

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



TESIS

“Caracterización y la aplicación de un bioempaquete bioactivo a base de goma guar-almidón con aceite de romero sobre queso tipo manchego”.

POR

SANDRA ELENA NEGRETE ELÍAS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE: INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO 2021.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Caracterización y la aplicación de un empaque bioactivo a base de goma guar-almidón con aceite de romero sobre queso tipo manchego”.

Por:

SANDRA ELENA NEGRETE ELÍAS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR

Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor principal

Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Coasesor

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Coasesor

Dr. José Duñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Caracterización y la aplicación de un envase bioactivo a base de goma guar-
almidón con aceite de romero sobre queso tipo manchego”.

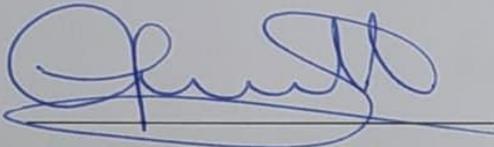
Por:

SANDRA ELENA NEGRETE ELÍAS

TESIS

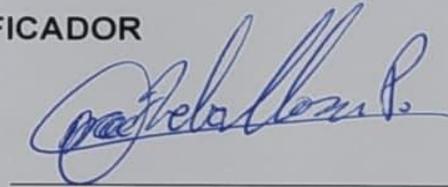
Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



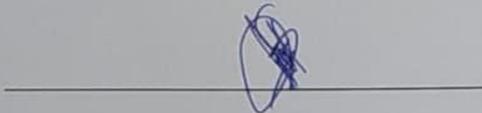
Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Presidente



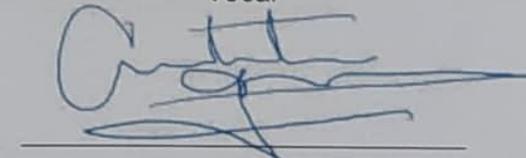
M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal



Dr. José Daniel Corona Flores

Vocal



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó

Vocal

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2021

Dedicatorias

A mis Padres:

Josefina Elías Medina y Armando Negrete Ayala

Dedico esta tesis a mis padres por ser los principales promotores de mis logros, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, por brindarme siempre su apoyo, consejos y guiarme en los momentos difíciles de mi vida, con mucho amor y cariño, en reconocimiento de todo su esfuerzo.

A mis Hermanos:

Gaby, Ana, Ángel, Mary y Rosita, que de una u otra manera son la razón por la cual estoy concluyendo mis estudios, por su cariño y apoyo incondicional, por todos los consejos brindados y por querer siempre lo mejor para mí, son unos pilares importantes en mi vida, los quiero.

A mi Pareja:

Oswaldo Adrián Díaz Pacheco quien me ha apoyado y ayudado a cumplir muchos de mis planes de vida, por su amor, cariño y comprensión, por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, por levantarme y animarme para seguir adelante.

A mis Amigos

Quienes padecieron conmigo las dificultades y los triunfos durante esta estancia en la universidad, por compartir esos desvelos haciéndolos más llevaderos, por su amistad y apoyo, por las aventuras, experiencias y conocimientos que adquirimos juntos.

A mis Tíos

Salvador Elías Medina y Rafaela García Linares Por el apoyo brindado para establecerme en la universidad, por la amistad y las atenciones ofrecidas, gracias.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas, por los recursos brindados y prestados para poder concluir con mis estudios.

A la Dra. Xóchitl Ruelas Chacón por el apoyo y la asesoría durante la realización del proyecto y elaboración de este documento, por los conocimientos ofrecidos, por la accesibilidad dedicada en cualquier circunstancia siendo siempre paciente, por sus consejos académicos y personales, y por contribuir en mi preparación como profesionista, pero sobre todo gracias por su gran calidad humana.

Al M.C Oscar Noé Reboloso Padilla, por su tiempo y apoyo durante el desarrollo académico, por acompañarme en esta etapa con sus tutorías, por su cariño y por sus consejos.

A la M.C Laura Oliva Fuentes Lara por la preparación de este documento y por las instalaciones e instrumentos prestados para la realización de este proyecto.

Al Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó por el tiempo y colaboración para la realización de este documento

Al Dr. José Daniel Corona Flores por el apoyo para la realización de este documento.

A los profesores que contribuyeron en mi formación, por su dedicación, paciencia y orientación académica brindada.

Índice General

Dedicatorias.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice de Cuadros	vii
Resumen.....	vii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	2
1.1.1 Objetivos Específicos	2
1.2 Justificación.....	2
CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Los quesos.....	4
2.1.1 Tipos de quesos	4
2.2 Queso Manchego.....	5
2.2.1 Valor nutricional del queso Manchego	6
2.2.2 Proceso de elaboración del queso manchego	7
2.2.3 Composición Físicoquímica de queso manchego	9
2.2.3.1 Color.....	9
2.2.3.2 Firmeza.....	10
2.2.3.3 pH.....	11
2.2.3.4 Sólidos Solubles Totales	11
2.2.3.5 Grasa	11
2.2.3.6 Proteína	12
2.3 Conservación de Quesos	12
2.3.1 Los Empaques	13

2.4	Impacto ambiental de los envases.....	14
2.5	Biopelículas Comestibles.....	16
2.5.1	Definición de biopelícula	16
2.5.2	Materiales utilizados en la elaboración de biopelículas.....	16
2.5.2.1	Polisacáridos	16
2.5.2.1.1	Almidón	16
2.5.2.1.2	Goma guar	17
2.5.2.2	Lípidos	17
2.5.2.3	Proteínas.....	17
2.5.2.4	Plastificantes.....	18
2.5.2.4.1	Glicerol.....	18
2.5.3	Compuestos bioactivos en biopelículas	18
2.5.3.1	Aceites esenciales	19
2.5.3.1.1	Aceite esencial de romero	20
2.5.4	Propiedades de las biopelículas comestibles.....	20
2.5.4.1	Propiedades de barrera.....	20
2.5.4.2	Propiedades mecánicas.....	21
2.5.4.3	Propiedades Físicas	22
2.5.4.4	Propiedades ópticas.....	22
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		23
3.1	Etapa experimental.....	23
3.1.1	Metodología	23
3.2	Preparación de la formulación	23
3.3	Formación de la biopelícula	24
3.4	Propiedades físicas de la biopelícula	24
3.4.1	Medición del grosor	24

3.4.2	Medición del color	24
3.5	Propiedades ópticas.....	25
3.6	Contenido de Humedad	26
3.7	Solubilidad.....	27
3.8	Permeabilidad al vapor de agua	28
3.9	Acondicionamiento de la biopelícula como empaque en una matriz alimenticia	29
3.10	Propiedades fisicoquímicas del queso tipo manchego.....	30
3.10.1	Medición del color	30
3.10.2	Medición del pH.....	30
3.10.3	Medición de la Firmeza	31
3.10.4	Sólidos solubles totales	31
3.10.5	Grasa	32
3.10.6	Proteína	32
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION		33
4.1	Análisis Estadístico.....	33
4.2	Parámetros evaluados en la biopelícula	33
4.3	Propiedades fisicoquímicas del queso tipo manchego en empaque biodegradable ..	35
4.3.1	Color	35
4.3.2	pH.....	37
4.3.3	Firmeza.....	38
4.3.4	Sólidos Solubles Totales	39
4.3.5	Grasa	39
4.3.6	Proteína	40
CAPITULO V: CONCLUSIONES		41
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA.....		42

Índice de Figuras

Figura 1 Sistema CIELAB.....	10
Figura 2 Preparación de la formulación	23
Figura 3 Formación de la biopelícula	24
Figura 4 Medición del color	25
Figura 5 Medición de las propiedades ópticas	26
Figura 6 Contenido de humedad	27
Figura 7 Determinación del porcentaje de solubilidad.....	27
Figura 8 Determinación de permeabilidad	29
Figura 9 Acondicionamiento del bioempaque en el queso tipo manchego.....	29
Figura 10 Determinación del color en el queso tipo manchego.....	30
Figura 11 Determinación del pH en el queso tipo manchego	30
Figura 12 Determinación de la firmeza en el queso tipo manchego.....	31
Figura 13 Determinación de SST en el queso tipo manchego.....	31
Figura 14 Determinación de grasa en el queso tipo manchego.....	32
Figura 15 Determinación de proteína en el queso tipo manchego	32
Figura 16 Comportamiento de L (luminosidad) en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos.....	36
Figura 17 Comportamiento de a (cromaticidad a) en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos	36
Figura 18 Comportamiento de b (cromaticidad b) en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos	37
Figura 19 Comportamiento del pH en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos.....	38
Figura 20 Comportamiento de la firmeza en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos.....	38
Figura 21 Comportamiento de los SST en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos.....	39
Figura 22 Comportamiento de la grasa en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos.....	40
Figura 23 Comportamiento de la proteína en la matriz alimenticia con la biopelícula y sin la biopelícula los días transcurridos.....	40

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Composición nutricional del queso Manchego	6
Cuadro 2 Diagrama general de la elaboración del queso Manchego	9
Cuadro 3 Resultados de parámetros evaluados en la biopelícula	33
Cuadro 4 Resultados de parámetros evaluados en la biopelícula	35

Resumen

El uso de películas comestibles surge de la necesidad de conservar alimentos la cual es una alternativa muy prometedora para mejorar la calidad. Las películas comestibles están constituidas por polímeros naturales (polisacáridos, proteínas, lípidos) biodegradables por lo que es una alternativa para el uso de envases biodegradables, ya que cumplen con la demanda del consumidor al exigir cada día alimentos menos procesados, más seguros, saludables y naturales además de que se pueden incorporar en la matriz polimérica aditivos naturales como antimicrobianos, antioxidantes o ingredientes bioactivos con el objetivo de incrementar la duración del alimento y conservar sus propiedades sensoriales, funcionales y nutricionales.

Las películas comestibles son una barrera selectiva a los gases (O_2 , CO_2 y etileno), reducen la pérdida de agua y el crecimiento microbiológico, son utilizadas como recubrimientos en frutas y verduras, pero debido a la alta contaminación que generan los polímeros sintéticos actualmente se están considerando estos recubrimientos comestibles como envases biodegradables para los alimentos.

En este estudio se evaluó un recubrimiento comestible como función de un empaque biodegradable elaborado a partir de goma guar, almidón de maíz, glicerol, aceite de romero y agua destilada. Los cuales en una parrilla por medio de agitación se fueron colocando por secciones de tiempo y temperaturas, acondicionando la solución obtenida para el moldeado del empaque; una vez obtenido este se evaluaron sus propiedades.

El queso Manchego se colocó en el bioempaque biodegradable y se evaluaron las propiedades fisicoquímicas como: el color, pH, firmeza, SST, proteína y grasa de las muestras control y la del bioempaque durante los días 5, 10, 15 y 20.

La biopelícula utilizada como empaque logró obtener características propias de una película comestible por lo tanto sí puede ser utilizado para alargar la vida útil del queso Manchego.

Palabras claves: empaque biodegradable, queso Manchego, empaque bioactivo, características del empaque, análisis del empaque bioactivo

Correo electrónico: sandy_enegrete@hotmail.com (tesista);
xruelas@yahoo.com, xruelas@uaaan.edu.mx (asesora principal)

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El planeta ha vivido una serie de transformaciones a lo largo del tiempo debido a las necesidades del ser humano, una de las cuales es aumentar la vida de anaquel en los alimentos para mantener sus características sensoriales e inocuas, dando lugar a los primeros polímeros de origen biológico. Sin embargo, esto cambio rápidamente debido al crecimiento del comercio, siendo necesario el desarrollo de polímeros sintéticos de petróleo resistentes y duraderos ocasionando con el tiempo problemas para el medio ambiente. Aunque los polímeros sintéticos dieron una evolución en la industria de alimentos en el siglo XIX, en la actualidad se volvió una problemática debido a la alta contaminación que estos causan. Un ejemplo en particular es la industria quesera ya que por su alta demanda de productos y la forma de empaque de este genera una cantidad considerable de basura que termina contaminando el medio ambiente (Moreira *et al.*, 2014).

