

Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto
Facultad de Ingeniería Agroindustrial
Departamento Académico de
Ingeniería Agroindustrial



TESIS

“Estudio Comparativo en la Elaboración de Biofilms a Partir de Almidón de Maíz (Zea Mays) y Proteína de Leche con Adición de Glicerina como Agente Plastificante, Obtenida Durante El Proceso de Biodiesel en la Estación E.E.A El Porvenir –Distrito de Juan Guerra”

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por:

Bach. Alan Jymm Moreno García.

Tarapoto – Perú

2013

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto

Facultad de Ingeniería Agroindustrial

TESIS

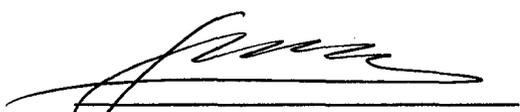
“Estudio Comparativo en la Elaboración de Biofilms a Partir de Almidón de Maíz (Zea mays) y Proteína de Leche con Adición de Glicerina Como Agente Plastificante, Obtenida Durante el Proceso de Biodiesel en la Estación E.E.A El Porvenir –Distrito de Juan Guerra”

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agroindustrial

Presentado por el Bachiller

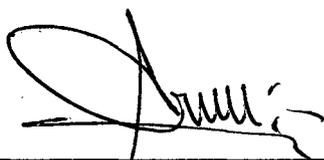
Alan Jymm Moreno García



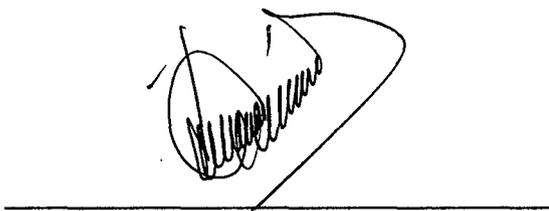
**Ing. Mg. Juan José Salazar Díaz
PRESIDENTE**



**Ing. Karen Gabriela Documet Petrlik
SECRETARIA**



**Ing. Dr. Anibal Quinteros García
MIEMBRO**



**Ing. Jaime Guillermo Guerrero Marina
ASESOR**

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO.....	8
RESUMEN.....	9
SUMMARY.....	11
I.- INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Almidón.....	16
2.2. Proteína de Leche.....	17
2.3 Películas Biodegradables.....	17
2.4 Películas a partir de Polisacáridos.....	18
2.5 Películas de Origen Proteico.....	19
2.6 Películas a partir de Mezclas de Proteínas-Polisacáridos.....	20
2.7 Mecanismo de Formación de Películas.....	21
2.8 Técnicas de Aplicación y Formación de Películas.....	22
2.9 Glicerina.....	23
2.9.1 Proceso de Purificación de la Fase de Glicerina.....	23
2.9.2 Grado de Purificación de Glicerina.....	25
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Lugar y Fecha de Ejecución.....	26
3.2 Materiales y Reactivos.....	26
3.2.1 Materiales de Laboratorio.....	26
3.2.2 Reactivos de Laboratorio.....	27
3.2.3 Equipos de Laboratorio.....	27
3.3 Metodología.....	28
3.3.1 Producción de Biofilms.....	28

3.3.2 Descripción del Proceso.....	28
3.3.2.1 Películas de Almidón de Maíz.....	28
3.3.2.2 Películas de Proteína de Leche.....	29
3.4 Flujograma Experimental.....	31
3.4.1 Pesado.....	31
3.4.2 Hidratación.....	31
3.4.3 Primer Homogenizado.....	31
3.4.4 Tratamiento Térmico.....	31
3.4.5 Purificación de la Glicerina Obtenida del Proceso de Biodiesel Obtenida de Aceite de Jatropha Curcas.....	31
3.4.6 Adición de Glicerina Purificada.....	33
3.4.7 Segunda Homogenización.....	33
3.4.8 Tratamiento Térmico.....	34
3.4.9 Moldeado.....	34
3.4.10 Secado.....	34
3.4.11 Desmoldado.....	34
3.4.12 Biofilms.....	34
3.5 Determinación de Parámetros Físicos.....	35
3.5.1 Espesor.....	35
3.5.2 Color.....	35
3.6 Determinación de los Parámetros Mecánicos.....	37
3.6.1 Fuerza de Ruptura.....	37
3.6.2 Solubilidad en Agua.....	37
3.7 Determinación de los Parámetros Sensoriales.....	38
3.8 Diseño Experimental.....	38
3.8.1 Obtención de Biofilms a Partir de la Mezcla de Glicerina más almidón.....	38
3.8.2 Obtención de Biofilms a Partir de la Mezcla de Glicerina más Caseinato de Sodio.....	39
IV.- RESULTADO Y DISCUSIONES.....	40
4.1 Determinación de los Parámetros Físicos.....	40
4.1.1 Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina Con (Almidón y Caseinato de Sodio) Para la Determinación del Espesor.....	40

4.1.2 Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) Para la Determinación del Color.....	42
4.2 Determinación de los Parámetros Mecánicos.....	44
4.2.1 Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) Para la Determinación Fuerza de Ruptura..	44
4.2.2 Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) Para la Determinación de Solubilidad en Agua.....	46
4.3 Determinación de los Atributos de Calidad.....	49
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
5.1 Conclusiones.....	50
5.2 Recomendaciones.....	52
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	53
VII.- ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°

01: Estructura química de la glicerina.....	23
02: Proceso de purificación de la fase de la glicerina.....	24
03: Diagrama de flujo para la elaboración de biofilms.....	30
04: Micrómetro DDR-6000 Suhl.....	35
05: Colorímetro digital CR – 400.....	36
06: Parámetros de color superficial: luminosidad y de cromaticidad a* (rojo-verde) y b* (amarillo-azul).....	36
07: Texturómetro modelo Stentar II 11009 STR.....	37
08: Producción de biofilms obtenida a una mezcla de 15%, 25%, 35% de glicerina más almidón.....	40
09: Producción de biofilms obtenida a una mezcla de 15%, 25%, 35% de glicerina más caseinato de sodio.....	41
10: Comportamiento de color (L) de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con almidón de maíz.....	43
11: Comportamiento de color (L) de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con caseinato de sodio.....	43
12: Comportamiento de fuerza de ruptura de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con almidón de maíz.....	45
13: Comportamiento de fuerza de ruptura de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con caseinato de sodio.....	45
14: Comportamiento de la solubilidad con las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, más almidón de maíz.....	47
15: Comportamiento de la solubilidad con las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, más caseinato de sodio.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°

01: Cantidades de glicerina utilizado en la purificación.....	32
02: Parámetros para neutralizar glicerina.....	33
03: Dilución de glicerina con el almidón de maíz.....	39
04: Dilución de glicerina con caseinato de sodio.....	39
05: Resultados de evaluación sensorial de biofilms.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°

01: Norma Técnica NTC Colombiana 274.....	58
02: Proceso de purificación de la glicerina.....	69
03: Proceso de elaboración del biofilms.....	70
04: Modelo de encuesta para la evaluación sensorial.....	71
05: Resultado de las variables de la evaluación de las películas (biofilms) Almidón de maíz más glicerina (15%, 25%, 35%).....	72
06: Resultado de las variables de la evaluación de las películas (biofilms) Caseinato de sodio más glicerina (15%, 25%, 35%)....	73
07: Análisis de varianza de la medida de la fuerza de ruptura con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.....	74
08: Análisis de varianza de la medida del espesor con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.....	75
09: Análisis de varianza de la medida del color de ruptura con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.....	76
10: Análisis de varianza de la medida de la fuerza de ruptura con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.....	77

DEDICATORIA

Esta tesis es la culminación de mis estudios, pero sin duda el punto final a un duro camino que he tenido que recorrer y donde que sin el apoyo de ciertas personas no hubiera sido posible.

Dedico esta tesis de graduación a:

A Dios, que siempre está conmigo, por haberme dado la vida, la sabiduría y el entendimiento para alcanzar mis objetivos.

A mis padres CIRIA GARCIA RUIZ, MODESTO MORENO CAROAPOMA que me educaron en la infancia y que siempre me apoyaron en la búsqueda de alcanzar mis objetivos. Sé que este día será especial para mis padres, por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, por su comprensión y ayuda en momentos malos y buenos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A una persona muy especial y por qué no decirlo a mi futura esposa, TATIANA RAMIREZ GONZALES por brindarme su apoyo incondicional, confianza moral generando dentro de mi equilibrio fuerzas, inspirándome a ser cada día mejor afrontando situaciones difíciles, siempre me acompaña con optimismo y perseverancia , gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y profesional.

En fin, a todas las personas que de manera directa o indirecta me apoyaron en la realización de este trabajo a todos ellos muchas gracias de todo corazón.

AGRADECIMIENTO

A DIOS por haberme dado la existencia y por permitirme concluir una etapa más en mi vida profesional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Estación Experimental Agraria El Porvenir, por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional, acogerme en su institución y por darme la oportunidad de realizar mi proyecto.

A mi asesor de tesis ING. MSc. JAIME G. GUERRERO MARINA catedrático de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín una de las personas que más admiro por su inteligencia y sus conocimientos, por su asesoramiento, su paciencia y su saber, en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al ING. ANTONIO RIOS ARCE Director del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Estación Experimental Agraria El Porvenir, gracias a su hospitalidad y por el soporte institucional dado para la realización de este trabajo, hago extensivo mi más sincero agradecimiento, en la realización de este proyecto.

A mi coasesor ING. RICHER GARAY MONTES, agradezco de manera especial y sincera por aceptarme a realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo, confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador.

A mis compañeros de labores: Marlon Guevara Correa, por la colaboración. Al Ing. César Priale, su amabilidad y disponibilidad, su colaboración y apoyo técnico fue de gran ayuda durante mis estancias en el laboratorio, las cuales tuve todo el soporte profesional y logístico para alcanzar los objetivos perseguidos. Muchas gracias por permitirme vivir una experiencia tan importante para mi formación como investigador.

A la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín y a todos los maestros de mi vida estudiantil.

A todos muchas gracias.

RESÚMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la adición de glicerina en diversas concentraciones (15%, 25%, 35%) en las propiedades físicas y mecánicas de formulación de películas (biofilms) de almidón de maíz y caseinato de sodio.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: espesor, color, solubilidad y fuerza de ruptura. Las formulaciones elaboradas fueron por el método de moldeado y secado al medio ambiente a una temperatura de 25° C. Se preparan con 100 ml. de agua y la adición de diferentes proporciones de almidón de maíz y caseinato de sodio con glicerina en concentraciones de: 15%, 25%, 35% p/p. Se usó con la finalidad de mejorar las características físicas y mecánicas ya que nos permite obtener estructuras más uniformes, para su uso en la industria.

Con lo que respecta a las pruebas físicas se observó que conforme se incrementa la glicerina hay un incremento en el espesor la cual se determinó con un micrómetro modelo DDR-6000 Suhl, concluyendo que la formulación de almidón de maíz más glicerina resulto ser más uniforme en espesor, con la determinación del color se midió con un Colorímetro digital CR – 400, y se observó que la formulación más destacada fue la de almidón de maíz más glicerina a una concentración de 15% y en caseinato de sodio más glicerina a una concentración 25% resultando la mejor formulación la de almidón de maíz más glicerina.

Con la fuerza de ruptura las películas mediante una prueba de punción usando un texturómetro modelo Stentar II 11009 STR, se determinó que conforme se disminuye la concentración de glicerina aumenta la fuerza de ruptura hasta un punto máximo entre 7.93 N para 15% de glicerina más almidón y 9.61 N para 35% de glicerina con caseinato de sodio y concluyendo que en cuanto a la formulación de caseinato de sodio más glicerina es la mejor por ser más resistente.

La solubilidad en agua se evaluó la disolución del biofilms, se observó que la formulación de almidón más glicerina es la que mejor resistencia ofreció en todas las concentraciones. En base a las pruebas realizadas y a las variables evaluadas como espesor, color, fuerza de ruptura, solubilidad de agua se puede concluir que mejor propiedad física y mecánica de formulación de biofilms es la de almidón de maíz más glicerina, con lo que se puede concluir que la película reúne las mejores características.

SUMMARY

The aim of the work was to evaluate the effect of the addition of glycerine in diverse concentrations (15 %, 25 %, 35 %) in the physical and mechanical properties of formulation of movies (biofilms) of starch of maize and caseinato of sodium.

The variables of response evaluated were: thickness, color, solubility and force of break. The elaborated formulations went for the method of molded and dried to the environment to a temperature of 25 ° C. They are prepared by 100 ml. of water and the addition of different proportions of starch of maize and caseinato of sodium by glycerine by concentrations of: 15 %, 25 %, 35 % p/p. It was used by the purpose of improving the physical and mechanical characteristics since it allows us to obtain more uniform structures, for his use in the industry.

With what it concerns to the physical tests was observed that similar the glycerine is increased there is an increase in the thickness which there decided with a micrometer model DDR-6000 Suhl, concluding that the formulation of starch of maize more glycerine I turn out to be more uniform in thickness, with the determination of the color measured up to a digital Colorimeter CR – 400 And was observed that the most out-standing formulation was that of starch of maize more glycerine to a concentration of 15 % and in caseinato of sodium more glycerine to a concentration 25 % turning out to be the best formulation that of starch of maize more glycerine.

With the force of break the movies by means of a test of puncture using a texturometro I shape Stentar II 11009 STR, one determined that similar the concentration of glycerine is diminished it increases the force of break up to a maximum point between 7.93 N for 15 % Of glycerine more starch and 9.61 N for 35 % of glycerine with caseinato of sodium concluding that as for the formulation of caseinato of sodium more glycerine is the best for being more resistant.

The solubility in water evaluated the dissolution of the biofilms, was observed that the formulation of starch more glycerine is that better resistance offered in all the concentrations. On the basis of the realized tests and the variables evaluated as thickness, color, force of break, water solubility can conclude that better physical and mechanical property of formulation of biofilms is that of starch of maize more glycerine, with what it is possible to conclude that the movie assembles the best characteristics.

I. INTRODUCCIÓN

El creciente interés en el desarrollo de productos alimenticios de alta calidad, con mayor vida útil y con un impacto ambiental reducido ha fomentado el estudio y desarrollo de films y revestimientos basados en biopolímeros, que son producidos principalmente a partir de recursos renovables, proteínas y almidones. Estos materiales son utilizados para distintas aplicaciones y se caracterizan por un consumo total de energía menor que sus homólogos petroquímicos y un menor efecto sobre el medio ambiente. (Pojanavaraphan T. 2010)

La película comestible se define como una capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como una cubierta o preformada. La función de las películas y los recubrimientos comestibles es inhibir la migración de la humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos; inmovilizar ingredientes tales como compuestos antimicrobianos y sabores; y/o proporcionar integridad mecánica y manejo de los alimentos. (Krochta y Mulder-Johnson., 1997).

