatibles con el polímero, permanentes en el sistema y eficientes a la hora de conseguir las propiedades deseadas en la envuelta (Sothornvit y Krochta, 2005).

La mayoría de las películas y envueltas elaboradas con proteínas son quebradizas cuando no se les añade un plastificante (Gennadios *et al.*, 1994). Así pues, la incorporación de plastificantes tiene como objetivo mejorar la flexibilidad y consistencia de las envueltas, haciéndolas menos quebradizas para evitar su rotura durante la manipulación y el almacenamiento (Torres, 1994; Sothornvit y Krochta, 2000). La rigidez de los recubrimientos se debe a las fuerzas de cohesión que estabilizan la matriz polimérica de polisacárido o proteína. Los plastificantes debilitan estas fuerzas de cohesión al introducirse

entre las cadenas poliméricas, incrementando la movilidad de las mismas y mejorando la flexibilidad y elasticidad de la matriz polimérica (Banker, 1966). Se cree que los grupos polares (-OH), a lo largo de las cadenas del plastificante, desarrollan puentes de hidrógeno entre el polímero y el plastificante, reemplazando así las interacciones polímero-polímero (Gennadios *et al.*, 1993a). El tamaño molecular, la configuración y el número total de los grupos hidroxilo funcionales del plastificante, así como su compatibilidad con el polímero, pueden afectar las interacciones entre el plastificante y el polímero (Yang y Paulson, 2000), modificando su capacidad para interferir en las uniones entre las cadenas proteicas y su capacidad para atraer agua. Por otro lado, la reducción de la cohesión del polímero se traduce en un incremento de la permeabilidad al vapor de agua, gases y a compuestos aromáticos, por parte de la envuelta (Krochta, 2002).

Así pues y de manera general, como resultado de los cambios en la organización molecular, la adición de plastificantes modifica las propiedades funcionales de las envueltas, incrementando la extensibilidad, distensibilidad y flexibilidad y disminuyendo la cohesión, elasticidad, resistencia mecánica y rigidez (Lieberman y Gilbert, 1973, McHugh y Krochta, 1994a, Park *et al.*, 1994).

Los plastificantes más utilizados en la elaboración de envueltas comestibles, aparte del agua, que puede ser considerada como el plastificante natural, son:

los polioles; como el glicerol, el polietilenglicol, el propilenglicol, etc. y los mono, di y oligosacáridos, como el sorbitol, la sacarosa y la glucosa (Cuq *et al.*, 1998).

Todos ellos son de naturaleza hidrofílica y reducen significativamente la propiedad de barrera al vapor de agua del recubrimiento. Para preservar esta propiedad pueden utilizarse otros plastificantes de naturaleza hidrofóbica, como los ácidos grasos y los aceites que, sin embargo, aumentan la permeabilidad al oxígeno del recubrimiento. Por tanto, en función de las características requeridas del recubrimiento, se pueden utilizar un tipo u otro de plastificante o una combinación de ambos (Sothornvit y Krochta, 2005).

La selección de un plastificante requiere la consideración de tres criterios básicos, aparte del coste (Sothornvit y Krochta, 2005):

- a) **La compatibilidad:** Depende de la polaridad, forma y tamaño del plastificante. Las mejores compatibilidades se observan cuando el plastificante y el polímero tienen una estructura química similar.
- b) **La eficiencia:** Generalmente, los buenos plastificantes proporcionan una elevada plastificación a bajas concentraciones y presentan una elevada difusión e interacción con el polímero.
- c) **La permanencia:** Depende del tamaño de la molécula y del coeficiente de difusión en el polímero.

En la elaboración de películas independientes basadas en proteínas (no así en recubrimientos), el efecto del tipo y proporción del plastificante empleado ha sido ampliamente estudiado, tanto con proteínas de lactosuero (McHugh y Krochta, 1994a; Sothornvit y Krochta, 2000, 2001; Danganan y Krochta, 2007; Osés *et al.*, 2008), como con proteínas de soja (Zhang *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2003; Kokoszka *et al.*, 2010), o con ovoalbúmina (Gennadios *et al.*, 1996).

En relación a la cantidad de plastificante adicionado, se ha observado que, al incrementar la concentración de plastificante, se produce un descenso en la fuerza tensil y un aumento de los valores de elongación en películas de aislado proteico de lactosuero plastificadas con sorbitol y glicerol (McHugh y Krochta, 1994a), películas de albúmina de huevo plastificadas con glicerol, sorbitol o polietilenglicol (Gennadios *et al.*, 1996), películas elaboradas con aislado proteico de soja con glicerol, sorbitol o ambos (Kim *et al.*, 2003), y en films preparados con gelatina y almidón soluble con adición de polioles (Arvanitoyannis *et al.*, 1997). Paralelamente, el incremento de la concentración de plastificante (glicerol o sorbitol) en películas de aislado proteico de lactosuero disminuye sus propiedades barrera al oxígeno (Osés *et al.*, 2008). Mediante el desarrollo de modelos matemáticos, se ha concluido que plastificantes como el glicerol o el sorbitol presentan una dependencia exponencial negativa entre la concentración de plastificante tanto con el módulo elástico y la fuerza tensil como con la permeabilidad al oxígeno, y una

dependencia lineal entre la cantidad de plastificante y la elongación de las películas (Sothorvit y Krochta, 2000, 2001).

Respecto al *tipo de plastificante utilizado*, el idóneo debería mejorar la flexibilidad de las películas o recubrimientos ejerciendo el menor impacto posible sobre la permeabilidad al oxígeno. Sothornvit y Krochta (2000) establecieron ratios de eficiencia de los plastificantes entre las propiedades mecánicas y la permeabilidad al oxígeno. Para estos autores, la sacarosa, el sorbitol y el glicerol presentarían los ratios más favorables en ese orden.

1.2.6. Aplicaciones y Usos de los Envases Comestibles

Las películas o los recubrimientos comestibles pueden cumplir muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destacan el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, al realizar una o más de las funciones indicadas en la tabla N° 5.

Algunos estudios han reconocido la importancia de la evaluación de la matriz de preformado de películas comestibles con el fin de cuantificar diversos parámetros tales como propiedades mecánicas, ópticas y antimicrobianas, debido a que se crea una atmósfera modificada (AM), restringiendo la transferencia de gases (O_2 , CO_2) además de convertirse en una barrera para la transferencia de compuestos aromáticos (Miller *et al.*, 1997).

Tabla Nº 5. Usos posibles de películas y recubrimientos comestibles.

FUNCIÓN / APLICACIÓN	TIPO ADECUADO DE PELÍCULA
Retardar migración de humedad.	Lípido, compuesto.
Retardar la migración de gas.	Hidrocoloide, lípido o compuesto.
Retardar migración de aceite y grasa.	Hidrocoloide.
Retardar migración de soluto.	Hidrocoloide, lípido o compuesto.
Mejorar la integridad estructural o propiedades de manejo.	Hidrocoloide, lípido o compuesto.
Retener compuestos volátiles del sabor.	Hidrocoloide, lípido o compuesto.
Vehículo de aditivos alimentarios.	Hidrocoloide, lípido o compuesto.

Fuente: Bosquez (2003).

Actualmente, el uso de 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, productos procesados entre otros. Esto se debe al desarrollo de formulaciones innovadoras respecto a los biopolímeros utilizados para su composición. Según el tipo de biopolímeros (proteínas, polisacáridos, lípidos) que componga la PC o

RC sus características y funciones serán diferentes; ya que, están ligadas a la composición química y estructural del mencionado biopolímero. Dichas funciones están asociadas a la preservación de la calidad de los alimentos sobre los cuales se aplica y consisten principalmente en servir como barrera en la transferencia de distintas sustancias, desde el alimento hacia el exterior y viceversa (Parzanese, s.f.).

Tabla N° 6. Usos más frecuentes de los recubrimientos comestibles.

Producto	Compuesto del Recubrimiento	Funcionalidad del recubrimiento comestible	Referencias
Mango (MP)¹	Quitosano	Reducir la pérdida de peso y el deterioro de los caracteres sensoriales. Inhibir el crecimiento de microorganismos.	Chien <i>et al.</i> , 2007.
Zanahoria (MP)	Almidón Glicerol Quitosano	+ Inhibir el desarrollo + de microorganismos presentes.	Durango <i>et al.</i> , 2006.
Ciruela (MP)	Hidroxipropilcelulosa HPC + lípidos	Preservar la calidad postcosecha de los frutos.	Perez - Gago <i>et al.</i> , 2003.
Pera (F)²	Carboximetilcelulosa + Aceite de soya + Oleato sódico	Prolongar el tiempo de almacenamiento y vida útil.	Togrul - Arslan <i>et al.</i> , 2003.
Fresas y Frambuesas (F)	Quitosano	Reducir la pérdida de peso y el deterioro de los caracteres sensoriales (conservación del color). Inhibir el crecimiento de m.o.	Hant <i>et al.</i> , 2005.

1. Mínimamente procesado (MP).

2. Fresco (F).

Fuente: Parzanese (s.f.).

1.2.6.1. En Frutas y Hortalizas

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 (Parzanese, s.f.).

Parzanese (s.f.) menciona que 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 (Ver Figura N° 7).

1.2.6.2. En Carnes y Pescados

Parzanese (s.f.) cita que en la industria cárnica y pesquera la aplicación de PC y RC se desarrolla con el fin de controlar o reducir la pérdida de humedad de los productos y como soporte para la adición de agentes antimicrobianos u otro tipo de aditivos. Los beneficios que brindan estos tratamientos en carnes y pescado son los siguientes:

- Inhibir el crecimiento de bacterias patógenas que producen el deterioro.

- Ayudar a controlar la humedad del alimento, evitando pérdidas de textura, sabor, cambio de color y peso del producto.
- Mejorar la presentación o aspecto del producto.
- Evitar o disminuir la oxidación de los lípidos y la mioglobina.
- Mantener la humedad y disminuir la absorción de aceite o grasa durante la fritura de los productos cárnicos.

Es importante destacar que muchos de los biopolímeros utilizados como materia prima en la elaboración de PC o RC para productos cárnicos o pescados son derivados de estas industrias. Por ejemplo, la queratina se extrae de las plumas de las aves de corral, la gelatina deriva del colágeno procedente del tejido conectivo animal, entre otros (Ver Figura N° 7).

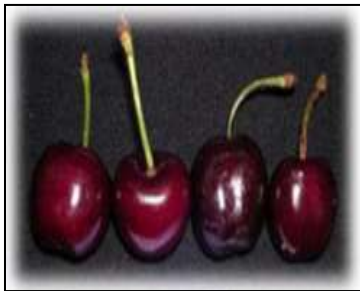
1.2.6.3. En quesos

Los recubrimientos comestibles para quesos se aplican con el fin de evitar aquellos problemas que se presentan durante el tiempo de almacenamiento. Por ejemplo se comprobó que RC formulados a partir de almidón, glicerol, sorbato de potasio y ajo en polvo inhiben el crecimiento de hongos sobre la superficie, a la vez, que disminuyen la pérdida de peso de los quesos. De esta

manera se logra aumentar el tiempo de vida útil de estos productos (Parzanese, s.f.).

Sin embargo, a pesar de los resultados positivos obtenidos experimentalmente en laboratorios, los RC y PC en quesos no se aplican industrialmente en la actualidad por lo cual aún se encuentran en etapa de desarrollo (Ver Figura N° 7).

Figura N° 7. Algunos usos más frecuentes de los recubrimientos comestibles.



Fuente: Parzanese (s.f.).

CAPÍTULO II

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.1.1. Población

12 000 - 14 000 litros de lactosuero producidos diariamente en la fábrica “CHOTALAC”, productora de quesos y otros derivados lácteos. Dicha empresa se ubica en el distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

2.1.2. Muestra

10 litros de lactosuero de vacuno, tomados de la fábrica “CHOTALAC”.

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.2.1. Materias Primas

- 10 litros de Lactosuero vacuno.
- 1 kg de Almidón de yuca.

2.2.2. Materiales Biológicos

- ¼ kg de aguaymanto.
- ¼ kg de uva Red Globe.
- ⅛ kg de queso tipo suizo.
- 06 Barras de King Kong de dos sabores (piña y manjar blanco).

2.2.3. Materiales

- 06 bandejas plásticas pequeñas.
- 03 bandejas plásticas medianas.
- 03 Tápers plásticos transparentes.
- 03 mallas.
- Papel aluminio.
- Colador.

2.2.4. Aditivo Alimentario

- 1 litro de Sorbitol.

2.2.5. Equipos de Laboratorio

- Agitador termomagnético.

- Balanza analítica. Balanza semianalítica, marca Ohaus con una sensibilidad de 0,01g. EE.UU.
- Balanza Electronic Pocket Scale with preset counter con una sensibilidad de 0,01 g.
- Centrífuga.
- Cocina eléctrica.
- Desecador.
- Digestor.
- Equipo de destilación.
- Equipo de titulación.
- Equipo de Soxhlet.
- Estufa marca Memmert electric tipo IR-202.
- Mufla.
- Potenciómetro rango 0 a 14 digital Marca HANNA.
- Refractómetro de mano, graduado de 0 a 100% de sacarosa.
- Secador de Aire Caliente.

2.2.6. Materiales de Laboratorio

- Bagueta o varilla de agitación.
- Balón Kjeldahl.
- Butirómetros.
- Buretas de 25 y 50 ml c/u.

- Crisoles.
- Cronómetro.
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Embudos de vidrio y porcelana.
- Fiolas de 50, 100, 250 y 500 mL c/u.
- Matraces Erlenmeyer de 100, 250 y 500 mL c/u.
- Mortero.
- Papel filtro whattman N° 40 - 42.
- Papel tornasol.
- Picetas.
- Pinzas metálicas.
- Pipetas aforadas de 17,6 ml.
- Pipetas de 0,5; 2; 5; 10 mL c/u.
- Placas Petri.
- Probetas de 10, 100 y 250 mL c/u.
- Regla graduada.
- Termómetros de -10°C a 110°C.
- Vasos de precipitación de 25, 50, 100 y 500 mL c/u.
- Vernier o pie de rey (CALIBRADOR Vernier Caliper, Size: 0 - 150mm/6'', KAMASA PROFESIONAL).

2.2.7. Reactivos

- Acetato de Plomo al 30%.
- Ácido Bórico al 4%.
- Ácido Clorhídrico 0,1 N.
- Ácido Clorhídrico químicamente puro.
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4).
- Ácido Sulfúrico 1,25%.
- Agua Destilada.
- Éter etílico.
- Fehling A.
- Fehling B.
- Fenolftaleína.
- Ferrocianuro de Potasio.
- Formol Neutro.
- Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1N.
- Hidróxido de Sodio 1,25%.
- Hidróxido de Sodio al 40%.
- Rojo de metilo.
- Sulfato de Sodio Concentrado (NaSO_4).
- Sulfato de Sodio Saturado (NaSO_4).

2.3. MÉTODOS

2.3.1. Caracterización de la Materia Prima

2.3.1.1. Determinación de los Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno

Tabla Nº 7. Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno proporcionado por la empresa “CHOTALAC”.

Análisis	Método	Nombre del Método
Análisis de Humedad	Gravimétrico	Secado con estufa
Análisis de pH	Directo	Sonda y medidor
Análisis de Acidez Titulable	Método 947.05 A.O.A.C. (2010)	
Análisis de Cenizas	Método 945.46 A.O.A.C. (2010)	Gravimétrico
Análisis de Proteína	Volumétrico	Sorensen
Análisis de Grasa	Volumétrico	Gerber
Análisis de Azúcares Reductores (Lactosa)	Volumétrico	Fehling

Fuente: Los Autores (2015).

2.3.2. Metodología Experimental

2.3.2.1. Obtención de la Película Comestible

Para la obtención de la película comestible se ha realizado las siguientes operaciones unitarias, respetando sus respectivos parámetros que se describirá detalladamente a continuación (Ver DIAGRAMA N° 1).

a. Recepción del Lactosuero

Se recepciona el lactosuero proporcionado por la empresa “CHOTALAC”.

b. Filtrado

Enseguida se procede a filtrar, con la finalidad de poder retener todos los residuos de la cuajada u otras partículas extrañas. Posteriormente, se procede a medir la cantidad de lactosuero que entra al proceso, para así de esta manera calcular las cantidades de insumos a adicionar.

c. Agitación Magnética

Se agita el lactosuero por 10 minutos, con la finalidad de poder homogenizar bien la muestra. Al mismo tiempo, se cubre la muestra con papel aluminio para evitar la contaminación.

d. Adición de Sorbitol

Se adiciona el 10% en relación al volumen del lactosuero utilizado, la función de este plastificante es mejorar la flexibilidad y cohesividad de las películas comestibles.

e. Agitación Magnética

Agitar la solución preparada para que se homogenice equitativamente el sorbitol por un tiempo de 10 minutos a temperatura ambiente.

f. Adición de Almidón de Yuca

Se adiciona el almidón de yuca, en las diferentes proporciones planteadas (8%, 10% y 12%), con la finalidad de poder obtener tres tipos de películas comestibles.

g. Agitación Magnética

Una vez vertido el almidón de yuca, agitar la solución preparada por 10 minutos con el propósito de alcanzar una adecuada dispersión del carbohidrato en la solución, esta agitación se realiza a temperatura ambiente,

siempre cubriendo la muestra con papel aluminio para evitar la contaminación y oxigenación.

h. Agitación Termomagnética

En seguida se calienta la solución, al mismo tiempo se agita constantemente por un lapso de 12 a 15 minutos.

i. Punto de Gelatinización del Almidón:

Esta etapa es la más importante en el proceso de obtención de la película comestible, debido a que si se excede la temperatura de gelatinización, la cual oscila entre 65 a 68°C, se obtendrá una solución muy gelificada que dificulta las operaciones posteriores. De lo contrario, si no se llega a la temperatura indicada se obtendrá una solución muy fluida, la cual demandaría más tiempo de secado y no se obtendría una película comestible con las características deseadas.

Así mismo, una vez alcanzado el punto de gelatinización se debe operar con prontitud, evitando que la solución gelificada enfríe demasiado porque si esto ocurre se llevaría a cabo la retrogradación del almidón, lo cual es indeseable para el proceso.

j. Vertido

Una vez llegado a su punto de gelatinización, se procede a verter la solución en un recipiente limpio, desinfectado y seco. Luego, en una probeta graduada medir 60 ml de la solución preparada y verter a una bandeja previamente lavada, secada y rotulada. El vertido se hace en el centro de la bandeja, enseguida se agita la bandeja de forma manual con el fin de dispersar uniformemente la solución.

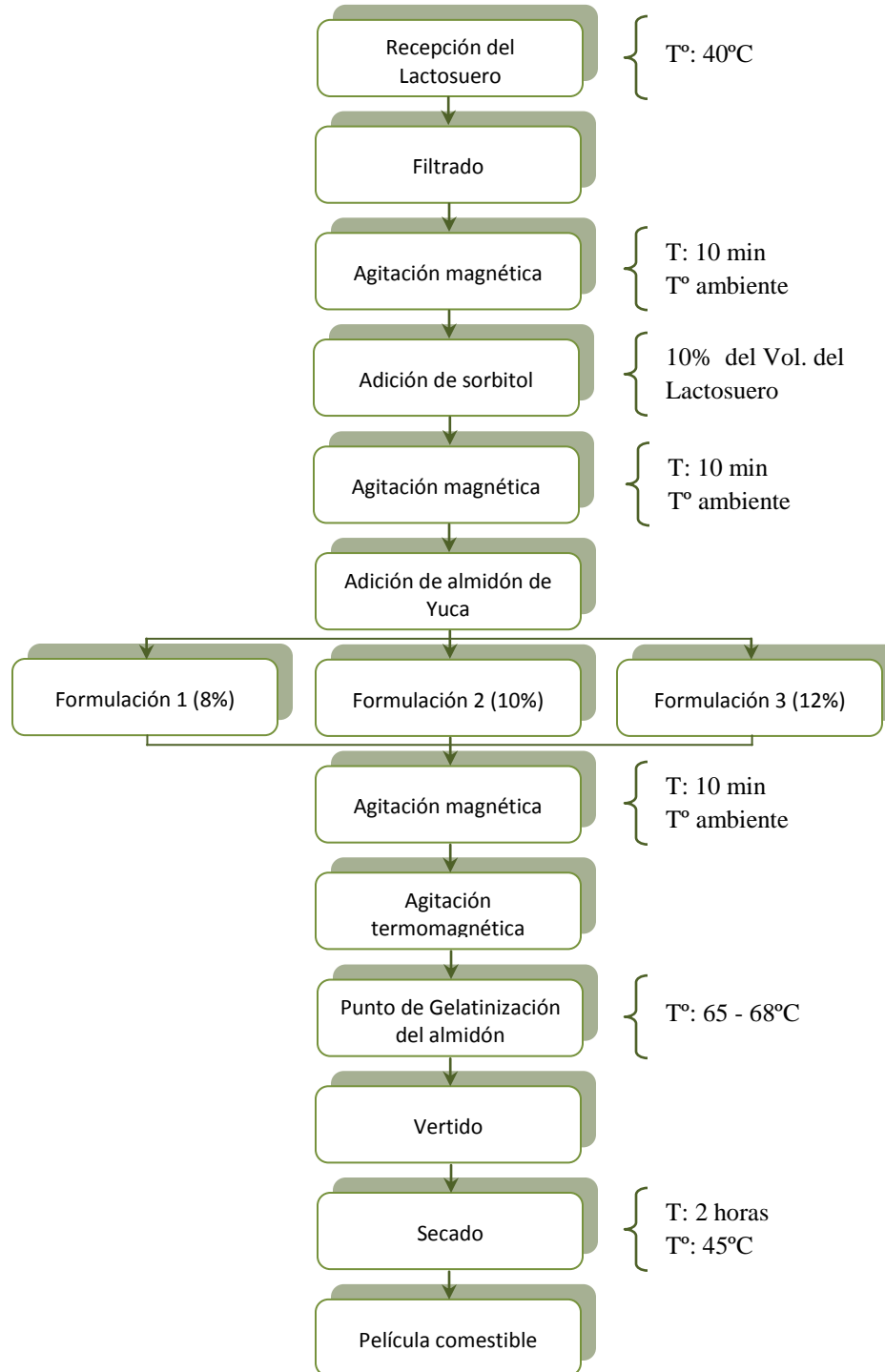
k. Secado

Una vez vertido las formulaciones en las respectivas bandejas, se lleva al secador de aire caliente por un tiempo de 2 horas a 45°C.

l. Película Comestible

Finalmente, se obtiene las películas comestibles, las cuales serán despegadas manualmente con mucha cautela para evitar que se rompa la película.