El queso ha sido usado muchos siglos antes de Cristo siendo los ancestros romanos quienes impulsaron su elaboración creando variedades enfocadas en el sentido del gusto compartiendo sus técnicas a los pueblos que conquistaban. En la evolución de la industria del queso surgieron más variedades no solo de quesos sino productos lácteos las cuales hoy en día se realizan con leche de vaca, borrega, cabra, burra, búfala y camella aportando diferente sabor aroma y textura (Gutiérrez & Díaz, 2002).

No solo por sus cualidades organolépticas sino por su valor nutritivo (proteínas, minerales predominantes como el fósforo y calcio, importantes vitaminas del complejo B) el queso se considera uno de los alimentos más importantes en la industria de los alimentos en el mundo entero (Iruegas *et al.*, 2002).

A manera de proponer alternativas para alargar la vida de anaquel del queso Manchego proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis

El efecto de la biopelícula elaborada con almidón, goma guar, glicerol y aceite de romero puede tener un efecto positivo sobre las propiedades de calidad del queso tipo manchego.

Y para comprobar la hipótesis planteada se cumplirán los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo General

Evaluar las características fisicoquímicas de la película bioactiva y el efecto como empaque sobre las propiedades de calidad del queso tipo manchego.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Desarrollar las formulaciones de las biopelículas utilizando 0.5% p/v de goma guar, 2.0% de almidón de maíz, 30% de glicerol, y variando la concentración del aceite de romero como antimicrobiano (1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%).
- Analizar color, porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad, grosor y permeabilidad al vapor de agua a 75, 85 y 100% de humedad relativa de cada formulación.
- Seleccionar una formulación adecuada como empaque considerando las mejores características de permeabilidad y solubilidad, para su aplicación en queso Manchego.
- Analizar el efecto de la biopelícula sobre las propiedades de calidad del queso Manchego durante un periodo de 20 días.

1.2 Justificación

Debido al gran desarrollo que está tendiendo la industria alimentaria y a la ajetreada vida de las personas se está buscando la creación e innovación de los alimentos para satisfacer las necesidades del consumidor. Sin embargo, estas acciones están elevando el uso de envases o empaques con polímeros sintéticos provocando un gran daño sobre el efecto invernadero.

Es por ello por lo que se está buscando nuevas alternativas que puedan suplir las tecnologías actuales evitando la contaminación, además de cumplir con las necesidades actuales del consumidor como el de adquirir alimentos naturales, nutritivos, saludables, funcionales, menos procesados.

Las películas comestibles son la alternativa idónea debido a que sus propiedades de barrera, mecánicas y físicas como recubrimiento o empaque pueden resolver esta problemática adaptando este recubrimiento como un empaque mejorando sus propiedades, además de añadir compuestos bioactivos, aditivos naturales y antioxidantes para mejorar la conservación, mantener las propiedades sensoriales y nutritivas del alimento.

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los quesos

De acuerdo con la FAO el queso, “es un producto blando, semiduro, duro y extraduro madurado o no madurado, obtenido de la coagulación de la proteína de la leche (caseína) que se separa del suero. Las distintas características de los quesos derivan de las diferencias del tipo y composición de la leche, así como los procedimientos de elaboración y los microorganismos utilizados” (FAO, 2019).

El queso es un producto obtenido por la coagulación de leche cruda o pasteurizada puede ser entera semidescremada o descremada, este proceso conserva el valor nutritivo y los componentes de la leche como las grasas proteínas y minerales generando un sabor y consistencia agradable al paladar. Existen diversos factores causantes de la modificación en sus propiedades tal como microestructura, propiedades fisicoquímicas, de textura reológicas y sensoriales (Rámirez & Vélez, 2012).

2.1.1 Tipos de quesos

Hay muchas variedades de quesos por su color sabor, pero en lo que se refiere a su textura se encuentran las siguientes:

- Quesos de pasta dura.

Con una humedad máxima de 36% son de pasta compacta y consistente, son quesos de mesa con sabor fuerte muy aromáticos y picantes.

- Quesos de pasta semidura

Humedad máxima de 36 y 46 % son quesos compactos, firmes, muy elásticos, suaves y jóvenes recomendados para mesa o para cocinar.

➤ Quesos de pasta blanda

Humedad máxima de 46 y 55% son quesos variantes en su sabor de ser liviano y suave puede ser penetrante y fuerte, su maduración dura pocos días usados en la cocina o de mesa.

Además de estos quesos también hay variedades de acuerdo al contenido de grasa encontrando; quesos extra grasos (materia grasa mayor a 60%), grasos (materia grasa entre 45 y 60%), semigrasos (materia grasa entre 25 y 45%), magros (materia grasa entre 10 y 25%) y descremados (materia grasa menor al 10%) (Universidad de Palermo, 2010).

2.2 Queso Manchego

Desde los tiempos más antiguos existía la elaboración de quesos, siendo los romanos los primeros en promover la elaboración de este queso especialmente en la zona de La Mancha España, dando evolución en ganados de oveja no solo en calidad de la leche sino en una excelente lana. En los siglos VIII al IX los árabes impulsaron la ganadería con razas mejoradas de ovejas en la región de la mancha agregando a esto un desarrollo en la industria textil con la elaboración de tejidos de lana (Quesomanchecho.org, 2019).

El queso manchego es auténtico elaborado estrictamente de leche de oveja de raza manchega por lo que es considerado denominación de origen, para evitar que la comercialización no sea original, en la etapa de prensado en una de las caras del queso se coloca una placa de caseína con el número de serie y la leyenda de "Manchego". El queso manchego debe presentar las siguientes características:

- Materia grasa: mínimo 6.5 %
- Lactosa: mínimo 4%
- Proteínas: mínimo 4.5%
- Extracto seco: mínimo 11%
- Acidez: máxima 25° Dornic
- Cenizas: máximo 0.8%

Cabe mencionar que para la denominación de origen se han utilizado cultivos como *Lactobacillus Lactis subsp Lb plantarum* (García, 2002).

Característico por su olor láctico acidificado intenso, sabor ácido fuerte y sabroso, elasticidad baja ligeramente mantecosa y harinosa algunas veces granulosa en quesos maduros. El tiempo de maduración es de 30 días para quesos de igual o menor a 1.5 kg y de 60 días para el resto de los tamaños (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2019)

2.2.1 Valor nutricional del queso Manchego

A continuación, se puede observar el contenido de calorías, proteína, grasas minerales, hidratos de carbono y vitaminas del queso Manchego por cada 100 g (Cuadro 1).

Cuadro 1 Composición nutricional del queso Manchego

Nutriente	Por cada 100 g
Energía (Kcal)	420
Proteína,(g)	32
Grasa, (g)	32
Hidratos de carbono,(g)	1
Ca, (mg)	1200
P, (mg)	550
Zn, (mg)	4
Na, (mg)	670
K, (mg)	80
Vitamina B12,(µg)	1.5
Vitamina B2, (mg)	0.3
Vitamina A, (µg) (equivalentes de retinol)	357
Niacina, (mg) (equivalentes de niacina)	8.2

Fuente: Hernández, 2010

2.2.2 Proceso de elaboración del queso manchego

A continuación, se describe un proceso de producción comercial de queso tipo manchego, el cual es solamente una modalidad, ya que existen variantes de este proceso en él se explican los principales pasos para elaborar este producto (Cuadro 2) (Hernández K. , 2013).

Recepción de leche: Se realizan análisis fisicoquímicos y sensoriales, se determinan antibióticos para determinar el tipo de producto a realizar, cuando a leche no tenga residuos de antibióticos se destinará a la elaboración de queso tipo manchego de lo contrario se destinará a quesos frescos como panela y queso Oaxaca.

Estandarización de la grasa de la leche: Se estandariza la grasa de leche a 28% con un descremado parcial para mejorar la consistencia del queso y evitar que al momento de desprender los moldes del queso este se destroce en pedazos.

Pasteurización: La leche debe pasteurizarse por el método HTST con 73°C, 15'' o LTLT con 63°C, 30', es importante evitar contaminaciones en la leche realizando un lavado y sanitizando el equipo y utensilios que se utilicen.

Adición de cultivo láctico: Una vez que la leche tiene una temperatura de cuajado se adiciona el cultivo mesófilo de *Streptococcus lactis* y *Streptococcus cremoris* es importante dispersar correctamente el cultivo y agregarlo por medio de agitación constante y uniforme.

Maduración de la leche: Después de la inoculación con el cultivo la leche se debe poner en reposo durante 30 minutos a 35°C o incubarse hasta llegar a una acidez de 18°D si la original fuera de 15°D antes de la maduración es importante que la temperatura de la leche no baje para que el cultivo se lleve adecuadamente.

Adición de sales y colorantes: Es necesario agregar cloruro de calcio, nitrato de sodio o potasio aproximadamente 20g por cada 100L de leche, 2.5 ml de colorante de achiote por cada 100 L de leche.

Cuajado y Corte de cuajada: Se adiciona la renina como cuajo y se deja reaccionar durante 30 minutos, al término de este tiempo se debe realizar un corte con liras verticales y horizontales evitando la ruptura del gel. La lira debe ser de 1 cm para lograr un desuerado más rápido.

Reposo y agitación de cuajada: Después del corte la cuajada se deja en reposo durante 5 minutos terminando este tiempo se agita lentamente durante 10 minutos este proceso se realiza 2 o 3 veces hasta que la cuajada contenga mayor firmeza.

Eliminación parcial del suero y calentamiento de la cuajada: El suero se elimina un 20% con respecto al total de leche original enseguida se realiza un calentamiento de la cuajada hasta completar 38°C.

Desuerado y salado: Cuando la cuajada complete una consistencia adecuada se desuera completamente cortando la cuajada en bloques una vez obtenida la pasta después del desuerado se adiciona sal fina en una proporción de 0.35% en relación al peso inicial de la leche hasta que el salado sea homogéneo.

Moldeado y prensado: El moldeado se realiza con moldes metálicos o de plástico con forma de barras cilindros planos de varios tamaños, se debe colocar una tela en el interior del molde para que cubra por completo el queso que se obtendrá al final.

Madurado: El queso Manchego tiene una maduración de sesenta días, pero en ocasiones suele ser de 3 a 4 semanas por cuestiones económicas.

Cuadro 2 Diagrama general de la elaboración del queso Manchego



Fuente: Hernández, 2013.

2.2.3 Composición Físicoquímica de queso manchego

2.2.3.1 Color

El color es una apreciación subjetiva que puede ser visible por medio de ondas electromagnéticas en un rango comprendido de 380 nm a 780 nm. Puede representarse por medio de coordenadas como: L* (claridad y oscuridad, 0 es negro 100 es blanco) a* (+60 indica la intensidad del color rojo, -60 indica la intensidad del color verde) y b* (+60 indica la intensidad del color amarillo, -60 indica la intensidad del color azul) (Figura 1) (Ramírez, 2014).