Los plastificantes son sustancias de bajo peso molecular que al ser incorporadas dentro de la matriz polimérica (proteína o polisacárido) incrementan la flexibilidad y elasticidad de la película (Gontard et al., 1993). Con la introducción de materiales hidrofóbicos y plastificantes, se ha tratado de mejorar las propiedades mecánicas de películas a base de polisacáridos Sothornvit y Krochta, 2001).

Si bien, las películas plásticas han probado ser una excelente barrera de protección, éstas se degradan muy lentamente por lo que se consideran una fuente de contaminación y su utilización es tema de discusión a nivel mundial. En respuesta a esta problemática se han desarrollado los denominados empaques biodegradables (biofilms), son fácilmente degradados por lo que tienen un bajo impacto ambiental (Kim y Ustunol, 2001; Tharanathan, 2003).

La región San Martín cuenta con un área instalada de cultivo de piñón de 580 has en 9 provincias, con 268 beneficiarios, siendo la Empresa Verdal RSM Perú SAC con la mayor extensión del cultivo con 157.4 has instaladas y la provincia de Picota es la que cuenta con la mayor extensión en áreas; con 353.5 has, lo que va el mes de Mayo 2011 se han cosechado 5230 Kg de semillas, Ante esta problemática, se ve necesaria la presente investigación, que estará enmarcada en la elaboración de sub-productos a partir de la glicerina obtenida a partir de la preparación del biodiesel. (Proyecto Piñón – DRASAM 2011).

Por ello el presente trabajo de investigación tuvo por finalidad utilizar la glicerina después de la elaboración de biodiesel como plastificante para la elaboración de films y así poder utilizarlo en la industria del empaque para el recubrimiento de diferentes productos para su mejor calidad.

La finalidad del presente trabajo de investigación fue lograr los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General.

- ✓ Evaluar el efecto de la concentración de glicerina como agente plastificante en las propiedades físico-mecánicas de las películas de almidón de maíz y proteína de leche (Biofilms).

1.1.2. Objetivos Específicos.

- Desarrollar películas a partir de almidón de maíz y proteína de leche a escala de laboratorio por el método de moldeo y deshidratación
- Determinar la solubilidad de las películas de almidón y proteína de leche formuladas en agua a diferentes condiciones.
- Determinar la fuerza de ruptura de las películas de almidón y proteína de leche formuladas.
- Establecer la mejor composición de los biofilms como empaque para la utilización en la industria alimentaria.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Almidón

El almidón ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde los tiempos prehistóricos, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Después de la celulosa es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. El almidón se encuentra en los cereales, tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética (Badui, 1999).

Las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras al oxígeno (Soliva y Martín, 2001).

Películas a base de almidón, la matriz o red es normalmente formada durante el secado de una dispersión gelatinizada debido a los puentes de hidrógeno que se establecen entre los grupos hidroxilo (Tapia-Blácido et al., 2005).

El almidón es otra materia prima en abundancia, específicamente el que proviene del maíz, tiene propiedades termoplásticas cuando se realiza la disrupción estructural a nivel molecular. La presencia de amilasa en un 70% en almidones de amilo-maíz da una estructura fuerte y más flexible a la película. La estructura ramificada de la amilopectina generalmente le da a la película pobres propiedades mecánicas. Los compuestos de los almidones hidroxipropilados son usados para la preservación de caramelos, pasas, nueces y dátiles para evitar la rancidez oxidativa (Tharanathan, 2003).

2.2. Proteínas de la Leche

La proteína del suero de leche está formada por diferentes fracciones: β -lacto globulina, α -lactoalbumina, seroalbumina bovina y algunas inmunoglobulinas. La β -lactoglobulina es el mayor componente (50-60%) de la proteína del suero (Sothornvit y Krochta, 2001).

Al igual que los polisacáridos, las películas elaboradas a partir de proteínas presentan alta permeabilidad al vapor de agua, 2 o 4 veces más que empaques plásticos tales como el propileno, polietileno, poliéster y el PVC. Además, son susceptibles al ataque de enzimas proteolíticas presentes en la carne y productos cárnicos. Las proteínas que pueden ser empleadas en la elaboración de películas son: colágena, gelatina, proteínas de la leche, proteínas derivadas de los cereales, proteínas de soya (Gennadios et al., 1997).

2.3. Películas Biodegradables

Dentro de los materiales que pueden utilizarse para desarrollar envases para alimentos se encuentran las películas biodegradables (biofilms). Estas películas no pretenden reemplazar a las de polímeros sintéticos sino que se proponen como envases auxiliares mejorando la eficiencia de los materiales tradicionales. La utilidad de estas películas está determinada por sus propiedades mecánicas y de barrera, las cuales dependen de la microestructura y composición. La interpretación de estos aspectos básicos aporta datos útiles y permiten caracterizar las películas desarrolladas para su aplicación industrial. Las formulaciones deben incluir al menos un componente capaz de formar una matriz cohesiva y continua. Los materiales básicos utilizados para el desarrollo de las mismas son: proteínas (de gluten, de suero de leche, etc.), lípidos (ceras naturales, ácidos grasos, etc.) y polisacáridos (celulosa y derivados, almidón y otros hidrocoloides), (Embuscado y Huber, 2009).

Otro de los componentes que se incluye en las formulaciones son los plastificantes, los cuales ayudan a mantener la integridad de las películas, ya que reducen su fragilidad, aumentando la flexibilidad y la resistencia a la ruptura (Sothornvit y Krochta 2005).

2.4. Películas a Partir de Polisacáridos

Varias formulaciones de películas y recubrimientos se han reportado en los últimos 10 años a base de polisacáridos (Averous y Boquillon, 2004). Una de las mayores fuentes de polisacáridos son los almidones (Bello-Pérez et al., 2000), de gránulos entre 5 y 100 μm de diámetro e insolubles en agua. La producción e industrialización de almidones representa una buena alternativa para el desarrollo e incremento de la economía de países en vías de desarrollo (Müller et al., 2008).

Se pueden encontrar polisacáridos lineales (amilasa 30%) o ramificados (amilopectina 70%) compuestos de unidades de D-glucopiranosil. Los polisacáridos son polioles por tener muchos OH libres que pueden generar puentes de hidrógeno con el agua. Tanto los almidones nativos como los modificados, tienen un gran número de aplicaciones en la industria alimentaria (Jansson, 2004 y Mali et al., 2005).

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).

En general, debido a su naturaleza hidrofílica, las películas que tienen como base a polisacáridos generalmente exhiben limitada permeabilidad al vapor de agua. Sin embargo, ciertos polisacáridos aplicados en forma de cobertura gelatinosa con alta humedad pueden retardar la pérdida de humedad en los alimentos ya que funcionan como agentes de sacrificio. Dentro del grupo de los polisacáridos que pueden ser empleados en el

desarrollo de empaques se encuentran: almidón, carragenina, agar, alginatos, dextrina y éteres de celulosa (Grennadios et al., 1997; Solis - Rivera, 2003).

La estructura lineal de algunos de estos polisacáridos es por ejemplo, la celulosa (1,4- β -D- glucano), la amilasa (un componente del almidón 1, 4- α - D- glucano) y el quitósan (1, 4- β -D- polímero de glúcidos), le proporcionan a algunas películas dureza, flexibilidad y transparencia; las películas son resistentes a las grasas y aceites. El entrelazamiento por ejemplo: del quitósan con aldehídos hace la película más dura, insoluble en agua y le proporciona una alta resistencia (Benavides, 2002; Srinivasa et al., 2004).

2.5. Películas de Origen Proteico

El proceso para la generación de una película a partir de biopolímeros como las proteínas que involucra la desnaturalización y formación de enlaces cruzados, que pueden ser covalentes, puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, interacciones electrostáticas o fuerzas de Van der Waals, entre otras. Un incremento en la temperatura propicia el establecimiento de enlaces disulfuro en películas proteicas (Guckian et al., 2005). Dentro de las películas biodegradables elaboradas a partir de proteínas, se encuentran diversas fuentes como son: maíz (almidón de maíz), suero de leche (aislado de proteína de suero de leche), soya (aislado de proteína de soya), trigo (gluten y gluteína), etc., que combinadas con agentes plastificantes (glicerina o sorbitol) en solución, pueden moldearse fácilmente para fabricar recubrimientos y películas (Krochta y De Mulder-Johnson, 1997).

Los materiales a base de proteínas consisten de redes macromoleculares continuas de baja humedad y más o menos ordenadas. Las interacciones entre proteínas necesitan ser numerosas y uniformes. La probabilidad de la formación de enlaces intermoleculares

depende de la forma de la proteína y de las condiciones de proceso. Proteínas de altos pesos moleculares (glutenina) y proteínas fibrosas (colágeno) generalmente forman películas con buenas propiedades mecánicas. Mientras que las proteínas globulares y β -pseudo-globulares (gliadina, caseína y glicinina) usualmente necesitan desdoblarse antes de la formación de la red. Al igual que los polisacáridos las películas elaboradas a partir de proteínas presentan alta permeabilidad al vapor de agua, 2 o 4 veces más que empaques plásticos tales como el propileno, polietileno, poliéster y el PVC. Además, son susceptibles al ataque de enzimas proteolíticas presentes en la carne y productos cárnicos. Las proteínas que pueden ser empleadas en la elaboración de películas son: colágena, gelatina, proteínas de la leche, proteínas derivadas de los cereales, proteínas de soya (Grennadios et al., 1997).

2.6. Películas a Partir de Mezclas de Proteínas-Polisacáridos

La producción de películas biodegradables de carbohidratos y proteínas ha bajado sus costos en la materia prima y puede jugar un importante papel en la preservación de los alimentos (Avérous et al., 2001; Gennadios 2002; Krochta y Miller, 1997).

Las proteínas y polisacáridos son los más utilizados para la elaboración de buenas películas. Aunque ambas, pueden ser razonablemente efectivas como barreras a gases (O_2 y CO), pero su permeabilidad al vapor de agua es relativamente elevada. La formación de películas biodegradables a partir de polisacáridos y proteínas es debida a la gran habilidad de establecer interacciones poliméricas y crear una red continua responsable de las propiedades funcionales de la película: por ello las investigaciones han ido en constante crecimiento (Grennadios et al., 1997; Giancone et al., 2008 y Krochta y De Mulder-Johnson, 1997).

El objetivo de mezclar entre proteínas-polisacáridos para la elaboración de películas y recubrimientos biodegradables (biofilms) es contrarrestar las deficiencias propias de cada componente, así poder mejorar las propiedades y características del material resultante (Tharanathan, 2003).

Según Arvanitoyannis et al. (1998) a mayor cantidad de glicerina (15, 20 y 25 g/100 mL), la fuerza de tensión disminuía, pero la deformación aumentaba y a concentraciones pequeñas de glicerina (2, 5, 8 y 10 g/100 mL) el efecto era contrario en películas almidón-proteína. La capacidad de interacción de las proteínas del suero de leche con moléculas de la misma o de otra especie, carbohidratos o lípidos, las convierte en un material versátil para su aplicación en productos alimenticios y en la elaboración de películas o recubrimientos que brindan protección al alimento como una barrera inerte.

Unas de las propiedades que se buscan mejorar son las "propiedades mecánicas". Las propiedades mecánicas de películas dependen del tipo de material utilizado y especialmente de su cohesión estructural. La cohesión es el resultado de la habilidad del polímero para formar fuertes y/o numerosos enlaces moleculares entre cadenas poliméricas, dificultando así su separación (Guilbert et al., 1996).

2.7. Mecanismo de Formación de Películas

En la formulación de películas se necesita el uso de por lo menos de un componente capaz de formar una matriz estructural con suficiente cohesividad. Películas elaboradas y combinando varios compuestos, han sido perfeccionadas para aprovechar las propiedades funcionales complementarias de cada componente y minimizar así sus desventajas. Las sustancias formadoras de películas crean una estructura continua mediante interacciones entre moléculas, bajo la acción de un tratamiento

químico o físico. La formación de una película o recubrimiento involucra uno de los siguientes procesos. (Soliva y Martín, 2001).

- La coacervación simple, en la que se consigue la formación de la película a partir del cambio de fase o precipitación de un hidrocoloide en disolución acuosa mediante modificación de alguna propiedad del disolvente (pH, carga eléctrica, etc.) o por adicción de otro disolvente en el cual el polímero es insoluble.

- La gelificación o coagulación térmica, mediante la cual el calentamiento de macromoléculas implica su desnaturalización seguida de gelificación o precipitación o incluso el enfriamiento de una dispersión de hidrocoloide que provoca una transición gel-sol, por ejemplo la gelatina o el agar.

- La eliminación del disolvente en el que la formación de una película sólida se lleva a cabo gracias a la evaporación del solvente en el que se aplica para obtener una película con propiedades mecánicas adecuadas es necesario ajustar correctamente la temperatura y velocidad de secado.

- La fusión y solidificación empleada en películas de naturaleza lipídica. Consiste en el calentamiento de la sustancia empleada por encima de su punto de fusión y su posterior enfriamiento.

2.8. Técnicas de Aplicación y Formación de Películas

Cualquiera de los procesos de formación expuestos se puede utilizar con varias técnicas de aplicación. Sin embargo el modo de aplicación de una película comestible depende en gran medida del tipo de producto que se desee recubrir (Soliva y Martín, 2001).

Las películas preformadas pueden fabricarse a nivel industrial, según las técnicas empleadas comúnmente para ciertos materiales y para las películas no comestibles tales como la extrusión, el moldeado o el laminado (Guilbert, y Biquet, 1995).

2.9. Glicerina

Debido a que la glicerina es un 1, 2,3-propanotriol sirve para unir cadenas, y por su estructura nos permite obtener estructuras más uniformes debido a la glicerina como recubrimiento y su uso para alimentos, en la manufactura de fibras sintéticas etc. (Wiley, 1988).

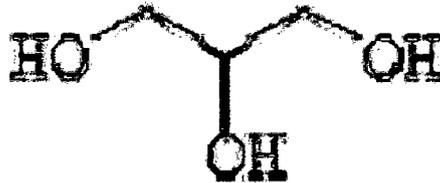


Figura N° 01: Estructura química de la glicerina (Wiley 1988)

Método para producir glicerina es con la fabricación de biodiesel, haciendo reaccionar triglicéridos (grasas o aceites) con alcohol (etanol o metanol). La glicerina cruda que se obtiene de este método es purificada normalmente por la destilación, seguida a veces por tratamientos de blanqueo (Knothe et al 2004).