DIAGRAMA N° 1: Diagrama de flujo para la obtención de la Película Comestible a partir del lactosuero vacuno.



Fuente: Elaboración propia (2015).

2.3.2.2. Obtención del Recubrimiento Comestible

Para la obtención del recubrimiento comestible se ha realizado casi la totalidad de las operaciones unitarias realizadas en la obtención de la película comestible, con sus respectivos parámetros. Luego, se procedió con las siguientes etapas que se describirá detalladamente a continuación (Ver DIAGRAMA N° 2).

a. Aplicación del recubrimiento al alimento

La aplicación del recubrimiento se tiene en cuenta el fin tecnológico que se busca del recubrimiento en el alimento, así como las características del alimento a recubrir.

- ✓ **Para Queso tipo suizo:** La muestra de queso suizo fue cortada en forma de cubos, a los cuales se le aplicó el recubrimiento por el método de barnizado. Posteriormente se coloca los cubos de queso en la malla y se lleva al secado.
- ✓ **Para Aguaymanto fresco:** Se recepciona el aguaymanto, luego se retira su cubierta, se selecciona y se clasifica según su grado de madurez. En seguida se aplica el recubrimiento, por el método de

inmersión y posteriormente se coloca en la malla para realizar el secado.

- ✓ **Para Uva Red Globe:** Se recepciona la uva Red Globe, se lava y se despabila cada baya del racimo, se selecciona y se clasifica según su grado de madurez. En seguida se aplica el recubrimiento, por el método de inmersión, y posteriormente se coloca en la malla para realizar el secado.
- ✓ **Para las barras de King Kong:** Las barras de King Kong fueron fragmentadas en tamaños iguales, posteriormente se aplica el recubrimiento por el método de barnizado, luego se coloca en la malla y se traslada al sistema de secado.

b. Secado

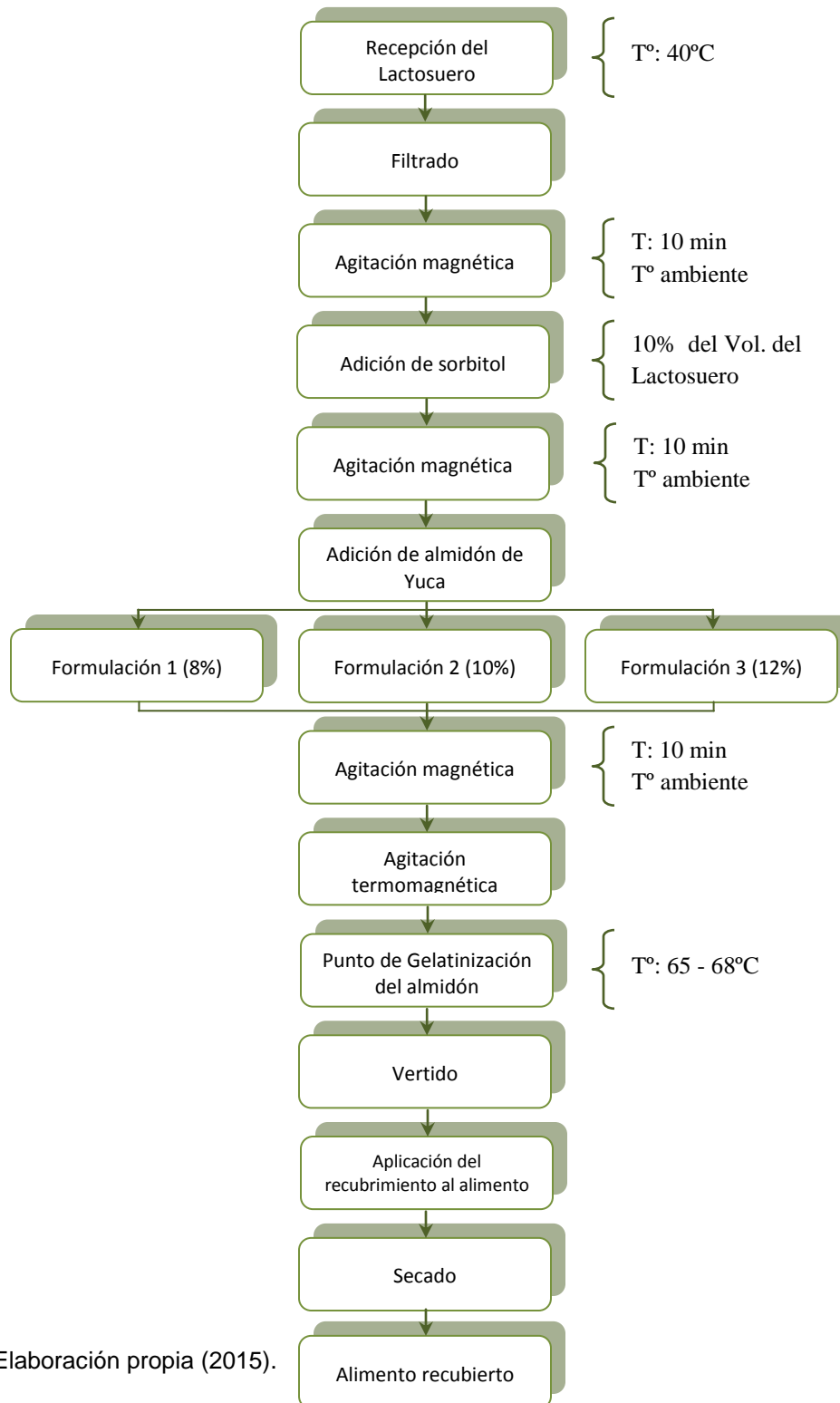
Esta operación se desarrolla teniendo en cuenta el alimento recubierto, para las muestras de queso por ejemplo se desarrolló un secado en aire caliente por el lapso de 30 minutos a 43°C, para el caso de aguaymanto fresco y las barras de King Kong se desarrolló el deshidratado en la estufa a 60°C.

En la uva Red Globe recubierta, se realizó el secado en el equipo de aire caliente por un tiempo de 02 horas a temperatura de 45°C.

c. Alimento recubierto

Una vez recubiertas las muestras de diversos alimentos, se procedió a realizar la evaluación organoléptica, sensorial y fisicoquímica. Dichas evaluaciones se desarrollaron con el propósito de verificar la conservación del alimento recubierto.

DIAGRAMA N° 2: Diagrama de flujo para la obtención de un Recubrimiento Comestible a partir del lactosuero vacuno.



Fuente: Elaboración propia (2015).

2.3.3. Determinación de los Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible

Para la determinación de los respectivos análisis fisicoquímicos se realizaron los siguientes análisis mostrados en la siguiente tabla, cuyo procedimiento experimental se detalla en el Anexo N° 3.

Tabla N° 8. Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible.

Análisis	Método	Nombre del Método
Análisis de Humedad	Gravimétrico	Estufa convencional
Análisis de pH	Directo	Sonda y medidor
Análisis de Acidez Titulable	Método 947.05 A.O.A.C. (2010)	
Análisis de Cenizas	Método 945.46 A.O.A.C. (2010)	Gravimétrico
Análisis de Proteína	Volumétrico	Kjeldahl
Análisis de Grasa	Volumétrico	Soxhlet
Análisis de Azúcares Reductores (Lactosa)	Volumétrico	Fehling

Fuente: Los Autores (2015).

2.3.4. Caracterización de la Película Comestible

2.3.4.1. Determinación de Gramaje

El objetivo de este análisis es controlar la calidad de la película comestible; ya que, a través de este ensayo es posible obtener informaciones sobre el desempeño del envase, su resistencia mecánica, su permeabilidad a gases y vapor de agua (Robles, s.f.).

✓ Materiales y Equipos

- Cuchillo.
- Regla graduada.
- Balanza analítica.

✓ Procedimiento Experimental

- Cortar tres muestras por cada formulación, las cuales deben de presentar la misma dimensión (largo x ancho: 4 cm x 4 cm), con un margen de precisión de 0,5 mm.
- Proceder a pesar las fracciones de película, con aproximación de 1,0 mg.
- Finalmente, calcular el valor promedio de las tres muestras pesadas y expresar el resultado en g/cm^2 .

$$G = 10\,000 * \frac{P}{A}$$

Donde:

G: Gramaje (g/cm²).

P: Peso medio (g).

A: Área de la muestra (cm²).

2.3.4.2. Determinación del Espesor

El espesor de la película se midió con un vernier o pie de rey (CALIBRADOR Vernier Caliper, Size: 0 - 150mm/6'', KAMASA PROFESIONAL), haciéndose 5 medidas sobre cada película, cuatro en el perímetro y una central. El espesor de la película se calculó como la media aritmética de las 5 medidas tomadas.

2.3.4.3. Determinación de Peso Específico Aparente

La determinación de esta característica se realiza a partir del gramaje y espesor estimados anteriormente. Reemplazando en la siguiente fórmula.

$$Pe = \frac{G}{1\,000 * E}$$

Donde:

Pe: Peso específico (g/cm^3).

G: Gramaje (g/cm^2).

E: Espesor de la muestra (mm).

2.3.4.4. Determinación de la Permeabilidad de Vapor de Agua (WVP)

La permeabilidad de vapor de agua de las películas (WVP por sus siglas en inglés), se determinó empleando una modificación del Método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96-80 (ASTM, 1989), conocido como el “método de la copa” o “celda de prueba”. Las películas se colocaron a temperatura ambiente sobre la galleta para King Kong (hojarasca) de aproximadamente 3,5 cm x 3,5 cm, encima de la película se colocaron independientemente diferentes tipos de relleno (Mermelada de Fresa, Manjar Blanco y Dulce de Piña) y se colocaron en un desecador con sílice gel activada. Se monitoreó la pérdida de peso de cada recipiente cada 24 horas, hasta alcanzar el estado pseudoestacionario. La pendiente de pérdida de peso contra tiempo fue estimada mediante regresión lineal; la transmisión al vapor de agua (WVT, $\text{g} / \text{h} \times \text{m}^2$) se calculó dividiendo las pendientes obtenidas entre el área de transmisión. La permeabilidad al vapor de agua (WVP, $\text{g} \times \text{mm} / \text{kPa} \times \text{m}^2 \times \text{día}$) se calculó con las ecuaciones 1 y 2:

$$WVT = \frac{m}{A} \quad (1)$$

$$WVP = \frac{WVT}{\Delta P} I = \frac{WVT}{S(R_1 - R_2)} I \quad (2)$$

Donde:

m = Pendiente de pérdida de peso.

A = Área de transmisión.

ΔP = Diferencia de presión de vapor.

R_1 = HR del desecador, expresada en fracción.

R_2 = HR del recipiente, expresada en fracción.

S = Presión de vapor de agua (Pa) a la temperatura de la prueba.

I = Espesor de la película (mm).

2.3.5. Aplicación y evaluación del efecto de las formulaciones en alimentos

La uva Red Globe (*Vitis vinífera*) utilizados para esta parte del estudio se lavó y se secaron antes de aplicarles los recubrimientos. Se emplearon unidades experimentales de doce frutos con cuatro repeticiones por formulación, en cada análisis realizado durante una semana. Se aplicaron por el método de inmersión, los frutos fueron llevados al secador de aire caliente por un lapso de 2 horas, después de lo cual se almacenaron a temperatura ambiente. Los frutos permanecieron bajo esas condiciones por un período total de 7 días.

Durante el período de almacenamiento se extrajeron muestras para su análisis, cada día. Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

A. Análisis Inicial

Para la selección de las frutas (fresa, aguaymanto y uva Red Globe) se consideró: homogeneidad en peso, forma, tamaño, color, libres de daños mecánicos, defectos y pudriciones.

En la uva Red Globe, los parámetros iniciales fueron los siguientes: peso, °Brix y % de acidez titulable. Para las determinaciones de °Brix y % de acidez titulable se tomaron 2 uvas al azar (Bósquez, 2003).

B. Análisis durante el almacenamiento

- ✓ **Cinética de pérdida de peso:** Para esta determinación se seleccionaron al azar 3 grupos de 5 uvas cada uno por cada formulación aplicada, más 5 uvas que se asumieron como testigo; estas muestras se conservaron específicamente para este propósito durante todo el período de almacenamiento, registrándose el peso inicial y los cambios observados durante los días de muestreo señalados,

empleándose una balanza Electronic Pocket Scale with preset counter con una sensibilidad de 0,01 g.

- ✓ **Los parámetros químicos de calidad evaluados fueron:** grados Brix y % de acidez titulable, los cuales se determinaron siguiendo los métodos estándar establecidos en la AOAC (1995).

2.3.6. Métodos Sensoriales

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o mensurando, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones ambientales preestablecidas y bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico (Ureña y D'Arrigo, 1999).

En este trabajo de investigación se trabajó con la prueba de Comparación pareada de dos colas. La cual tuvo como objetivo determinar si hay diferencia entre la muestra de King Kong con película y recubrimiento comestible de una formulación y otra muestra de King Kong sin película y recubrimiento comestible. Donde las pruebas se realizaron en el laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de dicha casa de estudios con un número de 8 cabinas, controles realizados en temperatura ambiente y con luz natural.

A partir de una muestra de 9 jueces internos entre estudiantes, ingenieros y técnicos, se realizó de la siguiente manera:

A los jueces se les solicitó que llevaran a cabo el desarrollo de una prueba de Comparación pareada de dos colas (Ver Anexo N° 4), de forma tal que se les presentó dos muestras de King Kong (una con película y recubrimiento comestible de una formulación y otra sin película y recubrimiento comestible), las cuales fueron debidamente codificadas con números aleatorios de 3 dígitos, luego el juez debía seguir los siguientes pasos:

- i. Probar la primera muestra, luego enjuagar la boca y probar la siguiente muestra.
- ii. Señalar con una X la igualdad o diferencia entre las dos muestras presentadas.
- iii. Describir las diferencias encontradas entre las muestras.
- iv. Comentar acerca de los productos evaluados.

Finalmente, se analizan estadísticamente los datos.

2.3.7. Métodos Microbiológicos

Este análisis se realizó en el laboratorio de Microbiología de la empresa Procesadora y Comercializadora UCEDA S.A.C. Haciendo uso del método de ensayo de Petri Film, determinando los tipos de microorganismos (Aerobios

Totales, Coliformes Totales, *E. coli*, Mohos y Levaduras). Donde el recuento de Coliformes y *E. coli* fue basada en la Técnica PETRIFILM® AOAC Official Method 991.14 ó 998.08; el recuento de Aerobios Mesófilos fue basada en la Técnica PETRIFILM® AOAC Official Method 990.12; y finalmente, el recuento de Mohos y Levaduras fue basada en la Técnica PETRIFILM® AOAC Official Method 997.02.

El método de ensayo de Petri Film, consiste en lo siguiente:

1. Preparar una dilución de la muestra de 1:10
 - En una botella estéril apropiado, se agrega 90 ml de solución salina 0.9%.
 - Luego, agregar 10g de las diferentes concentraciones de film en cada frasco conteniendo los 90 ml de solución salina 0.9%.
 - Mezclar u homogeneizar la muestra.
2. De cada muestra de dilución se procede a realizar la siembra en los diferentes petrifilm. Inocular 1 ml de la dilución y colocar al centro aproximadamente del film inferior.
3. Soltar el film superior y dejarlo caer.

4. Luego, colocar el aplicador en el film superior bien centrado sobre el inóculo. Aplicar presión de manera suave sobre el aplicador para distribuir el inóculo por toda la zona circular.
5. Enseguida, levantar el aplicador y esperar 1 minuto para que se solidifique el gel.
6. Incubar las placas Petrifilm a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 ± 2 horas para aerobios viables y E. coli, para mohos y levaduras incubar a $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ por 3 - 5 días.

CAPÍTULO III

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Después de haber realizado la metodología descrita y basados en los datos de información recopilados llegamos a obtener los siguientes resultados:

3.1. Evaluación Sensorial del Lactosuero

Tabla N° 9. Evaluación Sensorial del Lactosuero proporcionado por la empresa “CHOTALAC”.

Característica Organoléptica	Evaluación
Color	Verde - Blanquecino
Olor	Característico
Sabor	Característico
Aroma	Característico

Fuente: Los Autores (2015).

Pintado (2012) señala que el color del lactosuero dulce es amarillo verdoso. Sin embargo en la tabla N° 9, los autores califican al color como verde blanquecino

y efectivamente el lactosuero dulce utilizado en la investigación muestra esa coloración. Se asume como atípica dicha coloración, cuyo origen acontezca en el proceso de elaboración de queso de la Empresa auspiciadora CHOTALAC.

Pues el color blanquecino se debe a la presencia de partículas de caseína. Esto se traduce como una merma en el proceso de elaboración de queso (pérdida de caseína en el desuerado).

Así mismo se puede afirmar que la coloración atípica tenga su origen en el exceso de cuajo agregado en el momento de la inoculación.

3.2. Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno

En la tabla N° 10, se presentan los análisis proximales del Lactosuero vacuno, proporcionado por la empresa “CHOTALAC”, donde se obtuvo un pH de 6,13, la cual correspondería a un suero dulce según Callejas *et al.* (2012); ya que, menciona que el pH es mayor a 6,0, debido a que el suero proviene de la fabricación de quesos de pasta cocida/prensada y quesos provenientes de leche de vaca y/o de oveja.

En cuanto a la acidez titulable se obtuvo un 0,14% de ácido láctico comparando con la clasificación del suero según Garavito (1995) pertenece a un tipo dulce cuando el lactosuero se encuentra entre 0,1 y 0,2% de ácido láctico, con un pH

de 5,8 a 6,6. Por lo tanto, este suero es dulce porque se encuentra dentro del rango.

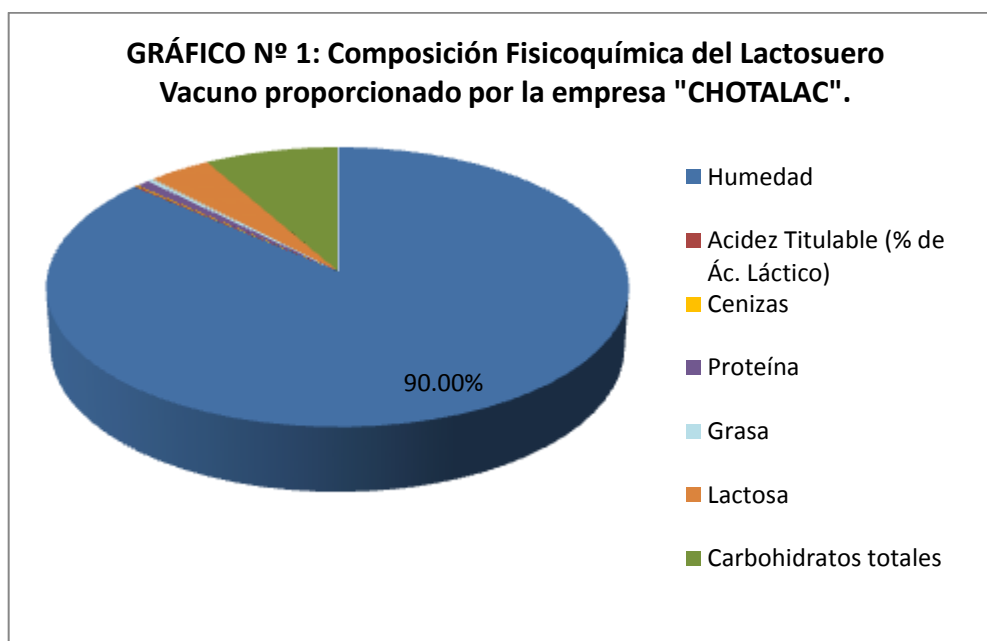
Tabla N° 10. Análisis Fisicoquímicos del Lactosuero vacuno proporcionado por la empresa “CHOTALAC”.

% Humedad	90,00 %
pH (28°C)	6,13
Acidez Titulable (% de Ác. Láctico)	0,14 %
% Cenizas	0,11 %
% Proteína	0,86 %
% Grasa	0,40 %
% Lactosa	4,04 %
% Carbohidratos Totales	8.63 %

Fuente: Los Autores (2015).

