

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**EFFECTOS DE PELICULAS DE QUITOSANO SOBRE
LA VIDA DE ANAQUEL DEL QUESO PANELA.**

POR

HUMBERTO GARCÍA ÁNGEL

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

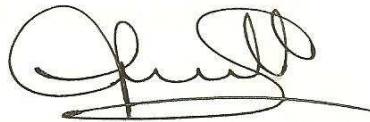
POR:

HUMBERTO GARCÍA ÁNGEL

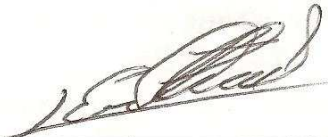
Que somete a consideración del honorable jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA



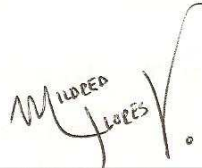
M.C. XOCHITL RUELAS CHACÓN.
PRESIDENTE DEL JURADO.



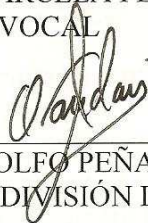
DR. ERNESTO CERNA CHAVEZ.
VOCAL



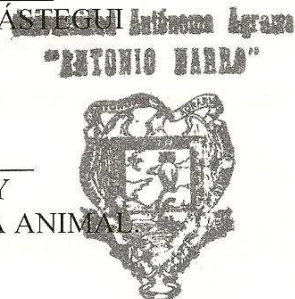
M.C. OSCAR NOÉ REBOLLOSO PADILLA
VOCAL



M.C. MILDRED INNA MARCELA FLORES VERÁSTEGUI
VOCAL



ING. JOSÉ RODOLFO PEÑA ORANDAY
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Buenavista, Saltillo, Coahuila. Septiembre del 2009

DEDICATORIA

A mis padres

Humberto García López y Juventina Ángel Chávez

Con cariño y afecto para mis padres por darme la vida, por darme la oportunidad de tener una formación profesional, ya que para mi representa la mejor herencia que los padres pueden otorgar a sus hijos, además de depositar su confianza en mí, por su enorme esfuerzo y afán de sacar a delante nuestra familia en todo momento, además de enseñarme la verdadera esencia de la amistad, por sus sabios consejos de seguir adelante, por saber guiarme para ser una persona de bien.

A mis hermanos: Omar, María Guadalupe, Juan, Víctor, Leticia. Por su buena vibra y motivación que me impulso a seguir adelante, en momentos difíciles, además de su apoyo económico que me brindaron a lo largo de mi carrera.

A mis abuelos por sus sabios consejos de sus experiencias en la vida, y su buena vibra para seguir adelante siempre.

A mis suegros Por el apoyo incondicional que me brindado a lo largo de mi carrera, además de la motivación para seguir adelante.

Mi esposa Korina Lerma Reyes y a mi hijo Jesús Alberto García Lerma por el amor cariño, confianza y comprensión que siempre me brindaron además de ser un motor más que me impulso a seguir adelante.

A mis cuñados (as) por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi carrera y la motivación de seguir adelante, y por su apoyo económico.

A G R A D E C I M I E N T O S

A Dios por darme la oportunidad de vivir, darme sabiduría y fuerza para seguir adelante, permitirme culminar un eslabón más de esta cadena de la vida.

A my alma mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme un hogar y por haberme otorgado la oportunidad de tener una formación profesional.

Al M.C Xóchitl Rúelas Chacón por darme la oportunidad de realizar este proyecto, por su disposición y tiempo dedicado para el correcto avance de la investigación, por los materiales proporcionados y por sus valiosas aportaciones sugerencias y correcciones para la realización de este trabajo.

Al M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla por contribuir en la realización en este trabajo, por su amistad, por los materiales proporcionados y por sus valiosas aportaciones sugerencias para la realización de este trabajo.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez. Por su disposición y tiempo dedicado para el correcto avance de la investigación, por los materiales proporcionados, por sus consejos, sugerencias, y correcciones para la realización de este trabajo.

A la M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verasteguí, por su confianza, su amistad su disposición, y por los materiales proporcionados, para esta investigación.

A la T.A. Laura Aguirre Gómez y Ing. María de Jesús Sánchez, por su apoyo brindado en este trabajo de investigación, por su confianza y amistad.

A la M.C. María Guadalupe Pérez Ovalle por su tiempo, disposición y apoyo en la determinación de color

A los departamentos: De Ciencia y tecnología de alimentos, De Producción animal, De Parasitología. De Horticultura y al depto. De Ciencias básicas, que contribuyeron para el desarrollo de esta investigación.

A mi familia. Por depositar su confianza en mí y al gran apoyo incondicional que me impulso para alcanzar la meta que hoy cruzo.

A mis compañeros de generación106, por el compañerismo y amistad que siempre tendremos además esos montemos agradables que pasamos, de hacer más agradable la estancia en la universidad.

Dr. Juan Manuel, Martínez Reyna y A mis amigos del (EIIPP) Por su amistad y compañerismo que vivimos, por sus consejos, por enseñarme la verdadera esencia de trabajar en equipo, y que gracias a esto tuve la oportunidad de viajar y conocer tres estados de E.U.A. Un sueño más que vi realizado, además de la gran satisfacción por los reconocimientos otorgados por parte de la universidad.

A mis cuñados (as) y a todos mis amigos Guerrero y de Guanajuato por su amistad, confianza, disposición y apoyo que me brindaron en todo momento, además de la motivación que siempre me brindaron de seguir adelante.