2.9.1. Proceso de Purificación de la Fase de Glicerina

El proceso de purificación se realizará en la primera etapa de este proceso adicionando metanol al sistema, fase de glicerina sin metanol (FGSM); sin embargo sólo será necesario ajustar la

cantidad de metanol adecuada para el proceso de purificación que viene a ser un 50% del peso de glicerina a utilizar.

Después de diluir con metanol se realiza un proceso de neutralización tomando y evaluando 3 variables: pH, cantidad de metanol y ácido sulfúrico. Posteriormente se realiza operaciones de filtración con papel filtro y evaporación en el rota vapor a una temperatura de 70° C, la glicerina una vez ya transformada al nuevo producto obtenido lo denominamos Glicerina Refinada (GR) y el cual se caracteriza de acuerdo a la **Norma Técnica Colombiana NTC 1274**; finalmente se puede realizar una etapa de decoloración al producto obtenido, el cual definimos como Glicerina Refinada Decolorada (GRD), de aproximadamente 90% de pureza en glicerina según la densidad. (Fernando C. et al 2011).

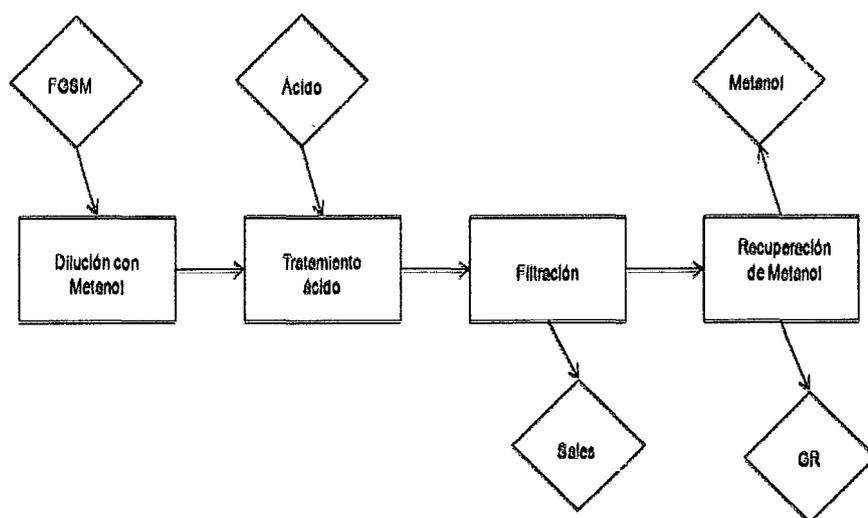


Figura N° 02: Proceso de purificación de la fase de la glicerina. (Fernando C. et al 2011).

2.9.2. Grado de Purificación de la Glicerina

Son los grupos hidroxilo de la glicerina, que se determina verificando que la glicerina este al 99.99%, la pureza es lo más importante, se verifica por medio de:

1. Densidad, no debe ser inferior a 1.24910 = 95% de pureza. Si la deseas más pura, se puede destilar.
2. Tomar punto de ebullición = 290 grados centígrados = 95% de pureza.
3. calentar con bisulfato de potasio pulverizado esto da acroleína, hacerlo en campana de extracción, pues es irritante. Esta reacción indica que es glicerina pura.
4. Índice de refracción a 25 grados centígrados = 1.4746, indica 95%.
5. Comparas estos datos, con los obtenidos de una muestra patrón de glicerina pura, grado reactivo al 99.99%, que puedes obtenerlo de Merck, Mallinckodt, Fisher.

(Kirk-Othmer. 3ra. Edición, 1983)

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

A continuación se presenta la metodología que fue utilizada para el desarrollo del presente trabajo experimental, así como una descripción de los equipos y técnicas empleados para la consecución de los objetivos planteados en la tesis.

3.1. Lugar y Fecha de Ejecución

La parte experimental del presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” y la parte de análisis se realizó en el Laboratorio Pos cosecha y Agroindustrias y de Suelos de la misma Institución. La Estación Experimental Agraria “El Porvenir” está localizada en el distrito de Juan Guerra, Provincia San Martín, Departamento de San Martín. La localización geográfica de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, está ubicada a 13 km al sur de la ciudad de Tarapoto, situada a 330 msnm, presenta un clima Cálido - húmedo que varía entre 28°C y 32°C. El experimento se inició el 02 de octubre del 2012 y finalizó el 10 de abril del 2013, con la última toma de muestras del biofilms.

3.2. Materiales y Reactivos

3.2.1. Materiales de Laboratorio

- Placas Petri de 3.5 cm y 9.0 cm.
- Pipetas de 10ml, 5ml.
- Probetas de 50 ml, 100 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 100 ml, 250 ml.
- Vasos de precipitación de 300 ml, 500 ml y 800 ml.
- Matraz Kitasato de 500 ml.
- Papel aluminio (BUDGET BUY 25 YD * 12 IN).
- Papel toalla.
- Guantes de Látex.

- Espátula de acero inoxidable (STAINLESS PAKISTAN).
- Agitador magnético

3.2.2. Reactivos de Laboratorio

- Agua destilada.
- Ácido sulfúrico 98%.
- Alcohol etílico 96%; Alcohol neutro.
- Alcohol metílico industrial 99%.
- Solución de almidón al 2%
- Proteína de leche (caseinato de sodio)

3.2.3. Equipos del Laboratorio

- Balanza analítica (METTLER AS 50, capacidad 50 g, mín. 0.0001 g.).
- Balanza analítica (METTLER AS 50, capacidad 500kg).
- Estufa digital (BINDER, temperatura nominal 300°C, 1.20 KW).
- Estufa (MEMMERT).
- Termómetro digital (OAKTON, modelo TEMP10K).
- Mufia (MEMMERT).
- Rota vapor (HEIDOLPH)
- Colorímetro marca MINOLTA Modelo CR – 400
- Texturómetro modelo Stentar II 11009 STR
- Micrómetro modelo DDR – 6000 Suhl

3.3. Metodología.

3.3.1 Producción de Biofilms.

- **Recolección de Muestras:**

La glicerina se recolectó con un grado de pureza de 70% después del proceso de transesterificación del aceite de piñón, localizado dentro de las instalaciones de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir".

3.3.2 Descripción del Proceso:

La preparación de diferentes concentraciones de las materias primas para formular el biofilm (Proteína de leche y almidón). Se incorporara diferentes concentraciones de glicerina a las mezclas (15%, 25%, 35%) se utilizará el método de moldeo y deshidratación obteniendo así nuestro producto final biofilms.

3.3.2.1 Películas de Almidón de Maíz:

Se prepara la solución de almidón de maíz (*Zea mays*) se pesa 2 a 5 g de almidón en 95 g de agua destilada (100 ml.), homogenizando a una temperatura de 70° a 80° C para facilitar su solubilidad, el proceso dura aproximadamente 10 minutos. Tras la disolución total del polímero, luego a continuación se adiciona la glicerina a diferentes concentraciones de (15%, 25% y 35%) obteniendo una relación maíz: glicerina el proceso de mezcla dura un promedio de 30 minutos hasta un punto de ebullición. Una vez preparadas las soluciones se colocará 20 ml.

de cada disolución en placas Petri de vidrio (15 cm de diámetro) y posteriormente se secará en condiciones de temperatura y humedad relativa controlada (25 °C y 50 % HR) durante 48 horas.

3.3.2.2 Películas de Proteína de Leche:

Las biopelículas se prepararán disolviendo 5 g de proteína láctea (caseinato de sodio) en 95 g de agua destilada y calentando hasta 65° C para facilitar su solubilidad. Tras la disolución total del polímero, se dejará enfriar la solución a temperatura ambiente. Para obtener las distintas formulaciones, se añadirán diferentes porcentajes de glicerina (15%, 25% y 35%). Una vez preparadas las soluciones formadoras de las biopelículas, se colocará 30 ml. de cada disolución en placas Petri de vidrio (15 cm de diámetro) posteriormente se secará en condiciones de temperatura y humedad relativa controlada (25 °C y 50 % HR) durante 48 horas.

El siguiente flujograma experimental se muestra a continuación del proceso de elaboración del Biofilms.

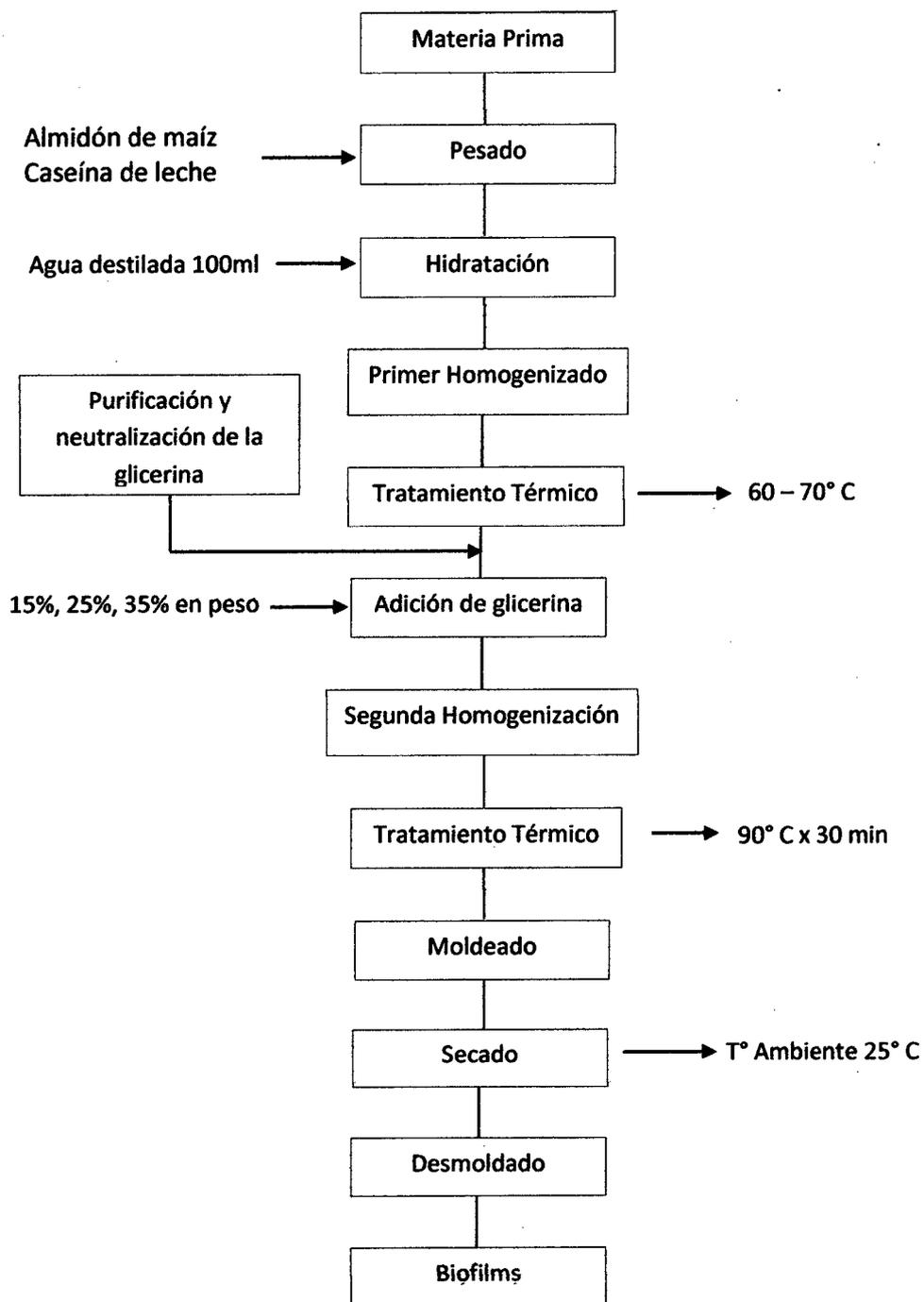


Figura N° 03 Diagrama de flujo para la elaboración de biofilms
(Elaboración propia)

3.4. Flujograma Experimental

3.4.1 Pesado:

Consiste en pesar las cantidades necesarias a utilizar en la formulación de biofilms que son tomados de almidón de maíz y de proteína de leche.

3.4.2 Hidratación:

Se realiza una incorporación de agua destilada al proceso con la finalidad de humedecer y disolver tanto el almidón de maíz y proteína de leche.

3.4.3 Primer Homogenizado:

Consiste en hacer una solución: la mezcla para su mayor facilidad de utilización.

3.4.4 Tratamiento Térmico:

Se realiza este procedimiento para ayudar a la formulación y disolución total que se hace en el homogenizado a una temperatura estipulada de aproximadamente de 60° a 70° C.

3.4.5 Purificación de la Glicerina Obtenida del Proceso de Biodiesel Obtenida de Aceite de *Jatropha curcas*.

La primera etapa de este proceso nuevamente se adiciona metanol; sin embargo en la práctica sólo será necesario ajustar la cantidad de metanol adecuada para el proceso de purificación que consiste en el 50% del peso de glicerina a utilizar. Después de diluir la glicerina con metanol se realizó un proceso de neutralización tomando como punto de referencia el pH,

cantidad de metanol y ácido sulfúrico. Posteriormente se realizaron operaciones de filtración con papel filtro y evaporación en el rota vapor, la glicerina ya transformada, lo denominamos Glicerina Refinada (GR) y el cual fue caracterizado de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 1274.

Después de obtener la glicerina purificada obtenida del proceso de destilación para separar la glicerina del metanol, que se determina verificando que la glicerina este al 90% de pureza el cual es importante, se verifica por medio de la densidad, la cual no debe ser inferior a 1.24910 = 90% de pureza, y un 10% que no se purifico y que estaría conformada por sales inorgánicas y residuos orgánicos (jabones, ácidos grasos, glicéridos etc.).

Cuadro N° 01: Cantidades de Glicerina Utilizada en la Purificación

Cantidad de glicerina	Cantidad de metanol	Cantidad de ácido sulfúrico	Cantidad de glicerina purificada
200 g.	100 g.	3 ml.	145 g.
300 g.	150 g.	4 ml.	200 g.
350 g.	175 g.	6 ml.	260 g.