Según los resultados obtenidos en la composición del Lactosuero vacuno, y perteneciente a un tipo dulce según las fuentes antes mencionadas, se puede decir que presenta similares composiciones a la que señala Restrepo (2006),

esto es debido a que la composición del lactosuero varía considerablemente dependiendo del tipo de leche, tipo de queso elaborado y el proceso de tecnología empleado (Parra, 2009).



Fuente: Los Autores (2015).

3.3. Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible

Se realizó la determinación del porcentaje de humedad de las formulaciones, obteniéndose los resultados presentados en la tabla N° 11. Dichos resultados muestran que existe diferencia en el contenido de humedad de cada uno de los tratamientos, sin embargo el que presentó el mayor porcentaje fue la formulación 1. Es probable que esto se deba a que en la formulación 1, como

se posee menor concentración de almidón y por ende mayor volumen de lactosuero sin asociar.

Tabla Nº 11. Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible de las diferentes formulaciones.

Análisis \ Formulación	8%	10%	12%
% Humedad	22,83	21,40	22,00
pH (28°C)	5,57	6,16	5,40
Acidez Titulable (% de Ác. Láctico)	3,60	4,20	4,20
% Cenizas	0,13	0,16	0,11
% Proteína	4,47	5,36	5,36
% Grasa	0,77	0,54	0,54
% Lactosa	4,48	5,15	4,49
% Carbohidratos Totales	71,80	72,54	71,99

Fuente: Los Autores (2015).

Si bien es cierto los valores de humedad para las 3 formulaciones son relativamente elevados, esta aseveración es cuestionable debido a que no existe valores estandarizados para confrontar los resultados.

En un trabajo de investigación realizado por Zaritzky (s.f.) determinaron los siguientes porcentajes de humedad con su respectivo espesor, para las diversas composiciones de film.

Tabla Nº 12: Contenido de humedad de las diversas composiciones de Film.

Composición Film	Contenido de humedad (g de agua /100 g de film)	Espesor Film (μm)
		Medidor Digital
Almidón de maíz	$9,1 \pm 0,3$	$63,1 \pm 1,7$
Almidón de maíz con Glicerol	$25,2 \pm 1,1$	$44,4 \pm 0,9$
Almidón de maíz con Quitosano.	$10,1 \pm 0,5$	$51,5 \pm 7,8$
Almidón de maíz con Glicerol y Quitosano	$13,9 \pm 0,5$	$52,2 \pm 1,4$
Quitosano	$15 \pm 0,9$	$15,2 \pm 1,8$

Fuente: Zaritzky, s.f.

Contenido de Proteína en la película comestible

Por el método de kjeldall se determinó el porcentaje de proteína en las 3 formulaciones obteniéndose: F1 (4,47%), F2 (5,36) y F3 (5,36%) dichos valores son los esperados, pues debido a que el porcentaje de proteína principalmente se debe al aporte del lactosuero y el contenido proteico de este subproducto representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche de bovino (Baro et al., 2001), siendo su principal componente la β -lactoglobulina (β -LG) con cerca de 10% y α -lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea (Hinrichs et al., 2004), además, contiene otras proteínas como, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas, y glicomacropéptidos (Baro et al., 2001). La β -LG es secretada en leches.

El significado del contenido proteico oscilante entre 4-6%, se traduce en una mejora del valor nutricional de la película y recubrimiento comestibles y por consiguiente del alimento del cual formen parte. Las proteínas de este subproducto nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales~26% (Ha y Zemel, 2003; Ibrahim et al., 2005), además, son de alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados), tienen una calidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido.

Contenido de Carbohidratos en la película comestible.

Estos componentes son sin duda los más predominantes en la composición de la película y recubrimiento comestibles. Y es que el contenido de lactosa en el lactosuero es de 4,5 - 5% (p/v)

Muñi et al., 2005; Londoño, 2006; Panesar et al., 2007 sumado a ello la adición del Almidón (el compuesto más imponente en la naturaleza después del agua).

Los resultados de hidratos de carbono totales calculados por diferencia. En cada formulación fueron los siguientes: F1 (71,8%), F2 (72,54%) y F3 (71,99%).se aprecia un incremento en el porcentaje de carbohidratos, incremento paralelo a la concentración de almidón utilizado en las 3 formulaciones.

Contenido de Lactosa en la película comestible.

Este análisis se realizó con la finalidad de analizar si el contenido de lactosa antes medido en el lactosuero sufrió alguna variación, en relación al contenido de almidón que fue incrementando de formulación en formulación (Ver Tabla N° 11).

De igual forma se realizó el análisis a raíz de que en la película comestible de las formulaciones 2 y 3, se evidencio pequeños cristales de Lactosa, lo cual trae en detrimento la presentación de las películas.

La opción a tomar en cuenta para evitar esta cristalización de la lactosa es aplicar la **Lactasa** al lactosuero con el fin de hidrolizarla.

Contenido de cenizas en la película comestible

En el lactosuero vacuno es característica la presencia de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. (Londoño et al., 2008).

El valor de cenizas o minerales determinados en el Lactosuero vacuno utilizado en el presente trabajo procedente de la empresa Chotalac fue de 0,11 % (Los autores).

Y el valor de este componente calculado en las películas comestibles es de: F1 (0,13), F2 (0,16) y F3 (0,11). Lo que significa que el almidón aporta muy poco contenido de minerales en la formulación 2, es en donde se tiene un % de cenizas más elevado.

3.4. Caracterización de la Película Comestible

3.4.1. Determinación de Gramaje

Tabla N° 13. Gramaje de las tres formulaciones de la Película Comestible.

Formulación	Peso Promedio (g)	Área (m²)	Gramaje (g/cm²)
F₁ (8%)	0,65	0,0016	408,33
F₂ (10%)	0,65	0,0016	404,17
F₃ (12%)	0,71	0,0016	441,67

Fuente: Los Autores (2015).

Según Robles (s.f.) afirma que el gramaje está directamente relacionado con la resistencia e intensidad de trasmisión de luz de los materiales. Un mejor gramaje ofrece una mejor resistencia mecánica y una mejor barrera a la transmisión de luz. También a través del gramaje se puede conocer el rendimiento de una bobina.

Los cartones corrugados tienen un gramaje que va entre 225 a 600 g/m² (UE-PERU/PENX: Presentación Taller de Capacitación en el uso de Envases y Embalajes para exportación). Mientras que el espesor de un Film Flexible impreso en bobina su gramaje debe ser 3 g/m² +/- 10% (Castillo, s.f).

3.4.2. Determinación del Espesor

Tabla N° 14. Espesor de las tres formulaciones de la película comestible en mm.

Formulación	Repeticiones (mm)	Promedio (mm)
F₁ (8%)	0,30	0,30
	0,30	
	0,30	
	0,30	
	0,30	
F₂ (10%)	0,31	0,29
	0,24	
	0,30	
	0,30	
	0,30	
F₃ (12%)	0,30	0,31
	0,30	
	0,35	
	0,30	
	0,30	

Fuente: Los Autores (2015).

Según Pavlath y Orts (2009) menciona que las películas y recubrimientos comestibles en general su grosor es inferior a 0,3 mm y comparando con los resultados presentados en la tabla N° 14 podemos concluir que la formulación 2

se encuentra dentro del rango planteado por el autor, mientras que las formulaciones están fuera mínimamente del rango, que puede ser muy debido al margen de error humano en la lectura del vernier.

3.4.3. Determinación de Peso Específico Aparente

Tabla Nº 15. Peso Específico Aparente de las tres formulaciones de la Película Comestible.

Formulación	Peso específico Aparente
F₁ (8%)	0,01
F₂ (10%)	0,10
F₃ (12%)	0,20

Fuente: Los Autores (2015).

3.4.4. Determinación de la Permeabilidad de Vapor de Agua (WVP)

Tabla N° 16. Permeabilidad de Vapor de Agua (WVP) de la Película Comestible por Tiempo en días según la formulación y los diferentes rellenos.

FORMULACIÓN	TIEMPO	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
	RELLENOS					
FORMULACION I (8%)	G + P + MERM	1,012	1,064	1,078	1,071	1,071
	G+ P + MANJ	0,696	0,731	0,738	0,738	0,738
	G+ P + PIÑA	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
FORMULACION II (10%)	G + P + MERM	0,598	0,640	0,647	0,647	0,647
	G+ P + MANJ	0,624	0,647	0,673	0,673	0,673
	G+ P + PIÑA	0,751	0,751	0,751	0,751	0,751
FORMULACION III (12%)	G + P + MERM	1,345	1,430	1,450	1,443	1,189
	G+ P + MANJ	1,610	1,704	1,724	1,724	1,724
	G+ P + PIÑA	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718

G: Galleta

P: Película.

MERM: Mermelada.

MANJ: Manjar Blanco.

Fuente: Los Autores (2015).

Una de las propiedades más importantes de una película comestible es su permeabilidad al vapor de agua. En la tabla N° 16 se muestran los valores de permeabilidad de las películas evaluadas en este trabajo.

El ajuste de datos a la ecuación propuesta no fue significativo. En la tabla N° 16 se puede observar que la permeabilidad de las películas toma valores de, aproximadamente, $1,1 \times 10^{-9}$ g.cm/m².día.mmHg, siendo del orden de los que informaron Romero *et al.* (2011) para películas de almidón de plátano con aceite esencial de canela ($13,58 \times 10^{-10}$ y $5,07 \times 10^{-10}$ g/Pa.m.s de acuerdo a la concentración de aceite presente). Asimismo, son mayores que los valores informados por Pranoto *et al.* (2005) y Mazura *et al.* (2007) quienes realizaron su investigación sobre películas de alginato y aceites esenciales de limón y ajo, respectivamente, siendo estos 4×10^{-10} y $3,58 \times 10^{-10}$ g/Pa.m.s. También Flores *et al.* (2009) mostraron que los valores de permeabilidad para películas con mezcla de los biopolímeros almidón de mandioca y goma xántica y conteniendo KS, presentaron valores menores de permeabilidad al vapor de agua ($3,72 \times 10^{-10}$ a $6,40 \times 10^{-10}$ g/Pa.m.s) que aquellas observadas para las películas estudiadas en este trabajo.

Se debe destacar que los valores obtenidos confirman que las películas comestibles son pobres barreras al vapor de agua, tal como se observa de su comparación con los materiales de empaquetamiento sintéticos tal como el polietileno de baja densidad, el cual presenta valores de $9,16 \times 10^{-13}$ g/Pa.m.s.

Además la capacidad de barrera depende del porcentaje de concentrado de proteína de suero utilizado (Chae y Heo 1997), la cual incrementa al incrementar el porcentaje de concentrado de proteína. Otro factor determinante es el pH utilizado en el proceso de desnaturalización, siendo a un pH de 6,75 donde presenta mayor permeabilidad a vapor de agua. Por otra parte a pH menor a 6 no es posible la formación de film debido a la precipitación de las proteínas de suero, obteniéndose la permeabilidad más baja a pH 8-9 (Perez-Gago y Krochta 1999).

3.5. Aplicación y evaluación del efecto de las formulaciones en alimentos

3.5.1. Pérdida de Peso

Tabla N° 17. Pérdida de peso (%) de las Uvas Red Globe recubiertas y no recubiertas por día según la formulación.

FORMULACIÓN	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
FORMULACION I (8%)	0,0	2,1	4,2	6,2	8,3	10,2	11,4	13,2
FORMULACION II (10%)	0,0	2,2	4,5	6,8	8,8	10,8	12,9	15,0
FORMULACION III (12%)	0,0	2,5	5,1	7,0	9,4	11,7	13,8	16,1
TESTIGO	0,0	1,9	4,0	6,2	8,7	10,8	12,8	15,1

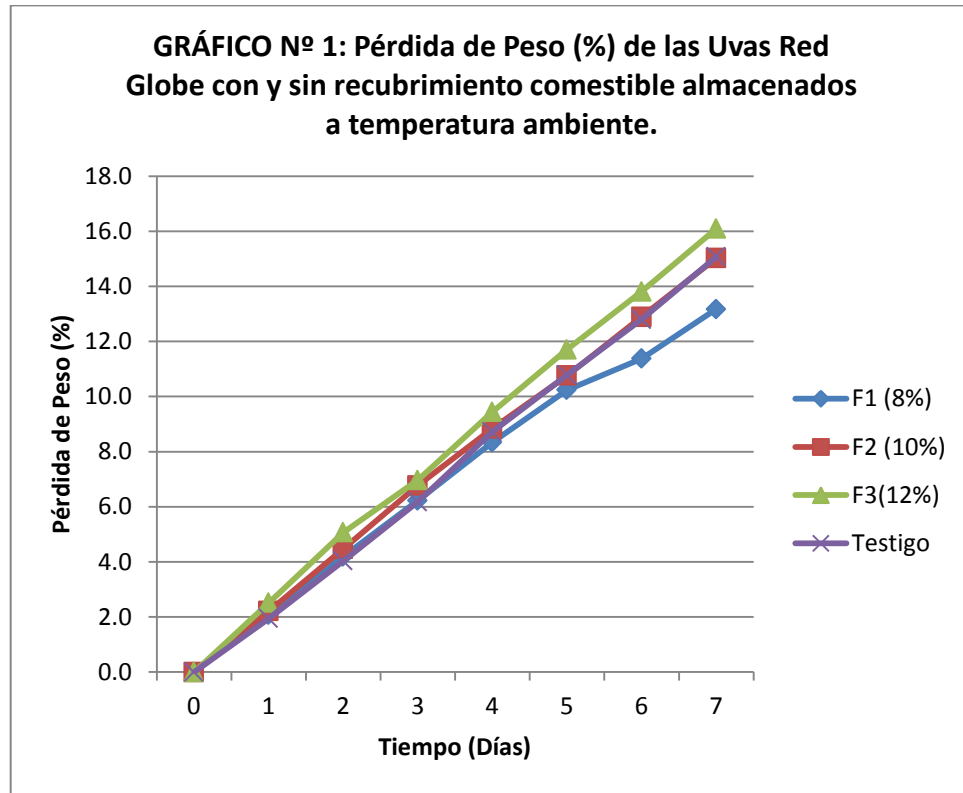
Fuente: Los Autores (2015).

Para esta investigación, la pérdida de peso se expresa como porcentaje de reducción de peso frente al peso inicial del producto. Todas las uvas de las tres formulaciones y el testigo mostraron una pérdida de peso progresiva durante el almacenamiento. La uva Red Globe recubierta con la formulación 3 (12%) presentó pérdidas de peso superior a las del testigo como se observa en el gráfico N° 1. Al final del periodo de almacenamiento de 7 días a temperatura ambiente, la fruta sin recubrimiento (testigo) presentó una pérdida total de peso del 15,1%, seguida de la fruta recubierta con la formulación 3 (12%), la cual

perdió un total de 16,1% de su peso inicial. Los demás lotes tuvieron una pérdida total de peso de 15,0% y 13,2%, pertenecientes a la formulación 2 (10%) y a la formulación 1 (8%) respectivamente (Ver Tabla N° 17).

Por lo anterior, sólo se puede decir que el recubrimiento de la formulación 3 (12%) no contribuyó a frenar la pérdida de peso en la uva Red Globe. Probablemente el periodo de secado en el lote recubierto con la formulación 3 (12%) contribuyó a la pérdida de peso durante el almacenamiento, por el daño ocasionado a las células.

La pérdida de peso en frutas y vegetales frescos se debe principalmente a la pérdida de agua, resultado de sus procesos de transpiración y respiración, que en el caso de frutas recubiertas con películas comestibles ocurre generalmente a través de la parte hidrofílica de ésta. Normalmente las películas comestibles hechas a base de polisacáridos son muy permeables al vapor de agua y para contrarrestar esto, se adicionan lípidos. Los valores de permeabilidad al vapor de agua de las películas aplicadas a las uvas evaluadas en la presente investigación mostraron que las formulaciones 1 (8%) y 2 (10%) no son buenas barreras al vapor de agua, mientras que la formulación 3 (12%) mostró valores mucho menores a los obtenidos en las otras dos formulaciones. Lo anterior explica por qué el lote de uva recubierta con la formulación 1 (8%) presentó la menor pérdida de peso de todos los lotes.



Fuente: Los Autores (2015).

3.5.2. °Brix

El porcentaje promedio de sólidos solubles presentes en la uva testigo fue de 15.7 °Brix, valor que no presentó mucha diferencia con el obtenido para la fruta recubierta con cualquiera de las tres formulaciones propuestas en esta investigación al inicio del periodo de almacenamiento a temperatura ambiente (Ver Tabla N° 18). Sin embargo, el contenido de sólidos solubles se incrementó en las uvas recubiertas con las formulaciones 1 (8%) y 3 (12%). Las uvas recubiertas con la formulación 2 (10%) obtuvieron en promedio 16 °Brix,

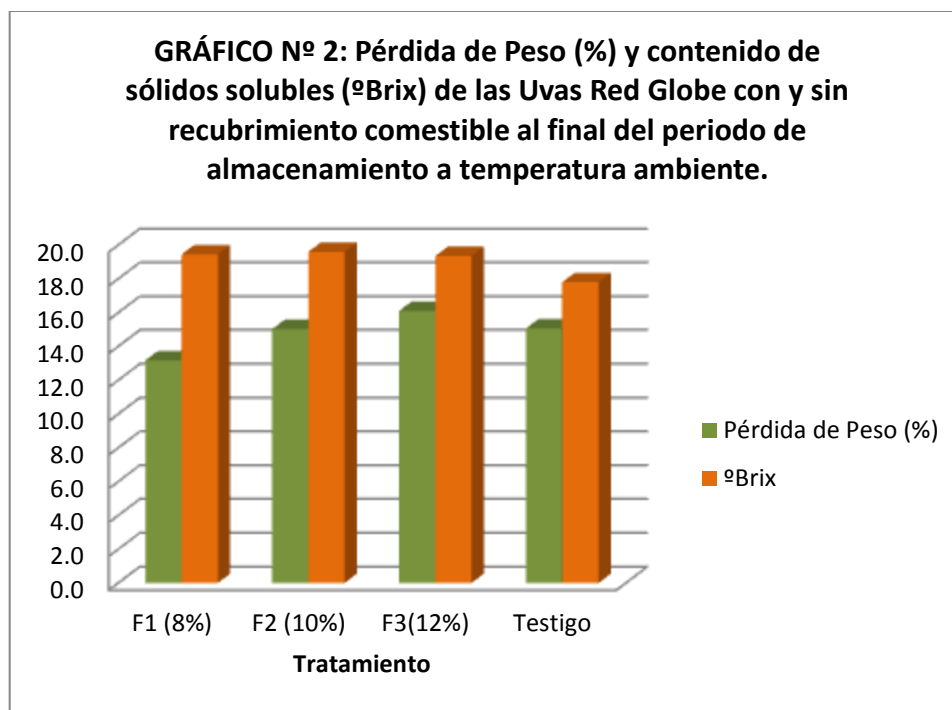
mientras las formulaciones 1 (8%) y 3 (12%) obtuvieron en promedio 16.7 °Brix al inicio del almacenamiento.

Tabla N° 18. °Brix promedio de las Uvas Red Globe recubiertas y no recubiertas por día según la formulación.

FORMULACIÓN	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
FORMULACION I (8%)	16,7	17,0	18,4	18,6	19,0	19,3	19,5
FORMULACION II (10%)	16,0	17,0	17,6	18,4	18,8	19,2	19,6
FORMULACION III (12%)	16,7	17,5	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
TESTIGO	15,7	16,3	17,2	17,4	17,5	17,7	17,8

Fuente: Los Autores (2015).

Al final del período de almacenamiento de 7 días a temperatura ambiente, todos los lotes de uvas presentaron un aumento en el contenido de sólidos solubles con respecto a su valor inicial. La uva testigo mostró el menor contenido de sólidos solubles (17,8 °Brix), seguido del lote de las uvas recubiertas con la formulación 3 (12%). El lote de las uvas recubiertas con la formulación 2 (10%) y la formulación 1 (8%) mostraron los valores más altos en el contenido de sólidos solubles con 19,6 y 19,5 °Brix respectivamente. En el gráfico N° 2 se puede observar la tendencia de la pérdida de peso total y el contenido de sólidos en las uvas Red Globe al final del período de almacenamiento.



Fuente: Los Autores (2015).

3.5.3. Acidez Titulable

En la tabla N° 19 se encuentran los valores promedio de los porcentajes de acidez titulable para los lotes de las uvas Red Globe sin recubrimiento y recubierta con las tres formulaciones propuestas en esta investigación.

Al inicio del periodo de almacenamiento, no hubo diferencia entre los porcentajes de acidez titulable de los lotes recubiertos con las tres formulaciones, incluyendo el testigo. La uvas recubiertas con la formulación 1

(8%) y 2 (10%) presentaron el porcentaje de acidez más bajo, mientras que las uvas testigo presentaron el valor más alto en promedio para este parámetro.

Tabla Nº 19. Acidez Titulable (% de ácido tartárico) de las Uvas Red Globe recubiertas y no recubiertas por día según la formulación.

FORMULACIÓN	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
FORMULACION I (8%)	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
FORMULACION II (10%)	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
FORMULACION III (12%)	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
TESTIGO	0,07	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,14

Fuente: Los Autores (2015).