A mi esposa por su amor, apoyo, paciencia, y apoyo incondicional que me brinda en todo momento.

A mis suegros por el apoyo incondicional que siempre me brindaron a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	Viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
I INTRODUCCION.....	1
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Hipótesis.....	4
II REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 Importancia de los quesos frescos.....	5
2.2 Generalidades del queso panela.....	6
2.3 Microbiología del queso.....	7
2.3.1 Coliformes.....	8
2.3.2 Staphylococcus.....	9
2.3.3 Salmonella.....	9
2.3.4 Listerias.....	10
2.3.5 Hongos y levaduras.....	11
2.4 Películas comestibles.....	12
2.5 Requisitos y ventajas al uso de películas comestibles.....	13
2.6 Componente de las películas.....	13
2.6.1 Lípidos.....	14
2.6.2 Mezcla o sistemas multi-componentes.....	14
2.6.3 Hidrocoloides.....	15
2.6.4 Polisacáridos.....	15
2.6.5 Proteínas.....	16
2.6.6 Aditivo.....	16
2.6.7 Plastificantes.....	16

2.6.8 Acido oleico.....	17
2.6.9 Características del acido oleico.....	17
2.7 Mecanismo de formación de las películas.....	18
2.8 Métodos de aplicación de las películas.....	19
2.8.1 Aplicación por inmersión.....	19
2.8.2 Aplicación por aspersión.....	20
2.8.3 Aplicación por frotación.....	20
2.9 Condiciones relevantes en la aplicación de las películas.....	20
2.10 Propiedades mecánicas y de transporte.....	21
2.11 La celulosa, quitina, quitosano.....	22
2.12 Generalidades del quitosano.....	22
2.12.1 Composición química del quitosano.....	23
2.12.2 Obtención del quitosano.....	23
2.12.2.1 Proceso químico.....	24
2.12.2.2 Proceso enzimático.....	24
2.13 Caracterización físico-química.....	25
2.14 Determinación del grado de acetilación.....	25
2.15 Propiedades del quitosano.....	26
2.15.1 Formación de películas.....	26
2.15.2 Adsorción de agua.....	26
2.15.3 Interacción con péptidos proteínas.....	27
2.15.4 Propiedad biológica.....	27
2.15.5 Propiedad antimicrobiana.....	27
2.16 Usos y aplicaciones.....	28
2.16.1 industria alimentaria.....	28
2.16.2 Farmacia y medicina.....	28
2.16.3 Agricultura y ganadería.....	29
2.16.4 Industria textil y cosméticos.....	29
2.17 Agentes antimicrobianos.....	30
2.18 Agentes antimicrobianos naturales de origen vegetal.....	32
2.19 Sitio de acción de los agentes antimicrobianos.....	32

2.20 Generalidades del ajo.....	33
2.21 Actividad antimicrobiana del ajo.....	34
III MATERIALES Y METODOS.....	35
3.1 Elaboración del extracto de ajo.....	35
3.2 Elaboración del queso panela.....	35
3.3 Elaboración de la película.....	36
3.4 Elaboración de la película con extracto de ajo.....	37
3.5 Aplicación de la película al queso panela.....	38
3.6 Determinación de color.....	38
3.7 Determinación de materia seca total.....	40
3.8 Determinación de humedad	41
3.9 Determinación de sólidos solubles.....	41
3.10 Análisis de las características microbiológicas.....	41
3.11 Materiales utilizados.....	42
3.12 Equipos utilizados.....	43
3.13 Descripción de los tratamientos aplicados.....	44
3.14 Parámetros evaluados.....	45
V RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
5.1 Características físico químicas (Prueba1).....	46
5.2 Luminosidad, (Prueba 1).....	47
5.3 Cromaticidad (a*), (Prueba 1).....	48
5.4 Cromaticidad (b*), (Prueba 1).....	49
5.5 Características microbiológicas, (Prueba 1)	50
5.6 Características fisicoquímicas, (Prueba 2).....	51
5.7 Luminosidad (L*), (Prueba 2).....	52
5.8 Cromaticidad (a*), (Prueba 2).....	53
5.9 Cromaticidad (b*), (Prueba 2).....	54
5.10 Características microbiológicas, (Prueba 2).....	55
VI CONCLUSIONES.....	58
VII BIBLIOGRAFIA.....	59
VIII ANEXO 1.....	64

INDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura	
1. Composición química del quitosano.....	23
2. Hidrólisis de de Alina en alicina y alinasa.....	33
3. Orden de la toma de lectura de color en queso panela.....	38
4. Diagrama de cromaticidad (L^* a^* b^*).....	39
5. Luminosidad (Prueba 1).....	48
6. Cromaticidad (a^*), (Prueba 1).....	49
7. Cromaticidad (b^*), (Prueba 1).....	49
8. Luminosidad (Prueba 2).....	52
9. Cromaticidad (A), (Prueba 2).....	53
10. Cromaticidad (B), (Prueba 2).....	54
11. Recuento de bacterias mesófilas aerobias (Prueba 2).....	56
12. Recuento de hongos y levaduras (Prueba 2).....	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Composición básica del queso panela (% en peso).....	7
2. Ingredientes para la elaboración un litro de película.....	36
3. Ingredientes para elaborar un litro de película con extracto de ajo....	37
4. Tratamientos aplicados a queso tipo panela (Prueba 1).....	44
5. Tratamientos aplicados a queso tipo panela (Prueba 2).....	45
6. Composición fisicoquímicas del queso panela (Prueba 1).....	46
7. Análisis de varianza correspondiente a humedad (Prueba 1).....	47
8. Resultados de microbiología (Prueba 1).....	50
9. Composición fisicoquímicas del queso panela (Prueba 2).....	51
10. Análisis de varianza correspondiente a humedad (Prueba 2).....	52
11. Resultados de microbiología (Prueba 2).....	55