Fuente: Elaboración propia

Método de Neutralización de la Glicerina

Se añade el ácido sulfúrico de manera controlada a la glicerina con metanol, mientras se observa que el pH de la solución sea el adecuado, la tolerancia que se usó para determinar si el pH es el requerido es de más o menos 0,2 unidades, (pH 7) que se está trabajando. Luego la solución se filtra a través de papel de filtro Advantec #1. En el filtro quedan retenidas las sales formadas, así como una parte de la materia orgánica que no es glicerina. El filtrado resultó ser un líquido viscoso de color café claro, constituido principalmente por glicerina y metanol mientras que la torta de filtración es un sólido pastoso color claro,

constituida principalmente por sales inorgánicas y residuos orgánicos (jabones, ácidos grasos, glicéridos etc.). Luego de la filtración se procedió a separar el metanol de la glicerina, lo cual se hizo mediante roto evaporación a 70-95°C y vacío. Finalmente se obtuvo el metanol recuperado en ml y la glicerina purificada en ml.

VARIABLES DE ENTRADA EMPLEADAS EN EL PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN CON ÁCIDO SULFÚRICO.

Cuadro N° 02: Parámetros para neutralizar glicerina

Factores	Nivel de uso
Cantidad de metanol	50%
pH	7
Tipo de ácido	Ácido sulfúrico

Fuente: Fernando C. et al., (2011).

3.4.6 Adición de Glicerina Purificada:

Es importante este proceso ya que de ello nos servirá para hacer más firme nuestro biofilms y lo utilizamos como plastificante pero para ello primero debemos purificarlo a un grado de 80 a 90° de purificación según la norma técnica establecida NTC1274.

3.4.7 Segunda Homogenización:

Se hace nuevamente este proceso para formar una disolución y hacerlo más manejable, en este paso se unen los tres componentes para formar el biofilms.

3.4.8 Tratamiento Térmico:

Se hace este proceso para ayudar a la unión de la concentración con temperaturas estipuladas a 90° por un tiempo aproximado de 30 minutos.

3.4.9 Moldeado:

Se utilizará placas petri de vidrio de 15 cm para la deposición de la concentración formulada (biofilms).

3.4.10 Secado:

Se llevará a cabo a una temperatura constante de 25° C. Las películas se almacenan al medio ambiente con una humedad relativa (HR) de aproximadamente el 50% manteniéndolas a una temperatura constante de 25°C durante 96 horas.

3.4.11 Desmoldado:

Utilizaremos pinzas para el fácil desprendimiento de las películas obtenidas (biofilms).

3.4.12 Biofilms:

Producto final obtenido con características aceptables, listo para ser evaluadas en los parámetros requeridos para su estudio.

3.5 Determinación de los Parámetros Físicos

3.5.1. Espesor

Las medidas se realizaron utilizando un micrómetro modelo DDR – 6000 Suhl, donde las muestras de las películas fueron de 2 x 5 cm. Lo cual se tomó cinco mediciones en varios puntos de la película para calcular el promedio de cada muestra.

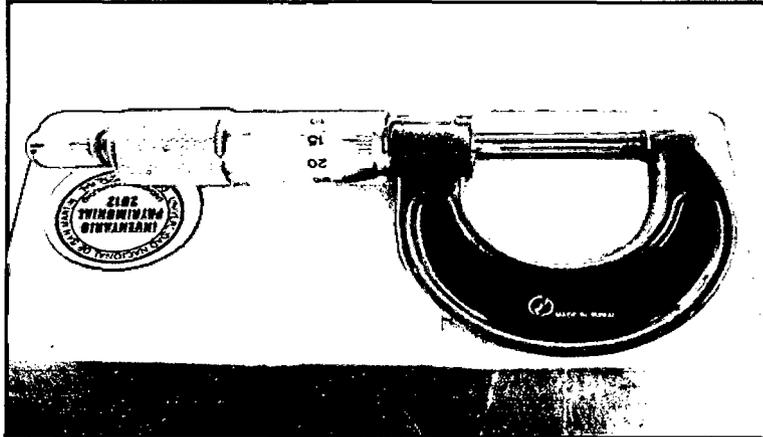


Figura N° 04: Micrómetro DDR-6000 Suhl

3.5.2. Color

Las medidas de color superficial de las películas se realizaron en un colorímetro donde las muestras de las películas fueron de 2 x 5 cm en un Minolta (CR 400, Osaka, Japón), calibrado con un standard ($Y=93.80$, $x=0.3133$, $y=0.3193$). Se registraron las coordenadas L^* , a^* , b^* de la escala CIE; en este sistema el parámetro a^* , representa la variación rojo-verde, tomando valores positivos para el primero y negativos para el segundo; el parámetro b^* , representa la variación amarillo-azul, siendo positivo para el primero y negativo para el segundo y el parámetro L^* de luminosidad varía entre 0, para el negro y 100 para el blanco.

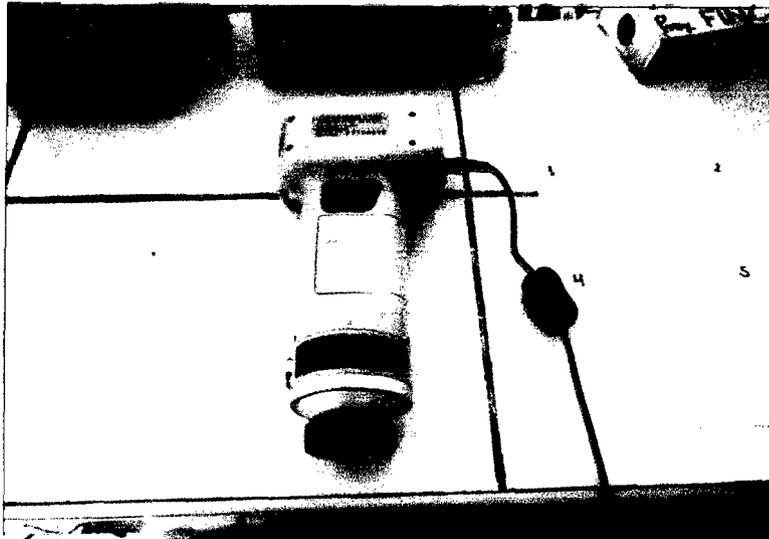


Figura N° 05: Colorímetro digital CR – 400

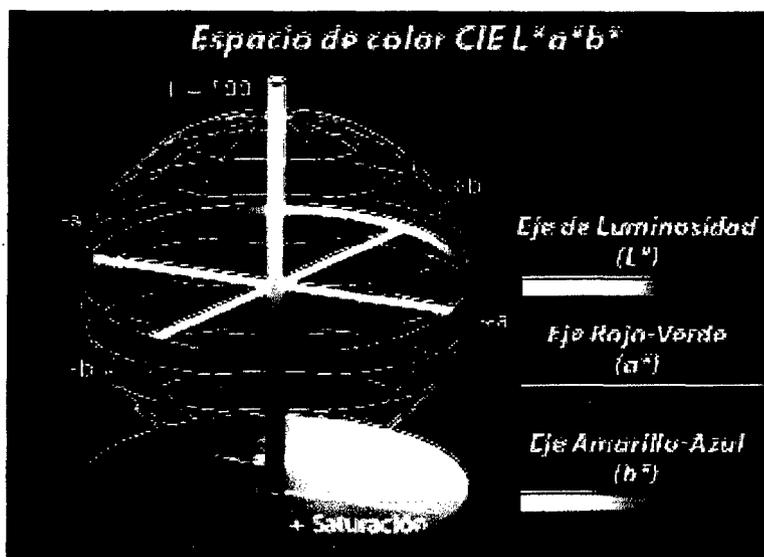


Figura N° 06: Parámetros de color superficial: luminosidad y de cromaticidad a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul).

Además, en la medición del color superficial, se determinaron los parámetros C^* , H° que se obtienen a partir de los parámetros de cromaticidad y tonalidad:

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

$$H^{\circ} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

3.6. Determinación de los Parámetros Mecánicos

3.6.1. Fuerza de Ruptura

Las medidas se determinaron mediante una prueba de punción usando un texturómetro modelo Stentar II 11009 STR, donde la fuerza de tensión o ruptura se aplicó a las muestras de 2 x 5 cm. Donde se reportará la medición de 8 determinaciones.

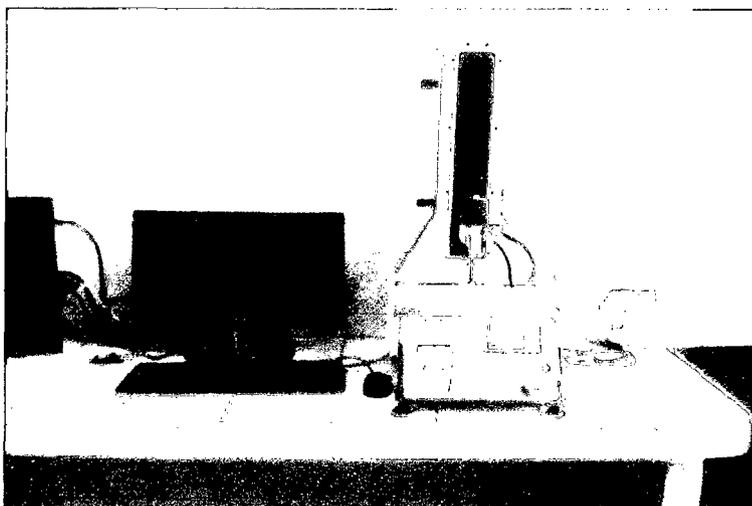


Figura N° 07: Texturómetro modelo Stentar II 11009 STR

3.6.2. Solubilidad en Agua

Se determinaron las solubilidades de las películas en solución de agua destilada esta condición simula las condiciones de digestión gástrica, ya que las películas además de ser biodegradables son comestibles. Las muestras de las películas de 2 x 5 cm. Las muestras se pesaron (peso seco inicial) y se

colocaron en vasos de precipitados que contenían 50 ml. de agua destilada. Las muestras fueron mantenidas con agitación constante a 200 rpm durante 24 horas a la temperatura correspondiente (25 ° C y 100 ° C). Luego, fueron recuperadas por filtración y secadas en una estufa a 90°C hasta peso constante (peso seco final). El porcentaje total de materia soluble (% de solubilidad), fue calculado de la siguiente manera:

$$\text{Solubilidad (\%)} = \left[\frac{(\text{Peso seco inicial} - \text{Peso seco final})}{\text{Peso seco inicial}} \right] \times 100$$

3.7. Determinación de los Parámetros Sensoriales

El método sensorial aplicar es la prueba hedónica lo cual estudia el nivel posible de aceptación y mide cuanto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta" hasta "me disgusta muchísimo". En el formato planteado se apreciará, las diferentes concentraciones de biofilms debidamente codificadas y se evaluarán de acuerdo a una escala de puntuación (prueba hedónica) el cual presentamos en el anexo N° 04 (Peryam y Girardot 1952).

3.8. Diseño Experimental

3.8.1. Obtención de Biofilms a Partir de la Mezcla de Glicerina más Almidón

Para evaluar la influencia de la adición de glicerina, se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial (3x1), tres tipos de concentraciones de glicerina (15%, 25% y 35%) y una solución formadora de películas (SFP), almidón de maíz

(AM). Utilizando la relación mezcla de g. glicerina/ g. de almidón, en 3 relaciones (1:0.15); (1:0.25); (1:0.35).

Cuadro N° 03: Dilución de glicerina con el almidón de maíz

Glicerina (%)	Cantidades agregadas (g)		
	Almidón (g)	Glicerina (g)	Agua (ml)
15	2.5	16.67	100
25	2.5	10.00	100
35	2.5	7.24	100

Fuente: elaboración propia

3.8.2. Obtención de Biofilms a Partir de la Mezcla de Glicerina más Caseinato de Sodio

Para evaluar la influencia de la adición de glicerina, se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial (3x1), tres tipos de concentraciones de glicerina (15%, 25% y 35%) y una solución formadora de películas (SFP), proteína de leche (PL). utilizando la relación mezcla de g. glicerina/ g. de caseína de leche de vaca, en 3 relaciones (1:0.15); (1:0.25); (1:0.35).

Cuadro N° 04: Dilución de glicerina con caseinato de sodio

Glicerina (%)	Cantidades agregadas (g)		
	Caseinato de sodio (g)	Glicerina (g)	Agua (ml)
15	5	16.67	100
25	5	10.00	100
35	5	7.24	100

Fuente: elaboración propia

- Se realizaron análisis de varianza al 95% de confianza para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos con la ayuda del programa SAS.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los Parámetros Físicos

Fueron obtenidas a diferentes concentraciones y proporciones (Glicerina-almidón-Agua), (Glicerina-caseinato de sodio-Agua), las cuales se trabajó con una temperatura de 25°C para su secado, reportando a continuación.

4.1.1. Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) para la Determinación del Espesor

Las Figuras N° 08 y N° 09 muestran la producción de biofilms obtenida a una mezcla de 15%, 25%, 35% de glicerina más almidón y caseinato de sodio. Este proceso dura 4 días, (aproximadamente 96 horas), tiempo en el cual se genera el biofilms, respectivamente.