Después de 7 días de almacenamiento a temperatura ambiente, no se observó diferencia entre los porcentajes de acidez titulable para las uvas recubiertas, pero para las uvas testigo presentó una diferencia bastante alta respecto a las uvas recubiertas. El lote de las uvas recubiertas con la formulación 3 (12%) presentó el porcentaje de acidez más bajo comparados con el resto de los lotes tratados, seguido las uvas recubiertas con la formulación 1 (8%) y 2 (10%) con un porcentaje de acidez de 0,06 y 0,07, respectivamente. Las uvas testigo presentaron un porcentaje de acidez de 0,14.

3.5.4. Alimentos Recubiertos

Tabla Nº 20. Evaluaciones Sensoriales de diversos alimentos recubiertas con diferentes formulaciones.

Características Organolépticas		Color	Textura	Olor	Sabor	Aroma
Formulación	Alimentos					
8 %	Uva	Opaco	Firme	Característico	Característico	Característico
	Aguaymanto	Traslúcido	Firme	Característico	Característico	Característico
	Queso Fresco	Crema	Muy rígida	Característico	Extraño	Extraño
	Queso tipo Suizo	Crema oscuro	Rígida	Característico	Característico	Característico
	King Kong	Característico	Característico	Característico	A película	Característico
10 %	Uva	Opaco	Semi rígida	A lactosuero	Característico	Característico
	Aguaymanto	Opaco	Característico	Característico	Extraño	Extraño
	Queso Fresco	Crema	Muy rígida	Característico	Descompuesto	Extraño
	Queso tipo Suizo	Crema oscura	Rígida	Característico	Dulce	Característico
	King Kong	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
12%	Uva	Opaco	Firme	Inodoro	Característico	Característico
	Aguaymanto	Opaco	Característico	Característico	Característico	Característico
	Queso Fresco	Crema	Muy rígida	Característico	Extraño	Extraño
	Queso tipo Suizo	Crema oscura	Rígida	Característico	Poco dulce	Característico
	King Kong	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico

Fuente: Los Autores (2015).

3.6. Evaluación Sensorial

3.6.1. Formulación 1 (8%)

Tabla Nº 21. Tabla de resultados prueba de comparación pareada de dos colas para la formulación 1 (8%).

Productos Evaluados	Muestra de King Kong con y sin película comestible.
Cantidad de Jueces	9
% Hombres	33,33
% Mujeres	66,67
Total de Juicios	18
Juicios correctos*	16
Probabilidad de azar**	0,5

* Es decir 16 de los jueces participantes consideraron las muestras diferentes.

** Probabilidad máxima de respuestas al azar (es 0.5 por ser una prueba pareada).

Fuente: Los Autores (2015).

Los resultados se analizaron siguiendo la prueba de Ji - cuadrado (χ^2), la cual permite comparar dos muestras y saber si son diferentes significativamente o no, los datos de entrada de esta prueba son los siguientes:

$n = 18$ (Total de juicios).

$x_i = 16$ (Juicios correctos).

$p = 0.5$ (Probabilidad de azar).

Con estos datos calculamos $\chi^2_{\text{experimental}}$ de la siguiente manera:

$$\chi^2_{exp} = \frac{[(x_i - n * p) - 0.5]^2}{n * p * (1 - p)}$$

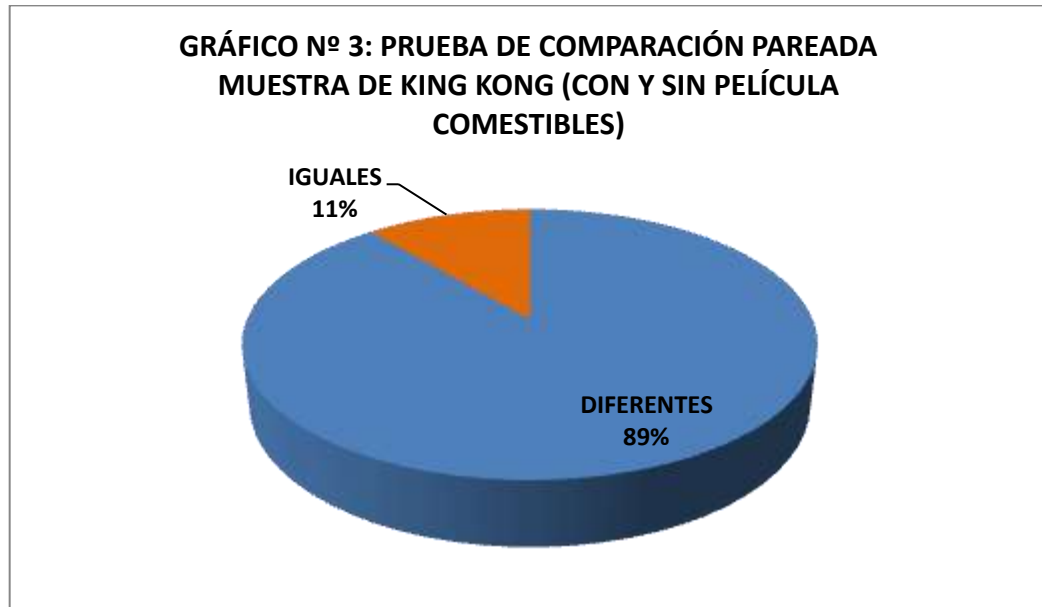
$$\chi^2_{exp} = \frac{[(16 - 18 * 0.5) - 0.5]^2}{18 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$\chi^2_{exp} = 9.39$$

Luego se determina el Chi - cuadrado de Pearson, donde el Chi - cuadrado de Pearson es 0.0022 que vendría ser el χ^2_{tabulado} .

Como $\chi^2_{exp} > \chi^2_{\text{tabulado}}$: existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación de 0.05 (es decir tenemos un nivel de confianza del 95% en estos resultados).

A continuación se presenta el resultado gráfico de la prueba de Comparación Pareada efectuada por los jueces.



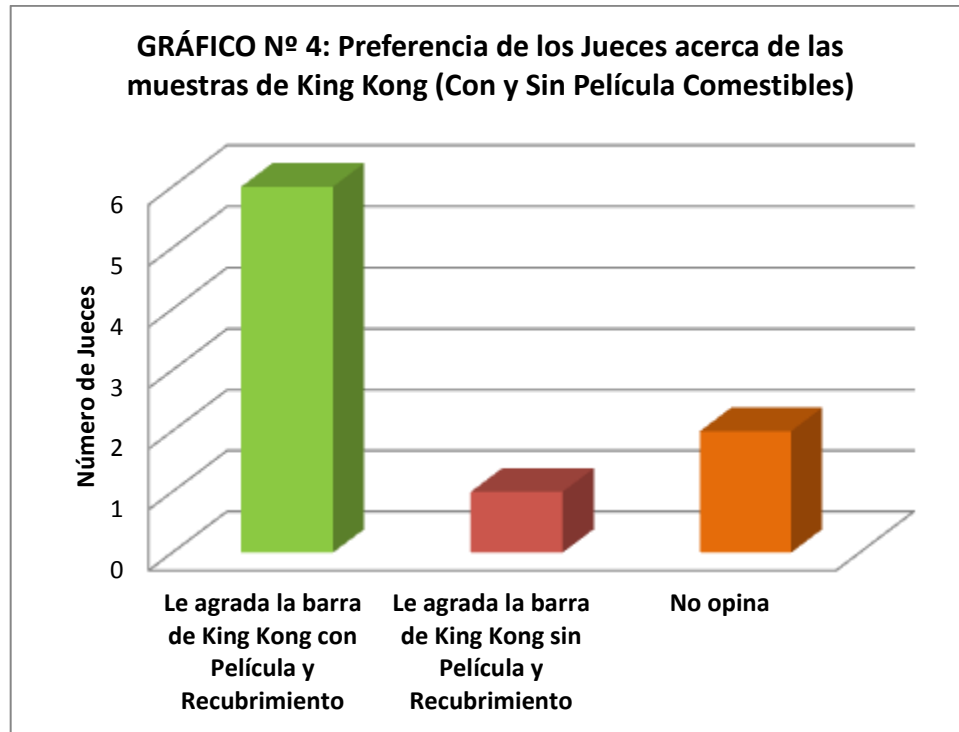
Fuente: Los Autores (2015).

Comentarios hechos por los jueces consumidores según el tipo de muestra de King Kong:

Los comentarios realizados por los jueces a cada muestra de King Kong siempre fueron referidos al código asignado a cada una de ellas, en el momento de realizar este informe en vez del código asignado a cada una de ellas se colocó la película comestible que contenía la muestra de King Kong.

El 89% de los jueces consumidores encontraron diferencia entre la muestra de King Kong con y sin película comestible, además 66,67% prefirieron la muestra de King Kong con película comestible, porque era más dulce, con textura suave

y sabor agradable. Mientras el 11,11% prefieren la muestra de King Kong sin película comestible. El 22,22% restante no manifiestan su opinión al respecto.



Fuente: Los Autores (2015).

Por lo tanto, las conclusiones del anterior estudio son las siguientes:

- Una vez realizada la evaluación sensorial y procesado los resultados se concluye que las muestras de King Kong con y sin película y recubrimiento comestible presentan diferencias

significativas en sus atributos sensoriales, esto lo podemos afirmar con un 95% de confianza.

Las respuestas emitidas por la mayoría de los evaluadores (66,67%), afirman que las muestras de King Kong con película son más apetecible y ligeramente más dulce que la otra muestra en comparación.

3.6.2. Formulación 2 (10%)

Tabla Nº 22. Tabla de resultados prueba de comparación pareada de dos colas para la formulación 2 (10%).

Productos Evaluados	Muestra de King Kong con y sin película comestible.
Cantidad de Jueces	9
% Hombres	0
% Mujeres	100.00
Total de Juicios	18
Juicios correctos*	18
Probabilidad de azar**	0,5

* Es decir 16 de los jueces participantes consideraron las muestras diferentes.

** Probabilidad máxima de respuestas al azar (es 0.5 por ser una prueba pareada).

Fuente: Los Autores (2015).

Los resultados se analizaron siguiendo la prueba de Ji - cuadrado (χ^2), la cual permite comparar dos muestras y saber si son diferentes significativamente o no, los datos de entrada de esta prueba son los siguientes:

$n = 18$ (Total de juicios).

$x_i = 18$ (Juicios correctos).

$p = 0.5$ (Probabilidad de azar).

Con estos datos calculamos $\chi^2_{\text{experimental}}$ de la siguiente manera:

$$\chi^2_{\text{exp}} = \frac{[(x_i - n * p) - 0.5]^2}{n * p * (1 - p)}$$

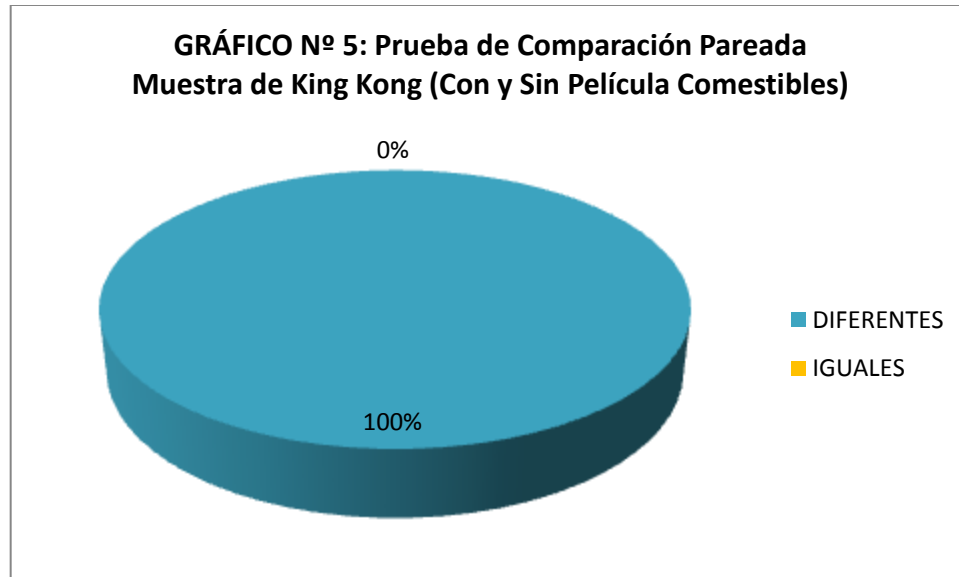
$$\chi^2_{\text{exp}} = \frac{[(18 - 18 * 0.5) - 0.5]^2}{18 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$\chi^2_{\text{exp}} = 16.06$$

Luego se determina el Chi - cuadrado de Pearson, donde el Chi - cuadrado de Pearson es 0.00006 que vendría ser el χ^2_{tabulado} .

Como $\chi^2_{\text{exp}} > \chi^2_{\text{tabulado}}$: existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación de 0.05 (es decir tenemos un nivel de confianza del 5% en estos resultados).

A continuación se presenta el resultado gráfico de la prueba de Comparación Pareada efectuada por los jueces.



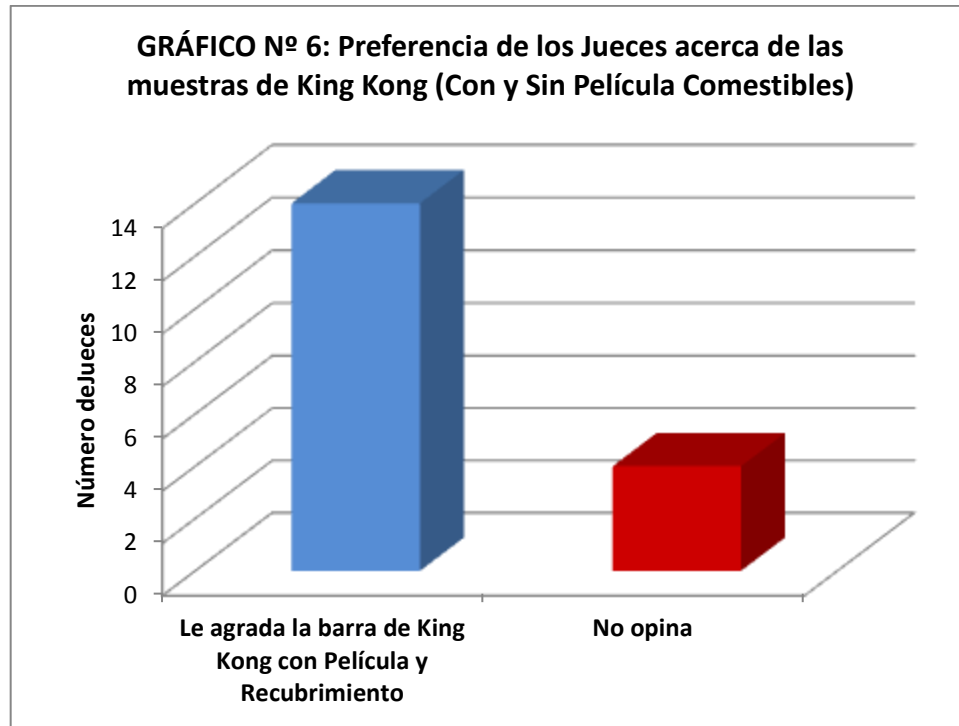
Fuente: Los Autores (2015).

Comentarios hechos por los jueces consumidores según el tipo de muestra de King Kong:

Los comentarios realizados por los jueces a cada muestra de King Kong siempre fueron referidos al código asignado a cada una de ellas, en el momento de realizar este informe en vez del código asignado a cada una de ellas se colocó la película comestible que contenía la muestra de King Kong.

Todos los jueces consumidores encontraron diferencia entre la muestra de King Kong con y sin película comestible, donde el 77,78% de los jueces les agrada la muestra de King Kong con película comestible, debido a que tenía mejor textura

y se percibía un sabor agradable extra; y el 22,22% no expresa su agrado o rechazo a la muestra.



Fuente: Los Autores (2015).

Las conclusiones del anterior estudio son las siguientes:

- El estudio realizado concluye que las muestras de King Kong con y sin película comestible presentan diferencias significativas en sus atributos sensoriales, esto lo podemos afirmar con un 95% de confianza.

- Los comentarios hechos por los jueces concluyen que la muestra de King Kong con película comestible es más exquisita, más suave y de sabor dulce que la muestra de King Kong sin película comestible.

3.6.3. Formulación 3 (12%):

Tabla Nº 23. Tabla de resultados prueba de comparación pareada de dos colas para la formulación 3 (12%).

Productos Evaluados	Muestra de King Kong con y sin película comestible.
Cantidad de Jueces	9
% Hombres	22,22
% Mujeres	77,78
Total de Juicios	18
Juicios correctos*	18
Probabilidad de azar**	0,5

* Es decir 16 de los jueces participantes consideraron las muestras diferentes.

** Probabilidad máxima de respuestas al azar (es 0.5 por ser una prueba pareada).

Fuente: Los Autores (2015).

Los resultados se analizaron siguiendo la prueba de Ji - cuadrado (χ^2), la cual permite comparar dos muestras y saber si son diferentes significativamente o no, los datos de entrada de esta prueba son los siguientes:

$n = 18$ (Total de juicios).

$x_i = 18$ (Juicios correctos).

$p = 0.5$ (Probabilidad de azar).

Con estos datos calculamos $x^2_{\text{experimental}}$ de la siguiente manera:

$$x^2_{exp} = \frac{[(x_i - n * p) - 0.5]^2}{n * p * (1 - p)}$$

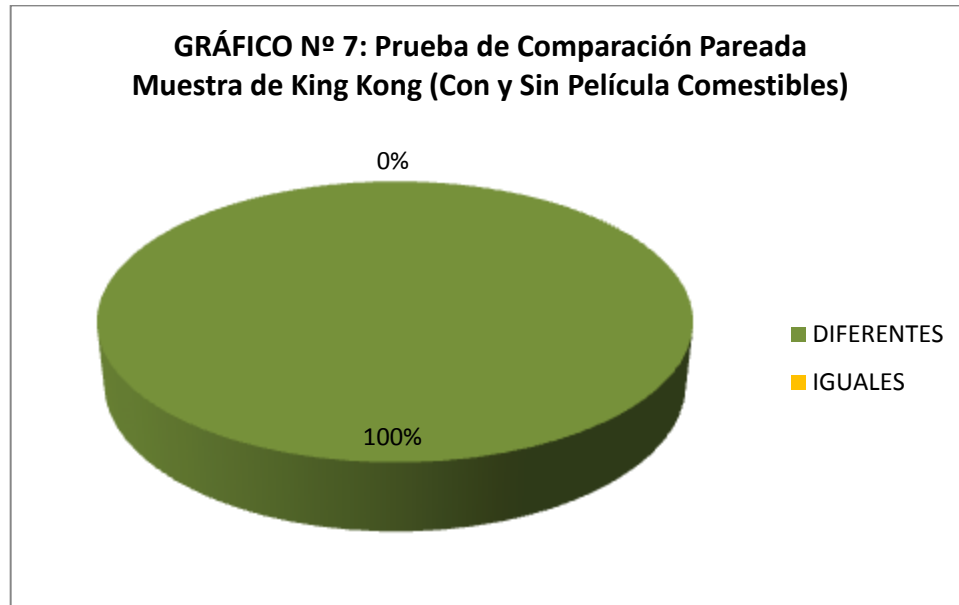
$$x^2_{exp} = \frac{[(18 - 18 * 0.5) - 0.5]^2}{18 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$x^2_{exp} = 16,06$$

Luego se determina el Chi - cuadrado de Pearson, donde el Chi - cuadrado de Pearson es 0.00006 que vendría ser el x^2_{tabulado} .

Como $x^2_{exp} > x^2_{\text{tabulado}}$: existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación de 0,05 (es decir tenemos un nivel de confianza del 5% en estos resultados).

A continuación se presenta el resultado gráfico de la prueba de Comparación Pareada efectuada por los jueces.



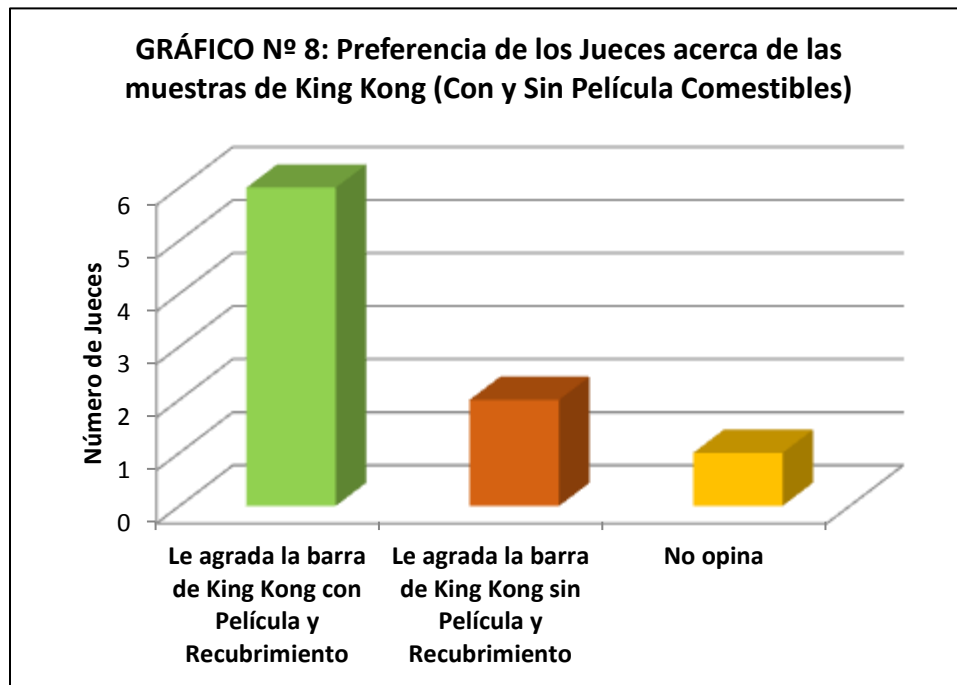
Fuente: Los Autores (2015).