I INTRODUCCION

En la actualidad existe una gran variedad de productos lácteos que diariamente se están produciendo a nivel mundial, sin embargo hay grandes pérdidas generadas por el deterioro o contaminación de los mismos. En el caso de los quesos frescos la vida de anaquel es mucho más corta debido a su alto contenido de humedad, en fresco es la principal forma de consumo de los quesos, por lo que se buscan nuevas alternativas de conservación, sin perder la calidad y que proporcione al consumidor un alimento inocuo, es decir que no cause daño a la salud. Una de las alternativas de conservación del queso es el recubrimiento con un polímero comestible, se han realizado diversos estudios sobre la aplicación de unas películas comestibles creadas a base de un polisacárido natural (quitosano) obteniendo resultados favorables. El quitosano es obtenido de la des-acetilación de la quitina ya sea de forma química o enzimática, algunos autores mencionan que la adición de películas comestibles no es con la finalidad de sustituir a un empaque sino para que actúe en conjunto, mejorando la calidad del producto en general.

La aplicación de las películas comestibles para la protección de los alimentos con el fin de prolongar la vida de anaquel no es nada nuevo, en los siglos XII y XIII se utilizaban en china para el recubrimiento de los cítricos, retardando su deshidratación.

Las propiedades de las películas dependen esencialmente de los componentes de los cuales fue elaborada. Algunas de las propiedades de las películas comestibles son evitar la pérdida de humedad, reducir el transporte de gases, reducir la migración de aceites y grasas, reducir el transporte de solutos, mejorar las propiedades

mecánicas y de manejo de los alimentos, proveer integridad estructural, retener los componentes volátiles o contener aditivos. Las películas y recubrimientos comestibles han despertado creciente interés debido a sus propiedades y a su gran aplicación en diversas áreas principalmente su uso como materiales protectores de alimentos.

Por lo que la finalidad de la presente investigación fue evaluar el efecto de las cubiertas de quitosano con adición de extracto de ajo en estabilización y extensión de la vida de anaquel del queso panela.

Palabras clave: quitosano, películas comestibles, queso panela, extracto de ajo.

1.1 Justificación

El queso panela es un producto con un alto contenido de humedad, por ello su vida de anaquel es corta, sin embargo, la calidad de los alimentos se encuentra afectada por diversos factores: físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos (Lueck, 1980), el control de dichos factores y en especial el microbiológico, es esencial para la preservación de los alimentos.

Se han realizado diversos estudios en los que han utilizado películas comestibles, conservando alguna de las propiedades del alimento, como la pérdida de humedad ya que es un factor de suma importancia en la calidad y seguridad de los alimentos. Se hace mención que el quitosano tiene propiedades antimicrobianas, para el control de bacterias, hongos y levaduras, su aplicación ha sido para suprimir estos organismos en plantas y alimentos (Beltrán, 2004).

El ajo es comúnmente utilizado como saborizante y condimento en los alimentos, sin embargo posee propiedad antimicrobiana, la mayoría hace referencia a su acción sobre bacterias patógenas, mohos, y microorganismos deteriorantes, se han realizados sobre la inhibición bacterias patógenas en la cual se utilizaron diferentes extractos incluyendo el de ajo (García y Herrera, 2007).

Sin embargo en la actualidad se busca la combinación de dos o más factores que interaccionen en conjunto, controlando la población microbiana, es por ello que la presente investigación pretende generar datos sobre el efecto de la adición de extracto de ajo a una película a base de quitosano sobre la estabilización y vida de anaquel del queso panela.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de adicionar películas de quitosano sobre la estabilización y extensión de vida de anaquel del queso panela.

1.2.2 Objetivos Específicos:

Determinar el efecto de la aplicación de película de quitosano con extracto de ajo y sin extracto sobre los parámetros de color, humedad, sólidos solubles, crecimiento microbiano y vida de anaquel.

1.3 Hipótesis

La aplicación de una película de quitosano con extracto de ajo actuará mejor como barrera entre el queso y el medio ambiente contrarrestando su descomposición y prolongando la vida de anaquel del queso panela.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de los quesos frescos

El queso es uno de los principales productos pecuarios del mundo. Siendo el queso fresco la forma de consumo de aproximadamente el 87% de los lácteos producidos en Centroamérica. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 2004 se produjeron en el mundo más de 18 millones de toneladas. El mayor productor de queso es Estados Unidos, que asume un 30% de la producción mundial, seguido de Alemania y posteriormente Francia.

En el consumo por persona (per cápita), Grecia se encuentra en el primer puesto, con 27.3 kilogramos, Francia es el segundo consumidor mundial, con unos 24 kg por persona, en tercera posición se encuentra Italia con 22.9 kg por persona. En los Estados Unidos el consumo alcanzó en 2003 los 14.1 kg. El consumo anual de queso por los mexicanos es de 2 kilos anuales en promedio.