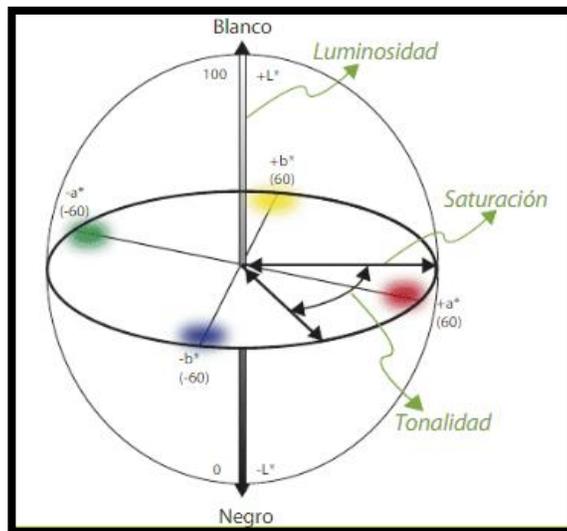


Figura 1 Sistema CIELAB

Fuente: Ramírez, 2014

Los carotenos son pigmentos encargados de dar color a los alimentos, en el caso de la leche proporcionan un color desde blanco crema a amarillo, en la elaboración del queso dependiendo de su tipo los carotenos se encuentran en la grasa logrando intensificar el color amarillo dando valores elevados del parámetro b^* y cercanos a cero para a^* . El queso manchego es un queso semiduro el cual tiene los siguientes valores en las coordenadas: $L^*(80)$, $a^*(-7.55)$, $b^*(27.50)$ (Ramírez, 2014).

2.2.3.2 Firmeza

La firmeza es la fortaleza que se obtiene durante una presión y depende de las propiedades y del espesor del objeto a comprimir, al medir la firmeza de un alimento se está evaluando si es blando firme o duro y en el caso de los quesos se mide la firmeza.

La firmeza de los quesos varía dependiendo de la composición fisicoquímica, destacando el contenido de grasa, humedad y proteínas, por ejemplo, un queso duro según el contenido de humedad oscila entre 50 y 56% y cuando estos parámetros disminuyen la firmeza aumenta (Zúñiga *et al.*, 2007).

2.2.3.3 pH

El pH es utilizado para cuantificar los átomos libres de hidrogeno presentes en una sustancia y se mide por medio de una escala de 0 al 14, representando un pH ácido del 0 al 6, pH neutral 7 y pH alcalino del 8 al 14. El pH del queso Manchego es de 4.8 a 5.8 y puede cambiar de acuerdo con la maduración, algunos aumentan su pH cuando su maduración aumenta debido a que se hacen presentes los hongos como el moho por lo tanto en un pH bajo los patógenos no crecen tan rápido (Cheesesciencie.org, 2019).

2.2.3.4 Sólidos Solubles Totales

Los sólidos solubles totales están compuestos principalmente por azúcares, ácidos y sales, en productos lácteos el azúcar principal es la lactosa la cual es un disacárido que se descompone rápidamente, da sabor dulce y contribuye con 4 calorías por gramo su medición ayuda a saber hasta dónde concentrar un alimento o que cantidad de azúcar añadir para mantener el mismo sabor (Rodriguez, 2014).

2.2.3.5 Grasa

Las grasas o lípidos están compuestos por alcoholes y ácidos, la grasa de la leche está constituida por ácidos grasos como triglicéridos los cuales están formados por un alcohol llamado glicerol unido a 3 ácidos grasos, se encuentra en la leche como emulsión con pequeños glóbulos esféricos dando una coloración amarilla además en quesos semi-maduros y maduros le da una consistencia característica y proporciona una parte característica del sabor debido al proceso de maduración. Es el vehículo para las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) además contiene antioxidantes como los tocoferoles (Calvo *et al.*, 2014)

2.2.3.6 Proteína

Las proteínas son macromoléculas formadas por aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos, tienen un papel importante en la nutrición humana, ya que son una fuente importante de nutrientes se identifican por clases de las cuales la caseína está presente en mayor abundancia en la leche estas proteínas son insolubles a pH 4.6 tienen bajos niveles de estructura secundaria y terciaria lo que significa que les concede flexibilidad, fácil de desnaturalizarse por el calor y susceptibilidad a enzimas (Bravo, 2012)

2.3 Conservación de Quesos

El envasado es un método de conservación por el cual se alarga la vida útil de los alimentos. La finalidad es que ninguna sustancia o microorganismo pueda entrar y contaminar el producto, sin embargo, aunque el envasado de alimentos busca la misma finalidad existen diferentes tipos y procedimientos los cuales se adecuan considerando parámetros como el daño mecánico, permeabilidad, temperatura y luz entre otros (Rodríguez, 2017).

Los diferentes tipos de envasado son:

Envasado aséptico: Evita la contaminación de microorganismos, utilizando la esterilización de los recipientes y material necesarios para su fabricación realizando también un sellado aséptico este tipo de proceso es complejo, preciso, con calidades organolépticas mejores a un envasado tradicional con poca pérdida de nutrientes por lo que alarga la vida útil del producto.

Envasado con aire: Se realiza en condiciones normales colocando el producto en el envase en el que será envuelto para un posterior enfriamiento, por lo que la vida útil es corta debido al efecto del oxígeno atmosférico y el crecimiento de microorganismos.

Envasado al vacío: Consiste en eliminar el aire que rodea el producto al momento del cierre y sellado del envase prolongando la fecha de caducidad, se retrasa el crecimiento de microorganismos, mantiene las características organolépticas.

Envasado con atmosfera modificada: Consiste en sustituir el aire que rodea al producto por gases, siendo los más empleados el dióxido de carbono y el nitrógeno, solos o combinados, esto dependiendo del tipo de alimento a conservar. En el caso de envases de bandejas el aire se elimina con una bomba de vacío y se introducen los gases antes del sellado, en el caso de envases flexibles el aire se desplaza del envase por aplicación de un chorro con la mezcla de gas antes del sellado.

Envasado activo: Este tipo de envasado incorpora aditivos en la película del envase o en el interior de él, además de conservar el alimento lo protege de las condiciones externas que pueden deteriorarlo, algunos ejemplos más utilizados son los eliminadores de oxígeno, eliminadores de dióxido de carbono, eliminadores de etileno, humedad, olores, sabores y envasado con control de temperatura.

2.3.1 Los Empaques

Los envases son el contenedor que está en contacto directo con el alimento, facilita el transporte, almacenamiento y su manipulación están hechos de diferentes materiales por ejemplo los de plástico en la actualidad están hechos principalmente de petróleo y entre los más utilizados en la industria quesera se encuentran:

Polipropileno: Ofrece una mayor resistencia a la ruptura, es transparente, permeable a la humedad y a la mayoría de los aromas sin embargo puede romperse a temperaturas muy bajas.

Poli-etilen tereftalato: Tiene gran resistencia mecánica soporta temperaturas hasta 300°C, tiene una barrera contra el vapor de agua, dióxido de carbono y aromas, resistente a solventes orgánicos pero difícil de sellar

Cloruro de polivinilo: Es flexible otorga semirrígidez termoformabilidad y posibilidad de ser esterilizado, presenta alta barrera al oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno y al vapor de agua.

Polietileno: Para quesos duros y semiduros se utilizan mezclas de polietileno de baja densidad más polietileno de alta densidad.

Estos tipos de envases si bien tienen la ventaja de ser flexibles en comparación con otros plásticos lo cual hace fácil su manipulación al momento de almacenar, su peso es ligero haciendo fácil su manejo y por lo tanto bajo costo de transporte,

Cada uno de ellos cumplen con el objetivo de alargar la vida útil no solo de los quesos sino de otros tipos de productos logrando mantener sus propiedades nutritivas y sensoriales además de una fácil manipulación y accesibilidad, sin embargo, son materiales inflamables favoreciendo los incendios (Llanes, 2009).

Además de utilizar estos empaques en los quesos se adicionan conservadores variando sus características dependiendo de las propiedades del queso, por ejemplo, en quesos madurados se utilizan conservadores tales como ácido sórbico, ácido propiónico, sorbato de sodio, sorbato de potasio, sorbato de calcio, nitrato de sodio y nitrato de potasio por mencionar algunos.

En el queso tipo manchego se utilizan recubrimientos una vez que ha terminado la maduración para protegerlo contra microorganismos, daños materiales que pueden ocurrir durante el transporte y distribución o para darle un aspecto estético, también puede recubrirse durante la maduración con la finalidad de regular el contenido de humedad y proteger contra microorganismos, el recubrimiento puede ser una película de acetato de polivinilo u otro material artificial incluso natural (Dirección General de Normas, 1984).

2.4 Impacto ambiental de los envases

La industria del empaque ha crecido a lo largo de los años y en consecuencia la contaminación ambiental afectando considerablemente el agua, el aire y el suelo debido a que las empresas se están enfocando en envases especialmente de plástico flexibles económicos y de fácil manipulación, sin tener en cuenta el daño que ocasionan a los ecosistemas.

Los plásticos utilizados para empaque de alimentos tienen la ventaja de ser económicos, resistentes y de fácil manipulación sin embargo provienen de la industria petroquímica siendo no renovables, y aunque el sector de los plásticos afirma que no emiten gases y que no producen líquidos contaminantes estudios han encontrado sustancias químicas dañinas e incluso tóxicas como los ftalatos, estrógenos en derivados de petróleo, plomo y antimonio. Estos componentes migran a los humanos ya sea por medio del envase del alimento o por el consumo de cualquier especie de animal los cuales adquieren estos componentes cuando los plásticos son desechados en campos, bosques, ríos y océanos (Martínez, 2017).

No solo la composición del material afecta los ecosistemas sino también su forma, ya que algunos animales quedan atrapados entre los desechos ocasionándoles la muerte. Cabe mencionar que durante la desintegración de los plásticos tienden a producir la liberación de metano y etileno dos potentes gases que contribuyen al efecto invernadero (Martínez, 2017).

Debido a la crisis actual del efecto invernadero se ha promovido más el reciclaje incluso prohibido el uso de bolsas de plástico y aunque puede disminuir el uso excesivo del plástico esto no es suficiente, es por ello que se está buscando otras alternativas como el uso de polímeros naturales como las biopelículas comestibles los cuales provienen de plantas y animales, a diferencia de los polímeros sintéticos estos se degradan más rápidamente y no ocasionan daños al medio ambiente (unep.org, 2018)

2.5 Biopelículas Comestibles

2.5.1 Definición de biopelícula

Una biopelícula comestible es una matriz preformada y delgada que posteriormente será utilizada como un recubrimiento del alimento, poseen propiedades mecánicas que actúan como barrera contra gases como el oxígeno y dióxido de carbono y pueden tener propiedades funcionales dependiendo del alimento. Estudios han reconocido que una biopelícula puede cumplir la función de un envase ya que ésta puede restringir la transferencia de gases (O_2 , CO_2) y compuestos aromáticos (Fernández *et al.*, 2015).

2.5.2 Materiales utilizados en la elaboración de biopelículas

2.5.2.1 Polisacáridos

Están formados por compuestos hidrocoloides que forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y tienen buena barrera para los gases (O_2 , CO_2), pero no impide totalmente el paso del vapor de agua. Algunos ejemplos son los derivados de la celulosa, pectinas de bajo y alto metoxilo, alginato, dextrina, goma arábica, goma guar, entre otros (Fernández *et al.*, 2015).

2.5.2.1.1 Almidón

El almidón es uno de los carbohidratos más importantes en la alimentación humana, ya que es fuente fundamental de energía, en la tecnología de alimentos es usado para aumentar la viscosidad en salsas, para estabilizar emulsiones y para gelificar soluciones.

Este carbohidrato está compuesto por dos tipos de polímeros la amilosa y la amilopectina las cuales presentan la estructura de un polímero lineal que aporta propiedades de rigidez y fuerza, actualmente se utiliza en la formulación de recubrimientos comestibles ya que es de fácil obtención, de bajo costo y actúa como biodegradable (León, 2018).

2.5.2.1.2 Goma guar

La goma guar es el polisacárido de la semilla *Cyamopsis tetragonoloba* una planta de la familia de las leguminosas, se obtiene mediante hidrólisis enzimática empleando la enzima β -endomanasa seguido de una purificación, secado y pulverizado generando un polvo blanco, soluble en agua casi insípido.