Comentarios hechos por los jueces consumidores según el tipo de muestra de King Kong:

Los comentarios realizados por los jueces a cada muestra de King Kong siempre fueron referidos al código asignado a cada una de ellas, en el momento de realizar este informe en vez del código asignado a cada una de ellas se colocó la película comestible que contenía la muestra de King Kong.

Igualmente, todos los jueces consumidores encontraron diferencia entre la muestra de King Kong con y sin película comestible, pero el 66,67% de los jueces les encantan la muestra de King Kong con película comestible, porque tiene un sabor muy agradable y es dulce. Mientras que el 22,22% prefieren la

muestra de King Kong sin película comestible, debido a que este es más viscosa y posee un mayor contenido de azúcar y según para el juez está en su punto. El 11,11% restante no expresa su opinión al respecto.



Fuente: Los Autores (2015).

Las conclusiones del anterior estudio son las siguientes:

- El estudio realizado concluye que las muestras de King Kong con y sin película y recubrimiento comestible presentan diferencias significativas en sus atributos sensoriales, esto lo podemos afirmar con un 95% de confianza.

- La mayoría de las apreciaciones de los jueces (66,67%), señalan que las muestras con película comestible son de su agrado, por ser más agradables y presentar un sabor adicional dulce muy tenue. Mientras que el 22,22% de los evaluadores eligieron las muestras sin película comestible y un 11,11% de los jueces no expresan su elección

3.7. Resultados Microbiológicos

Se realizaron las pruebas de estabilidad microbiológica en las tres formulaciones, cuyos resultados se muestran en la tabla N° 24, de los cuales podemos afirmar que la formulación F_3 (12%) es la más estable microbiológicamente.

Del cuadro también se puede afirmar que en las formulaciones F_1 (8%) y F_2 (10%), se observa un crecimiento microbiano considerable en lo que respecta al recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g). Asimismo que esto es debido a la fuente de aire utilizado en el secador y la carga microbiana presente en el ambiente de la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, donde se realizó el secado y envasado de las muestras analizadas.

Tabla N° 24. Análisis Microbiológicos de la Película Comestible por Tiempo en semanas según la formulación y el tipo de microorganismos.

Tiempo		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Formulación	Tipos de Microorganismos				
Formulación 1 (8%)	Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	9	17	117	135
	Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**	<1**	<1**	<1**
	Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**	<1**	<1**	<1**
Formulación 2 (10%)	Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	7	18	115	170
	Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**	<1**	<1**	<1**
	Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**	<1**	<1**	<1**
Formulación 3 (12%)	Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	4	14	18	104
	Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**	<1**	<1**	<1**
	Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**	<1**	<1**	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

Fuente: Los Autores (2015).

Para elegir la mejor formulación para obtener la película comestible se otorgó mayor preponderancia a los resultados microbiológicos, permeabilidad, resultados fisicoquímicos y evaluación sensorial .en ese orden respectivamente. Siendo la formulación 3 (12%) en la que se obtuvo mejores resultados.

En lo que respecta al Recubrimiento comestible, se confrontaron los resultados pérdida de peso, grados brix y acidez tittulable en muestras de uva Red Globe, así como también el nivel de conservación de las bondades organolépticas de muestras recubiertas, siendo la formulación 1 (8%) en la que se obtuvo resultados favorables.

CAPÍTULO IV

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los objetivos planteados en la presente tesis, se concluye lo siguiente:

1. Se formuló adecuadamente la película y el recubrimiento comestibles, a partir de aprovechar de lactosuero en la región Lambayeque.
2. Se realizó la caracterización fisicoquímica proximal del lactosuero vacuno utilizado en la presente investigación, donde se obtuvo: Humedad = 90.00%, Carbohidratos Totales = 4,45%, Lactosa = 4,04%, Proteínas = 0.86%, Grasa = 0.40%, Cenizas = 0,11%.
3. Se logró diseñar el diagrama de flujo idóneo para la presente investigación, se llevaron a cabo las siguientes operaciones unitarias, para película comestible: Recepción (40°C)- Filtrado - Agitación Magnética (10 min a T° amb.) y Termomagnética - Gelatinización del Almidón (65 – 68°C) - Vertido – Secado (2h a 45°C) - Almacenado. Para recubrimiento comestible: Recepción (40°C) - Filtrado - Agitación Magnética (10 min a T° amb.) y Termomagnética - Gelatinización del Almidón (65 - 68°C) - Vertido - Aplicación del recubrimiento al alimento - Secado - Almacenado.

4. Se cumplió con el desarrollo de la evaluación sensorial de las muestras de King Kong con película comestible. Los resultados obtenidos muestran que las 3 formulaciones son del agrado de los jueces, destacando la formulación 2 (8%) en la cual la totalidad de las respuestas expresan la preferencia por esta muestra. Todos los resultados de la evaluación fueron procesados con el método estadístico Ji – Cuadrado, para propiciar la validez y confiabilidad de la prueba sensorial.
5. Se logró determinar los componentes nutricionales de la película comestible y del recubrimiento en base a 100 gramos de muestra de cada uno de ellos, los resultados obtenidos son los siguientes para la formulación 3 (12%): Humedad = 22,00%, Carbohidratos Totales = 67,50%, Lactosa = 4,49%, Proteína = 5,36%, Grasa = 0,54%, Ceniza = 0,11% y para la formulación 1 (8%): Humedad = 22,83%, Carbohidratos Totales = 67,32%, Lactosa = 4,48%, Proteína = 4,47%, Grasa = 0,77%, Ceniza = 0,13%.
6. Se desarrollaron las pruebas de estabilidad microbiológica, contando para ello con 12 muestras de película comestible (4 muestras de cada formulación), siendo la formulación 3 (12%) la que mostró resultados microbiológicos más estables y mucho menores en comparación con

las otras 2 formulaciones, cuyos resultados se muestran en la tabla N° 24.

7. Se evaluó la aplicación de recubrimiento comestible a muestras de Aguaymanto fresco, uva Red Globe, queso tipo Suizo y barra de King. En las barras de King Kong con recubrimiento se logró evaluar por un lapso de 2 semanas sus características sensoriales, las barras de King Kong recubiertas con la formulación 1 (8%) por el método de barnizado mostraron mejores resultados en cuanto a resaltar el relleno del producto, así como también a conservar la crocantes de la hojarasca. Para las muestras de uva Red Globe, la formulación 1 mostró mejores resultados.
8. La aplicación de recubrimiento comestible no es recomendado en muestras de Queso Fresco, aguaymanto y Fresa. Disminuyo los atributos de estas muestras, por lo que se puede afirmar que en estos alimentos no es preferible la aplicación del revestimiento comestible; ya que, en los cubos de queso fresco con recubrimiento se notó una rigidez muy pronunciada, en las bayas de aguaymanto con recubrimiento se disminuyó el color y brillo característico.

CAPÍTULO V

V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de película y recubrimiento comestibles a partir de este subproducto lácteo.
2. Se recomienda el consumo y difusión de este tipo de productos comestibles innovadores que sin duda mejoran, conservan las bondades del alimento al cual recubren y/o se adhieren.
3. Con fines de incrementar considerablemente la estabilidad microbiológica, se recomienda la aplicación de un agente bactericida de preferencia orgánico y que posea afinidad con el alimento al cual se aplicará.
4. Se recomienda realizar investigaciones similares, con la finalidad de diversificar las alternativas de aprovechamiento del Lactosuero y por consiguiente mitigar la contaminación ambiental que este efluente genera.
5. Se recomienda realizar estudios de vida útil de un alimento en el cual se halla aplicado este tipo de película o recubrimiento comestibles.

CAPÍTULO VI

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARADO, L. (2014). Análisis de Lactosuero. CocSlide. Consultado el 09 de Noviembre del 2015. Extraído de <http://myslide.es/documents/analisis-de-lactosuerodocx.html>.
2. ARVANITOYANNIS, L.; PSOMIADOU, E.; NAKAYAMA, A.; AIBA, S. Y YAMAMOTO, N. (1997). Edible films made from gelatin, soluble starch and polyols, part 3. Food Chemistry. 60(4): 593 - 604.
3. ASTM. (1989). Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials E 96-80. En *Annual book of ASTM standards* (Vol. 15) (pp. 745 - 754). Filadelfia, EUA: American Society for Testing and Materials.
4. AVENA - BUSTILLOS, R. Y KROCHTA, J. (1993). Water vapor permeability of caseinate - based edible films as affected by pH, calcium crosslinking and lipid content. Journal of Food Science. 58: 904 - 907.

5. BALDWIN, E.; NÍSPERO - CARRIEDO, M. Y BAKER, R. (1995). Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *Horticultural Science*. 30: 35 - 40.
6. BANKER, G. (1966). Film coating theory and practice. *Journal of Pharmaceutical Science*. 55: 81 - 89.
7. BARO, L.; JIMÉNEZ, J.; MARTÍNEZ, A. Y BOUZA, J. (2001). Péptidos y proteínas de la leche con propiedades funcionales. *J. Ars. Pharmaceutica*. 42(3 - 4): 135 - 145.
8. BARZANALLANA, R. (2013). Procedimiento que convierte en alimento plantas no comestibles. Consultado el 10 de noviembre del 2015.
Extraído de <http://www.marisolcollazos.es/tocacomer/2013/04/18/procedimiento-que-convierte-en-alimento-plantas-no-comestibles/>.
9. BECERRA, M. (1999). Secreción de la β - Galactosidasa de *Kluyveromyces lactis*. Memoria para aspirar el grado de Docto en Biología. Departamento de Biología Celular y Molecular. Facultad de Ciencias. Universidad de la Coruña. Coruña. Consultado el 10 de Noviembre del 2015. Extraído de

ruc.udc.es/dspace/bitstream/.../BecerraFernandez_Manuel_TD_1999.pdf
f.

10. BERRUGA, M.I.; JASPE, A. Y SANJOSE, C. (1997). Selection of yeast strains for lactose hydrolysis in dairy effluents. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 40: 119 - 123.
11. BOSQUEZ, E. (2003). Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del Limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*). Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. Consultado el 19 de Noviembre del 2015.
Extraído de http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/36028/1/hernandezjimenezce_cilia.pdf.
12. BOURTOOM, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 15(3): 167 - 180.
13. BOURTOOM, T. (2009). Edible protein films: properties enhancement. *International Food Research Journal*. 16(1): 1 - 9.

14. CALLEJAS, H.; PRIETO, G.; REYES, C.; MARMOLEJO, S. Y MÉNDEZ, M. (2012). Caracterización Fisicoquímica de un Lactosuero: Potencialidad de Recuperación de fósforo. Universidad de Guanajuato. Volumen 22. Número 1.
15. CASTILLO, M. (s.f). Especificaciones de Calidad de Envase y Embalaje. Reportaje Técnico. &EQUIPACK. Consultado el 10 de Diciembre del 2015. Extraído de <http://montsecastillo.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/Especificaciones-Envase-Embalaje1.pdf>.
16. CERVATO, G.; CAZZOLA, R. Y CESTARO, B. (1999). Studies on the antioxidant activity of milk caseins. International Journal Food Science and Nutrition. 50: 291 - 296.
17. CISNEROS - ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M. E. Y KROCHTA, J. (1997). Hygroscopic coatings control surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. Journal of Food Science. 62(2): 363 - 366, 398.
18. CHEN, H.; MURAMOTO, K. Y YAMAUCHI, F. (1995). Structural análisis of antioxidative peptides from soybean β -conglycinin. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 43 (3): 574 - 578.

19. CHICK, J. y USTUNOL, Z. (1998). Mechanical and barrier properties of lactic acid and rennet precipitated casein-based edible films. *Journal of Food Science*. 63: 1024 - 1027.
20. CONGOTE, P. (2010). Entrenamiento del Panel Sensorial de la Compañía de Galletas Noel S.A.S. en pruebas discriminativas y descriptivas. Informe de Práctica Empresarial para optar el título de Ingeniera de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas.
21. CONTRERAS - MEDELLÍN, R. Y LABUZA, T. (1981). Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Food World*, 26:335 - 343.
22. CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J. Y GUILBERT, S. (1998). Packaging films based on myofibrillar proteins: Fabrication, properties and applications. *Nahrung/Food*. 42: 260 - 263.
23. CURY, K. (2013). Evaluación del proceso de fermentación del Lactosuero Ácido (Entero y Desproteinizado) utilizando *Lactobacillus casei*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en

Ciencias Agroalimentarias con énfasis en Tecnología de los Alimentos.
 Facultad de Ingenierías. Universidad de Córdoba. Berástegui, Córdoba.
 Consultado el 09 de Noviembre del 2015. Extraído de
[http://web.www3.unicordoba.edu.co/sites/default/files/8_EVALUACION%20DEL%20PROCESO%20DE%20FERMENTACION%20DEL%20LACTOSUERO%20%C3%81CIDO%20\(ENTERO%20Y%20DESPROTEINIZADO\)%20UTILIZANDO%20Lactobacillus%20casei.pdf](http://web.www3.unicordoba.edu.co/sites/default/files/8_EVALUACION%20DEL%20PROCESO%20DE%20FERMENTACION%20DEL%20LACTOSUERO%20%C3%81CIDO%20(ENTERO%20Y%20DESPROTEINIZADO)%20UTILIZANDO%20Lactobacillus%20casei.pdf).

24. DANGARAN, K. Y KROCHTA, J. (2007). Preventing the loss of tensile, barrier and appearance properties caused by plasticizer crystallization in whey protein films. International Journal of Food Science and Technology. 42(9): 1094 - 1100.
25. DEBEAUFORT, F.; MARTÍN - POLO, M. Y VOILLEY, A. (1993). Polarity homogeneity and structure affect water vapor permeability of model edible films. Journal of Food Science. 58(2): 426 - 429.
26. DEBEAUFORT, F.; QUEZADA - GALLO, J. Y VOILLEY, A. (1998). Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 38(4): 299 - 313.

27. DIAB, T.; BILIADERIS, G.; GERASOPOULOS, D. Y SFAKIOTAKIS, E. (2001). Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81: 988 - 1000.
28. ELÍAS, R.; MCCLEMENTS, D. Y DECKER, E. (2005). Antioxidant activity of cysteine, tryptophan, and methionine residues in continuous phase β -lactoglobulin in oil-in-water emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 10 248 - 10 253.
29. EROSKI CONSUMER. (2009). La yuca o Mandioca. Consultado el 10 de Noviembre del 2015. Extraído de <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/legumbres-y-tuberculos/2003/12/18/92848.php>.
30. FANELLI, B. (2009). Almidón. Universidad Nacional de Quilmes. Área Química de los Alimentos. http://psцени.blog.unq.edu.ar/modules/docmanager/view_file.php?curent_file=78&curent_dir=26.
31. FAO. (1997). La Leche y los productos lácteos en la nutrición humana. México D. F.: FAO.

32. FLORES, S.; FAMÁ, L.; ROJAS, A.; GOYANES, S. Y GERSCHENSON, L. (2007). Physical properties oftapioca - starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. Food Research International 40 (2007) 257 - 265.
33. FLORES, S.; COSTA, D.; YAMASHITA, F.; GERSCHENSON, L. y GROSSMANN, V. (2009). Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion. Materials Science and Engineering C 30 (2010) 196 - 202.
34. FOEGEDING, E. Y LUCK, P. (2002). Whey protein products. 1957 - 1960. In: Caballero, B., L. Trugo, P. Finglas (Eds.). Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition. Academic Press, New York.
35. GARCÍA, M.; MARTINO, M. Y ZARITZKY, N. (2000a). Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. J. Food Sci. 65(6): 941-947.

36. GARCÍA, M.; MARTINO, M. Y ZARITZKY, N. (2000b). Microstructural characterization of plasticized starch-based films. *Starch/Stärke*. 52: 118 - 124.
37. GARCÍA, M.; MARTINO, M. Y ZARITZKY, N. (1998). Starch-based coatings: effect on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 76: 411 - 420.
38. GENNADIOS, A. Y WELLER, C. (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*. 44(10): 63 - 69.
39. GENNADIOS, A.; WELLER, C. Y TESTIN, R. (1993a). Property modification of edible wheat, gluten-based films. *American Society of Agricultural Engineering*. 36(2): 465 - 470.
40. GENNADIOS, A.; WELLER, C. Y TESTIN, R. (1993b). Temperature effect on oxygen permeability of edible protein-based films. *Journal of Food Science*. 58: 212 - 214, 219.
41. GENNADIOS, A.; MCHUGH, T.; WELLER, C. Y KROCHTA, J. (1994). Edible coating and films based on protein. En: *Edible Coatings and*

Films to Improve Food Quality. Eds. Krochta J.M., Balwin E.A., Nisperos - Carriedo M.O. Technomic Publishing, Lancaster, PA. p. 201 - 277.

42. GENNADIOS, A.; WELLER, C.; HANNA, M. Y FRONING, G. (1996). Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *Journal of Food Science*. 61: 585 - 589.

43. GONTARD, N.; MARCHESSEAU, S.; CUQ, J. Y GUILBERT, S. (1995). Water vapour permeability of edible bilayer films of wheat gluten and lipids. *International Journal of Food Science and Technology*. 30: 49 - 56.

44. GUILBERT, S. (1986). Technology and application of edible protective films. En: *Food Packaging and Preservation*. Ed. Mathlouthi M. Elsevier Applied Science, New York, USA. p. 371.

45. GUILBERT, S. Y BIQUET, B. (1995). Edible films and coatings. En: *Food packaging technology*. Eds. Bureau G., Multon J. L. VCH Publishers, Inc, New York, USA. p. 315 - 353.

46. HA, E. Y ZEMEL, M. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: Mechanisms underlying health

benefits for active people. The Journal of Nutritional Biochemistry 14(5): 251 - 258.

47. HARDENBURG, R. (1967). Wax and Related Coatings for Horticultural Products. A bibliography. Ed. United States Department of Agricultural. Agricultural Research Service Publication, USA. p. 51 - 15.

48. HATTORI, M.; YAMAJI - TSUKAMOTO, K.; KUMAGAI, H.; FENG, Y. Y TAKAHASHI, K. (1998). Antioxidant activity of soluble elastin peptides. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 2 167 - 2 170.

49. HERNÁNDEZ, C. (2014). Elaboración y caracterización de Película comestible a base de Quitosano y Aceite esencial de Limón. Tesis para acreditar la Experiencia Educativa. Programa Educativo de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. Xalapa. Consultado el 19 de Noviembre del 2015. Extraído de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/36028/1/hernandezjimenezcecilia.pdf>.

50. HINRICHS, R.; GOTZ, J.; NOLL, M.; WOLFSCHOON, A.; EIBEL, H. Y WEISSER, H. (2004). Characterization of different treated whey protein

concentrates by means of low-resolution nuclear magnetic resonance. International Dairy Journal 14(9): 817 - 827.

51. HUI, Y. (1993). Dairy Science and Technology Handbook 1. Principles and properties. Primera edición. VCH Published, New York. 398 p.
52. IBRAHIM, F.; BABIKER, E.; YOUSIF, N. Y TINAY, A. (2005). Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein. Food Chemistry 92(2): 285 - 292.
53. IWAMI, K.; HATTORI, M. E IBUKI, F. (1987). Prominent antioxidant effect of wheat gliadine on linoleate peroxidation in powder model systems at higher water activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 35: 628 - 631.
54. JÁUREGUI, N. (2010). Aprovechamiento del Lactosuero de Quesería en el Centro Experimental de Formación Profesional de Cajamarca (CEFOP N° 7). Monografía para optar el título profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por la modalidad de Actualización Profesional. Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias. Lambayeque. Perú.

55. JELEN, P. (2003). Whey processing. Utilization and Products. 2739 - 2745. In: H. Roginski, J. W. Fuquay and P. F. Fox (Eds.). Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press, London, Uk.
56. KAMPER, S. Y FENNEMA, O. (1984). Water vapor permeability of an edible fatty acid, bilayer films. Journal of Food Science. 49: 1482 - 1485.
57. KAYSERILIOGLU, D.; STEVELS, W.; MULDER, W. Y AKKAS, N. (2001). Mechanical and biochemical characterization of wheat gluten films as a function of pH and cosolvent. Starch, 53, 381–386.
58. KESTER, J. Y FENNEMA, O. (1986). Edible films and coatings: a review. Food Technology. 40: 47 - 59.
59. KIM, K.; MARX, D.; WELLER, C. Y HANNA, M. (2003). Influence of sorghum wax, glycerin, and sorbitol on physical properties of soy protein isolates films. Journal of American Oil Chemists' Society. 80(1): 71 - 76.
60. KOKOSZKA, S.; DEBEAUFORT, F.; HAMBLETON, A.; LENART, A. Y VOILLEY, A. (2010). Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 11(3): 503 - 510.