México se ha convertido en la octava potencia comercial mundial y la primera en América Latina, con una participación del 44 % en las exportaciones y 49 % en las importaciones totales. En sólo trece años México ha incrementado sus exportaciones y sus importaciones; El mercado mexicano de quesos ha estado principalmente enfocado a la producción de quesos al representar cerca del 85% de la producción nacional, señala un reporte publicado por el Consejo Lácteo de Estados Unidos, por sus siglas en inglés USDEC (Anónimo 1, 2008).

2.2 Generalidades del queso panela

El queso es uno de los principales productos pecuarios del mundo, cuyo consumo generalmente es crudo, directo o acompañado con otros alimentos. El queso panela es un queso fresco, de pasta blanda, elaborado con leche pasteurizada de vaca entera o parcialmente descremada, como todos los quesos frescos mexicanos su composición incluye un porcentaje elevado de agua hasta 58%, por ello es altamente perecedero, es por esto que tiene que conservarse bajo refrigeración desde el momento de su elaboración.

El queso panela, poco después de elaborado, muestra un color blanco brillante, una pasta fácilmente tajable y un sabor lácteo ligeramente agrio-salado, pero agradable, es precisamente debido al color blanco muy apreciado, por lo que a menudo la leche se descrema parcialmente para obtener un queso mas magro, y por tanto más blanco, porque es exactamente la abundancia en grasa butírica lo que hace que, al desecarse la periferia aparezca una coloración amarillenta y la presencia de una serie de costra coriácea desagradable para la mayoría de los consumidores.

Uno de los rasgos característicos de este queso es el moldeo de la cuajada en típicos cestos o canastos de mimbre, palma o carrizo, en donde adquiere su forma característica por auto prensado durante varias horas, en dicho auto prensado las piezas se voltean varias veces, además de tener un rendimiento de 13 a 15 kg/100 litros de leche. Como la mayoría de los quesos mexicanos no se sabe con certeza cuál es el origen de este producto e incluso su mismo nombre, sin embargo se puede plantear la hipótesis de que el panela es un queso originario de México (Villegas, 2004).

En el cuadro 1 se observan dos muestras de la composición fisicoquímica del queso panela, la muestra uno (M1) fue analizada directamente por Rodríguez en 1988, y la muestra dos (M2) fue citada por Kosikowski en el 2004.

Cuadro 1 Composición básica del queso panela (% en peso).

Marca	Agua	Sólidos totales	Grasa	proteínas	Cenizas	Sal	pH
M1	58	42	20	20	3.8	2.2	5.5
M2	48.4	51.6	22.5	23.3	2.4	1.8	5.4

Fuente: (M1) análisis directo; por P. Rodríguez (1988); (M2) citado por Kosikowski (2004).

El porcentaje de humedad varía, esto se debe al tiempo de prensado, al tener mayor humedad gana rendimiento pero disminuye la vida de anaquel, no obstante el pH es muy bajo debido a la elevada concentración de agua y a la escasa sal, este parámetro no logra ejercer un gran efecto inhibitorio en los microorganismos deterioradores. Es por ello que la vida de anaquel de este producto es muy corta, solamente algunos días y bajo refrigeración (Villegas, 2004).

2.3 Microbiología del queso

Tanto la leche como el queso pueden considerarse justamente como un “producto vivo”, ya que en ellos se encuentran un gran número de microorganismos por mililitro. La flora dominante durante la fabricación del queso y en los primeros momentos de la maduración son los *Streptococcus* productores de ácido láctico, (*St. lactis* y *St. cremoris*). Normalmente estos microorganismos suelen ser bacterias mesófilas, aunque algunas veces pueden ser termófilas y son responsables de otorgar un sabor afrutado en los quesos.

Todos los quesos contienen *Lactobacillus*, estos se caracterizan por su acción homo y hetero-fermentativa dando lugar al ácido láctico como producto principal de la fermentación, este grupo está integrado por *Lactobacillus caucasicus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus delbrueckii*. Los *Lactobacillus* hetero-fermentativos producen además de ácido láctico, dióxido de carbono, etanol y otros productos volátiles. Además de su actividad acidificante, los *Lactobacillus* desempeñan un importante papel en la maduración de muchos quesos.

La flora del queso incluye también enterococos, principalmente *St. durans* y *St. Fecalis*, que son bacterias relativamente resistentes al calor y tolerantes a la sal (Nickerson y Sinskey, 1972). La flora microbiana varía con los distintos tipos de quesos e inclusive entre varios quesos del mismo tipo. Los microorganismos más importantes para recuento en quesos son: Coliformes, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*.

2.3.1 Coliformes

Son bacterias fecales, aunque también están presentes en el agua. Se encuentran usualmente en todas partes, por lo que se utilizan como gérmenes indicadores, es decir, microorganismos cuya presencia en gran número indica la práctica de un trabajo en malas condiciones higiénicas. Al multiplicarse generan gas, por lo que provocan la aparición de muchos ojos pequeños en el queso, que lo hacen esponjoso (Scholz, 1997).

Escherichia coli, este organismo pertenece a la familia *enterobacteriaceae* originalmente fue llamado *Bacterium coli*, y fue renombrado en 1920 con el nombre de su descubridor. Se ha identificado como la responsable de cuadros diarreicos en los seres humanos y en los animales. Sólo está presente en el intestino del hombre o animales y también en aguas contaminadas con heces fecales. Las bacterias de *E. coli* son bacilos cortos gram-negativos, no esporulados, móviles con flagelos peritricos, catalasa-positivos, oxidasa-negativos, anaerobios facultativos y la mayoría de las cepas fermentan la lactosa. Típicamente, la especie es rojo metilo positiva y Voges-Proskauer negativa y no crece en el medio de citrato de Simmons (ICMSF, 1998).