Es estable y soluble a distintos niveles de pH de los alimentos, resistente al calor y presenta poca interacción con componentes alimentarios por lo tanto mantiene el estado de una emulsión, no cambia la viscosidad, ni afecta el sabor y color de los productos (Cantón *et al.*, 2016).

2.5.2.2 Lípidos

Están formados por compuestos hidrofóbicos no poliméricos con buenas propiedades de barrera a la humedad, pero con poca capacidad para formar películas haciéndolas quebradizas. Reducen la transpiración, la deshidratación y puede mejorar el brillo y el sabor. Generalmente son ceras de abeja, ácidos grasos como ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, monoglicéridos como el glicerol y diglicéridos (Fernández *et al.*, 2015).

2.5.2.3 Proteínas

Forman películas con mejores propiedades mecánicas y mejores barreras contra gases (O_2 , CO_2), pero requieren combinaciones con lípidos para mejorar la barrera contra el agua algunos ejemplos son las gelatinas, el suero de leche, la soya y el maíz (Fernández *et al.*, 2015).

2.5.2.4 Plastificantes

Las formulaciones deben incluir plastificantes y emulsificantes con la finalidad de mejorar las propiedades de la película. Los plastificantes son moléculas de bajo peso molecular se adicionan para mejorar la flexibilidad y hacer menos frágil la biopelícula dentro de los plastificantes más utilizados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites y ceras entre otros. Las emulsificaciones mejoran la separación de un lípido de una matriz hecha de polisacáridos y reduce la actividad del agua en la superficie (Hernández, 2016).

2.5.2.4.1 Glicerol

El glicerol es un trialcohol que contiene dos grupos hidroxilos primarios y uno secundario, ofrece diferentes usos debido a que se encuentra en forma combinada en todas las grasas de animales y aceites vegetales, su uso en la industria alimentaria es como plastificante aportando propiedades como permeabilidad al vapor de agua y a los gases, resistencia mecánica y al agua adecuadas en la película comestible (Albacete *et al.*, 2015).

2.5.3 Compuestos bioactivos en biopelículas

Actualmente los consumidores están exigiendo alimentos frescos mínimamente procesados, libres de sustancias químicas y enriquecidos con sustancias de origen natural, que aporten beneficios para la salud y mantengan sus características nutritivas y sensoriales. Por lo tanto, se han estudiado nuevas sustancias que puedan actuar como posibles alternativas de antioxidantes y antimicrobianos las cuales se están adoptando en los recubrimientos comestibles para el transporte de compuestos bioactivos.

Estos compuestos son: antimicrobianos, los cuales inhiben el deterioro y a las bacterias patógenas, como los ácidos orgánicos (acético, benzoico, láctico, propiónico y sórbico); esterres de ácidos grasos (monolaurato de glicerilo); polipéptidos (lisozima, peroxidasa, lactoferrina, nisina); aceites esenciales de plantas (canela, orégano, hierba de limón) (Embuscado & Huber, 2009).

2.5.3.1 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles producto del metabolismo secundario de las plantas mientras que las esencias son mezclas de hidrocarburos como terpenos, alcoholes, esterres, aldehídos y compuestos fenólicos.

Estos últimos responsables del aroma que caracteriza a los aceites esenciales los cuales se pueden encontrar en diferentes partes de una planta. Por ejemplo: en hojas como albahaca (*Ocimum basilicum L.*), mejorana (*Origanum mejorana L.*), romero (*Rosmarinus officinalis L.*), en raíces como valeriana (*valeriana officinalis L.*), en la corteza como la canela (*Cinnamomum zeylanicum Nees.*), cedro (*Cedrela odorata L.*), en flores como el jazmín (*Jasminum officinale L.*) y la rosa (*Rosa sp.*) (Ramos *et al.*, 2010).

También se encuentran en la cáscara de frutas como el limón, mandarina, naranja, hinojo entre otros, tienen propiedades antifúngicas y antibacterianas debido a la respectiva composición del aceite esencial, a la configuración estructural de los componentes que constituyen los aceites, a sus grupos funcionales y a posibles interacciones sinérgicas entre sus componentes. En los recubrimientos comestibles se han usado como agentes antimicrobianos como el aceite esencial de anís, cárdamomo y tomillo, en películas o empaques se han usado en productos alimenticios como carne y productos de panadería para inhibir el desarrollo de hongos, bacterias y levaduras (Ramos *et al.*, 2010).

2.5.3.1.1 Aceite esencial de romero

La planta de *Rosmarinus officinalis* L. (romero) es un arbusto de hasta dos metros de altura, erguido algunas veces achaparrado cuya vida media oscila entre 5 y 15 años, los tallos son erectos y pelosos, sus hojas son simples y de un tamaño menor o igual a 4-6 mm. La composición química del aceite esencial de romero varía según las condiciones medio ambientales, del suelo, la fase de desarrollo fenológico en la que se encuentra la planta, características genéticas, el método de extracción llevado a cabo para la obtención del aceite esencial, sin embargo; entre los componentes químicos se encuentran el cineol, alcafor, verbenona y pineno (Lax, 2014).

El aceite esencial de romero se considera una planta aromática y medicinal más empleada. Aporta propiedades antibacterianas, antifúngicas, insecticida y anticancerígenas. Actúa como conservador alimentario y como antioxidante, una de las aplicaciones del extracto de romero en alimentos es usarlo como tratamiento antimicrobiano debido a la presencia de componentes como carnosol, ácido rosmarinico y ácido carnósico (Lax, 2014).

2.5.4 Propiedades de las biopelículas comestibles

2.5.4.1 Propiedades de barrera

Las propiedades de barrera de un empaque tales como barrera a la humedad, barrera a los gases, al dióxido de carbono y a los aromas son fundamentales para la conservación de los alimentos. Por lo tanto, una característica muy importante de una película comestible es la resistencia a la migración de humedad, si se utilizan materiales de naturaleza hidrofílica mayor será la permeabilidad al vapor de agua como los polímeros naturales tales como los polisacáridos y los polímeros hechos a base de proteínas (Solis, 2016).

La permeabilidad al vapor de agua es una de las propiedades de mayor importancia a la hora de evaluar el desempeño de una película comestible como barrera, cuantifica su eficiencia para reducir la transferencia de humedad entre un alimento y el medio que lo rodea. El primer mecanismo para el flujo del vapor de agua o gas por la película es por difusión activa en la que se incluye la solubilización del gas en la película. El segundo paso del proceso de difusión depende del tamaño, forma y polaridad del agente penetrante, de la cristalinidad, de los enlaces y el movimiento de las cadenas poliméricas (Solis, 2016).

2.5.4.2 Propiedades mecánicas

Es importante que la película comestible tenga propiedades mecánicas adecuadas de nada serviría si esta no va a conservar la integridad durante el manejo, el embalaje y el transporte del producto que proteja. Se considera que una película comestible tiene propiedades mecánicas de buen nivel cuando presenta resistencia mecánica adecuada y está libre de roturas o poros (Parra, 2017).

Las propiedades mecánicas dependen de gran medida del tipo de material empleado en su elaboración y de las interacciones entre la matriz y los diferentes aditivos incluidos en su formulación y del grado de cohesión que existe en la matriz. La estabilidad y flexibilidad de las propiedades mecánicas se ven afectadas por las condiciones físicas, químicas y ambientales a las que se vean expuestas las películas comestibles, es importante controlar la humedad relativa ambiental pues el agua actúa como un plastificante y las películas a 50% de HR son más débiles que en condiciones de una HR menor (Parra, 2017).

2.5.4.3 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas más importantes para las películas comestibles son: el color, la opacidad, transparencia, solubilidad y grosor y las relacionadas a la resistencia mecánicas. La opacidad o transparencia se utiliza a la hora de evaluar la apreciación del color y aspecto de un producto, se dice que un material es transparente cuando deja de pasar fácilmente la luz visible a través de él; translúcido, cuando el paso de luz hace que las forma no se observen nítidamente; y opaco, cuando no deja pasar la luz. La opacidad se cuantifica como absorbancia o el porcentaje de intensidad lumínica que es absorbida por la muestra. La solubilidad es una medida de la integridad de las películas comestibles en un medio acuoso, generalmente mayor solubilidad indica menor resistencia al agua (Rodríguez, 2017).

El grosor influye significativamente en las propiedades de las películas comestibles ya que este determina la distancia que el permeable debe recorrer para difundir de un lado a otro de la película y varía con el contenido en sólidos de las formulaciones, la densidad, viscosidad, tensión superficial y velocidad de secado (Navarro, 2007).

2.5.4.4 Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas se consideran todas aquellas que se perciben con el sentido de la vista como la forma, el tamaño, rugosidad, manchas y defectos. También se consideran las propiedades sensoriales en las películas comestibles tales como la apariencia y el color (Marzo, 2010).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Etapa experimental

La etapa experimental del presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Alimentos I del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila.

3.1.1 Metodología

Caracterización y evaluación de la biopelícula comestible a base de goma guar y almidón con aceite de romero.

3.2 Preparación de la formulación

La formulación de la biopelícula se realizó colocando 100 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 250 mL con agitación con ayuda de un magneto sobre la placa de calentamiento a una temperatura de 50°C, se agregó glicerol (30%), goma guar (0.5%), aceite de romero (2.5%) y almidón (2%), se dejó mezclar hasta lograr una mezcla homogénea (Figura 2).



Figura 2 Preparación de la Formulación

3.3 Formación de la biopelícula

Se colocaron 20 mL de la solución en cajas Petri de plástico de 10 cm de diámetro, las biopelículas fueron secadas en una estufa de secado a 60°C durante 24 horas aproximadamente (Figura 3).



Figura 3 Formación de la biopelícula

3.4 Propiedades físicas de la biopelícula

3.4.1 Medición del grosor

El grosor de la biopelícula se determinó utilizando un micrómetro digital, al azar en cinco posiciones de la biopelícula y se calculó el promedio (Ruelas-Chacón, 2018).

3.4.2 Medición del color

El color de la biopelícula se evaluó utilizando un colorímetro. Se utilizó una placa de color blanco ($L=97.75$, $a=0.49$, $b=1.96$) para calibrar el aparato. El sistema proporciona los valores de tres componentes de color; L^* (componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad, a^* (componente +rojo a -verde) y b^* (componente +amarillo a -azul). La biopelícula se analizó al azar (Figura 4).



Figura 4 Medición del color

3.5 Propiedades ópticas

La biopelícula fue cortada en rectángulos (1 cm x 3 cm) y colocada en una celda para espectrofotómetro, y las mediciones se realizaron utilizando aire como referencia. La transmitancia de la biopelícula fue escaneada de la longitud de onda de 400nm a la 600nm utilizando un espectrofotómetro Genesis 10 UV spectrophotometer. Las mediciones se realizaron por triplicado y se calculó el promedio de las tres lecturas. La transparencia a 600nm (T_{600}) se obtuvo de la ecuación siguiente (Figura 5) (Floros & Han, 1997):

$$T_{600} = \log \%T/b$$

Donde %T es el porcentaje de transmitancia y b es el grosor de la biopelícula (mm)

La opacidad de la biopelícula fue calculada siguiendo la fórmula siguiente (Gontard *et al.*, 1994):

Opacidad=absorbancia a 500 nm (AU)* grosor de la biopelícula (mm)



Figura 5 Medición de las propiedades ópticas

3.6 Contenido de Humedad

El contenido de humedad de la biopelícula se determinó cortando en cuadros de 2 cm². Las piezas se colocaron en recipientes de aluminio que previamente estaban a peso constante, los recipientes con la biopelícula se colocaron en un horno de laboratorio a 100°C durante 24 h.