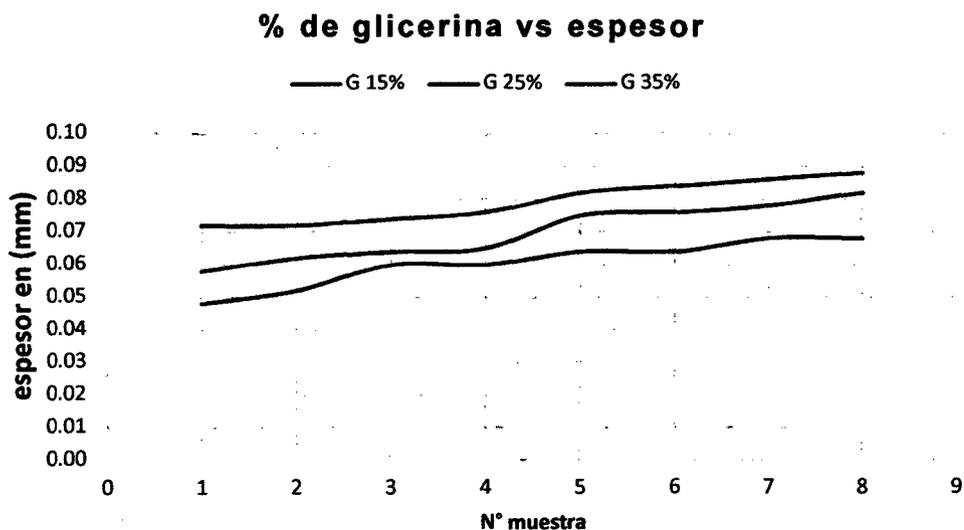


Figura N° 08: Producción de biofilms obtenida a una mezcla de 15%, 25%, 35% de glicerina más almidón

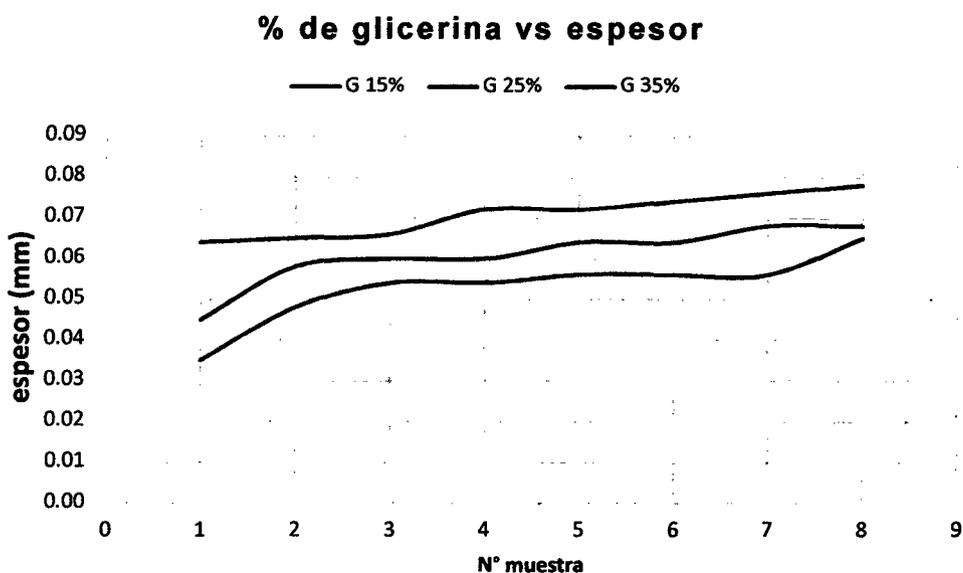


Figura N° 09: Producción de biofilms obtenida a una mezcla de 15%, 25%, 35% de glicerina más caseinato de sodio

Las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, tienen relación, se diferencia entre cada una de ellas cuando se va aumentando la concentración, esto se debe a la manipulación, al calentamiento y al secado de las películas, ya que es muy difícil obtener una película totalmente homogénea, los datos son el resultado de la medida de un análisis estadístico de 8 películas por cada prueba, tomando 5 mediciones de forma aleatoria, obteniendo la medida de 40 películas por prueba.

Según Miguel A. Michaca (2004) comenta en su trabajo que conforme se incrementa la glicerina hay un incremento en el espesor de las películas debido a que la glicerina es un 1, 2, 3-propanotriol sirve para unir cadenas, y por su estructura nos permite obtener estructuras más uniformes teniendo sus resultados en cuanto al espesor de 0,2 a 0,3 mm.

Según López Hernández (2010) que las películas se elaboraron por el método de vertido y secado en placas de vidrio, encontrando que aquellas elaboradas presentaron los menores espesores ($0,1163 \pm 0,009$ mm).

Según Zhang y Han (2006) la magnitud de la variación del espesor por la incorporación de plastificantes depende principalmente del peso molecular del plastificante incorporado.

4.1.2. Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) para la Determinación del Color

Los valores de tonalidad y cromaticidad, de las superficies que las películas reflejan y de las cuales se genera un vector de magnitud como es la cromaticidad que indica la tonalidad, indica que tan rojo o amarillo se visualizan, las cuales son una función directa del color del objeto en la cual se hace la comparación del estándar con las películas a diferente concentración de glicerina, los valores de las películas, están por arriba del estándar la que permite decir que los colores rojo y amarillo son más intensos en las películas elaboradas a diferentes concentraciones.

En las figura N° 10 y N° 11 se muestran el comportamiento del valor L de las películas donde se muestra la variación que se tiene con las diferentes concentraciones de glicerina, y se puede observar que para el valor L, que tanto hay de un componente blanco o negro, ya que $L=0$ (negro); $L=100$ (blanco), para las películas a 15%, 25%, 35% se mantiene el color L conforme a la concentración de glicerina, siendo el color aceptable y mejor de almidón de maíz transparencia el de 15%, y lo siguen el 25%, 35% de glicerina, igualmente se menciona para el caseinato de sodio siendo el color transparente el de 25%, y lo siguen 35%, 15% existiendo un punto entre el blanco y el negro, para poder definir los colores de transparencia (blanco).

% de glicerina vs color (L)

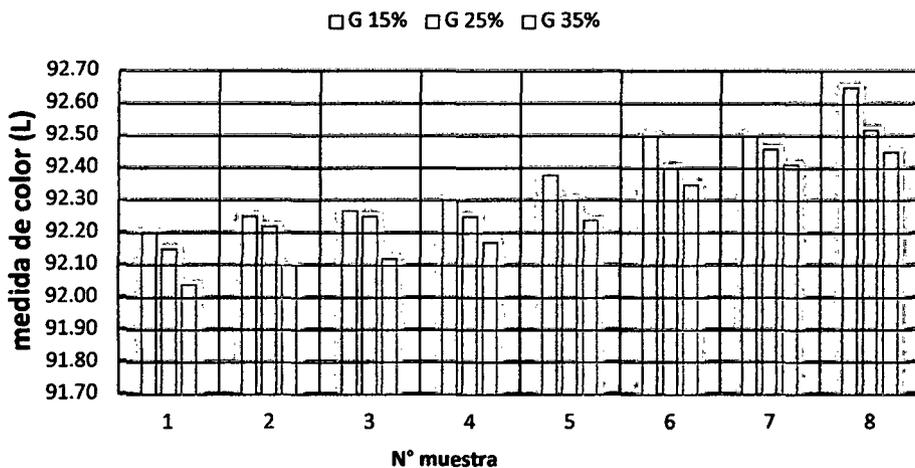


Figura N° 10: Comportamiento de color (L) de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con almidón de maíz.

% de glicerina vs color (L)

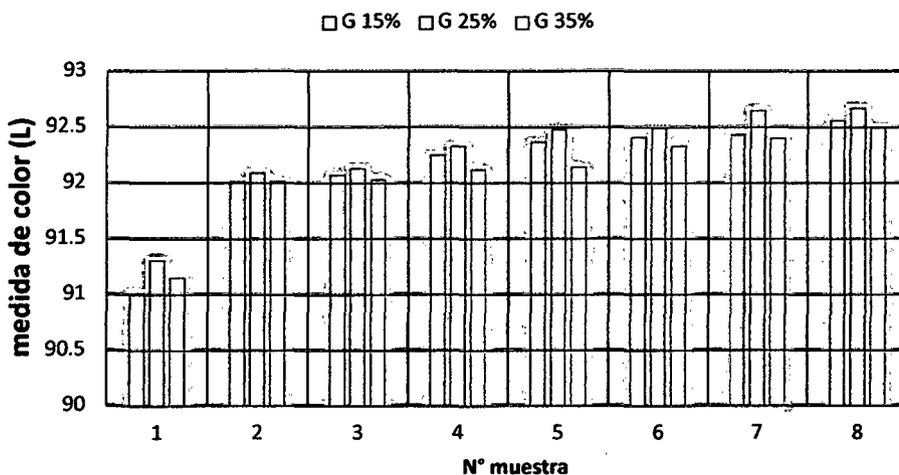


Figura N° 11: Comportamiento de color (L) de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con caseinato de sodio

Los valores absolutos de las coordenadas del espacio colorimétrico a^* y b^* obtenidos fueron muy cercanos a 0, indicando la ausencia de color y una elevada transparencia para todas las

formulaciones; en este sentido. Si bien obtuvieron películas transparentes de caseinato de sodio plastificadas con glicerina se observó que presentaba una coloración ligeramente ámbar, con valores para la coordenada b^* de hasta 8,11 con respecto a caseinato de sodio (proteína de leche) Pérez Gago, et. (2000).

Según Miguel A. Michaca (2004) comenta en su trabajo que Los datos relacionados con el color de las películas de almidón de maíz afirman que conforme se incrementa la glicerina aumenta la intensidad del color siendo este un factor favorable para efectos ópticos de las películas, para fines de recubrimiento de productos de origen muscular para la industria alimentaria.

4.2. Determinación de los Parámetros Mecánicos

Se obtuvieron a diferentes concentraciones y proporciones (Glicerina-almidón-Agua), (Glicerina-caseinato de sodio-Agua), las cuales se trabajó a una temperatura de 25°C (temperatura ambiente) para su secado, reportándose a continuación.

4.2.1. Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) para la Determinación Fuerza de Ruptura

En las películas se evaluó la fuerza de tensión, en la Figuras N° 12 y N° 13 se puede observar que conforme se incrementa la concentración de glicerina la fuerza de tensión disminuye hasta un punto donde se rompe con una fuerza de 6.37 N a 6.55 N, para 25%, 35% y para 15% aumenta una fuerza de 7.93 N donde es el punto que se llega a romper, para caseinato de sodio tenemos que aumentado la concentración de glicerina a 35% llega con una fuerza de 9.61 N, la adición de más glicerina después de este punto provoca la saturación de los grupos polares, así como la desnaturalización de las mismas a partir de este punto.

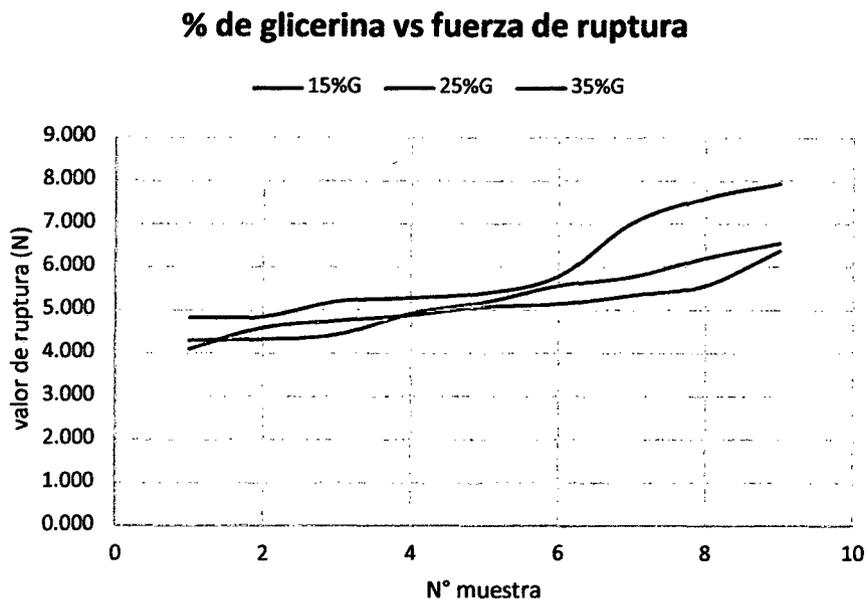


Figura N° 12: Comportamiento de fuerza de ruptura de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con almidón de maíz

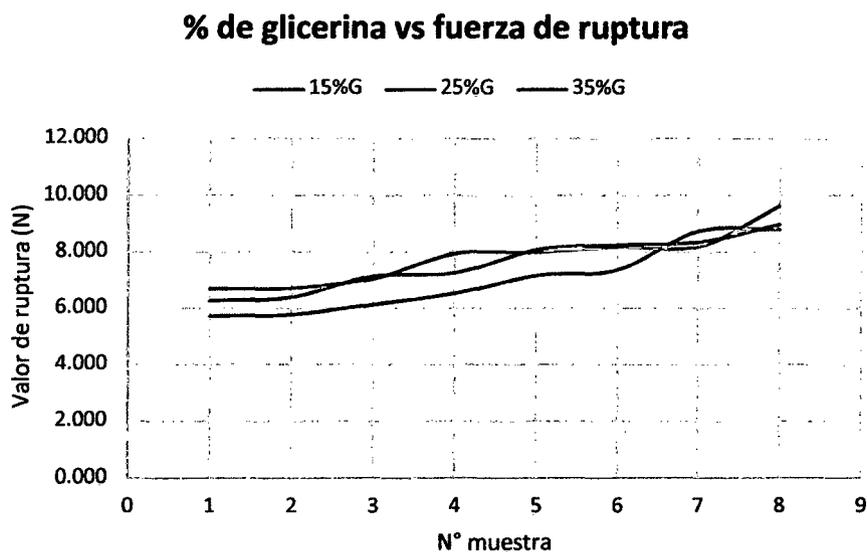


Figura N° 13: Comportamiento de fuerza de ruptura de las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, con caseinato de sodio



Según los autores Gontard et al. (1993), Yang y Paulson (2000) y Tapia-Blácido et al. (2005) reportaron también incrementos en los valores de deformación para películas, con aumentos en las concentraciones de glicerina. El aumento en la capacidad de deformación de la película, antes de su ruptura, con incrementos en la concentración del plastificante puede explicarse ya que al disminuir las interacciones intermoleculares se favorece la movilidad de las macromoléculas. Además el incremento en la concentración del plastificante eleva el contenido de humedad de la película, a causa de su gran higroscopicidad, lo cual también contribuye a la reducción de fuerzas entre macromoléculas adyacentes.