E. coli es un organismo mesófilo típico que crece a temperaturas de 7 a 10 °C hasta 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C, aunque es capaz de resistir el almacenamiento en refrigeración (4 °C). Un pH casi neutro es óptimo para su crecimiento, aunque puede crecer a pH inferiores a 4.4, Su actividad acuosa (a_w) mínima de crecimiento es 0.95 (Adams y Moss, 1997).

2.3.2 Staphylococcus

El género *Staphylococcus* comprende microorganismos que están presentes en la mucosa, en la piel de los humanos, en otros mamíferos y aves, incluyendo a 35 especies y 17 subespecies, muchas de las cuales se encuentran en los humanos. Las especies que se asocian con más frecuencia a las enfermedades en humanos son *Staphylococcus aureus*. Se presentan en forma de cocos gram-positivos y catalasa-positivos que se dividen en más de un plano para formar racimos tridimensionales de células (ICMSF, 1998).

Staphylococcus aureus, es un microorganismo mesófilo que tolera concentraciones elevadas de NaCl y a_w baja. Sobrevive durante bastante tiempo en alimentos deshidratados o congelados, se multiplica más fácilmente en aerobiosis, es sensible a la acidez del medio, en la prueba confirmatoria de coagulasa se obtiene una reacción fuertemente positiva. Es un reconocido patógeno humano, siendo agente etiológico de un amplio espectro de infecciones de origen comunitario (Bourgeois y *et al.*, 1995).

2.3.3 Salmonella

Salmonella es un género de la familia *Enterobacteriaceae*. Las bacterias de esta familia se caracterizan como gram-negativas, lo cual significa que no se tiñe de azul con el colorante aplicado en la prueba diseñada por Gram, son anaerobias facultativas, de forma bacilar. Las formas móviles poseen flagelos peritricos. Producen ácido, y a veces gas durante la fermentación de la D-glucosa, suelen ser catalasa-positivas y oxidasa-negativas y reducen los nitratos a nitritos. La mayoría de estos organismos se encuentran en el tracto intestinal del hombre y de los animales, ya sea como patógenos, o como comensales (ICMSF, 1998).

La temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre 35 y 37 °C; pero *salmonella* puede multiplicarse desde 5 a 47 °C, aunque a temperaturas inferiores a 10 °C el crecimiento sufre un retraso considerable, sin embargo las temperaturas de

refrigeración permiten la supervivencia de *Salmonella*, en tanto que la congelación provoca un descenso considerable en el número de éstas. Soporta un rango de pH entre 4.5 y 9 con un óptimo de 6.5 a 7.5, se desarrollan bien a valores de 0.94 a 0.99 de a_w , pero son bastante sensibles al NaCl. En productos deshidratados sobreviven por largo tiempo (Bourgeois *et al.*, 1995).

2.3.4 *Listerias*

Las listerias son bacilos cortos, gram-positivos, catalasa-positivos y anaerobios facultativos. Son móviles a 25 °C, pero no tienen movilidad a 35 °C. Las colonias tienen un aspecto característico gris-azulado, que cambia a azul-verde cuando se observan con luz oblicua (ICMSF, 1998).

Listeria monocytogenes es una bacteria que se desarrolla mejor en presencia de una tensión reducida de oxígeno. Su pH óptimo de crecimiento está próximo a la neutralidad (7.2-7.6). En cuanto a las temperaturas, esta bacteria puede proliferar entre 3 y 45 °C (temperatura óptima 30-37 °C). A 4 °C se multiplica mejor que otras bacterias presentes en los quesos y los cultivos permanecen viables por varios años a esta temperatura (Bourgeois *et al.*, 1995).

2.3.5 Hongos y levaduras

Hongos son organismos uni o pluricelulares de tipo eucariota; su forma más característica es un micelio o talo y las hifas que son como ramificaciones, se desarrollan entre 15 y 30 °C con un óptimo de crecimiento alrededor de 20-25 °C, sin embargo la mayoría de los hongos se desarrollan a una a_w de 0.80 a 0.95. En su mayoría los hongos prefieren sustratos con un pH entre 4 y 8, aunque algunos son tolerantes a pH ácidos o muy alcalinos. Son aerobios mayormente (Bourgeois *et al.*, 1995).

Las levaduras suelen llegar al producto en el curso de la elaboración, procedentes de utensilios poco limpios. Los signos de esta contaminación son olor ligeramente agrio y la presencia de manchas rojizas, amarillas o también de color castaño, que pueden llegar a hacer húmeda y viscosa la superficie del queso (Scholz, 1997).

Las levaduras se adaptan a diversos sustratos (aire, suelo, plantas, agua, ensilado, leche, otros). Las encontramos sobre todo en la superficie de los quesos, desarrollando diversas funciones; des-acidificación de las pastas por consumo de ácido láctico, la formación de etanol y productos secundarios por fermentación de la lactosa, esterificación, acciones proteolíticas y lipolíticas (Mahaut *et al.*, 2003).