61. KROCHTA, J. (2002). Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status and opportunities- En: Protein-Based Films and Coatings. Ed. Gennadios A. CRC Press. Boca Raton, UK. P. 1 - 32.
62. KROCHTA, J. M. Y DE MULDER - JOHNSTON, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: Challenges and oportunities. Food Technology. 51(2): 61 - 74.
63. LAI, H. Y PADUA, G. (1997). Properties and microstructure of plasticized zein films. Cereal Chem., 74(6), 771 - 775.
64. LAI, H.; PADUA, G. Y WEI, L. (1997). Properties and microstructure of zein sheets plasticized with palmitic and stearic acids. Cereal Chem., 74(1), 83 - 90.
65. LEE, K.; SHIM, J. Y LEE, H. (2004). Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. Carbohydrate Polymers 56, 251 - 254.
66. LETENDER, M.; D'APRANO, G.; LACROIX, M.; SALMIERI, S. Y ST-GELAIS, D. (2002). Physicochemical properties and bacterial resistance

of biodegradable milk protein films containing agar and pectin. J. Agric. Food Chem., 50, 6017–6022.

67. LIEBERMAN, E. Y GILBERT, S. (1973). Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plasticizer content. Journal of Polymer Science. 41: 33 - 43.

68. LINDEN, G Y LORIENT, D. (1996). Bioquímica Agroindustrial: Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial Acribia, Zaragoza. España. 454 p.

69. LIU, X.; CHUNG, K.; YANG, S. Y YOUSEF A. (2005). Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. Journal Process Biochemistry 40: 13 - 24.

70. LONDOÑO, M.; SEPÚLVEDA, J.; HERNÁNDEZ, A. Y PARRA, J. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *lactobacillus casei*. Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín 61(1): 4409 - 4421.

71. LÓPEZ, A. (2012). Diseño, desarrollo y aplicación de Envases Comestibles potencialmente bioactivos. Tesis doctoral. Departamento

de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

72. LÓPEZ, A. (2008). Manual de Industrias Lácteas.
73. MADRID, V. (1999). Curso de Industrias Alimentarias. Tercera edición. Págs. 223, 224 y 225.
74. MALI, S.; GROSSMANN, M.; GARCÍA, M.; MARTINO, M. Y ZARITZKY, N. (2005). Mechanical and thermal properties of yam starch films. Food Hydrocoll, 19, 157 - 164.
75. MAZURA, M.; MAZILAH, A.; Norziah, M. y KARIM, A. (2007). Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil. Journal of Food Science 72 (6), 324 - 330.
76. MCHUGH, T. Y KROCHTA, J. (1994a). Sorbitol - vs. glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42(4): 841 - 845.

77. MCHUGH, T. Y KROCHTA, J. (1994b). Water vapor permeability properties of edible whey protein - lipid emulsion films. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 71: 307 - 312.
78. MCHUGH, T. Y SENESI, E. (2000). Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 65(3), 480 - 485. Doi: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb16032.x.
79. MEI, Y.; ZHAO, Y.; YANG, J. Y FURR, H. (2002). Using edible coating to enhance nutritional a sensory qualities of baby carrots. *Journal of Food Science*. 67: 1964 - 1968.
80. MELLENTHIN, W.; CHEN, P. Y BORGIC, D. (1982). In-line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of 'Bartlett' and 'd' Anjou' pears. *HortScience*. 17: 215 - 217.
81. MILLER, K.; CHIANG, M. Y KROCHTA, J. (1997). Heat curing of whey protein films. *Journal of Food Science*. 62: 1189 - 1193.

82. MILLER, K.; UPADHYAYA, S. Y KROCHTA, J. (1998). Permeability of d-Limonene in Whey Protein Films. *Journal of Food Science*. 63(2): 244 - 247.
83. MIRAMONT, S. (2012). Recubrimientos elaborados a partir de Biopolímeros para el soporte de Sustancias con actividad antimicrobiana: Carvacrol y Sorbatos. Tesis de Maestría en Tecnología de los Alimentos. Escuela de Posgrado. UTN.BA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
84. MOORTHY, S. (2004). Tropical sources of starch. En C.Eliasson, *Starch in food. Structure, function and applications*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
85. NÍSPEROS - CARRIEDO, M. (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides. En: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Eds. Krochta J. M., Balwin E. A., Nisperos - Carriedo M. O.: Technomic Publishing, Lancaster, Basel. p. 305 - 330.
86. NÍSPEROS - CARRIEDO, M. Y SHAW, P. (1990). Comparison of volatile flavour components in fresh and processed orange juices. *Journal of Agriculture Chemistry*. 38:1048 - 1052.

87. OSÉS, J.; FERNÁNDEZ - PAN, I. (2008). Uses of edible films based on whey protein isolate to protect foods rich in polyunsaturated fatty acids. *European Food Research and Technology*. 227(2): 623 - 628.
88. PARK, P.; JUNG, W.; NAM, K.; SHAHIDI, F. Y KIM, S. (2001). Purification and characterization of antioxidative peptides from protein hydrolysate of lecithin-free egg yolk. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 78: 651 - 656.
89. PARK, H.; BUN, J.; WELLER, C.; VERGANO, P. Y TESTIN, R. (1994). Water vapor permeability and mechanical properties of grain protein-bases films as affected by mixtures of polyethylene glycerol and glycerin plasticizers. *International Journal of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 37: 1281 - 1285.
90. PARK, H.; WELLER, C.; VERGANO, P. Y TESTIN, R. (1993). Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. *Journal of Food Science*. 58(6): 1361 - 1364.

91. PARRA, D.; TADINI, C.; PONCE, P. Y LUGAO, A. (2004). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. *Carbohydrate Polymers*, 58, 475 - 481.
92. PARRA, R. (2009). Lactosuero: Importancia en la Industria de Alimentos. Tunja, Colombia. Consultado el 21 de Setiembre del 2015. Extraído de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf>.
93. PARZANESE, M. (2008). Procesamiento de Lactosuero. Tecnología para Industria Alimentaria. Alimentos. MinAgri, Argentina. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficca_13_Lactosuero.pdf.
94. PARZANESE, M. (s.f.). Tecnologías para La Industria Alimentarias. Películas y Recubrimientos Comestibles.
95. PAVLATH, A. Y ORTS, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how. En: *Edible Films and Coatings for Food Applications* Eds. Embuscado M.E., Huber K.C. Springer Science and Business Media, LLC, New York, USA. P. 1 - 23.

96. PEÑA - RAMOS, E. Y XIONG, Y. (2001). Antioxidative activity of whey protein Hydrolyzates in a liposomal system. *Journal of Dairy Science*. 84: 2 577 - 2 583.
97. PEÑA - RAMOS, E. Y XIONG, Y. (2003). Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. *Meat Science*. 64: 259 - 263.
98. PÉREZ - GAGO, M. Y KROCHTA, J. (2005). Emulsion and bi-layer films. En: *Innovations in Food Packaging*. Ed. Han J.H. Academic Press, United Kingdom. p. 384 - 402.
99. PESCUZZA, M.; HÉRBET, E.; MOZZI, F. Y FONT, G. (2008). Whey fermentation by thermophilic lactic acid bacteria: Evolution of carbohydrates and protein content. *Food Microbiology* 25(3): 442 - 451.
100. PETERSEN, K. Y VAEGGEMOSE, P. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*. 10(2): 52 - 68.
101. PINTADO, P. (2012). Elaboración de Manjar utilizando suero de quesería a diferentes niveles como sustituto de la leche en el cantón

Pastaza. Tesis de Grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador.

102. PRANOTO, Y.; SALOKHE, V. Y RAKSHIT, S. (2005). Physical and antibacterial properties of alginatebased edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International* 38, 267 - 272.

103. RESTREPO, M. (2006). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Revista Producción + Limpia* - Enero - Junio. Artículo de revisión 1(1):87 - 101.

104. RHIM, J.; WU, Y.; WELLER, C. Y SCHNEPF, M. (1999). Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and propyleneglycol alginate. *Journal of Food Science*. 64: 149 - 152.

105. RHIM, J. Y SHELLHAMMER, T. (2005). Lipid - based edible films and coatings. En: *Innovations in Food Packaging*. Ed. Han J. Academic Press, United Kingdom. p. 362 - 383.

106. RHIM, J.; LEE, J. Y NG, P. (2007). Mechanical and barrier properties of biodegradable - based films coated with polylactic acid. *Lebensmittel* -

Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology. 40: 232 - 238.

107. RIOFRÍO, R. (2014). Caracterización de Lactosuero proveniente de cuatro producciones de diferentes tipos de queso. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero en Alimentos. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Universidad San Francisco de Quito. Quito. Consultado el 29 de Noviembre del 2015. Extraído de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3177/1/000110271.pdf>.
108. ROBLES, J. (s.f.). Control de Calidad de Envases y Embalajes de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca - Perú.
109. RODRÍGUEZ, L. (2011). Evaluación de recubrimientos comestibles proteicos aplicados al salmón del Atlántico (*Salmo salar*) congelado: estudio de diferentes formulaciones y tratamientos tecnológicos. Tesis Doctoral. Área de Tecnología de los Alimentos. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo.

110. ROMERO, C.; ZAMUDIO, P. y Bello. (2011). Antimicrobianos en películas de almidón de plátano: efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y barrera. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 10, N° 3 (2011). 445 – 453.
111. RONDA, E. (2000). Memorias de Conferencia: “El suero lácteo de quesería: el ayer y el presente”. En: *Revista Real Academia de Ciencias Veterinarias*. Fecha de publicación: 09 - 02.
112. SHARP, J.; BECKER, J. Y HETTICH, R. (2004). Analysis of protein solvent accessible surfaces by photochemical oxidation and mass spectrometry. *Analytical Biochemistry*. 76 (3): 672 - 683.
113. STADTMAN, E. (1993). Oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins by radiolysis and by metal-catalyzed reactions. *Annual Review of Biochemistry*. 62: 797 - 821.
114. SOTHORNVIT, R. Y KROCHTA, J. (2000). Plasticizer effect on oxygen permeability of β -lactoglobulin films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 (12): 6298 - 6302.

115. SOTHORNVIT, R. Y KROCHTA, J. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of betalactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*. 50: 149 - 155.
116. SOTHORNVIT, R. Y KROCHTA, J. (2005). Plasticizers in edible films and coatings. En: *Innovations in Food Packaking*. Ed. Han J. H. Academic Press, United Kingdom. p. 403 - 433.
117. SUETSUNA, K.; UKEDA, H. Y OCHI, H. (2000). Isolation and characterization of free radical scavenging activities peptides derived from casein. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 11: 128 - 131.
118. THARANATHAN, R. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*. 14(3): 71 - 78.
119. TAPIA - BLÁCIDO, D.; SOBRAL, P. Y MENEGALLI, F. (2005). Development and characterization of biofilms based on amaranth flour (*Amaraanthus caudatus*). *Journal of Food Engineering*. 67: 215 - 223.
120. TETRA PAK, Enciclopedia Virtual. (2002). Manual de Industrias Lácteas. Págs. 101, 102, 103 y 104.

121. TOMÁS, S.; CRUZ - OREA, A.; STOLIK, S.; PEDROZA - ISLAS, R.; VILLAGÓMEZ - ZAVALA, D. Y GÓMEZ - CORONA, C. (2004). Determination of the thermal diffusivity of edible films. International Journal of Thermophysics. 25: 611 - 620.
122. TONG, L.; SASAKI, S.; MCCLEMENTS, D. Y DECKER, E. (2000). Mechanisms of the antioxidant activity of a high molecular weight fraction of whey. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48: 1473 - 1478.
123. TORO, P. (2011). Elaboración de Queso Mozzarella (utilizando leche de bovino) a partir de cuatro tipos de leche acidulada con un cultivo termófilo (*streptococcus thermophilus*), ácido cítrico, ácido láctico y suero ácido, utilizando 2 tipos de coagulación. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. Consultado el 09 de Noviembre del 2015. Extraído de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T-UTC-0552.pdf>.

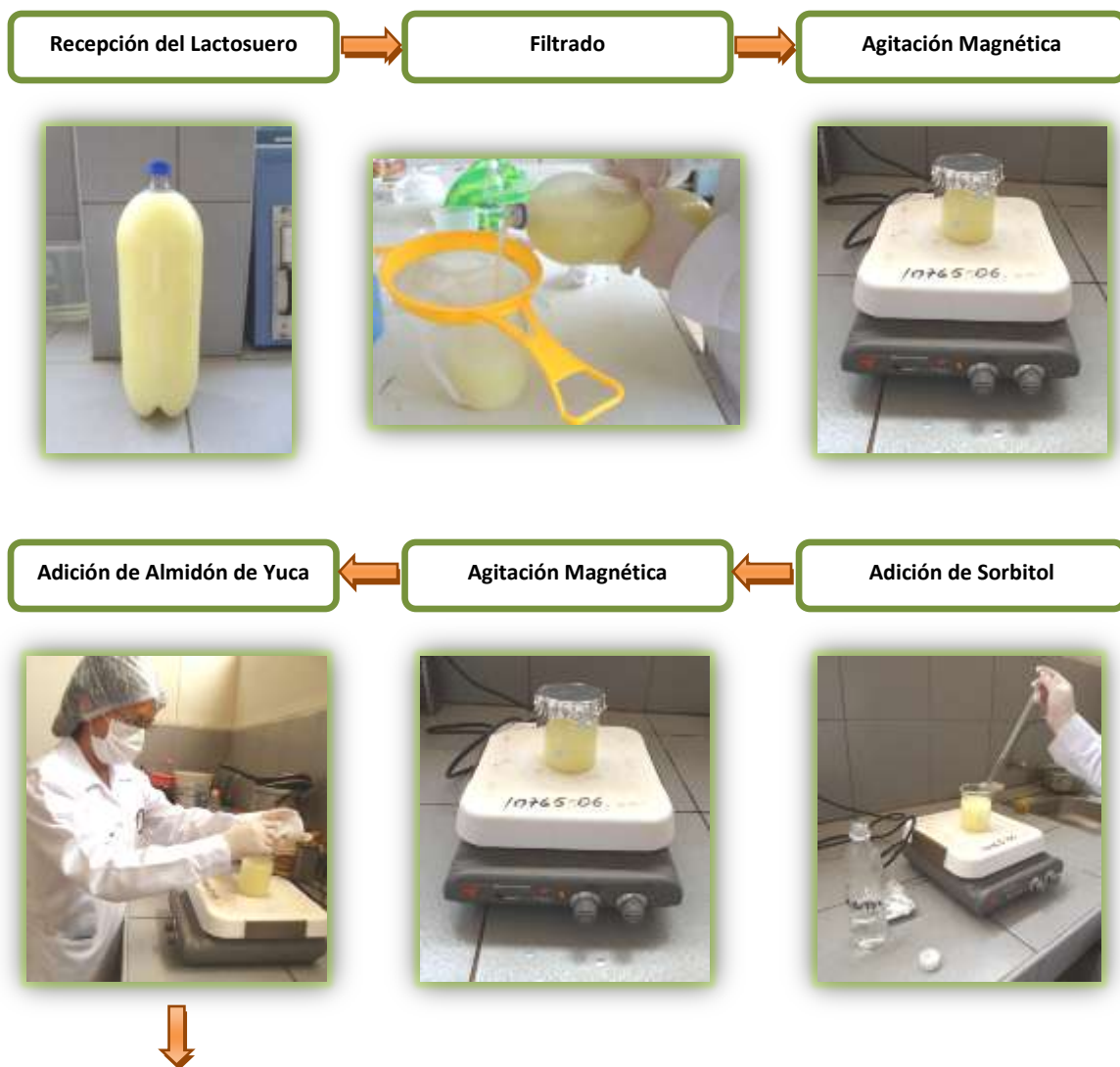
124. TORRES, J. (1994). Edible films and coatings from proteins. En: Protein Functionality in Food Systems. Eds. Hettiarachchy N.S., Ziegler G. R., Dekker M. IFT and Marcel Dekker Inc., New York, USA. p. 248 - 281.
125. TSUGE, N.; EIKAWA, Y.; NOMURA, Y.; YAMAMOTO, M. Y SUGISAWA, K. (1991). Antioxidant activity of peptides prepared by enzymatic hydrolysis of egg-white albumin. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 65: 1635 - 1641.
126. UE-PERÚ/PENX. (2003). Presentación Taller de Capacitación en el uso de Envases y Embalajes para Exportación. Consultado el 10 de Noviembre del 2015. Extraído de http://www.mincetur.gob.pe/comercio/ueperu/consultora/docs_taller/Parte_1_Presentacion_Taller_Uso_de_Envases_yEmbalajes_b.pdf.
127. UREÑA, M. Y D'ARRIGO, M. (1999). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Primera edición. Editorial Agraria. Lima - Perú. Pág. 197.
128. VILJANEN, K.; KYLLI, P.; HUBBERMANN, E.; SCHWARZ, K. Y HEINONEN, M. (2005). Anthocyanin antioxidant activity and partition behavior in whey protein emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53 (6): 2 022 - 2 027.

129. VEGA, M. (2014). Amilopectina. Consultado el 10 de Noviembre del 2015. Extraído de <http://www.fvff.es/amilopectina/>.
130. WANG, J.; FUJIMOTO, K.; MIYAZAWA, T. Y ENDO, Y. (1991). Antioxidative mechanisms of maize zein in powder model systems against methyl linoleate: effect of water activity and coexistence of antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 39: 351 - 355.
131. YANG, L. Y PAULSON, A. (2000). Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. *Food Research International*. 33(7): 563 - 570.
132. ZHANG, J.; MUNGARA, P. Y JANE, J. (2001). Mechanical and thermal properties of extruded soy protein sheets. *Polymer*. 42: 2569 - 2578.
133. Propiedades del Sorbitol. Edulcorante E 420. Consultado el 19 de Noviembre del 2015. Extraído de http://www.botanical-online.com/aditivos_edulcorantescaloricos_sorbitol.htm.
134. Polioles. Sorbitol. Consultado el 19 de Noviembre del 2015. Extraído de <http://datossobrelospolioles.com/sorbitol/>.

CAPÍTULO VII

VII. ANEXOS

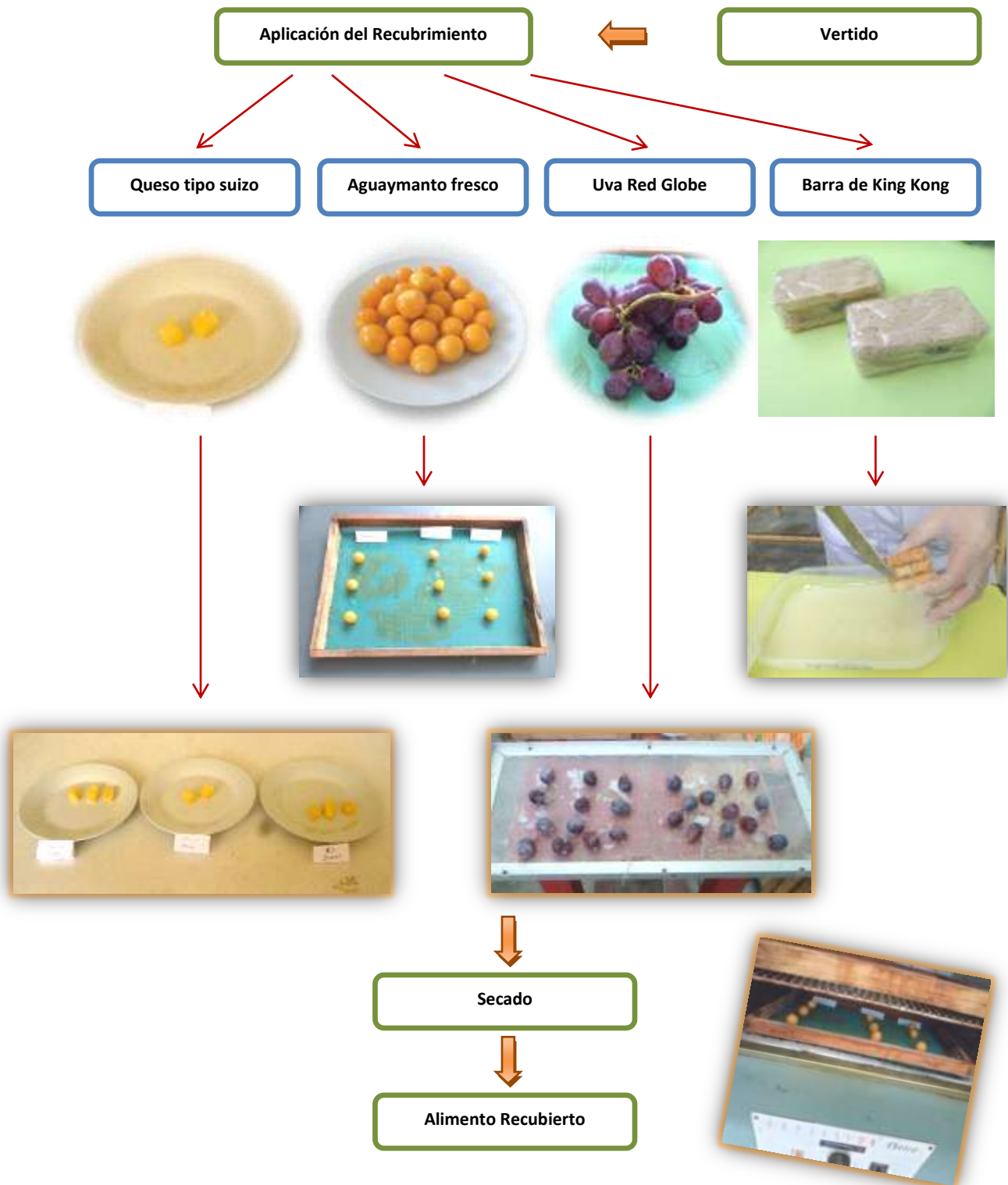
ANEXO N° 1: Obtención de la Película Comestible.