Los pesos de las muestras se registraron antes y después del secado utilizando una balanza analítica con una exactitud de 0.0001 g. La humedad se determinó como porcentaje considerando el peso de la biopelícula antes de la deshidratación y el peso de las biopelículas después de la deshidratación (Figura 6) (Mei & Zhao, 2003).

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{peso muestra inicial} - \text{Peso seco final} * 100}{(\text{Peso muestra inicial})}$$



Figura 6 Contenido de Humedad

3.7 Solubilidad

La solubilidad se determinó utilizando las muestras de determinación de humedad, éstas muestras secas se colocaron en vasos de precipitados de 250 mL con 80 mL de agua destilada con agitación constante a 25 °C y 300 rpm durante 60 minutos.

Después de este tiempo, las muestras se secaron durante 24 hrs a 60 °C hasta peso constante utilizando una balanza digital con una exactitud de 0.0001 g (Romero *et al.* 2005). Para calcular los porcentajes de solubilidad se utilizó la siguiente ecuación (Figura 7):

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{\text{Peso seco inicial} - \text{Peso seco final} * 100}{(\text{Peso seco inicial})}$$

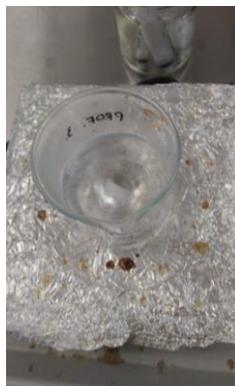


Figura 7 Determinación del porcentaje de Solubilidad

3.8 Permeabilidad al vapor de agua

Se utilizó cloruro de calcio anhidro aproximadamente 3.0 g como desecante dentro de las celdas de permeabilidad donde se colocaron las biopelículas. La distancia entre la superficie del desecante y la película fue menos de 6 mm (ASTM International, 2001). Las celdas se ubicaron en desecadores a humedades de 75%, 85% y 100% a $25 \pm 1.5^\circ\text{C}$, el proceso de permeabilidad al vapor de agua se evaluó por peso durante 10 h (Labuza *et al.*, 1985).

Cuando la relación entre el peso ganado (Δw) y el tiempo (Δt) es lineal, la pendiente se utiliza para calcular la velocidad de transmisión de vapor de agua (WVTR) y la permeabilidad al vapor de agua (WVP). La pendiente se obtiene de una regresión lineal de los pesos de las celdas con las biopelículas a velocidad de transmisión de vapor de agua (WVTR).

Se calculó de la pendiente ($\Delta w/\Delta t$) /A) dividido por el área de prueba (A) ($\text{g } (m^2)^{-1} \text{ d}^{-1}$), con la siguiente ecuación (Figura 8):

$$\text{WVTR} = (\Delta w/\Delta t) /A)$$

Donde $\Delta w/\Delta t$ = velocidad de transferencia, cantidad de pérdida de humedad por unidad de tiempo (g d^{-1}); A= área expuesto a la transferencia de humedad (m^2).

La permeabilidad al vapor de agua se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{WVTR} = (\text{WVTR}^*L/\Delta p)$$

Donde WVP es la permeabilidad al vapor de agua ($\text{g mm } m^2\text{d}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$), WVTR es la velocidad de transmisión al vapor de agua ($\text{g } m^2\text{d}^{-1}$), L es el grosor de la película (mm) y Δp es la diferencia entre las presiones de vapor de agua en ambos lados de la película (kpa).



Figura 8 Determinación de Permeabilidad

3.9 Acondicionamiento de la biopelícula como empaque en una matriz alimenticia

Con dos biopelículas se elaboró el empaque adhiriéndolas y quedando la muestra de queso tipo manchego (2 cm x 2 cm) en el interior de este completamente sellado. Las muestras con bioempaque se identificaron por triplicado para analizarlas fisicoquímicamente cada 5 días durante un periodo de 20 días (5, 10, 15 y 20) (Figura 9).



Figura 9 Acondicionamiento del bioempaque con el queso tipo manchego

3.10 Propiedades fisicoquímicas del queso tipo manchego

3.10.1 Medición del color

El color del queso se evaluó utilizando un colorímetro. Se utilizó una placa de color blanco ($L=97.75$, $a=0.49$, $b=1.96$) para calibrar el aparato. El sistema proporciona los valores de tres componentes de color; L^* (componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad, a^* (componente +rojo a -verde) y b^* (componente +amarillo a -azul).

El colorímetro se calibró con una placa blanca estándar antes de realizar las lecturas de los componentes. Se realizaron tres lecturas al azar y se calculó el promedio (Figura 10) (Maftoonazad *et al.* 2007)



Figura 10 Determinación del color en el queso tipo manchego

3.10.2 Medición del pH

El pH se determinó por medio de un pH metro digital, siguiendo la metodología de la (AOAC, 1984) (Figura 11).



Figura 11 Determinación del pH en el queso tipo manchego

3.10.3 Medición de la Firmeza

La firmeza se realizó utilizando un penetrómetro digital Forcé Gauge, equipado con una punta de 4 mm, los resultados fueron expresados en Newtons (N). Se tomaron tres lecturas de cada queso (AOAC, 1984) (Figura 12).



Figura 12 Determinación de la firmeza en el queso tipo manchego

3.10.4 Sólidos solubles totales

Utilizando la técnica de la (AOAC, 1984) se determinó por triplicado los sólidos solubles totales por medio de un refractómetro digital (Figura 13).



Figura 13 Determinación de SST en el queso tipo manchego

3.10.5 Grasa

El contenido de grasa se determinó por el método de Gerber-Van Gulik (AOAC, 2004) (Figura 14).

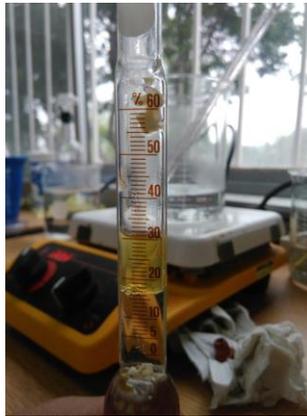


Figura 14 Determinación de grasa en el queso tipo manchego

3.10.6 Proteína

El contenido de proteína se determinó por el método Kjeldahl-Cunning (AOAC, 1984) (Figura 15).



Figura 15 Determinación de Proteína en el queso tipo manchego

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los resultados fue realizado por etapas, se usó un diseño completamente al azar y determinando un ANOVA para cada parámetro, se consideró que un valor $p \leq 0.05$ era estadísticamente significativo, y en caso de obtener diferencias significativas se realizó una prueba de Fisher para realizar una comparación de medias, el paquete utilizado fue el Infostat versión 2018.

4.2 Parámetros evaluados en la biopelícula

La permeabilidad al vapor de agua fue menor de 0.57 a 1.42 comparándola con los datos obtenidos por Joaqui & Villada (2013), el cual obtuvo un valor de 0.88 a 1.41.

Cuadro 3 Resultados de la Permeabilidad en la biopelícula

Permeabilidad, % Húmedad Relativa (H.R)	75% H.R.	85% H.R.	100% H.R.
	0.57±0.05	0.92±0.00	1.42±0.18

Los valores son las medias y \pm DST de los parámetros evaluados en la biopelícula.

En cuanto al color parámetro a^* , la media del valor fue 0.04 el cual están cerca del cero por lo tanto tiene tendencia a un color neutro y por último el parámetro b^* presentó una media de 0.9 indicando un color con una ligera tendencia a amarillo, mientras tanto en la Luminosidad se encontraron valores de 86.83 lo cual indica que tiene una gran luminosidad y coincide con los valores obtenidos por Joaqui & Villada (2013), (Cuadro 4).

Cuadro 4 Resultados del color evaluados en la biopelícula

Color	L	a	b
	86.83±1.53	0.04±0.09	0.9±0.28

Los valores son las medias y \pm DST de los parámetros evaluados en la biopelícula.

El resultado del parámetro del grosor fue de 0.15 mm comparado con los resultados obtenidos por Barreda Molina (2016) que va de 0.10 a 0.16 mm no obtuvo gran variación, mientras que la humedad de la película fue menor 7.43 mm, indicando que el agua se libera con menor facilidad por evaporación o secado comparándola con los resultados obtenidos por Luna, Santiago, Rivadeneyra Dominguez, & Diaz Sobac (2019) los cuales fueron 11.46 mm.

Con respecto a la solubilidad se tuvo valores altos de 62.29%, indicando que no es muy resistente a condiciones extremas de humedad comprándola con los valores obtenidos por Luna, Santiago, Rivadeneyra Dominguez, & Diaz Sobac (2019) los cuales fueron menores 5-20%.

Respecto a la absorbancia los valores encontrados de 0.19 fueron casi similares a la absorbancia de 0.14 a 0.18 encontrados por Zavala Arredondo, Castañeda Ramirez, Rivera Arredondo & De la Fuente Salcido (2017).

Mientras que la transmitancia de 52.3 fue casi igual a la transmitancia de 65-71 encontrada por Zavala Arredondo, Castañeda Ramirez, Rivera Arredondo & De la Fuente Salcido (2017) por lo tanto, los valores obtenidos representan una película transparente (Cuadro 5).

Cuadro 5 Resultados de parámetros evaluados en la biopelícula

Grosor	Humedad	Solubilidad	Absorbancia	Transmitancia
0.15±0.05	7.43±4.60	62.29±32.90	0.19±0.06	52.3±8.70

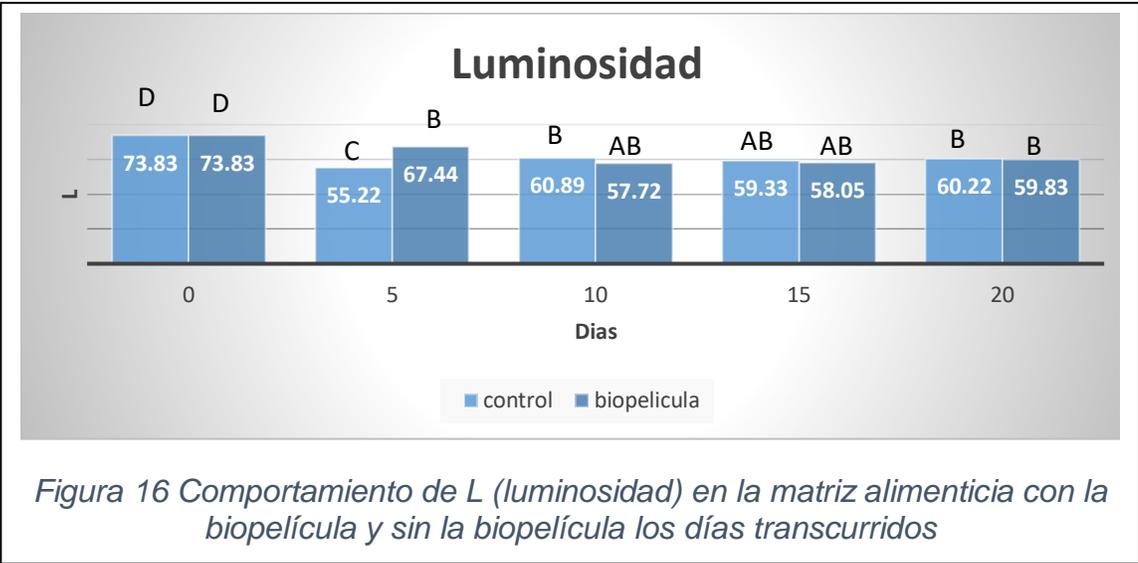
Los valores son las medias y \pm DST de los parámetros evaluados en la biopelícula.