Para su crecimiento las levaduras necesitan oxígeno, fuentes de carbono orgánicas y nitrógeno. El pH óptimo para el desarrollo de las levaduras varía de 4.5 a 6.5, aunque muchas especies toleran variaciones de pH de entre 2.8 a 8.5. La temperatura de crecimiento está comprendida entre 5 y 37 °C, el valor óptimo se sitúa en los 25 °C.

El contenido de agua es otro factor importante para el crecimiento, algunas levaduras son más tolerantes y soportan a_w del orden de 0.65 (*Zygosaccharomyces rouxii*), valor al que ningún otro microorganismo puede desarrollarse. Las levaduras en su mayoría no provocan intoxicaciones alimentarias (Bourgeois *et al.*, 1995).

2.4 Películas comestibles

Las películas comestibles se definen como una o varias capas delgadas de un material que puede ser consumido por los seres vivos y que a la vez pueden actuar como barrera a la transferencia de agua, gases y solutos de alimentos (Guilbert, 1986). Krochta *et al.*, (1994), menciona que las películas proveen un medio para acarrear ingredientes de los alimentos o aditivos y mejorar el manejo de los mismos.

Según Hardenburg (1967), la aplicación de las películas comestibles, para la protección de los alimentos con el fin de prolongar su vida de anaquel no es nada nuevo, menciona que en los siglos XII y XIII en China se utilizaban ceras para recubrir cítricos y evitar su deshidratación. En el siglo XVI recubrían las frutas con parafinas previniendo la pérdida de humedad del alimento (Labuza y Contreras-Medellín, 1981) desde hace 50 años se ha reportado en la literatura el uso de las películas comestibles para extender la vida de anaquel para productos congelados y procesados. (Kester y Fennema 1986). Mencionan que las propiedades que ofrecen las películas depende de los componentes de los cuales esta elaborada (Krochta *et al.*, 1994), y pueden estar compuestas por: 1) proteínas (gelatina, caseína, etc.), 2) celulosa, almidón o materiales con base en dextrina, 3) alginatos y gomas, 4) ceras, lípidos o derivados de los monoglicéridos y 5) las mezclas de cualquiera de estos grupos (Guilbert 1986).

Alguna de las aplicaciones son: frutas, pescado, carne y derivados, entre otros. Kester y Fennema (1986) mencionan que las películas comestibles no están diseñadas para reemplazar los empaques, sino para actuar en conjunto para mejorar la calidad del producto en general.

2.5 Requisitos y ventajas al uso de las películas comestibles

Las películas comestibles en la mayoría de los casos se les llama aditivos, ya que no proveen un valor nutricional significativo al alimento, si de alguna forma incrementan el valor nutricional del alimento pueden ser calificadas como ingredientes (Debeaufort y Quezada-Galo 1998). Se menciona que las películas deben tener poco sabor como sea posible o de lo contrario deben tener un sabor compatible con el alimento al cual se está recubriendo según (Labuza y Contreras-Medellín 1981).

Debido a que la película adherida al alimento, forma parte de los componentes y también funcionan como barrera del mismo; deben reunir los requisitos siguientes (Krochta *et al.*, 1994).

- Buenas cualidades sensoriales
- Alta eficiencia mecánica y de barrera
- Estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana
- Seguros para la salud
- De tecnología simple
- De bajo costo tanto de materiales como en los procesos

Algunas de las ventajas de utilizar películas comestibles son (Guilbert 1986).

- Pueden ser ingeridas por el consumidor
- Su costo es generalmente bajo
- Su uso reduce los desechos y la contaminación ambiental
- Pueden mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos
- Proporcionar protección individual a pequeñas piezas o porciones de alimento
- Pueden ser usadas en alimentos heterogéneos como barrera entre los componentes

2.6 Componentes de las películas

Krochta *et al.*, (1994) clasifican a los componentes de las películas comestibles en tres categorías: lípidos, hidrocoloides y mezclas. Los hidrocoloides incluyen proteínas, derivados de celulosa, alginatos, pectinas, almidones y otros polisacáridos. Mencionan también que los lípidos incluyen a las ceras, acilgliceroles y ácidos grasos, además de las mezclas que contienen componentes lipídicos e hidrocoloides.

2.6.1 Lípidos

El recubrimiento con grasa de algunos productos tiene una larga historia en la industria de los alimentos. Una variedad de componentes de lípidos se ha utilizado como cubiertas protectoras, incluyendo las ceras naturales y surfactantes. Debido a la baja polaridad de estas películas la función principal es la de barrera contra el paso de humedad Kester y Fennema (1986). Las ceras y lípidos incluyendo, la lecitina, cera de abeja y glicéridos son sumamente usados para el recubrimiento de frutas menciona, pero antes de ser consideradas como películas se consideran como simples cubiertas, las grasas también son utilizadas para recubrimientos de confitería, pero una de las desventajas es que puede ocurrir rancidez o la superficie se puede poner grasosa (Guilbert, 1986).

2.6.2 Mezclas o sistemas multi-componentes

Las películas comestibles deben ser heterogéneas por naturaleza. Se pueden hacer mezclas de polisacáridos, proteínas y/o lípidos. Al mezclar los componentes se tiene la habilidad de utilizar las distintas características funcionales para cada clase de formación de películas según Kester y Fennema (1986). Guilbert (1986), define los sistemas multi-componentes como: dos o más componentes que se mezclan con el propósito de complementar y aumentar su capacidad. Las combinaciones que se hicieron primero, fueron de materiales altamente poliméricos, ejemplos: almidón con alginatos, gomas con almidón y pectinas con gelatinas.