Fuente: Elaboración propia (2015).

ANEXO N° 2: Obtención del Recubrimiento Comestible.



Fuente: Elaboración propia (2015).

ANEXO N° 3: Procedimiento para la determinación de los Análisis Fisicoquímicos de Lactosuero vacuno.

A. Análisis de Humedad

El objetivo de este análisis fue determinar el % de humedad en el lactosuero vacuno, método basado en la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento hasta obtener peso constante.

✓ Materiales y Equipos

- Balanza analítica.
- Placas petri.
- Estufa.
- Desecador.
- Pinzas metálicas.

✓ Procedimiento Experimental

- Colocar las placas petri en la estufa a una temperatura de 105°C por 15 minutos, para eliminar la humedad existente.
- Pasado este tiempo, sacar las placas petri con una pinza metálica e inmediatamente llevarlas a un desecador por un tiempo de 10 minutos aproximadamente y proceder a pesarlas y rotularlas.

- Luego, adicionar 10 ml de lactosuero vacuno a cada placa petri y llevar a la estufa por una hora a 105°C.
- Pasado la hora, colocar las placas petri con la pinza metálica en un desecador por 10 minutos.
- Finalmente pesar y calcular el porcentaje de humedad.

$$\%H = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100$$

Donde:

m_1 : Peso de la muestra inicial + placa petri.

m_2 : Peso de la muestra después de secado + placa petri.

m : Peso del lactosuero utilizado.

B. Análisis de pH

✓ **Material y Equipo**

- pH metro.
- Vaso precipitado.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Colocar 20 ml de lactosuero vacuno en el vaso precipitado.
- En seguida, colocar los electrodos del pH metro en el vaso de precipitado y proceder a leer el pH.

C. Análisis de Acidez Titulable, método 947.05 A.O.A.C. (2010)

✓ **Materiales, Reactivos y Equipo**

- Matraces Erlenmeyer.
- Pipeta de 10 ml.
- Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1 N.
- Fenolftaleína.
- Equipo de titulación.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Tomar 10 ml de lactosuero vacuno y verter en el matraz Erlenmeyer. Luego, agregar 3 gotas de fenolftaleína, enseguida agitar.
- Se procede a titular con NaOH 0,1 N hasta llegar al punto de viraje (color grosella).

- Anotar el gasto y realizar los cálculos correspondientes.
- Repetir 3 veces la misma experiencia.

$$\% \text{ Ácido Láctico} = \frac{G \times 0,1 \times 0,09}{\text{Vol. de la muestra}} \times 100$$

Donde:

G: Gasto de la titulación.

D. Análisis de Cenizas, método 945.46 A.O.A.C. (2010)

✓ **Materiales y Equipos**

- Balanza analítica.
- Cocina eléctrica.
- Crisoles.
- Mufla.
- Pinzas metálicas.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Pesar el crisol en la balanza analítica. Luego, colocar 10 ml de lactosuero vacuno.

- Enseguida, llevar el crisol a la cocina para que elimine la mayor parte del agua, hasta que deje de emanar humo.
- Inmediatamente, colocar a la mufla con la pinza metálica y dejar por 6 horas a una temperatura de 550°C.
- Pasado este tiempo, trasladar el crisol al desecador por media hora y rápidamente pesar.
- Finalmente, calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula.

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(\text{Peso del Crisol} + \text{Cenizas}) - \text{Peso del Crisol}}{\text{Peso del Crisol} + \text{Muestra}} \times 100$$

E. Análisis de Proteína

✓ **Materiales, Reactivos y Equipo**

- Pipeta de 10 ml.
- Matraz Erlenmeyer.
- Fenolftaleína.
- Formol neutro.
- Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1 N.

- Equipo de titulación.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Tomar 10 ml de lactosuero vacuno en un matraz Erlenmeyer. Luego, añadir 3 a 4 gotas fenolftaleína.
- Enseguida, neutralizar la acidez titulable del lactosuero con la solución de Hidróxido de Sodio a 0,1 N, hasta la aparición de un color ligeramente rosado o rojo grosella.
- Añadir, posteriormente, al lactosuero neutralizado 10 ml de de formol neutro para dejar libres los grupos carboxilos de los aminoácidos. Tras la adición del formol, la muestra se vuelve a acidificar y se muestra nuevamente el color inicial de la muestra.
- Enseguida, volver a titular con la solución de NaOH a 0,1 N, hasta la aparición nuevamente de un color ligeramente rosado o rojo grosella.
- Finalmente, anotar el gasto y calcular el porcentaje de proteínas.

$$\%P = V \times 0,1909 \times 5$$

Donde:

V: Gasto de la última titulación

0.1909: Factor de la caseína.

F. Análisis de Grasa

✓ **Materiales, Reactivos y Equipos**

- Bagueta o varilla de agitación.
- Butirómetros.
- Pipeta aforada de 17,6 ml.
- Probeta.
- Vasos precipitados de 100 ml.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Agua destilada.
- Centrífuga.
- Cocina eléctrica.

✓ **Procedimiento Experimental**

- En un vaso precipitado llenar agua de caño, y llevarlo a la cocina eléctrica para que hierva.

- Mientras tanto, en otro vaso precipitado, colocar 40 ml de H_2SO_4 , luego 40 ml de agua destilada. Enseguida, agitar con la bagueta.
- En el butirómetro adicionar 17,6 ml de lactosuero con la pipeta aforada, luego agitar.
- Posteriormente, adicionar 17,6 ml del vaso contenido con H_2SO_4 y agua destilada.
- En otro butirómetro, adicionar dos veces 17,6 ml de agua de caño, con la finalidad que contrapese en la centrífuga.
- Luego, colocar en la centrífuga los butirómetros, uno frente al otro. Y dejar por 20 minutos.
- Pasado el tiempo, colocar el butirómetro contenido con la muestra a baño maría. Después colocar agua hirviendo con la pipeta aforada al butirómetro hasta que se llene.
- Posteriormente, realizar la respectiva lectura.

G. Análisis de Azúcares Reductores (Lactosa)

✓ Materiales, Reactivos y Equipos

- Bagueta o varilla de agitación.

- Papel filtro.
- Pipeta de 5 ml.
- Probeta.
- Vasos precipitados de 100 ml.
- Agua destilada.
- Acetato de Plomo al 30%.
- Fehling A.
- Fehling B.
- Ferrocianuro de Potasio.
- Sulfato de Sodio Saturado (NaSO_4).
- Equipo de titulación.
- Cocina eléctrica.

✓ **Procedimiento Experimental**

- En un vaso precipitado colocar 20 ml de lactosuero vacuno, luego 30 ml de agua destilada.
- Enseguida, adicionar 6 ml de Acetato de Plomo al 30% y 4 ml de Sulfato de Sodio Saturado. Luego agitar.
- Posteriormente, se filtra la solución preparada.
- Mientras tanto, preparar el indicador, pesando 2,5 g de Ferrocianuro de Potasio para luego disolverlo en 50 ml de agua

destilada en un vaso precipitado, seguidamente agitar con la bagueta hasta que disuelva bien el ferrocianuro de Potasio.

- Una vez terminado de filtrar la solución, vaciar a la bureta para posterior titulación.
- En un vaso precipitado, colocar 5 ml de Fehling A, 5 ml de Fehling B, 40 ml de agua destilada y 5 ml de Ferrocianuro preparado. Luego llevarlo a ebullición.
- Una vez comenzado a ebullicir, se inicia la titulación hasta que vire del color azul a un color marrón oscuro.
- Finalmente, anotar su gasto y hallar el porcentaje de lactosa.

$$\%Lactosa = \frac{6,46 \times \text{Vol. de la dilución}}{\text{Gasto} \times \text{Peso de la muestra} \times 10}$$

Donde:

6,46: Factor de la lactosa, donde son los mg de lactosa presente en 1 ml de solución de Fehling.

Vol. de la disolución es en nuestro caso 50 ml.

El peso de la muestra es 20 ml de lactosuero vacuno.

ANEXO N° 4: Procedimiento para la determinación de los Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible.

A. Análisis de Humedad

El objetivo de este análisis fue determinar el % de humedad en la película comestible, método basado en la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento hasta obtener peso constante.

✓ Materiales y Equipos

- Balanza analítica.
- Placas petri.
- Estufa.
- Desecador.
- Pinzas metálicas.

✓ Procedimiento Experimental

- Colocar las placas petri en la estufa a una temperatura de 105°C por 15 minutos, para eliminar la humedad existente.
- Pasado este tiempo, sacar las placas petri con una pinza metálica e inmediatamente llevarlas a un desecador por un tiempo de 10 minutos aproximadamente y proceder a pesarlas y rotularlas.

- Luego, tarar y pesar 5 g de película comestible previamente cortada y llevar a la estufa por dos horas a 105°C.
- Pasado las dos horas, colocar las placas petri con la pinza metálica en un desecador por 10 minutos.
- Luego pesar, anotar el peso y repetir el mismo procedimiento por una hora más con el fin de comprobar si el peso de las muestras se mantienen constante.
- Finalmente calcular el porcentaje de humedad.

$$\%H = \frac{m_1 - m_2}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

m_1 : Peso de la muestra inicial + placa petri.

m_2 : Peso de la muestra después de secado + placa petri.

A. Análisis de pH

✓ **Materiales y Equipos**

- Agua destilada.

- pH metro.
- Varilla de agitación.
- Vasos precipitados de 50 y 25 ml.
- Balanza analítica.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Pesar 5 g de película comestible. Luego disolver con 45 ml de agua destilada en un vaso precipitado, enseguida agitar constantemente y calentar en un baño maría durante 15 minutos.
- Una vez homogénea la solución, tomar una alícuota de 25 ml y verterlo en un vaso precipitado.
- Finalmente, colocar los electrodos del pH metro en la solución, y luego se procede a realizar la respectiva lectura del pH.

B. Análisis de Acidez Titulable

✓ **Materiales, Reactivos y Equipos**

- Bagueta.
- Matraces Erlenmeyer.
- Pipeta de 10 ml.
- Vaso de precipitación de 50 ml.

- Agua destilada.
- Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1 N.
- Fenolftaleína.
- Equipo de titulación.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Pesar 5 g de película comestible. Luego disolver con 45 ml de agua destilada en un vaso precipitado, enseguida agitar constantemente y calentar en baño maría durante 15 minutos.
- Una vez homogénea la solución, tomar una alícuota de 10 ml y verterlo en un matraz Erlenmeyer. Enseguida, agregar 3 gotas de fenolftaleína y agitar.
- Se procede a titular con NaOH 0,1N hasta llegar al punto de viraje (color grosella).
- Anotar el gasto y realizar los cálculos correspondientes.
- Repetir 3 veces la misma experiencia.

$$\% \text{ Ácido Láctico} = \frac{\text{Gasto} \times 0,1 \times 0,09}{\text{Vol. de la muestra}} \times 100$$

C. Análisis de Cenizas

✓ **Materiales y Equipos**

- Balanza analítica.
- Crisoles.
- Mufla.
- Pinzas metálicas.
- Cocina eléctrica.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Pesar el crisol en la balanza analítica. Luego, tarar y pesar 2 gramos de película comestible previamente cortada.
- Enseguida, llevar el crisol a la cocina para que elimine la mayor parte del agua, hasta que deje de emanar humo.
- Inmediatamente, colocar a la mufla con la pinza metálica y dejar por 2 horas a una temperatura de 550°C.
- Pasado este tiempo, trasladar el crisol al desecador por media hora y rápidamente pesar.
- Finalmente, calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula.

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(\text{Peso del Crisol} + \text{Cenizas}) - \text{Peso del Crisol}}{\text{Peso del Crisol} + \text{Muestra}} \times 100$$

D. Análisis de Proteína

✓ **Materiales, Reactivos y Equipos**

- Balanza analítica.
- Balón Kjeldahl.
- Matraz Erlenmeyer.
- Digestor.
- Ácido Bórico al 4%.
- Ácido Clorhídrico 0,1 N.
- Rojo de metilo.
- Equipo de destilación.
- Equipo de titulación.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Pesar 0,1 g de película comestible, luego colocar en un balón Kjeldahl.

- Enseguida pesar 1 g de catalizador, luego adicionar al balón Kjeldahl contenido la muestra.
- Adicionar también al balón 3 ml de ácido sulfúrico y agitar.
- Una vez terminado de agitar, llevar el balón al digestor, se deja hasta que se obtenga un color verde esmeralda.
- Posteriormente se enfría la solución. Una vez enfriado la muestra, se lleva a destilar.
- En un matraz Erlenmeyer, adicionar 5 ml de ácido bórico al 4%, luego 3 gotas de Rojo de metilo, donde aquí recibiremos el destilado el cual debe llegar a los 50 ml, cuya coloración será amarilla.
- Finalmente, titular con la solución de ácido clorhídrico 0,1 N, hasta la aparición nuevamente de un color rojo grosella.
- Anotar el gasto y calcular el porcentaje de proteínas.

$$\%N = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\%P = \%N \times F$$

Donde:

V: Gasto de la titulación.

N: Normalidad del Ácido Clorhídrico.

Meq: Miliequivalente del nitrógeno (0,014)

%N: Porcentaje de nitrógeno presente en la muestra.

%P: Porcentaje de proteínas.

F: Factor de conversión del nitrógeno a proteína en nuestro caso es 6,38 por ser un producto lácteo.

E. Análisis de Grasa

✓ **Materiales, Reactivos y Equipos**

- Mortero.
- Papel filtro.
- Pinza.
- Éter etílico.
- Balanza analítica.
- Cocina eléctrica.
- Desecador.
- Equipo de Soxhlet.
- Estufa.

✓ **Procedimiento Experimental**

- En un papel filtro tarado, pesar 5 g de película comestible desecada y triturada.
- Enseguida se elabora el cartucho, en otras palabras, se dobla el papel filtro contenida la muestra con el fin de conferirle mayor seguridad y evitar fugas de la muestra.
- Luego rotular y llevar a la estufa el cartucho para que pierda la humedad de nuestras manos a 105 °C por 15 minutos.
- Pasado el tiempo, se retira la muestra con una pinza y llevar al desecador por 15 minutos.
- Posteriormente, se vuelve a pesar y colocar el cartucho en el equipo Soxhlet, específicamente en el extractor. Conectar un matraz de extracción previamente pesado en el sistema Soxhlet. También se instala el refrigerante y conectar a corriente eléctrica la cocina.
- Enseguida se añade el éter por la parte superior del refrigerante, lentamente, hasta llegar a la sifonada por el tubo lateral y una vez que ha sido sifonado totalmente dos veces, añadir un poco más.

- Extraer la grasa de la muestra contabilizando un total de 10 sifonadas por un lapso de 90 minutos.
- Transcurrido el tiempo de extracción, dejar enfriar, retirar el cartucho del cuerpo intermedio, destilar el éter y cuando el balón no contenga más disolvente, desmontarlo.
- Desecar el residuo en una estufa de aire a 105°C durante 30 minutos, enfriar en un desecador y pesar.
- Por la diferencia de peso se obtiene la grasa que hay en la muestra y luego se lleva a porcentaje.

$$\% \text{ Grasa Bruta} = \frac{\text{Peso de la grasa de la muestra deshidratada}}{\text{Peso de muestra deshidratada}} \times 100$$

F. Análisis de Fibra

✓ **Materiales, Reactivos y Equipos**

- Matraces Erlenmeyer.
- Papel filtro.
- Papel tornasol.
- Vaso precipitado de 500 ml.

- Agua destilada.
- Ácido sulfúrico 1,25%.
- Hidróxido de Sodio 1,25%.
- Balanza analítica.
- Estufa.
- Mufla.

✓ **Procedimiento Experimental**

Primera Digestión

- De la muestra, la cual se utilizó en la extracción de grasa (Método de Soxhlet), pesar exactamente 1 gramo. Luego colocarlo en un vaso precipitado de 500 ml.
- Adicionar al vaso con la muestra, 200 ml de H_2SO_4 al 1,25%, enseguida calentar hasta ebullición y mantener por 30 minutos.
- Pesar el papel filtro y colocarlo en el equipo de filtración.
- Realizar la filtración utilizando el embudo de Bush instalado en el matraz, lavar con agua destilada caliente y neutralizar la acidez.

Segunda Digestión

- Añadir 200 mL de NaOH 1,25% y poner a ebullición por un lapso de 30 minutos.
- Enseguida se realiza el filtrado al vacío y se lava con agua destilada caliente. Luego se lleva a la estufa a una temperatura de 105°C por 2 horas.
- Transcurrido el lapso señalado se procede a retirar de la estufa y a colocar en el desecador por 10 a 15 minutos y pesar, se obtiene el dato del peso 1.
- Luego se lleva a la mufla, en donde las condiciones de temperatura son muy elevadas a 550°C por 4 horas. Con este procedimiento se obtiene el peso 2.

$$\% \text{ Fibra Bruta} = \frac{\text{Peso de residuo} - \text{Peso de Ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

G. Análisis de Azúcares Reductores (Lactosa)**✓ Materiales, Reactivos y Equipos**

- Bagueta o varilla de agitación.
- Embudo.
- Papel filtro.
- Pipetas de 5 ml.
- Probeta.
- Vasos precipitados de 100 ml.
- Ácido Clorhídrico químicamente puro.
- Agua destilada.
- Acetato de Plomo al 30%.
- Hidróxido de Sodio al 40%.
- Fehling A.
- Fehling B.
- Ferrocianuro de Potasio.
- Papel tornasol.
- Sulfato de Sodio Concentrado (NaSO_4).
- Balanza Analítica.
- Equipo de titulación.
- Cocina eléctrica.

✓ **Procedimiento Experimental**

- Pesar 5 gramos de muestra, luego adicionar a un balón.
- Enseguida, adicionar 5 ml de ácido clorhídrico químicamente puro, luego agregar 80 ml de agua destilada y agitar.
- Posteriormente, se lleva a la cocina por un tiempo de 2 horas, el balón es colocado en una olla con agua.
- En un vaso precipitado colocar 2.5 gramos de Ferrocianuro de Potasio, luego adicionar 50 ml de agua destilada y agitar con la bagueta hasta que se disuelva bien el Ferrocianuro de Potasio.
- Pasado las 2 horas, dejar enfriar al balón, adicionar 5 ml de Hidróxido de Sodio al 40% y agitar.
- Con papel tornasol rojo, ver que la muestra sea básica (cambia a color azul). Si la solución es básica, entonces se procede a añadir 4 ml de Acetato de Plomo al 30%, luego 3 ml de Sulfato de Sodio concentrado y agitar.
- Posteriormente se filtra en un papel filtro.
- Una vez terminado de filtrar la solución, vaciar a la bureta para posterior titulación.

- En un vaso precipitado, colocar 5 ml de Fehling A, 5 ml de Fehling B, 40 ml de agua destilada y 5 ml de Ferrocianuro preparado. Luego llevarlo a ebullición.
- Una vez comenzado a ebullicir, se inicia la titulación hasta que vire del color azul a un color marrón oscuro.
- Finalmente, anotar su gasto y hallar el porcentaje de lactosa.

$$\% \text{Lactosa} = \frac{6,46 \times \text{Vol. de la dilución}}{\text{Gasto} \times \text{Peso de la muestra} \times 10}$$

Donde:

6.46: Factor de la lactosa, donde son los mg de lactosa presente en 1 ml de solución de Fehling.

Vol. de la disolución es en nuestro caso 80ml.

- Si en caso la solución no es básica, seguir adicionando 1 ml de Hidróxido de Sodio al 40% más, agitar la solución y hacer la prueba de papel tornasol hasta que vire.

ANEXO Nº5: Fotografías de los Análisis Fisicoquímicos de la Película Comestible.

A. Determinación de Humedad:

Fotografía Nº 1: Placas con muestras en la estufa.



Fuente: Elaboración propia (2015).

B. Análisis de Cenizas:

Fotografía Nº 10: Pesado del crisol vacío.



Fotografía Nº 11: Pesado del crisol + muestra.









Fotografía Nº 12: Crisoles en la cocina.



Fotografía N° 13: Colocación de crisoles en la mufla.	Fotografía N° 14: Crisoles en el desecador.	Fotografía N° 15: Pesado de la muestra + cenizas.
		

Fuente: Elaboración propia (2015).







C. Análisis de Proteína:

Fotografía N° 16: Pesado de la película comestible.	Fotografía N° 17: Pesado del catalizador.	Fotografía N° 18: Adición al balón Kjeldahl.
		
Fotografía N° 19: Adición de ácido sulfúrico.	Fotografía N° 20: Balón en el Digestor.	Fotografía N° 21: Enfriado de la muestra.
		

<p>Fotografía N° 22: Destilación.</p> 	<p>Fotografía N° 23: Titulación.</p> 	<p>Fotografía N° 24: Viraje Final.</p> 
--	---	---

Fuente: Elaboración propia (2015).

D. Análisis de Grasa:

<p>Fotografía N° 25: Pesado de la muestra desecada.</p> 	<p>Fotografía N° 26: Pesado del cartucho.</p> 	<p>Fotografía N° 27: Colocación del cartucho en el equipo.</p> 
<p>Fotografía N° 28: Instalación del refrigerante.</p> 	<p>Fotografía N° 29: Adición del éter al equipo.</p> 	<p>Fotografía N° 30: Inicio del reflujo.</p> 

Fuente: Elaboración propia (2015).