4.3 Propiedades fisicoquímicas del queso tipo manchego en empaque biodegradable

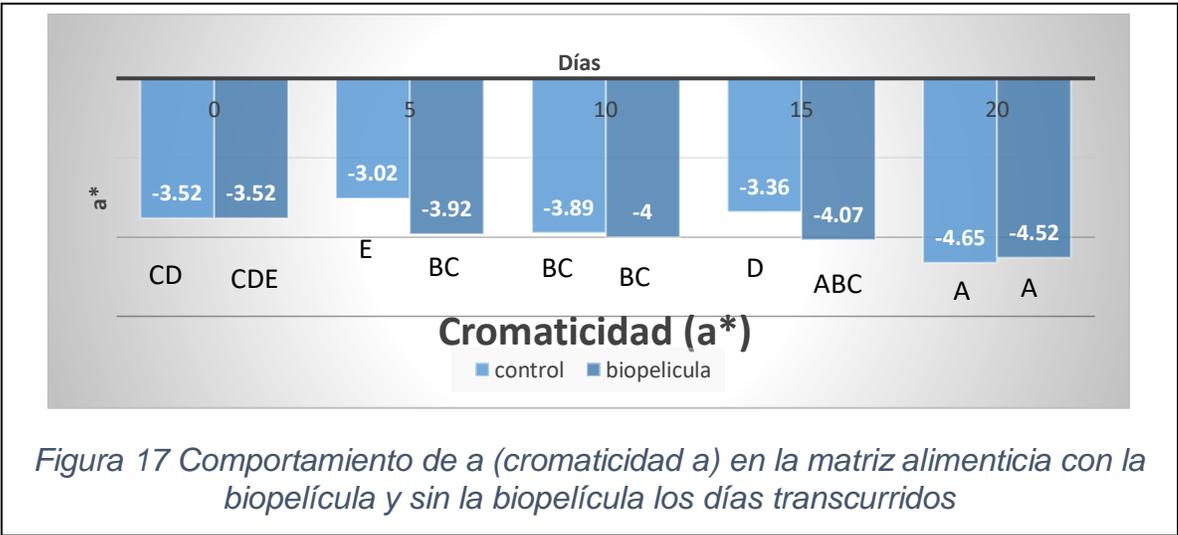
4.3.1 Color

El parámetro de luminosidad (L) en los dos tratamientos disminuyó de 73.83 a 60.22, se puede observar que en el día 5 hubo mayor diferencia entre los dos tratamientos 55.22 (sin biopelícula) y 67.44 (con biopelícula) (Figura 16), sin embargo, a partir del día 10 los valores se comportaron de manera similar.

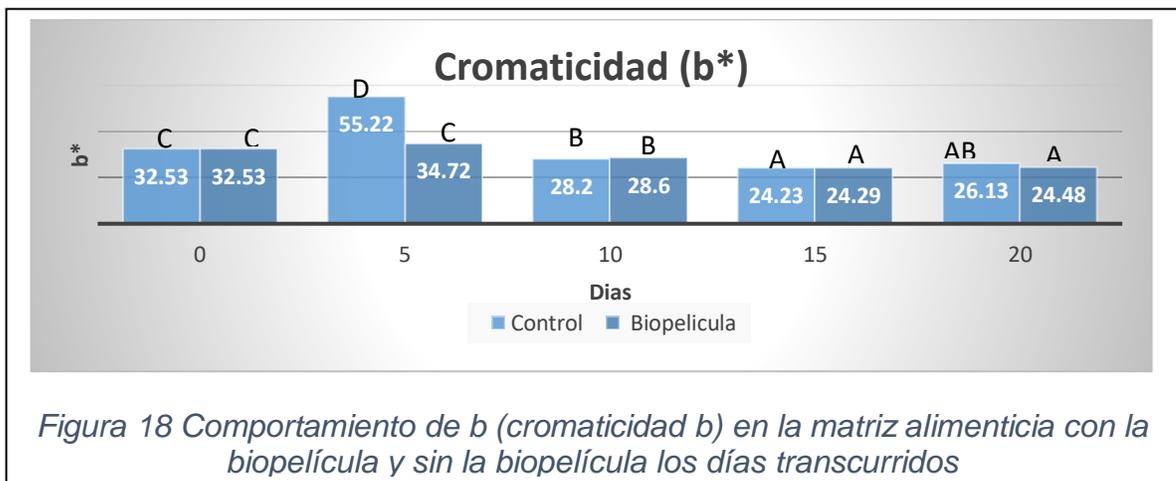
Cabe destacar que el brillo del queso tuvo mayor luminosidad y disminuyó menos al comparar los resultados de Albizú (2011), donde el brillo de las biopelículas fue de 59.80 a 64.08 el primer día y de 50.24 a 53.99 a los 15 días.



En cuanto a la cromaticidad a^* los tratamientos mostraron diferencias significativas considerando los días transcurridos, ya que las medias de ambos tratamientos pasaron de -3.52 a -4.65 (control) y de -3.52 a -4.52 (biopelícula) a los 20 días (Figura 17). La cromaticidad tiene valores cercanos a 0 por lo tanto son valores aceptables de acuerdo con el estudio realizado por Ramírez (2014), donde dice que la cromaticidad a^* en varios quesos tiene valores cercanos a 0 como, por ejemplo -1.25 en queso fresco y -7.55 en queso semiduro.



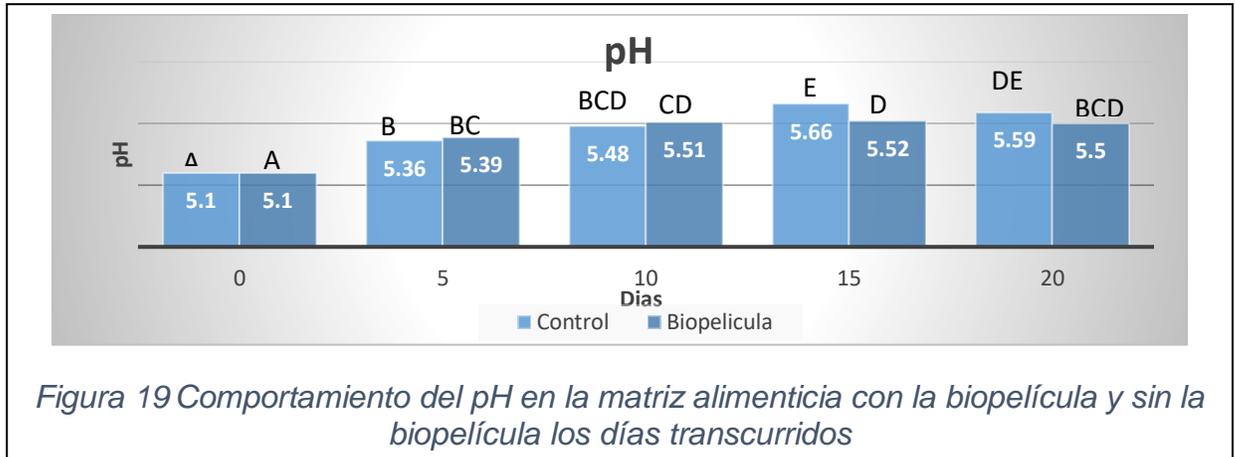
La variable de cromaticidad b^* muestra resultados en los cuales no hubo diferencia significativa entre los dos tratamientos, pero si con respecto al tiempo. El factor b^* del queso sin biopelícula y con biopelícula fue disminuyendo de 32.53 para ambos a 26.13 y 24.48, respectivamente (Figura 18). El factor b^* no se ve afectado con la biopelícula, ya que fue mayor al reportado por Garcia (2006) teniendo valores de 22.0 a 24.8, estudio donde se evaluó este parámetro en el queso manchego de distintas industrias.



4.3.2 pH

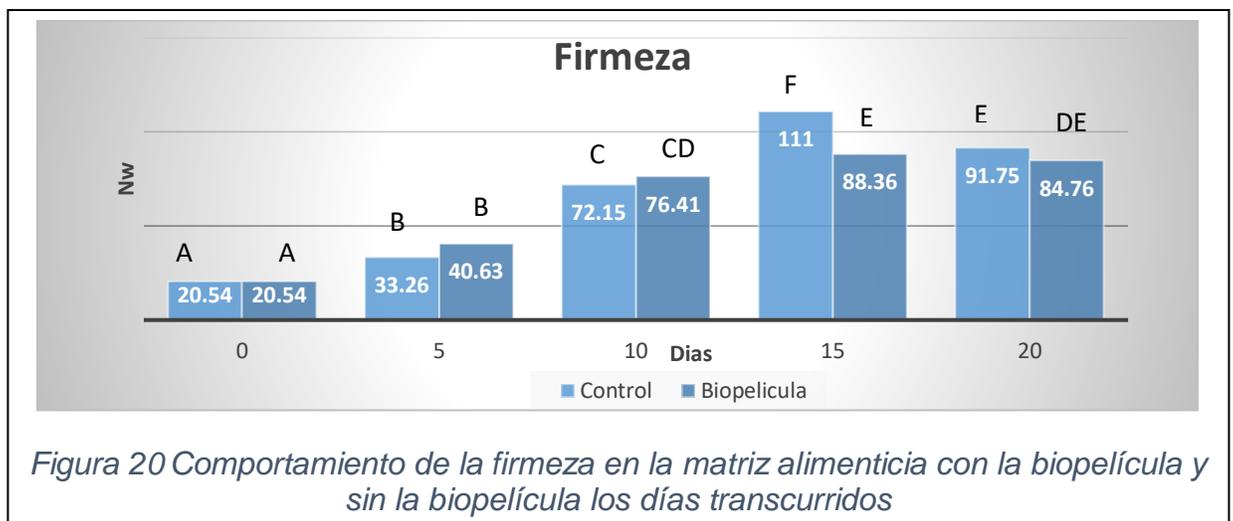
En este análisis el pH aumentó en ambos tratamientos, los días 5 y 10 la media fue mayor 5.39 (control) y 5.51 (con biopelícula) sin diferencia significativa en el queso con biopelícula, el día 15 hubo diferencia significativa para el tratamiento sin biopelícula con mayor media (5.66), mientras que en el día 20 las medias fueron similares (5.59 y 5.5) (Figura 19).

Los valores de pH fueron similares al reportado por Garcia (2006), en el estudio evaluaron el queso manchego mexicano de diferentes industrias.



4.3.3 Firmeza

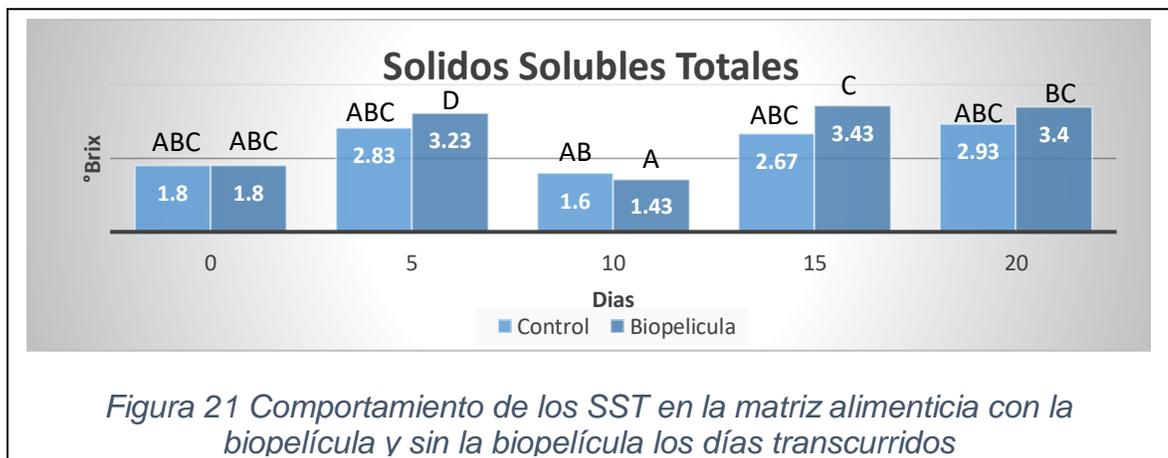
En lo que respecta a la firmeza se observó una diferencia entre los dos tratamientos los días 0 y 20 en el queso sin biopelícula con un valor de 20.54 N y 91.75 N, respectivamente; mientras que en el queso con biopelícula fue de 20.54 N y 91.54 N, respectivamente. En ambos tratamientos se observó que la firmeza aumentó al transcurrir los días, los valores fueron altos en comparación con lo que reporta Osorio (2004) con aumento en la firmeza, pero valores menores siendo días de 30 y 60 mencionando que este parámetro tiende a aumentar cuando disminuye la proteína, la grasa y la humedad (Figura 20).