2.6.3 Hidrocoloides

Estas películas poseen buenas propiedades de barrera para oxígeno, dióxido de carbono y lípidos, son utilizadas donde el control de la migración de vapor de agua no es el objetivo. La mayoría de estas películas tienen propiedades mecánicas deseables para trabajar con productos frágiles, no aportan sabor y son sensibles al calentamiento. Los hidrocoloides usados para películas pueden ser clasificados de acuerdo a su composición molecular, carga molecular y solubilidad en agua.

2.6.4 Polisacáridos

Estas películas tienen propiedades como barrera a los gases y puede adherirse a superficies de frutas y vegetales. La desventaja al utilizar este tipo de películas es que las propiedades de barrera a la humedad son muy bajas debido a la naturaleza hidrofílica de la misma (Guilbert, 1986). Se han elaborado películas a partir de celulosa, pectina, almidón, alginatos, quitosano, carragenina, gomas y mezclas (Gusmán, 2003). Estas películas la mayoría de las veces son fuente, de color claro, resistentes relativamente al paso del agua, y no se ven afectadas por aceites, grasas o solventes orgánicos no polares (Guilbert, 1986).

2.6.5 Proteínas

Las películas de proteínas se adhieren fácilmente a superficies hidrofílicas pero en la mayoría de los casos no son resistentes a la difusión de agua. Las fuentes más comunes son: caseína, zeína, soya, albumina de huevo, lacto albúmina, suero de leche, gluten de trigo y colágeno. Las películas de zeína actúan como barrera a la humedad, pueden restringir el transporte de oxígeno y sirven como vehículos para los antioxidantes; las películas de gluten de trigo son buenas barreras al oxígeno y al dióxido de carbono, sin embargo tienen alta permeabilidad al agua (Guilbert, 1986).

2.6.6 Aditivos

Varios materiales pueden ser incorporados dentro de las películas comestibles y tener influencia en las propiedades mecánicas, protectoras y sensoriales. Se menciona también que para incrementar las propiedades organolépticas o nutricionales en el alimento se pueden incorporar agentes saborizantes, pigmentos o aditivos nutricionales en las películas comestibles.

Los aditivos pueden ser:

- Plastificantes (ceras, aceites, ácidos grasos).
- Conservadores químicos (ácido benzoico, ácido sórbico).
- Surfactantes y emulsificantes (grasas, aceites).

La influencia que tendrá el aditivo en las propiedades de la película dependerá del grado de concentración, en la estructura química, en el grado de dispersión en la película en la interacción con los polímeros (Okhamafe y York, 1954).

2.6.7 Plastificantes

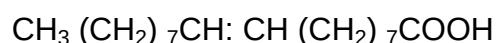
Según Guilbert y Biquet (1995), un plastificante es definido como una sustancia estable, no volátil y con alto punto de ebullición, la cual cuando es adicionada a otro material, cambia las propiedades físicas y/o mecánicas de ese material, la adición de un plastificante permite la obtención de una película menos frágil, más flexible, dócil, y resistente. El plastificante es un factor muy importante en la formulación de las películas comestibles ya que afectan las propiedades mecánicas y la permeabilidad de las películas, la movilidad de la cadena y los coeficientes de difusión de gases o agua (Guilbert, 1986).

Kester y Fennema (1986), mencionan que los plastificantes de baja volatilidad pueden ser añadidos para impartir flexibilidad a una película polimérica. Guilbert (1986), menciona que los plastificantes que se utilizan en la industria de los alimentos incluyen: monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos (glucosa, jarabes de fructosa o glucosa, miel). Polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y los derivados del glicerol). Lípidos y

derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster, fosfolípidos y surfactantes).

2.6.8 Ácido oleico

El aceite de oliva es un compuesto complejo constituido por ácidos grasos, vitaminas, componentes solubles en agua y pequeños trozos de oliva. Los ácidos grasos primarios del aceite de oliva son el ácido oleico y el ácido linoléico. El ácido oleico es mono insaturado y es componente del aceite de oliva de un 55 a 85%. El ácido oleico es obtenido a partir de la aceituna, el fruto del árbol de olivo, ya sea de forma mecánica o física, se obtiene por hidrólisis del éster y se purifica mediante destilación, el aceite de oliva no sufre ningún otro tratamiento a excepción del lavado, decantado, centrifugado y filtrado, en seguida se muestra la fórmula:



En su configuración cis la cadena de carbono continúa en el mismo lado del doble enlace, es un ácido graso no saturado que amarillea con rapidez en contacto con el aire, no es soluble en agua, pero sí en benceno, alcohol, éter y otros muchos disolventes orgánicos. Se solidifica por enfriamiento y funde a 14 °C. Su isómero trans (ácido eláídico) es sólido y funde a 51 °C; se puede obtener por calentamiento del ácido oleico en presencia de un catalizador (Anónimo 2, 2009).

2.6.9 Características del ácido oleico

Se le han atribuido muchas propiedades dietéticas, regulariza el funcionamiento del aparato circulatorio, estimula el crecimiento óseo además de funcionar como vehículo para la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), además de funcionar como agente anti espumante, puede ser utilizado en alimentos, y como lubricante (Anónimo 2, 2009).