E. Análisis de Azúcares Reductores (Lactosa):

Fotografía N° 31: Filtrado de la solución.	Fotografía N° 32: Solución de Fehling A y B.	Fotografía N° 33: Titulación.
		

Fuente: Elaboración propia (2015).

ANEXO N° 5: Fotografías de la Caracterización de la Película Comestible.**A. Determinación de Gramaje:**

Fotografía N° 40: Medición y corte del tamaño de las fracciones de la película comestible.



Fuente: Elaboración propia (2015).

Fotografía N° 41: Pesaje de la fracción (4 cm x 4 cm) de la película comestible.



Fuente: Elaboración propia (2015).

B. Determinación del Espesor:

Fotografía N° 42: Medición del espesor de la película comestible.



Fuente: Elaboración propia (2015).

ANEXO Nº 6: Evaluación Sensorial.

EVALUACIÓN SENSORIAL - TESIS

Prueba de Comparación Pareada de dos colas

FECHA		
DD	MM	AA
12	11	15

NOMBRE: _____ Nº: _____

Pruebe las muestras recibidas y diga si son iguales o diferentes, indicándolo con una (x) en el lugar que corresponda. Por favor pruebe las muestras de izquierda a derecha y enjuáguese la boca antes de evaluar cada muestra.

MUESTRAS		Diferentes	Iguals
Si Usted cree que existe diferencia entre las muestras, descríbala: _____			

Nos interesaría saber su opinión al respecto: _____			

¡MUCHAS GRACIAS!

Fuente: Elaboración propia (2015).

ANEXO Nº 7: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS TRES FORMULACIONES DE LA PELÍCULA COMESTIBLE.

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₁₋₁ (8%)

Semana : Primera
Fecha : 23/10/15

1. OBJETIVOS

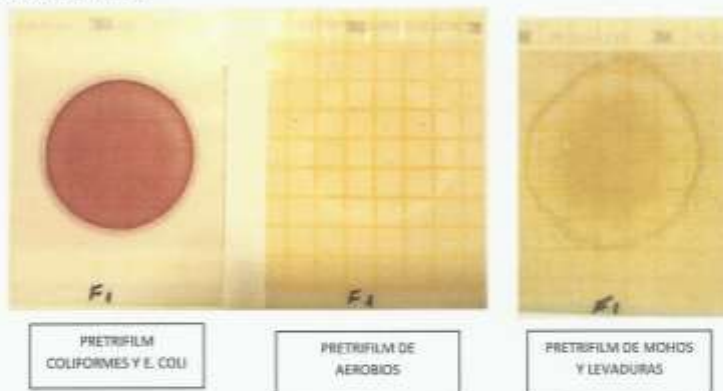
- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	17
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₁ (8%) de la primera semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesofilos muy baja, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.



 Leonardo Guido Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₁₋₂(8%)

Semana : Segunda
Fecha : 30/10/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra.
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra.



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	19
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras(UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F1 (8%) de la Segunda semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesófilos muy baja (incremento de 2 UFC/g), así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.



 Leonardo Guadalupe Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₁₋₃(8%)

Semana : Tercera
Fecha : 06/11/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra.
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra.



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	117
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₁ (8%) de la tercera semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesófilos elevada con relación a las 2 primeras semanas, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.



 Leonardo Guido Ramirez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramirez Bazán
 Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₁₋₄(8%)

Semana : Cuarta
Fecha : 13/11/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra.
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra.



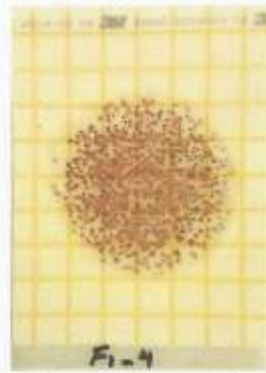
2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	435
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₁ (8%) de la cuarta semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesofilos considerablemente elevada con relación a las 3 primeras semanas, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.
- ✓ Con estos resultados obtenidos de la formulación 1, se puede afirmar que dicha muestra presenta un desarrollo microbiano importante de MESOSFILOS (los cuales se deben a la carga microbiana del aire utilizado en el sistema de secado y del entorno donde se realiza las operaciones de secado y envasado).
- ✓ Para esta formulación no se tendría una respuesta definida, acerca si esta apta para el consumo humano, debido a que no existe una normatividad para confrontar nuestros resultados microbiológicos con los requisitos microbiológicos estipulados por la norma técnica u otro documento autorizado y confiable.


 Leonardo Guido Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
 Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₂₋₁ (10%)

Semana : Primera
Fecha : 23/10/15

1. OBJETIVOS

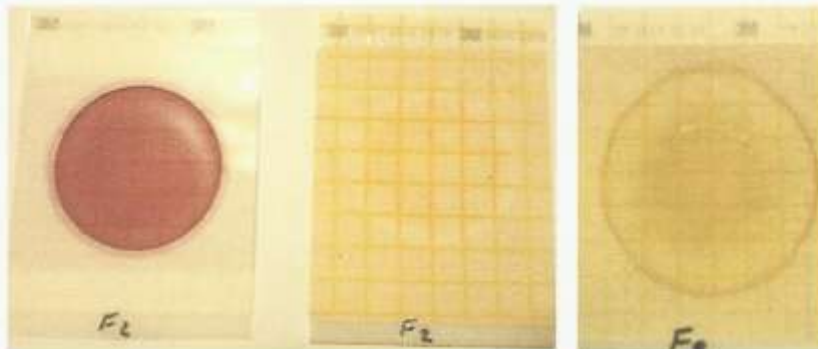
- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI

PRETRIFILM DE
AEROBIOS

PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	7
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₂ (10%) de la primera semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesófilos muy baja, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.



 Leonardo Gustavo Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₂₋₂(10%)

Semana : Segunda.

Fecha : 30/10/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



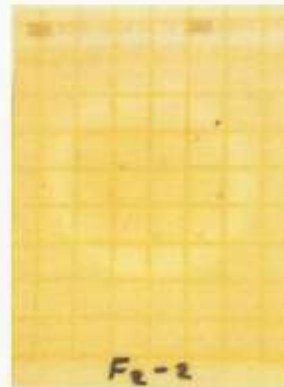
2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	18
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de mohos y levaduras(UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₂ (10%) de la Segunda semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesófilos muy baja (incremento de 11 UFC/g), así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.


 Leonardo Guido Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
 Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₂₋₃(10%)

Semana : Tercera
Fecha : 06/11/15

1. OBJETIVOS

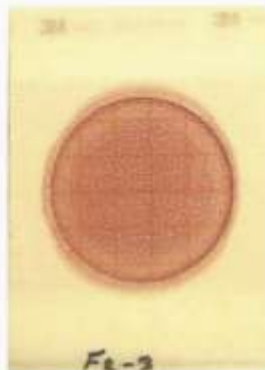
- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	115
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₂ (10%) de la tercera semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesófilos elevada con relación a las 2 primeras semanas, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.


 Leonardo Guiso Ramirez Bazán
 Biólogo
 C.B.F. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
 Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₂₋₄(10%)

Semana : Cuarta
Fecha : 13/11/15

1. OBJETIVOS

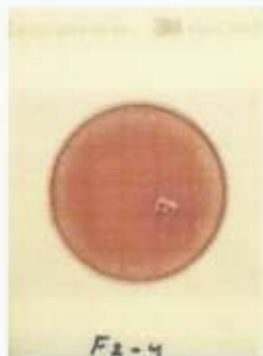
- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra.



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS Y
LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesófilos (UFC/g)	370
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado

4- CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₂ (10%) de la cuarta semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga relativamente alta con relación a las 3 primeras semanas en cuanto al conteo de microorganismos mesófilos, así como la continuidad de la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.
- ✓ Si bien es cierto el recuento de microorganismos mesófilos es "alto", en relación con las semanas anteriores, aun así no es posible afirmar si esta formulación (F₂) se acepta o se rechaza para el consumo humano, pues al igual como la formulación 1 no se dispone de una normatividad vigente para contrastar los resultados microbiológicos. Por ser esta una investigación novedosa.
- ✓ En cuanto a la ausencia de microorganismos como coliformes totales, mohos y levaduras; podemos afirmar que esta formulación no posee microorganismos contaminantes ~~no~~ patógenos.


 Leonardo Guido Martínez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
 Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₃₋₁ (12%)

Semana : Primera
Fecha : 23/10/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra

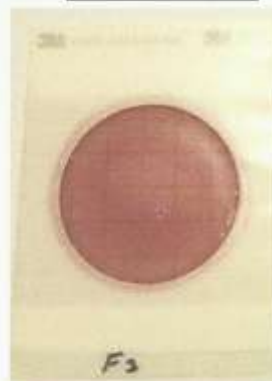


2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS

PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS



Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	4
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₃ (12%) de la primera semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesofilos muy baja, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.




 Leonardo Guiso Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₃₋₂(12%)

Semana : Segunda

Fecha : 30/10/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	14
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de mohos y levaduras(UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F3 (12%) de la Segunda semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga de mesofilos muy baja (incremento de 10 UFC/g), así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.



Leonardo Guido Ramirez Bazán
Biólogo
C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₂₋₃(12%)

Semana : Tercera
Fecha : 30/10/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	18
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras(UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₃ (12%) de la tercera semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga relativamente similar a los mostrados en la segunda semana en cuanto al conteo de microorganismos, así como la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.



Leonardo Guido Ramirez Bazán
Biólogo
C B P 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
Analista

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO F₃₋₄(12%)

Semana : Cuarta
Fecha : 13/11/15

1. OBJETIVOS

- ✓ Analizar los parámetros microbiológicos de la muestra
- ✓ Interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la muestra



2. METODO DE ENSAYO:

Tipos de Microorganismos	Método de Ensayo
Aerobios Totales	Petri Film
Coliformes Totales y E. Coli	Petri Film
Mohos y Levaduras	Petri Film

3. RESULTADOS



PRETRIFILM
COLIFORMES Y E. COLI



PRETRIFILM DE
AEROBIOS



PRETRIFILM DE MOHOS
Y LEVADURAS

Tipos de microorganismos	Resultados
Recuento de aerobios Mesofilos (UFC/g)	104
Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)	<1**
Recuento de Mohos y Levaduras(UFC/g)	<1**

**recuento estándar en placa estimado.

4. CONCLUSIÓN

- ✓ Se realizaron los análisis microbiológicos de la muestra de la formulación F₃ (12%) de la cuarta semana.
- ✓ Los resultados evidencian que dicha muestra posee una carga relativamente alta con relación a las 3 primeras semanas en cuanto al conteo de microorganismos mesofilos, así como la continuidad de la ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras.
- ✓ Se puede afirmar que la formulación F₃ (12%), es la más estable microbiológicamente en relación con las otras 2 formulaciones. Por lo tanto esta formulación sería la más apta para la presente investigación.
- ✓ En cuanto a la ausencia de microorganismos como coliformes totales, mohos y levaduras; podemos afirmar que esta formulación no posee microorganismos contaminantes y/o patógenos.
- ✓ En suma se señala que esta Formulación es la más segura, esta afirmación es respaldada por el analista, por las razones ya mencionadas.



 Leonardo Guiso Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422

Lic. Leonardo Ramírez Bazán
 Analista

ANEXO N° 8: CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO DE LA PELÍCULA Y RECUBRIMIENTO COMESTIBLES.

A. Costos Generales:

Ingredientes	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)
Sorbitol	Litro	0,5	4,00
Almidón de yuca	Kg	1	7
Lactosuero	Litro	2	0
Taper (1 L)		3	4,50
Bandeja Grande		3	12,90
Total			28,40

Fuente: Toma propia (2015).

B. Formulación 1 (8%):

Costos de Inversión:

Activos	Nº Unidades	Precio S/.	
		Unidad	Total
Agitador termomagnético	1	250,00	250
Barra magnética de agitación	1	25,00	25,00
Balanza de precisión	1	54,00	54,00
Termómetro	1	35,00	35,00
Colador	1	1,00	1,00
Matraz Erlenmeyer (250ml)	1	11,00	11,00
Mesa de Trabajo	1	35,00	35,00
Secador de Aire caliente	1	800,00	800,00
Costo Total de Equipos			1211,00

Fuente: Toma propia (2015).

Costos Variables:**Materia prima e Insumos (1 bandeja de 27cm * 20cm/3h)**

Ingredientes	Unidad	Cantidad	Precio
Sorbitol	Litro	0,025	0,20
Almidón de yuca	Kg	0,020	0,14
Lactosuero	Litro	0,250	0
Taper (1 L)		1	1,50
Bandeja Grande		1	4,30
Total			6,14

Fuente: Toma propia (2015).

Costo Mensual de Mano de Obra:

Trabajador	Cantidad	Salario S/.	
		Unitario	Total
Ingeniero	1	1250,00	1250,00
Obrero (8h)	2	400,00	800,00
Total			2050,00

Fuente: Toma propia (2015).

Costo Diario de Mano de Obra:

Trabajador	Cantidad	Salario S/.	
		Unitario	Total
Ingeniero	1	1250,00	6,51
Obrero (8h)	2	400,00	2,08
Total			8,59

Fuente: Toma propia (2015).

TOTAL DE COSTOS VARIABLES	14.73
----------------------------------	--------------

Despreciación Mensual de Equipos:

Equipos	Precio S/.		Vida Útil (Años)	Depreciación S/.		
	Unidad	Total		Anual	Mensual	Diario
Agitador termomagnético	250,00	250	5	50,00	4,17	0,0217
Barra magnética de agitación	25,00	25,00	5	5,00	0,42	0,0022
Balanza de precisión	54,00	54,00	10	5,40	0,45	0,0023
Termómetro	35,00	35,00	5	7,00	0,58	0,0030
Colador	1,00	1,00	3	0,33	0,03	0,0001
Matraz Erlenmeyer	11,00	11,00	10	1,10	0,09	0,0005
Mesa de Trabajo	35,00	35,00	10	3,50	0,29	0,0015
Secador de Aire caliente	800,00	800,00	5	160,00	13,33	0,0694
TOTAL DEPRECIACIÓN MENSUAL						0,10

Fuente: Toma propia (2015).

Gastos Administrativos (Mes - Diario):

Descripción	Mensual S/.	Diario S/.
Reparación y mantenimiento, limpieza y desinfección	15,00	0,0781
Papelería y útiles de escritorio	8,00	0,0417
Depreciación de Equipos	0,10	0,0005
Luz/Agua	80,00	0,4167
SUBTOTAL		0,54

Fuente: Toma propia (2015).

TOTAL COSTOS FIJOS	0,54
---------------------------	-------------

TOTAL COSTOS OPERATIVOS	15,27
--------------------------------	--------------

COSTO UNITARIO DE LA PELÍCULA (9 cm * 5 cm)	0,424
--	--------------

COSTO UNITARIO DE RECUBRIMIENTO (100 gramos)	0,128
---	--------------

C. Formulación 2 (10%):

Costos de Inversión:

Activos	Nº Unidades	Precio S/.	
		Unidad	Total
Agitador termomagnético	1	250,00	250
Barra magnética de agitación	1	25,00	25,00
Balanza de precisión	1	54,00	54,00
Termómetro	1	35,00	35,00
Colador	1	1,00	1,00
Matraz Erlenmeyer (250ml)	1	11,00	11,00
Mesa de Trabajo	1	35,00	35,00
Secador de Aire caliente	1	800,00	800,00
Costo Total de Equipos			1211,00

Fuente: Toma propia (2015).

Costos Variables:

Materia prima e Insumos (1 bandeja de 27cm * 20cm/3h)

Ingredientes	Unidad	Cantidad	Precio
Sorbitol	Litro	0,025	0,20
Almidón de yuca	Kg	0,025	0,175
Lactosuero	Litro	0,250	0
Taper (1 L)		1	1,50
Bandeja Grande		1	4,30
Total			6,18

Fuente: Toma propia (2015).

Costo Mensual de Mano de Obra:

Trabajador	Cantidad	Salario S/.	
		Unitario	Total
Ingeniero	1	1250,00	1250,00
Obrero (8h)	2	400,00	800,00
Total			2050,00

Fuente: Toma propia (2015).

Costo Diario de Mano de Obra:

Trabajador	Cantidad	Salario S/.	
		Unitario	Total
Ingeniero	1	1250,00	6,51
Obrero (8h)	2	400,00	2,08
Total			8,59

Fuente: Toma propia (2015).

TOTAL DE COSTOS VARIABLES	14,77
----------------------------------	-------

Despreciación Mensual de Equipos:

Equipos	Precio S/.		Vida Útil (Años)	Depreciación S/.		
	Unidad	Total		Anual	Mensual	Diario
Agitador termomagnético	250,00	250	5	50,00	4,17	0,0217
Barra magnética de agitación	25,00	25,00	5	5,00	0,42	0,0022
Balanza de precisión	54,00	54,00	10	5,40	0,45	0,0023
Termómetro	35,00	35,00	5	7,00	0,58	0,0030
Colador	1,00	1,00	3	0,33	0,03	0,0001
Matraz Erlenmeyer	11,00	11,00	10	1,10	0,09	0,0005
Mesa de Trabajo	35,00	35,00	10	3,50	0,29	0,0015
Secador de Aire caliente	800,00	800,00	5	160,00	13,33	0,0694
TOTAL DEPRECIACIÓN MENSUAL						0,10

Fuente: Toma propia (2015).

Gastos Administrativos (Mes - Diario):

Descripción	Mensual S/.	Diario S/.
Reparación y mantenimiento, limpieza y desinfección	15,00	0,0781
Papelería y útiles de escritorio	8,00	0,0417
Depreciación de Equipos	0,10	0,0005
Luz/Agua	80,00	0,4167
SUBTOTAL		0,54

Fuente: Toma propia (2015).

TOTAL COSTOS FIJOS	0,54
---------------------------	-------------

TOTAL COSTOS OPERATIVOS	15,31
--------------------------------	--------------

COSTO UNITARIO DE LA PELÍCULA (9 cm * 5 cm)	0,425
--	--------------

COSTO UNITARIO DE RECUBRIMIENTO (100 gramos)	0,129
---	--------------

D. Formulación 3 (12%):**Costos de Inversión:**

Activos	Nº Unidades	Precio S/.	
		Unidad	Total
Agitador termomagnético	1	250,00	250
Barra magnética de agitación	1	25,00	25,00
Balanza de precisión	1	54,00	54,00
Termómetro	1	35,00	35,00
Colador	1	1,00	1,00
Matraz Erlenmeyer (250ml)	1	11,00	11,00
Mesa de Trabajo	1	35,00	35,00
Secador de Aire caliente	1	800,00	800,00
Costo Total de Equipos			1211,00

Fuente: Toma propia (2015).

Costos Variables:**Materia prima e Insumos (1 bandeja de 27cm * 20cm/3h)**

Ingredientes	Unidad	Cantidad	Precio
Sorbitol	Litro	0,025	0,20
Almidón de yuca	Kg	0,030	0,21
Lactosuero	Litro	0,250	0
Taper (1 L)		1	1,50
Bandeja Grande		1	4,30
Total			6,21

Fuente: Toma propia (2015).

Costo Mensual de Mano de Obra:

Trabajador	Cantidad	Salario S/.	
		Unitario	Total
Ingeniero	1	1250,00	1250,00
Obrero (8h)	2	400,00	800,00
Total			2050,00

Fuente: Toma propia (2015).

Costo Diario de Mano de Obra:

Trabajador	Cantidad	Salario S/.	
		Unitario	Total
Ingeniero	1	1250,00	6,51
Obrero (8h)	2	400,00	2,08
Total			8,59

Fuente: Toma propia (2015).

TOTAL DE COSTOS VARIABLES	14,80
----------------------------------	-------

Despreciación Mensual de Equipos:

Equipos	Precio S/.		Vida Útil (Años)	Depreciación S/.		
	Unidad	Total		Anual	Mensual	Diario
Agitador termomagnético	250,00	250	5	50,00	4,17	0,0217
Barra magnética de agitación	25,00	25,00	5	5,00	0,42	0,0022
Balanza de precisión	54,00	54,00	10	5,40	0,45	0,0023
Termómetro	35,00	35,00	5	7,00	0,58	0,0030
Colador	1,00	1,00	3	0,33	0,03	0,0001
Matraz Erlenmeyer	11,00	11,00	10	1,10	0,09	0,0005
Mesa de Trabajo	35,00	35,00	10	3,50	0,29	0,0015
Secador de Aire caliente	800,00	800,00	5	160,00	13,33	0,0694
TOTAL DEPRECIACIÓN MENSUAL						0,10

Fuente: Toma propia (2015).

Gastos Administrativos (Mes - Diario):

Descripción	Mensual S/.	Diario S/.
Reparación y mantenimiento, limpieza y desinfección	15,00	0,0781
Papelería y útiles de escritorio	8,00	0,0417
Depreciación de Equipos	0,10	0,0005
Luz/Agua	80,00	0,4167
SUBTOTAL		0,54

Fuente: Toma propia (2015).

TOTAL COSTOS FIJOS	0,54
---------------------------	-------------

TOTAL COSTOS OPERATIVOS	15,34
--------------------------------	--------------

COSTO UNITARIO DE LA PELÍCULA (9 cm * 5 cm)	0,426
--	--------------

COSTO UNITARIO DE RECUBRIMIENTO (100 gramos)	0,129
---	--------------