4.3.4 Sólidos Solubles Totales

La variable de sólidos solubles tiene una diferencia significativa en ambos tratamientos, sin embargo, los dos tienen tendencia a aumentar, como se puede observar los sólidos solubles sin la biopelícula fue aumentando de 1.8 a 2.93 °Brix y de 1.8 °Brix con la biopelícula a 3.4 °Brix. Cabe destacar que este último valor no tuvo diferencia significativa en los días 15 y 20 (Figura 21).

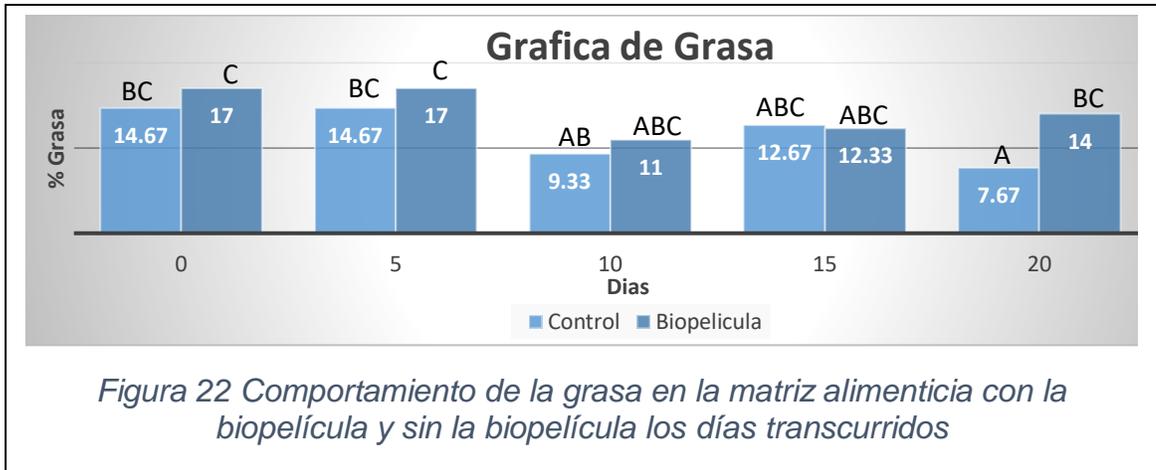
Haciendo una comparación entre los resultados de esta investigación con el trabajo de Martínez (2012) donde se utilizó un recubrimiento comestible en el queso Oaxaca, los sólidos solubles también tuvo tendencia a aumentar, debido a que hay una correlación de la firmeza con los sólidos solubles totales, ya que al aumentar la firmeza mayor es la concentración de los sólidos solubles totales.



4.3.5 Grasa

Los resultados del contenido de grasa muestran una disminución en ambos tratamientos, esa disminución presentó una diferencia significativa del día 5 hasta el día 20 (Figura 22). Los valores de las medias durante los días 0 – 20 para el tratamiento sin biopelícula fueron de 14.67 a 7.67 % y de 17 a 14 % para el tratamiento con biopelícula (Figura 22).

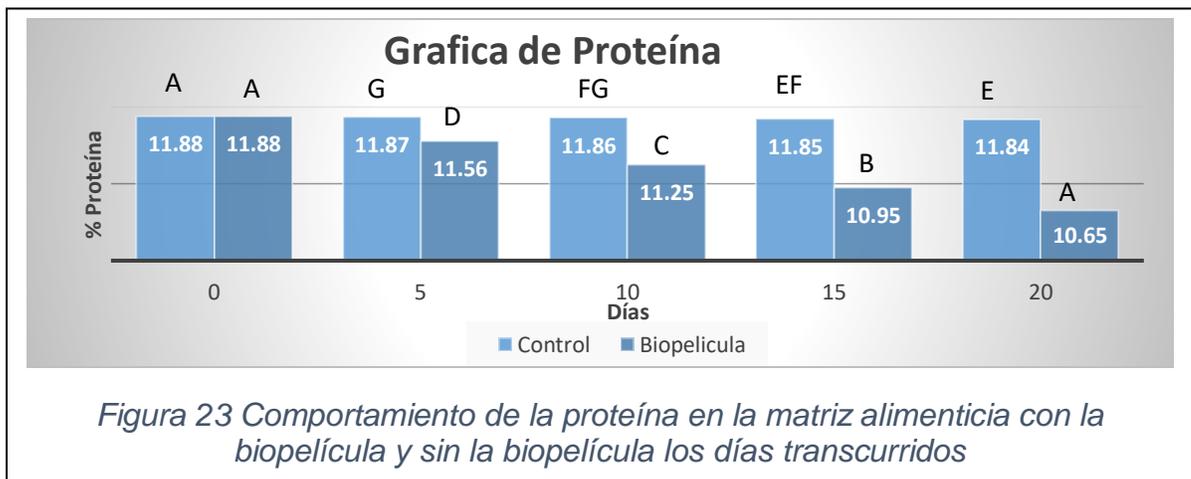
Estos resultados se asemejan a los resultados de López (2010) con un promedio del porcentaje de materia grasa de 12.05 a 13.26%.



4.3.6 Proteína

El contenido de proteína tuvo diferencia en los dos tratamientos, las medias en el queso sin biopelícula del día 0 y 20 fueron de 11.88 y 11.84%, respectivamente. Mientras que las medias del queso con biopelícula fueron de 11.88 y 10.65% (Figura 23), mostrándose una mayor disminución en el queso con biopelícula.

Los valores de proteína están dentro de lo establecido en la norma mexicana para quesos procesados (NMX-F-092, 1970), ya que el porcentaje mínimo es de 10.



CAPITULO V: CONCLUSIONES

Se logró elaborar formulaciones donde la idónea fue la formulación elaborada con 2.5% de aceite de romero, ya que a esta concentración las películas eran manejables, homogéneas y se desprendían con mayor facilidad sin romperse.

La película obtenida seleccionada como un bioempaque en el queso manchego tuvo propiedades fisicoquímicas propias de una película comestible para su conservación destacando una mejor permeabilidad y solubilidad.

Durante los 20 días de evaluación en el queso manchego con el bioempaque se observó en el color una disminución en la luminosidad y cromaticidad *b pero sin ser afectado y una pérdida de color en cromaticidad *a pero con valores propios de quesos semiduros. El pH aumentó en los dos tratamientos, aunque más sin el bioempaque, pero con valores óptimos.

La firmeza aumentó en ambos tratamientos con valores similares esto debido a una disminución en el contenido de proteína y grasa dando una apariencia dura al queso, por otra parte, los sólidos solubles totales aumentaron teniendo mayores valores con biopelícula debido al aumento de la firmeza. Mientras que el contenido de grasa y de proteína disminuyeron más sin el bioempaque, sin embargo, los valores están dentro de lo establecido por las normas mexicanas.

Cabe destacar que el bioempaque tiene propiedades propias a los de una película comestible que, si contribuye a la conservación del queso manchego.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

- Albacete, C., Chiralt, A., & González, C. (2015). Efecto de la humedad y del glicerol en las transiciones de fase de biopolímeros: proteína de guisante y quitosano. *Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo*, pp.3-4.
- Albiz ú, H. &. (2011). Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso cheddar. *Agroindustria Alimentaria*, pp. 13-14.
- AOAC. (1984). AOAC International. Official Methods of Analysis; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC. (2004). AOAC International. Official Methods of Analysis; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA.
- ASTM International. (2001). American society for testing and materials, annual book ASTM standards 2001. West Conshohocken, PA, USA.
- Barreda Molina, A. L. (2016). Elaboracion y Elaboracion de Peliculas Comestibles a base de Almidon de maíz añadiendo goma de Tara y Xantan. *Universidad Nacional de San Agustin* , p.88.
- Bravo, I. (2012). Estudio de la fracción proteica de leche y fórmulas infantiles sometidas a altas presiones. *Universidad Autonma de Madrid*, pp.3-6.
- Calvo, V., Castro, M., Garcia, A., Rodríguez, L., Juárez, M., & Fontecha, A. (2014). Grasa láctea: una fuente natural de compuestos bioactivos. *Alimentacion, Nutrición y Salud*, pp.57-58.
- Cantón, A., Fernández, M., Lugo, G., Martínez, M., Palmeiro, R., Gutiérrez, F., & Tejera, C. (2016). Utilidad en la clínica de la goma guar parcialmente hidrolizada: revisión de la evidencia y experiencia. *Nurición Hospitalaria*, p.3.
- Cheesescience.org. (10 de Julio de 2019). *Kit de herramientas de ciencia del queso*. Obtenido de <https://www.cheesescience.org/ph.html?fbclid=IwAR3wt2jXQV0XmZZwRhpPK6FVuPiXswr67SBTYVFcOtRUxme-uQAfQ8bNyp0>
- Direccion General de Normas. (1984). NMX-F-462-1984.Alimentos lacteos.Queso tipo manchego.

- Embuscado, E., & Huber, C. (2009). *Edible Films and Coatings for Food Applications*. London New York: Springer.
- FAO. (2 de Agosto de 2019). *Portal Lacteo*. Obtenido de Tipos y Características:
<http://www.fao.org/dairy-production-products/products/tipos-y-caracteristicas/es/>
- Fernández, D., Bautista, S., Ocampo, A., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles; una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, pp.4-5.
- Floros, J., & Han, J. (1997). Casting Antimicrobial Packaging Films and Measuring Their Physical Properties and Antimicrobial Activity. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, pp. 3-4.
- García, A. (2002). *Estudio estadístico para precedir el tiempo de maduración del queso manchego, e identificación de la microbiota*. Castilla: Universidad de Castilla La Mancha.
- García, B. (2006). Caracterización Físico-química de diversos tipos de quesos elaborados en el valle de Tulancingo Hgo con el fin de proponer normas de calidad. *Ciencias Agropecuarias*, pp.51-52.
- Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J., & Guilbert, S. (1994). Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *Institute of Food Science and Technology*, p. 4.
- Gutiérrez, A., & Díaz, G. (2002). Taller para productores del estado de Morelos sobre la elaboración de quesos y subproductos lácteos. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Agropecuarias.*, p.1.
- Hernández, Á. G., & Ruiz López, M. D. (2010). *Tratado de Nutrición*. Madrid: Panamericana.
- Hernández, K. (2013). Propuesta de implementación de un plan HACCP para garantizar la inocuidad en la producción de queso tipo manchego en la planta de lácteos. *Universidad Veracruzana*, pp.15-20.
- Hernández, K. (2016). Formulación y Caracterización de Películas. *Universidad Veracruzana*, pp.10-11.
- Iruegas, E., Castro, C., & Ávalo, L. (2002). *Oportunidades de Desarrollo de la Industria de la Leche y Carne en México*. Morelia Michoacan: IICA Biblioteca Venezuela.