4.2.2. Dilución del 15%, 25%, 35%, de Glicerina con (Almidón y Caseinato de Sodio) para la Determinación de Solubilidad en Agua

En lo que respecta a la prueba del método de Biuret. En las películas se observa que en agua hay una mínima disolución de las películas debido a que el almidón de maíz es un compuesto altamente hidrofóbico, y solamente se disuelve en agua a un pH de 11.3 a 12.7, al igual que en el caseinato de sodio presentan solubilidad mínima en las películas es un factor que beneficia a las películas es la aplicación de agentes plastificantes como es el caso de la glicerina, de acuerdo con los estudios realizados, el almidón de maíz como el caseinato de sodio adicionando un agente como el antes mencionado, nos proporciona resultados de que a medida que se aumenta la concentración de glicerina, también aumenta la solubilidad, las cuales se muestran a continuación en la figuras N° 14 y N° 15

% de glicerina vs solubilidad (agua)

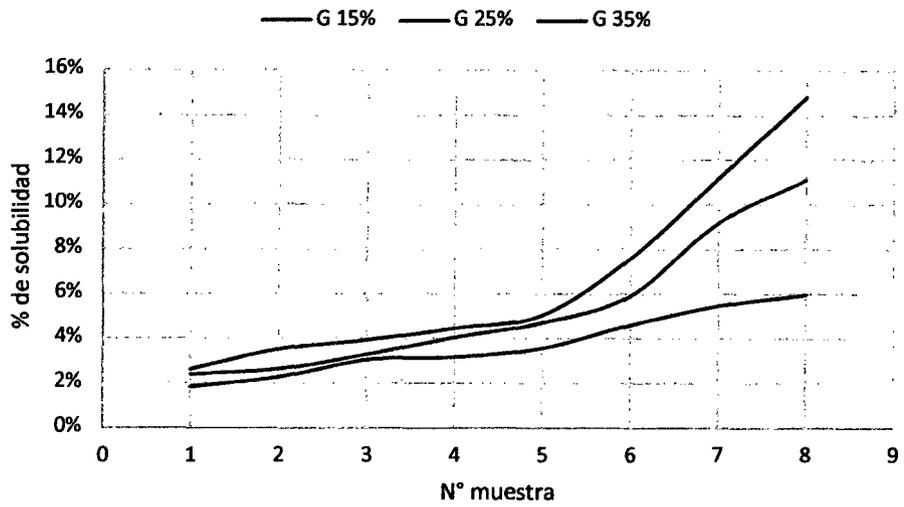


Figura N° 14: Comportamiento de la solubilidad con las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, más almidón de maíz

% de glicerina vs solubilidad (agua)

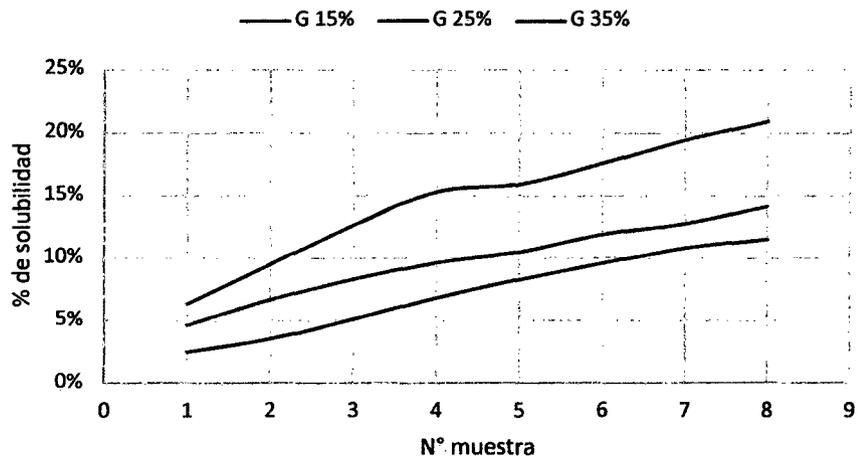


Figura N° 15: Comportamiento de la solubilidad con las diferentes concentraciones de glicerina 15%, 25%, 35%, más caseinato de sodio.

La solubilidad de las películas en agua es una propiedad muy importante ya que condiciona la aplicación de las mismas. En algunos casos, se requiere que las mismas sean insolubles en agua para mejorar la integridad del producto y la resistencia a la humedad; en otros, la disolución de las películas antes del consumo del producto puede resultar útil, como en el caso de la encapsulación de alimentos o aditivos (Bertuzzi y Col, 2007).

Los resultados obtenidos de solubilidad de las películas presentes en las figuras N° 14 y N° 15; hay un aumento significativamente de acuerdo con la temperatura y con la adición de plastificante debido al carácter hidrofílico de la glicerina. Resultados similares fueron reportados para películas plastificadas con glicerina de almidón de maíz y caseinato de sodio. Esto se debe a que forma una biopelícula (biofilms) de superficie lisa y homogénea, brindando una flexibilidad aceptable para asegurar la posibilidad de utilización y que no se desintegra rápidamente en condiciones intensas de humedad. (Shen et al, 2010) y de kefirán (Piermaría y col. 2009).

4.3. Determinación de los Atributos de Calidad

Se obtuvieron los resultados, resaltando que la muestra 410 que corresponde al 15 % de glicerina más almidón de maíz es aceptable en cuanto a textura, color, sabor y olor; de igual manera la muestra 220 que corresponde al 25 % de glicerina más caseinato sodio es más aceptable en cuanto a textura, color, sabor y olor demostrando los resultados en cuadro N° 06.

Cuadro N° 05: Resultados de evaluación sensorial de biofilms

Pruebas	Muestras					
	Almidón			Caseinato		
	15%	25%	35%	15%	25%	35%
	410	420	430	210	220	230
Fuerza de ruptura	56	45	53	43	45	42
Color	54	53	52	47	48	47
Sabor	55	48	50	31	39	31
Olor	52	51	51	39	42	34

Fuente: elaboración propia

En la evaluación de atributos de calidad se demostró que la formulación aceptable es almidón más glicerina en todos los aspectos menos en la fuerza de ruptura, ya que hay una diferencia significativa en ellos por la utilización de una proteína las cuales son más resistentes; a la comparación de un almidón.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La glicerina utilizada de 15%, 25%, 35%, como agente plastificante favorece en gran proporción a las propiedades físicas y mecánicas de las películas a base de almidón de maíz y caseinato de sodio, con la que contribuimos a proporcionar información de acuerdo a su utilización.
- Al aumentar las concentraciones de glicerina en cualquiera de las mezclas, aumentaba el espesor del biofilm, lográndose un producto de estructura compacta y óptima composición.
- Conforme se disminuye la concentración de glicerina aumenta la intensidad del color para la mezcla con el almidón, lográndose el mejor color al 15% de glicerina y para el caseinato de sodio al aumentar la concentración aumenta la intensidad como se muestra en el caso del 25% de glicerina.
- Utilizando la glicerina como plastificante en diversas concentraciones obtuvimos resultados respecto a fuerza de ruptura, como que a menor concentración obtuvimos mayor fuerza de ruptura (7,93 N con 15% de glicerina más almidón de maíz) y en el caso de caseinato de sodio el aumento de la concentración a 35% de glicerina dio una fuerza de ruptura de 9,61 N demostrando así la elasticidad y deduciendo que llegamos a buen resultado.
- Todos los compuestos utilizados en las formulaciones son de origen natural y apto para el consumo. Son altamente biodegradables y por tanto representan una alternativa prometedora y medioambientalmente sostenible a las películas sintéticas que hoy en día se utilizan.

- Al analizar de forma conjunta la solubilidad en agua de las biopelículas (biofilms) de almidón de maíz y de caseinato de sodio con glicerina se puede concluir que en la formulación con almidón de maíz, el 15% demostró ser menos soluble en agua y el 25% de glicerina; en caseinato de sodio.
- Las evaluaciones sensoriales, demostraron que la concentración de 15% de glicerina más almidón fue el más aceptable en cuanto a textura, color, sabor, olor; de igual manera para caseinato de sodio el más aceptables fue el de 25% de glicerina.
- De las formulaciones ensayadas la mejor composición representa el almidón de maíz más 15% de glicerina por presentar transparencia en cuanto a su color pero en cuanto a su fuerza de ruptura es mejor el caseinato de sodio más 35% de glicerina.

5.2. RECOMENDACIONES

- Emplear otros métodos de evaluación y optimizar las soluciones para obtener mejores resultados en aspectos como ruptura y solubilidad en agua.
- Estudiar otro método de purificación de la glicerina para llegar a un grado óptimo en la cual garantiza la calidad del producto final el caso de subproducto del biodiesel de *Jatropha curcas*.
- Desarrollar nuevas investigaciones utilizando almidones de otras especies vegetales.
- Hacer pruebas de tolerancia de temperaturas y humedad durante el transporte de frutas cubiertas con este nuevo producto.
- El presente trabajo abre una posibilidad en una nueva línea de investigación sobre obtención de sistemas de envasado activo con características óptimas, formado por materiales de origen natural, altamente biodegradables y con excelentes propiedades mecánicas y físicas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. **Arvanitoyannis, I; Biliaderis, C. G. (1998).** Physical properties of polyol-plasticized edible films made from sodium caseinate and soluble starch blends. *Food Chemistry*. 62: 333-342.
2. **Avérous, L. y Boquillon, N. (2004).** Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. *Carbohydrate Polymer* 56:111-112
3. **Avérous, L; Fringant, C; Moro, L. 2001.** Plasticized starch-cellulose interactions in polysaccharides composites. *Polymer*. 42: 6565-6572.
4. **Badui, S. (1999).** Química de los alimentos. Editorial Alhambra Mexicana. México D. F., México.
5. **Bello-Pérez, L. A; Agama-Acevedo, E; Sáyago, S. G; Figueroa, J. D. C. (2000).** Some structural, physicochemical and functional studies of banana starches isolated from two varieties growing in Guerrero, Mexico. *Starch/Stärke*. 52: 68-73.
6. **Benavides, C. (2002).** Quitina-Quitosana: Los polímeros del futuro. SENA-CDT - Regional Valle, Cali, p6-61
7. **Bertuzzi, M.A.; Castro Vidaurre, E.F.; Armada, M. y Gottifredi, J.C. (2007).** Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 972-978.
8. **Embuscado, M. y Huber, K. (2009).** Edible films and Coatings for food Applications. Springer, London New York.
9. **Fernando C., Luis Gallego., Luis Rios. (2011).** Refinación de la Fase Glicerina del Biodiesel de Aceite de Palma empleando Ácidos Minerales. Grupo Procesos Físicoquímicos Aplicados, Universidad de Antioquia, Sede de Investigación. Medellín-Colombia.

10. **Guckian, S; Dwyer, C; O'Sullivan, M. 2005.** Properties of and mechanisms of protein interactions in films formed from different proportions of heated and un heated whey protein solutions. *Food Hydrocolloids*. 223: 91-95.
11. **Gennadios, A., Hanna, M. A. y Kurt, L. M. (1997).** Application of edible coatings on meats, poultry, and seafoods. *Lebensm. U. Technol.* 30:337- 350.
12. **Gennadios, A. 2002.** Protein-based films and coatings. Boca Raton, USA: CRC Press. Pp. 164.
13. **Grennadios, A; Hanna, M. A; Kurth, L. B. 1997.** Application of edible coatings on meats, poultry and sea foods: A review. *LWT-Food Science and technology*. 30: 337-350.
14. **Giancone, T; Torrieri, E.; Masi, P; Michon, C. (2008).** Protein-polysaccharide interactions: Phase behaviour of pectin-soy flour mixture. *Food Hydrocolloids*. Paginación en trámite.
15. **Gontard, N.; Guilbert, S. and Cuq, J. L. (1993).** Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science* 58 (1), 206-211.
16. **Guilbert, S., Gontard, N. and Gorris, L. G. M. (1996).** Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie* 29, 10-17.
17. **Guilbert, S. y Biquet, B. (1995).** Películas y envolturas comestibles. En *Embalaje de los alimentos de gran consumo*. Editores: G. Bureau, J. L. Multon. Ed. Acribia Zaragoza.
18. **Jansson, A. (2004).** Thuvnander Influence of thickness on the mechanical properties for starch films. *Carbohydrate Polymers*. 56: 499–503.

19. **Kim, S. J; Ustunol, Z. (2001).** Solubility and moisture sorption isotherms of whey-protein-based edible films as influenced by lipid and plasticizer incorporation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(9): 438-439.
20. **Kirk-Othmer.3ra. edición, (1983).** John Wiley-Interscience. New York, U.S.A
21. **Knothe, Gerhard, Van Gerpen, Jon. (2004).**Biodiesel Handbook.1ª Edición.USA.AOCS Press.296 págs.
22. **Krochta, J. M y De Mulder- Johnson, C. (1997).**Edible and biodegradable polymer film.*Food Technology*, % (2); 61 –74.
23. **López Hernández, Luis Humberto (2010).** Efecto de la incorporación de extracto de tamarindo (*Tamarindus indica*) con actividad antioxidante en la elaboración y funcionalidad de películas biodegradables proteína-almidón
24. **Mali, S; Grossmann, M. V. E; García, M. A; Martino, M. N; Zaritzky, N. E. (2005).** Mechanical and thermal properties of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*. 157-164.
25. **Ministerio de Agricultura (2011).** “Proyecto piñón - DRASAM”. Oficina de Información Agraria.
26. **Michaca España, Miguel Angel (2004).** Efecto de la Adición de Glycerol Como Agente Plastificante En Las Propiedades Fisicoquímicas de las Películas de Zeina
27. **Müller, C. M. O; Laurindo, J. B; Yamashita, F. (2008).** Effect of cellulose fibbers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films. *Food Hydrocolloids*. 1–6.
28. **McHugh, T. and Krochta, J. (1994).** Milk protein-based edible films and coatings. *Food Technology*, 48, 97-103.

29. **Pojanavaraphan T, Magaraphan R, Chiou B-S (2010)**, Schiraldi DA. Development of Biodegradable Foamlike Materials Based on Casein and Sodium Montmorillonite Clay. *Biomacromolecules*; 11: 2640–2646.
30. **Perez-Gago, M. B; Krochta, J. M. (2000)**. Drying temperature effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein-lipid emulsion films. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48: 2687-2692.
31. **Parra, D. F., Tadini, C. C., Ponce, P. and Lugao, A. B. (2004)**. Mechanical Properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. *Carbohydrate Polymers*, 58, 475-481.
32. **Piermaria, J.; Pinotti, A.; García, M.A. y Abraham, A.G. (2009)**. Films based on kefiran, an exopolysaccharide obtained from kefir grains. Development and characterization. *Food Hydrocolloids*, 23, 684-690.
33. **Shen, X.L.; Wu, J.M.; Chen, Y. y Zhao, G. (2010)**. Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. *Food Hydrocolloids*, 24(4), 285-290.
34. **Solís-Rivera I. (2003)**. Inmovilización de la bacteriocina producida por *Pediococcus parvulus* en geles de alginato de calcio. Tesis de Licenciatura. Fac. Química UNAM.
35. **Soliva, R. y Martín, O. (2001)**. Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles. *Alimentaria*, septiembre.
36. **Sothornvit, R. and Krochta, J. M. (2001)**. Plasticizer effect on mechanical properties of β -lactoglobulin films. *Journal of food engineering*, 50, 149-155.

37. **Sothornvit, R. y Krochta, J. (2005).** Plasticizers in edible films and coatings. En: Innovations in food packagings, Han, J.H. (ed). Amsterdam, The Netherlands, Elsevier.
38. **Srinivasa, P.; Ramesh, M.; Kumar, K. y Tharanathan, R. (2004).** Properties of hitosan films prepared under different drying conditions. Journal of Food Engineering 63:79-85
39. **Tapia-Blácido, D., Sobral, P. J. and Menegalli, F. C. (2005).**Development and Characterization of biofilms base don amanranth flour (Amaraanthuscaudatus). Journal of FoodEngineering, 67, 215-223.
40. **Tharanathan, R. N. (2003).** Biodegradable films and composite coatings: past, presentand future. Critical Review in Food Science and Technology 14:71-78
41. **Wiley (1988).** Fundamentals of Chemistry, Brady and Holum New York
42. **Yang, L. and Paulson, A. T. (2000).**Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. Food Research International, 33, 563-570.
43. **Zhang, Y. y Han, J. (2006).** Mechanical and thermal characteristics of pea starch films plasticized with monosaccharides and polyols. Journal of Food Science, 71, 109-118.

NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA

1274

1980-11-19

**PRODUCTOS
QUÍMICOS.
GLICERINA**



E: CHEMICALPRODUCTS.GLYCEROL

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: glicerina; glicerina; glicerina crudo; glicerina
refinado.

I.C.S.:71.080.60

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
(ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida reproducción Primera actualización
Editada 2001-12-18

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 1274 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1980-11-19.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico.

ACOPER
ASOCIACIÓN NACIONAL DE JABONEROS
CHESBROUGH POND'S INT. LTDA.
DERSA S.A.
DETERGENTES S.A.
INDUSTRIAS QUÍMICAS PENNWALT
INEXTRA S.A.
JABONERÍAS HADA S.A.

LABORATORIOS ABBOTT
MERCK COLOMBIA S.A.
MINISTERIO DE SALUD
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
TECNOQUÍMICA LTDA.
VÁRELA L. HERMANOS
VECOL S.A.

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**PRODUCTOS QUÍMICOS.
GLICEROL**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir el glicerol crudo y el glicerol refinado.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

2.1 DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen los siguientes:

2.1.1 Glicero (glicerina): producto compuesto por glicerol (1.2.3 - propanotriol).

2.2 CLASIFICACIÓN

2.2.1 El glicerol se clasifica en la siguiente forma:

2.2.1.1 Tipo 1: corresponde al glicerol refinado.

- a) Grado 1: corresponde al glicerol químicamente puro.
- b) Grado 2: corresponde al glicerol farmacéutico y de cosméticos.
- c) Grado 3: corresponde al glicerol técnico.
- d) Grado 4: corresponde al glicerol dinamita.

2.2.1.2 Tipo 2: corresponde al glicerol crudo.

- a) Grado 1.
- b) Grado 2.

3. CONDICIONES GENERALES

3.1 EL GLICEROL TIPO 1

Debe ser un líquido homogéneo, higroscópico, viscoso y no debe contener materias extrañas.

3.1.1 El glicerol Tipo 1, Grados 1 y 2 debe poseer sabor dulce y ser prácticamente inoloro.

3.2 EL GLICEROL TIPO 2

Debe ser líquido higroscópico, homogéneo, viscoso, y su color varía entre amarillo y el pardo rojizo.

4. REQUISITOS

4.1 El glicerol tipo 1, debe cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos para el glicerol tipo 1

Requisitos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4
Contenido de glicerol, en % mín	98	95	98	98
Color	Incoloro	Responda al ensayo indicado en el numeral 6.2.1	1,2 Unidades rojas. 5,0 unidades amarillas (Escala Lovibond)	2,0 Unidades rojas 7,5 unidades amarillas (Escala Lovibond)
Acidez o alcalinidad, expresada como Na ₂ O, en % máx.	*	*	0,01	0,01
Equivalente de los ácidos grasos y ésteres expresados como NaOH, en % mín.	0,01	Pase el ensayo	0,05	0,1
Cenizas sulfatadas, en % máx.	0,01	0,01	0,01	0,01
Arsénico, expresado como As, en ppm máx.	0,5	2		
Cobre	Exento			
Hierro, expresado como Fe, en ppm máx.	0,5	4	2	
Plomo, expresado como Pb, en ppm máx.	1	1		
Cloruros inorgánicos expresados como Cl en ppm máx.	30	10		
Sulfatos, expresados como SO ₄ en ppm máx.	10	20		
Azúcar	Negativo	Negativo		
Sustancias reductoras.	Negativo	Negativo		
Otras impurezas (acroleína glucosa y compuestos amoniacales).	Negativo	Pase el ensayo		
Gravedad específica a 25 °C / 25 °C mín		1,249		
Residuo por ignición, en % máx.		0,01		
Metales pesados, en % máx.		0,0005		
Sustancias fácilmente carbonizables.		pase el ensayo		
Compuestos clorinados en % máx.		0,003		

* Cuando se ensaye usa solución acuosa al 10 % (v/v) , deberá ser neutra al papel tomasol.

4.2 El glicerol Tipo 2, debe cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Requisitos para el glicerol tipo 2

Requisitos	Grado 1	Grado 2
Contenido de glicerol, en % mín	88	80
Cenizas, en % máx	1,0	10
Arsénico, en ppm, máx	2,0	2,0
Azúcares	Exento	Exento

4.3 El glicerol debe desprender vapores pungentes de acroleína cuando se calienta un tubo de ensayo unas pocas gotas con aproximadamente 500 mg de bisulfato de sodio.

5. TOMA DE MUESTRAS Y RECEPCIÓN DEL PRODUCTO

5.1 TOMA DE MUESTRAS

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 704.

5.2 ACEPTACIÓN O RECHAZO

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se considerará no clasificada. En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

6. ENSAYOS

6.1 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE GLICEROL

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 853.

6.2 DETERMINACIÓN DEL COLOR PARA LOS GRADOS 3 Y 4

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 853.

6.2.1 Determinación del color para el grado 2

6.2.1.1 En los tubos de 50 cm³ adecuados para comparación del color y de aproximadamente el mismo diámetro y color, se colocan respectivamente el glicerol y un patrón preparado por dilución de 0,40 cm³ de cloruro férrico en 50 cm³ de agua.

6.2.1.2 Se observa luego ambos tubos hacia abajo contra una superficie blanca. El color en el tubo que contiene el glicerol no debe ser más oscuro que el del patrón.

6.3 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 700.

6.4 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 319.

6.5 DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE AZÚCAR

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 689.

6.6 DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO

6.6.1 Principio del método

El método se basa en la reacción entre el dietil-ditiocarbamato de plata y la arsina.

6.6.2 Aparato

Consiste de un generador de arsina (a) conectado con una unidad de lavado (c) y un tubo de absorción (e), con uniones esféricas o de rótula en vidrio esmerilado, (b y d) entre las unidades (véase la Figura 1). Se puede utilizar otro aparato adecuado que emplee un principio similar al descrito anteriormente.

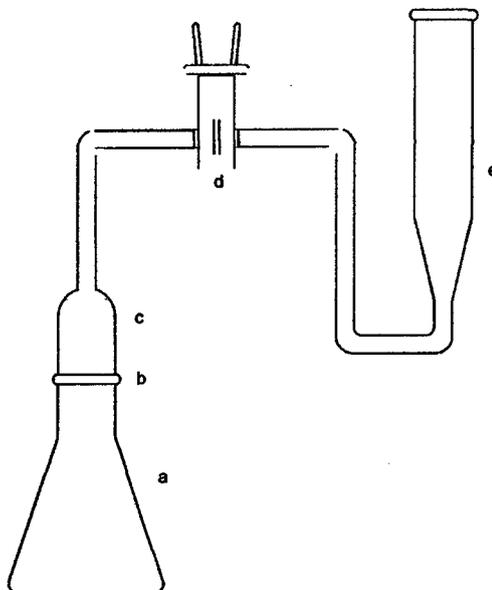


Figura 1. Aparato para determinación de arsénico

6.6.3 Preparación del patrón

6.3.3.1 En un matraz volumétrico de 1 dm³ se disuelven 132,0 mg de trióxido de arsénico cuidadosamente pesado, que haya sido finamente pulverizado y secado sobre ácido sulfúrico, con 5 cm³ de solución (1:5) de hidróxido de sodio.

6.6.3.2 Se neutraliza la solución con ácido sulfúrico diluido y se adicionan 10 cm³ más de este ácido. Se completa luego a volumen con agua fría hervida recientemente y se mezcla.

6.6.3.3 Diez cm³ de esta solución se transfieren a un matraz volumétrico de 1 dm³ se agregan 10 cm³ de ácido sulfúrico diluido, se completa a volumen con agua fría recientemente hervida y se mezcla.

6.6.3.4 Cada cm³ del patrón contiene el equivalente de 1 g de arsénico. La solución se guarda en un recipiente de vidrio y se debe usar dentro de los tres días siguientes a su preparación.

6.6.4 Procedimiento

6.6.4.1 Se disuelve en el generador (a), 2 g de glicerol con agua hasta completar 35 cm³. Se adicionan 20 cm³ de ácido sulfúrico diluido (1:5) 2 cm³ de yoduro de potasio, 0,5 cm³ de cloruro estannoso fuertemente ácido y se mezcla. Se deja en reposo durante 30 min a la temperatura ambiente.

6.6.4.2 Se rellena el tubo lavador con dos tapones de algodón, los cuales se sumergen previamente en solución saturada de acetato de plomo, se les elimina el exceso de solución de compresión y se secan al vacío a temperatura ambiente. Se debe dejar un pequeño espacio entre los dos tapones. Las uniones (b y d) se lubrican luego con una grasa adecuada (utilizables con solventes orgánicos) y se conecta la unidad de lavado al tubo de absorción (e).

6.6.4.3 Se transfiere entonces 3 cm³ de dietil ditiocarbamato de plata al tubo de absorción. Se puede emplear alternativamente un volumen mayor medido cuidadosamente de dietil-ditiocarbamato de plata, siempre y cuando se use el mismo volumen para la solución de control y se verifique que el aparato puede contener este volumen. Se adiciona luego a la mezcla 3 g de cinc granular (malla No. 20) y se conecta inmediatamente la unidad de lavado. Se coloca el generador (a) en un baño de agua mantenido a una temperatura de 25 °C ± 3 °C y se deja durante 45 min para el desprendimiento de hidrógeno y el desarrollo el color, agitando el recipiente vigorosamente a intervalos de 10 min. (Si es necesario, se puede adicionar 1 cm³ de alcohol, isopropílico al generador para obtener una velocidad de desprendimiento de gas más uniforme).

6.6.4.4 Se desconecta el tubo de absorción del generador y unidad de lavado y se transfiere la solución absorbente a una celda de 1 cm. Se determina la absorbancia a 525 nm, con un colorímetro o espectrofotómetro adecuado, utilizando dietil-ditiocarbamato de plata con blanco. La absorbancia debida a un color rojo en la solución de la muestra no debe exceder a la producida por 10,0 cm³ de patrón (10 g de arsénico) cuando este ha sido tratado con las mismas cantidades de los reactivos y en forma similar a la muestra en ensayo.

6.7 Las siguientes determinaciones se efectúan de acuerdo con lo indicado en la NTC 1039

6.7.1 Determinación de la acidez o alcalinidad.

6.7.2 Determinación del cobre.

6.7.3 Determinación del hierro.

6.7.4 Determinación del plomo.

6.7.5 Determinación de sulfatos.

6.7.6 Determinación de sustancias reductoras.

6.7.7 Determinación de acroleína, glucosa y compuestos amoniacales.

6.8 DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS SULFATADAS

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 570.

6.9 DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

6.9.1 Se selecciona un picnómetro completamente limpio y seco, se determina su masa y la del agua, recientemente hervida, contenida en él a 25 °C.

6.9.2 Se ajusta la temperatura de la sustancia a aproximadamente 20 °C y se llena el picnómetro. Se lleva el picnómetro a temperatura de 25 °C, se retira cualquier exceso de sustancia y se pesa.

6.9.3 La gravedad específica es el cociente obtenido al dividir la masa de la sustancia contenida en el picnómetro por la masa del agua, determinadas ambas a 25 °C.

6.10 DETERMINACIÓN DEL RESIDUO POR IGNICIÓN

6.10.1 Se pesan 50 g de glicerol en un crisol de porcelana de 100 cm³, destapado y poco profundo. Se calienta hasta que se incinere y se deja calcinar sin aplicaciones posteriores de calor, en un sitio libre de corrientes de aire.

6.10.2 Luego se enfría y se humedece con 0,5 cm³ de ácido sulfúrico. Se calienta vigorosamente hasta que no se produzca más humos blancos y se incinera a 800 °C ± 25°C hasta que se consuma el carbón. Se enfría entonces en un desecador, se pasa y se calcula el porcentaje de residuo.

6.10.3 Si la cantidad de residuo así obtenida excede el límite especificado, se humedece nuevamente el residuo con 1 cm³ de ácido sulfúrico, se calienta e incinera como se hizo anteriormente y se calcula nuevamente el porcentaje de residuo.

6.11 DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

Se efectúa según lo indicado en el numeral 6.12 de la NTC 1529, excepto lo referente a preparación de la muestra de ensayo para lo cual se procede de la siguiente manera:

6.11.1 Se mezcla 4,0 g de glicerol con 2 cm³ de ácido clorhídrico 0,1 N y se diluye con agua a 25 cm³. Se transfiere este volumen a un tubo de 50 cm³ adecuado para comparación de color.

6.11.2 Se ajusta luego el pH entre 3,0 y 4,0 con ácido acético diluido o con amoníaco que contenga de 9,5 % a 10,5 % de NH₃, utilizando papel indicador externo. Se diluye con agua a 35 cm³ y se mezcla.

6.12 DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS FÁCILMENTE CARBONIZABLES

6.12.1 Se lava un tubo de vidrio tapado de 25 cm³ con ácido sulfúrico de 95,0 % ± 0,5 % y se deja escurrir durante 10 min. Se colocan en el tubo 6,25 g de glicerol y 5 cm³ de ácido sulfúrico de 95,0 % ± 0,5% se agita vigorosamente durante 1 min y se deja en reposo por 1 h. Al cabo de este tiempo la mezcla no debe ser más oscura que el líquido de control patrón H.

6.12.2 El líquido patrón H consta de las siguientes soluciones colorimétricas 0,2 partes de cloruro de cobalto y 1,5 partes de cloruro férrico con 3,3 partes de agua. Los líquidos patrones se preparan conforme a la Tabla 3.

Tabla 3. Líquidos patrones

Líquidos patrones	Partes de cloruro de cobalto C.S.*	Partes de cloruro férrico C.S.*	Partes de sulfato cúprico C.S.*	Partes de agua
A	0,1	0,4	0,1	4,4
B	0,3	0,9	0,3	8,5
C	0,1	0,6	0,1	4,2
D	0,3	0,6	0,4	3,7
E	0,4	1,2	0,3	3,1
F	0,3	1,2	0,0	3,5
G	0,5	1,2	0,2	2,1
H	0,2	1,5	0,0	3,3
I	0,4	2,2	0,1	2,3
J	0,4	3,5	0,1	1,0
K	0,5	4,5	0,0	0,0
L	0,8	3,8	0,1	0,3
M	0,1	2,0	0,1	2,8
N	0,0	4,9	0,1	0,0
O	0,1	4,8	0,1	0,0
P	0,2	0,4	0,1	4,3
Q	0,2	0,3	0,1	4,4
R	0,3	0,4	0,2	4,1
S	0,2	0,1	0,0	4,7
T	0,5	0,5	0,4	3,6

* C.S. soluciones colorimétricas se preparan de acuerdo a: The United States Pharmacopeia USP XIX Edición.

6.13 DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS CLORINADOS

6.13.1 Se pesan cuidadosamente 5 g de glicerol en un balón de fondo redondo de 100 cm³ seco y se adicionan 15 cm³ de morfolina. Se conecta el balón mediante una unión esmerilada a un condensador de reflujo y se somete a reflujo suave durante 3 h, al cabo de las cuales se enjuaga el condensador con 10 cm³ de agua, recibiendo el agua del lavado en el balón y se acidifica cuidadosamente con ácido nítrico.

6.13.2 Se transfiere la solución a un tubo adecuado para comparación, se adicionan 0,5 cm³ de nitrato de plata 0,1 N, se diluye con agua hasta 50,0 cm³ y se mezcla. La turbiedad no debe ser mayor que la de un blanco al cual se hayan agregado 0,2 cm³ de ácido clorhídrico 0,02 N y que no haya sido sometido a reflujo.

6.14 DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y ÉSTERES

6.14.1 Se mezclan 50 g de glicerol con 50 cm³ de agua recientemente hervida y 5 cm³ de hidróxido de sodio 0,5 N, se hierve la mezcla durante 5 min, se enfría, se adiciona fenolftaleína (al 1 % en alcohol) y se titula el exceso de álcali con ácido clorhídrico 0,5 N.

6.14.2 Se debe llevar un blanco de determinación para lo cual se repite el proceso anterior omitiendo la adición de la sustancia en ensayo. El volumen de titulante equivalente al glicerol es la diferencia entre el volumen gastado para el blanco y el consumido en la titulación indicada en

el numeral 6.11.1. Este volumen así obtenido se usa para calcular la cantidad de sustancia titulada, restándolo del volumen de la solución de hidróxido de sodio adicionado inicialmente. El volumen de hidróxido de sodio 0,5 N gastado no debe ser mayor de 1 cm³.

6.15 DETERMINACIÓN DE CLORUROS

6.15.1 Se toman 7 g de glicerol y se adiciona agua suficiente para completar un volumen total de 30 cm³ a 40 cm³. Si es necesario, se neutraliza la solución al papel, tomasol utilizando ácido nítrico.

6.15.2 Se adicionan 1 cm³ de ácido nítrico, 1 cm³ de nitrato de plata y agua suficiente para llevar a 50 cm³. Se mezcla, se deja en reposo durante 5 min protegido de la luz solar directa y se compara la turbiedad, si la hay, con la producida en una solución que contenga 0,1 cm³ de ácido clorhídrico 0,02 N.

6.15.3 Si después de la acidificación la solución no es perfectamente clara, se filtra a través de un papel de filtro que dé ensayo negativo para cloruros. El precipitante, nitrato de plata, se adiciona tanto a la solución en ensayo como a la de control en secuencia inmediata.

6.15.4 En la determinación de cloruros como la determinación de sulfatos (véase la NTC 1039) se debe tener precaución de utilizar las mismas cantidades de los mismos reactivos tanto para la solución en ensayo como para la solución de control que contenga el volumen especificado de cloruros o de sulfatos.

7. ENVASE Y ROTULADO

7.1 ENVASE

El glicerol se envasará en tambores de hierro galvanizado o en recipientes de material adecuado, los cuales deberán sellarse para que conserven la calidad del producto y permitan su manejo hasta el destino final.

7.2 ROTULADO

En el rótulo debe indicarse lo siguiente:

7.2.1 La leyenda "Glicerol", indicando el tipo y grado correspondiente.

7.2.2 Nombre y razón social y dirección del fabricante.

7.2.3 Contenido neto, en unidades del Sistema Internacional.

7.2.4 El análisis garantizado deberá incluirse en un documento anexo que acompañe el despacho.

8. APÉNDICE

8.1 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de su publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 564: Grasas y aceites. Determinación de color.

NTC 570: Azúcar. Determinación de cenizas sulfatadas.

NTC 869: Glicerol. Determinación de la presencia de azúcar.

NTC 700: Glicerol crudo. Determinación de cenizas.

NTC 704: Jabones. Toma de muestras.

NTC 853: Glicerol. Métodos de análisis.

NTC 1039: Glicerol. Métodos de análisis.

NTC 1529: Glicerol. Aceite puro de castor (aceite de ricino) para la industria de cosméticos.

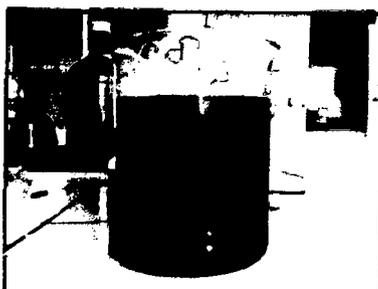
8.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Norma británica BS 2621 - 5 Specifications for Glycerol.

The United States Pharmacopesa XIX Edition.

Anexo N° 02

Proceso de purificación de la glicerina



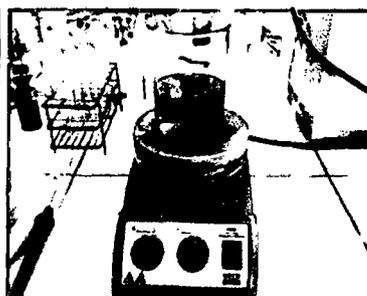
Recolección de la glicerina después del proceso de biodiesel



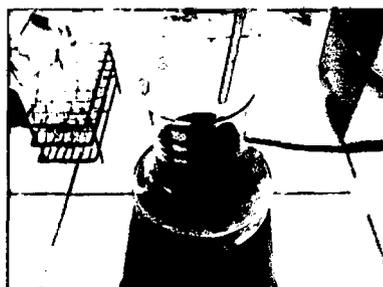
pesado



adición de metanol



homogenización



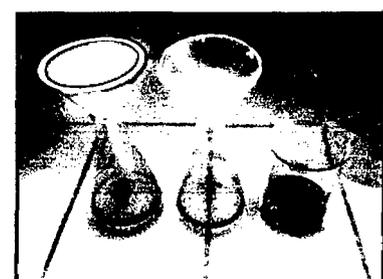
adición del ácido sulfúrico



medición del pH



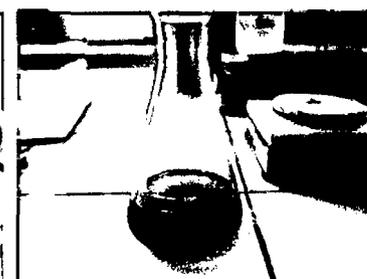
solución precipitada



filtración de la glicerina



purificación de la glicerina glicerina purificada



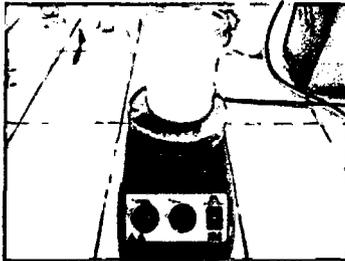
Proceso de elaboración del biofilms



Pesado



**Adición del agua
destilada**



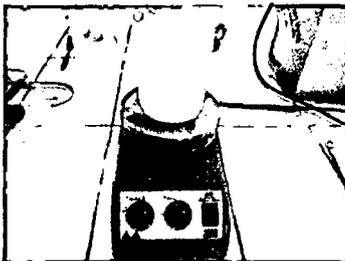
**Homogenizado
la solución**



**Pesado de la
glicerina**



**Adición de la glicerina
a la solución**



**Segunda
Homogenización**



**Adición de la
solución al molde**



**Secado del
biofilms**

Anexo N° 04

Modelo de encuesta para la evaluación sensorial

Paneles de expertos

Juez :

Hora:

Fecha :

Ante usted se está presentando 6 muestras de biofilms, por favor evaluar de acuerdo a la escala que se le presenta, marcando según su criterio, con la escala descrita.

Puntuación	Escala
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Atributos de calidad	Pruebas					
	410	420	430	210	220	230
Textura						
Color						
Sabor						
Olor						

Observaciones:

Anexo N° 05:**Resultado de las variables de la evaluación de las películas (biofilms).
almidón de maíz más glicerina (15%, 25%, 35%)**

Ex.	Resistencia a la ruptura (N)	Espesor (mm)	Color	Solubilidad (%)
1	4,850	0,05	92,20	2
2	5,200	0,05	92,25	2
3	5,280	0,06	92,27	3
4	5,390	0,06	92,30	3
5	5,780	0,06	92,38	4
6	7,020	0,07	92,50	5
7	7,600	0,07	92,50	5
8	7,930	0,09	92,65	6
Ex.	Resistencia a la ruptura (N)	Espesor (mm)	Color	Solubilidad (%)
1	4,590	0,09	92,15	3
2	4,750	0,06	92,22	4
3	4,880	0,06	92,25	4
4	5,070	0,07	92,25	4
5	5,140	0,08	92,30	5
6	5,340	0,08	92,40	8
7	5,570	0,08	92,46	11
8	6,370	0,08	92,52	15
Ex.	Resistencia a la ruptura (N)	Espesor (mm)	Color	Solubilidad (%)
1	4,320	0,07	92,04	2
2	4,430	0,07	92,10	3
3	4,920	0,07	92,12	3
4	5,180	0,08	92,17	4
5	5,560	0,08	92,24	5
6	5,770	0,08	92,35	6
7	6,210	0,09	92,41	9
8	6,550	0,09	92,45	11

Anexo N° 06**Resultado de las variables de la evaluación de las películas (biofilms).
caseinato de sodio más glicerina (15%, 25%, 35%)**

Ex.	Resistencia a la ruptura (N)	Espesor (mm)	Color	Solubilidad (%)
1	5,710	0,05	91,01	6
2	5,770	0,06	92,01	10
3	6,130	0,06	92,07	13
4	6,520	0,06	92,25	15
5	7,150	0,06	92,37	16
6	7,360	0,06	92,41	18
7	8,740	0,07	92,43	19
8	8,800	0,07	92,56	21
Ex.	Resistencia a la ruptura (N)	Espesor (mm)	Color	Solubilidad (%)
1	6,260	0,04	91,31	3
2	6,390	0,05	92,09	4
3	7,130	0,05	92,13	5
4	7,250	0,05	92,33	7
5	8,070	0,06	92,48	8
6	8,260	0,06	92,49	10
7	8,360	0,06	92,65	11
8	8,970	0,07	92,67	12
Ex.	Resistencia a la ruptura (N)	Espesor (mm)	Color	Solubilidad (%)
1	6,680	0,06	91,15	5
2	6,710	0,07	92,02	7
3	7,050	0,07	92,03	8
4	7,930	0,07	92,12	10
5	7,980	0,07	92,14	11
6	8,180	0,07	92,33	12
7	8,190	0,08	92,40	13
8	9,610	0,08	93,49	14

Anexo N°07

Análisis de varianza de la medida de la fuerza de ruptura con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: MEDIDA DE TEXTURA DEL BIOFILMS

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
TRATAMIENTO	54.1548	5	10.8309	92.96	<.0001
Repetición	45.9151	8	5.7394	49.26	
Error	4.6606	40	0.1165		
Total corregida	104.7305	53			

Prueba Duncan medida de textura del biofilms

Alfa	0.05
Grados de libertad del error	40
Error cuadrático medio	0.116515

Numero de medios	2	3	4	5	6
Distancia crítico	.3252	.3419	.3529	.3608	.3668

Medias con la misma letra nos son significativamente diferentes.

Coefficiente de Variación	\bar{X}
5.389537	6.518750

Duncan agrupación	media	N	fuerza de ruptura
A	7.6600	9	9
A	7.4189	9	5
B	6.8222	9	4
C	5.9856	9	2
D	5.2478	9	3
D	5.0889	9	1

Anexo N° 08

Análisis de varianza de la medida del espesor con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: ESPESOR DEL BIOFILMS

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
TRATAMIENTO	0.003523	5	0.0007048	96.51	<.0001
Repetición	0.002044	7	0.0002919	39.98	
Error	0.000256	35	0.0000073		
Total corregida	0.005823	47			

Prueba Duncan medida de espesor del biofilms

Alfa 0.05
 Grados de libertad del error 35
 Error cuadrático medio 7.302E-6

Numero de medios	2	3	4	5	6
Distancia crítico	.002743	.002883	.002975	.003041	.003091

Medias con la misma letra nos son significativamente diferentes.

Coeficiente de Variación		\bar{X}	
4.109950		0.065750	
Duncan agrupación	media	N	espesor
A	0.079250	8	3
B	0.070875	8	6
B	0.070000	8	2
C	0.060875	8	5
C	0.060500	8	1
D	0.053000	8	4

Anexo N° 09:

Análisis de varianza de la medida del color con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: MEDIDA DE COLOR DEL BIOFILMS

Origen	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
TRATAMIENTO	0.490045	5	0.09800833	2.65	0.0392
Repetición	3.433925	7	0.49056071	13.26	<. 0001
Error	1.294625	35	0.03698929		
Total corregido	5.218592	47			

Prueba Duncan medida de color del biofilms

Alfa 0.05
 Grados de libertad del error 35
 Error cuadrático medio 0.036989

Numero de medios	2	3	4	5	6
Distancia crítico	.1952	.2052	.2117	.2164	.2200

Medias con la misma letra nos son significativamente diferentes.

Coefficiente de Variación 0.208511 \bar{X} 92.23792

Duncan agrupación	media	N	color
A	92.38125	8	1
A			
B A	92.31875	8	2
B A			
B A C	92.26875	8	5
B A C			
B A C	92.23500	8	3
B A C			
B C	92.13875	8	4
B C			
C	92.08500	8	6
C			

Anexo N° 10

Análisis de varianza de la medida de la solubilidad con glicerina (15%, 25%, 35%) con almidón de maíz y caseinato de sodio.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: % DE SOLUBILIDAD DEL BIOFILMS

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
TARAMIENTO	610.6042	5	122.1208	53.72	<.0001
Repetición	450.8125	7	64.4018	28.33	
Error	79.5625	35	2.2732		
Total corregida	1140.9792	47			

Prueba Duncan medida de color del biofilms

Alfa 0.05
 Grados de libertad del error 35
 Error cuadrático medio 2.273214

Numero de medios	2	3	4	5	6
Distancia crítico	1.530	1.609	1.660	1.697	1.724

Medias con la misma letra nos son significativamente diferentes.

Coefficiente de Variación 18.79753 \bar{X} 8.020833

Duncan agrupación	media	N	color
A	14.7500	8	4
B	10.0000	8	6
C	7.5000	8	5
C			
D C	6.7500	8	2
D			
D	5.3750	8	3
D			
E	3.7500	8	1