- Joaqui D, D. F., & Villada C, H. S. (2013). Propiedades Ópticas y Permeabilidad de vapor de agua en películas Producidas a partir de Almidon. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, pp. 6-8.
- Joaqui, D., & Villada, H. (2013). Propiedades Ópticas y Permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidon. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, pp. 62-63.
- Lax, V. (2014). Estudio de la Variabilidad química, propiedades antioxidantes y biocidas de poblaciones espontáneas de *Rosmarinus Officinalis* L, en la Región de Murcia. *Universidad de Murcia*, pp.12, 19-23.
- León, C. (2018). Recubrimientos comestibles a base de almidón con potencial aplicación en conservación de frutas. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, pp.10-11.
- Llanes, J. (2009). Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. *Universidad Austral de Chile*, pp.16-18.
- López, I. (2010). propiedades físico-químicas, texturales y sensoriales del queso elaborado en le municipio de Vega de Alatorre, Veracruz y su relación con algunas características del queso de la Joya, Veracruz. *Ciencias Alimentarias*, pp. 74-75.
- Luna, A. V., Santiago, M., Rivadeneyra Dominguez, E., & Diaz Sobac, R. (2019). Películas Comestibles a base de almidón nanoestructurado como material de barrera a la humedad. *Ciencia UAT*, pp 7-8.
- Maftoonazad , N., Ramaswamy, H., & Marcotte, M. (2007). Evaluation of factors affecting barrier, mechanical and optical properties of pectin-based films using response surface methodology. *Journal of Food Process Engineering*, p.5.
- Martínez. (2017). La problemática de la cultura del empaque: del diseño centrado en el consumo, al diseño centrado en la función ambiental. *Universidad Nacional de Colombia*, pp.9-11.
- Martínez, D. (2012). Diseño y aplicación de un recubrimiento comestible de quitosano para alargar la vida de anaquel del queso oaxaca. *Centro de Información y Documentación*, p.38.

- Marzo, I. (2010). Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína. *Universidad Publica de Navarra*, pp.33-34.
- Mei, Y., & Zhao, Y. (2003). Barrier and Mechanical Properties of Milk Protein-Based Edible Films Containing Nutraceuticals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 6.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (2 de Agosto de 2019). *Queso Manchego*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/calidad-diferenciada/dop/queso_lacteo/DOP_queso_manchego.aspx
- Moreira, M., Roura, S., Marcovich, N., Aranguren, M., & Pereda, M. (2014). Bio-Películas para el envasado de alimentos: Proteínas y Carbohidratos. *Ciencia e Investigacion*, pp.35-36.
- Navarro, M. (2007). Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa. *Universidad Politécnica de Valencia*, p.27.
- NMX-F-092. (1970). *Calidad para quesos procesados*. Obtenido de Agricultura: <file:///C:/Users/agricultura/Desktop/TESIS/2%20R/articulos%20resultados/proteina/NMX-F-092-1970.PDF>
- Osorio, J. C. (2004). Caracterización Textural y Fisicoquímica del queso Edam. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, pp. 7-9.
- Parra, M. (2017). Desarrollo de Películas comestibles con incorporación de aceite esencial de anís mediante método de emulsificación. *Universidad Técnica Federico Santa María*, pp.32-33.
- Quesomanchego.org. (10 de Julio de 2019). *Historia del queso manchego*. Obtenido de <https://quesomanchego.org/historia-del-queso-manchego/>
- Rámirez, C., & Vélez, J. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, pp.131-132.
- Ramírez, J. (2014). Espectrocolorimetría en caracterización de leche y quesos. *Tecnología Láctea Latinoamerica*, p.54.
- Ramos, M., Bautista, S., Barrera, L., Bosquez, E., & Estrada, M. (2010). Compuestos Antimicrobianos Adicionales en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. *Revista mexicana de fitopatología*, pp 4-6.

- Rodríguez. (2017). *Envasado y empaquetado de productos alimentarios*. Innovacion y Cualificación S.L.
- Rodríguez, G. (2014). *Determinacion de Sólidos Solubles en Alimentos*. Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Romero , C., Bello, L., García, M., Martino, M., Solorza, J., & Zaritzky, N. (2005). Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. *Carbohydrate and Polymers*, pp. 6-7.
- Solis, S. (2016). Elaboración y caracterización de películas comestibles elaboradas con Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC). *Universidad Autónoma del Estado de México*, pp.36-37.
- unep.org. (3 de Octubre de 2018). Obtenido de El estado de los plásticos:
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Universidad de Palermo. (2010). Diseño del envase de queso rallado queso simple. Nuevo concepto de envases desmenuzados o granulados. *Escritos en la Facultad N°54*, pp.6-8.
- Zavala Arredondo, M., Castañeda Ramirez, J. C., Rivera Arredondo, M., & De la Fuente Salcido, N. M. (2017). Evaluación de Propiedades Mecánicas y Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas de Quitosano. *Jovenes en la Ciencia*, p.5.
- Zúñiga, L., Ciro, H., & Osorio, J. (2007). Estudio de la dureza del queso Edam por medio de Análisis de perfil de textura y penectrometría por esfera. *Facultad de Ciencias Agropecuarias Medellin*, p.6.

CAPITULO VII. ANEXOS

Color

L

```

L
Variable N R² R² Aᵢ CV
L 30 0.91 0.88 3.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo. 1204.36 9 133.82 23.89 <0.0001
Tratamientos 1204.36 9 133.82 23.89 <0.0001
Error 112.03 20 5.60
Total 1316.39 29

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.03100
Error: 5.6015 gl: 20
Tratamientos Medias n E.E.
c5 55.22 3 1.37 A
p10 57.72 3 1.37 A B
p15 58.05 3 1.37 A B
c15 59.33 3 1.37 B
p20 59.83 3 1.37 B
c20 60.22 3 1.37 B
c10 60.89 3 1.37 B
p5 67.44 3 1.37 C
p0 73.83 3 1.37 D
c0 73.83 3 1.37 D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
ANAVA
    
```

L		
Días	Control	Con Biopelícula
0	73.83	73.83
5	55.22	67.44
10	60.89	57.72
15	59.33	58.05
20	60.22	59.83

*a

```

a
Variable N R² R² Aᵢ CV
a 30 0.68 0.54 10.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo. 6.90 9 0.77 4.81 0.0017
Tratamientos 6.90 9 0.77 4.81 0.0017
Error 3.19 20 0.16
Total 10.09 29

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.67992
Error: 0.1594 gl: 20
Tratamientos Medias n E.E.
c20 -4.65 3 0.23 A
p20 -4.52 3 0.23 A B
p15 -4.07 3 0.23 A B C
p10 -4.00 3 0.23 A B C D
p5 -3.92 3 0.23 B C D
c10 -3.89 3 0.23 B C D
c0 -3.52 3 0.23 C D E
p0 -3.52 3 0.23 C D E
c15 -3.36 3 0.23 D E
c5 -3.02 3 0.23 E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
    
```

*a		
Días	Control	Con Biopelícula
0	-3.52	-3.52
5	-3.02	-3.92
10	-3.89	-4
15	-3.36	-4.07
20	-4.65	-4.52

b

```

b
Variable N R² R² Aᵢ CV
b 30 0.98 0.97 4.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo. 2290.25 9 254.47 110.59 <0.0001
Tratamientos 2290.25 9 254.47 110.59 <0.0001
Error 46.02 20 2.30
Total 2336.27 29

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.58355
Error: 2.3010 gl: 20
Tratamientos Medias n E.E.
c15 24.23 3 0.88 A
p15 24.29 3 0.88 A
p20 25.48 3 0.88 A
c20 26.13 3 0.88 A B
c10 28.20 3 0.88 B
p10 28.60 3 0.88 B
c0 32.53 3 0.88 C
p0 32.53 3 0.88 C
p5 34.72 3 0.88 C
c5 55.22 3 0.88 D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
    
```

b		
Días	Control	Biopelícula
0	32.53	32.53
5	55.22	34.72
10	28.2	28.6
15	24.23	24.29
20	26.13	24.48

Firmeza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
N _m	30	0.97	0.96	9.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28642.58	9	3182.51	81.10	<0.0001
Tratamientos	28642.58	9	3182.51	81.10	<0.0001
Error	784.85	20	39.24		
Total	29427.43	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.66937
Error: 39.2424 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
p0	20.54	3	3.62 A
c0	20.54	3	3.62 A
c5	33.26	3	3.62 B
p5	40.63	3	3.62 B
c10	72.15	3	3.62 C
p10	76.41	3	3.62 C D
p20	84.76	3	3.62 D E
p15	88.36	3	3.62 E
c20	91.75	3	3.62 E
c15	111.59	3	3.62 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Días	Control	Biopelícula
0	20.54	20.54
5	33.26	40.63
10	72.15	76.41
15	111	88.36
20	91.75	84.76

Solidos Solubles Totales

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
SST	30	0.99	0.99	19.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2576.01	9	286.22	249.32	<0.0001
Tratamientos	2576.01	9	286.22	249.32	<0.0001
Error	22.96	20	1.15		
Total	2598.97	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.02487
Error: 1.1489 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
p10	1.43	3	0.62 A
c10	1.60	3	0.62 A B
p0	1.80	3	0.62 A B C
c0	1.80	3	0.62 A B C
c15	2.67	3	0.62 A B C
c5	2.83	3	0.62 A B C
c20	2.93	3	0.62 A B C
p20	3.40	3	0.62 B C
p15	3.43	3	0.62 C
p5	33.23	3	0.62 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Días	Control	Biopelícula
0	1.8	1.8
5	2.83	3.23
10	1.6	1.43
15	2.67	3.43
20	2.93	3.4

pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
pH queso	30	0.90	0.86	1.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.96	9	0.11	20.33	<0.0001
Tratamientos	0.96	9	0.11	20.33	<0.0001
Error	0.10	20	0.01		
Total	1.06	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.12337
Error: 0.0082 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
p0	5.10	3	0.04 A
c0	5.10	3	0.04 A
c5	5.36	3	0.04 B
p5	5.39	3	0.04 B C
c10	5.48	3	0.04 B C D
p20	5.48	3	0.04 B C D
p10	5.51	3	0.04 C D
p15	5.52	3	0.04 D
c20	5.59	3	0.04 D E
c15	5.66	3	0.04 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Días	Control	Biopelícula
0	5.1	5.1
5	5.36	5.39
10	5.48	5.51
15	5.66	5.52
20	5.59	5.5

Grasa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	30	0.49	0.26	27.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	254.97	9	28.33	2.15	0.0744
Tratamientos	254.97	9	28.33	2.15	0.0744
Error	264.00	20	13.20		
Total	518.97	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.18797

Error: 13.2000 gl: 20

Tratamientos Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.
c20	7.67	3	2.10 A
c10	9.33	3	2.10 A B
p10	11.00	3	2.10 A B C
p15	12.33	3	2.10 A B C
c15	12.67	3	2.10 A B C
p20	14.00	3	2.10 B C
c0	14.67	3	2.10 B C
c5	14.67	3	2.10 B C
p0	17.00	3	2.10 C
p5	17.00	3	2.10 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Dias	Control	Biopelícula
0	14.67	17
5	14.67	17
10	9.33	11
15	12.67	12.33
20	7.67	14

Proteína

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.80	7	0.69	10287.39	<0.0001
Tratamiento	4.80	7	0.69	10287.39	<0.0001
Error	1.1E-03	16	6.7E-05		
Total	4.80	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01414

Error: 0.0001 gl: 16

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.
p20	10.65	3	4.7E-03 A
p15	10.95	3	4.7E-03 B
p10	11.25	3	4.7E-03 C
p5	11.56	3	4.7E-03 D
c20	11.84	3	4.7E-03 E
c15	11.85	3	4.7E-03 E F
c10	11.86	3	4.7E-03 F G
c5	11.87	3	4.7E-03 G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Dias	Control	Biopelícula
0	11.88	11.88
5	11.87	11.56
10	11.86	11.25
15	11.85	10.95
20	11.84	10.65