2.7 Mecanismos de formación de películas

En la formulación de películas y recubrimientos se necesita el uso de por lo menos un componente capaz de formar una matriz estructural con suficiente adhesividad. Las películas comestibles elaboradas, 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 involucra los siguientes pasos:

- La coacervación simple, en la que se consigue la formación de la película a partir de cambios de fase o precipitación de un hidocoloide en disolución acuosa mediante modificación de algunas propiedades del solvente (pH y cargas eléctricas).
- La coacervación compleja, en la que dos soluciones de hidrocoloides con cargas opuestas se combinan, provocando la interacción y la precipitación de la mezcla de polímeros.
- La gelificación o coagulación térmica, mediante la cual el calentamiento de la macromolécula implica su desnaturalización seguida de gelificación o precipitación, o incluso el enfriamiento de una dispersión de hidrocoloides que provoca una transición gel-sol, por ejemplo la gelatina o el agar.
- La eliminación del disolvente, en el que la formación de la 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 del secado.
- La fusión y solidificación, empleada en películas de naturaleza de lípidos consiste en el calentamiento de la sustancia empleada por encima de su punto de fusión y su posterior enfriamiento.

2.8 Métodos de aplicación de las películas

Existen varias técnicas de aplicación de películas, sin embargo el método de aplicación depende en gran medida del tipo de producto que se desee recubrir, la aplicación directa de la solución sobre el alimento o producto se puede aplicar por los siguientes métodos: de inmersión, frotación, aspersión, entre otros.

2.8.1 Aplicación por inmersión

Sumergir el alimento o producto por 30 segundos en el contenedor de la película, esto en el caso de productos que se requiere una capa uniforme en una superficie irregular, la inmersión es la técnica que proporciona mejores resultados, además que es una de las más utilizadas en recubrimiento en frutas, vegetales y productos cárnicos (Tharanathan, 2003).

2.8.2 Aplicación por aspersión

La aplicación de cubiertas por aspersión es el método convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión, un menor gasto de solución formadora de película es requerido para obtener recubrimientos uniformes (Tharanathan, 2003).

2.8.3 Aplicación por frotación

El método de frotación se utiliza aire comprimido (menor de 5 psi o 35 kPa), este es aplicado generalmente en líneas de empaque que poseen rodillos en movimiento para lograr una dispersión uniforme. El exceso de cubierta es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos. La cubierta espumosa contiene un poco de agua para facilitar el proceso de secado (Pérez y Báez, 2003).

2.9 Condiciones relevantes en la aplicación de las películas

Cabe hacer notar que en el caso de cubiertas aplicadas directamente al producto, existen dos condiciones relevantes: cohesión entre las moléculas del material de la cubierta y la adhesión entre la cubierta y la estructura de soporte. El grado de cohesión influye en las propiedades de barrera y mecánicas de la película, de forma que una cohesión estructural elevada se traduce en una reducción de la flexibilidad, de la porosidad, la permeabilidad a los gases y a los solutos, además de la fragilidad de la película (Guilbert y Biquet, 1995).

El proceso de la elaboración se emplean diversos parámetros (temperatura, presión, tipo de solvente, dilución, técnica de aplicación y procedimiento de eliminación del solvente etc.), presencia de plastificantes, agentes ligantes y del espesor final de la película. La cohesión entre los componentes de las películas es favorecida por la presencia de polímeros ordenados de cadena larga (Guilbert *et al.*, 1996).

La adhesividad de la película sobre la superficie del alimento depende principalmente de su naturaleza y del número de interacciones o enlaces entre el recubrimiento y el soporte. Por lo tanto, el uso de sustancias tenso activas como los emulsificantes, hacen posible la adherencia de una película hidrofóbica sobre un producto alimenticio muy hidrofílico (Debeaufort *et al.*, 1998), citado por Aguilar (2005).

2.10 Propiedades mecánicas y de transporte

La propiedad mecánica de la película comestible tiene un gran impacto en la estabilidad y flexibilidad a cambios de temperatura, y físicos en los ingredientes. Las propiedades mecánicas que mayormente se determinan son la fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, el cual representa la habilidad de la película a estriarse (Gennadios *et al.*, 1994).

Por otro lado Guilbert (1986), menciona que la permeabilidad de las películas abarca la transmisión de gas y vapor de agua. Dice que la permeabilidad al vapor de agua es dependiente de la polaridad relativa del polímero, mientras la permeabilidad del gas tiende a ser proporcional a la fracción del volumen de la fase amorfa de la estructura de la película.

Al utilizar un plastificante en la formulación de películas comestibles se tiene que considerar que se pueden afectar las propiedades mecánicas y la permeabilidad de las mismas, debido a que se altera la estructura, la movilidad de la cadena y los coeficientes de difusión de gas o coeficientes de difusión de agua (Guilbert, 1986).

2.11 La celulosa, la quitina y el quitosano

Están formados por β 1-4 glucopiranosas, tienen sus diferencias en los grupos funcionales del carbono 2 del azúcar, es decir, el grupo hidroxilo en la celulosa, el grupo acetamido en la quitina y el grupo amino en el quitosano. A nivel mundial China ocupa el primer lugar como productor de quitina desde 1923 hasta la fecha, no incluido por las estadísticas proporcionadas por la FAO. Las aplicaciones comerciales de quitina y quitosano se han expandido por sus utilidades y potencialidad. Proporcionando un mercado de alta explotación principalmente en 7 áreas: cuidado de la salud

alimentación y bebidas, recubrimiento de alimentos, cosméticos, agricultura, tratamiento de aguas separación e inmovilización y cultivo celular (Guilbert, 1986).

2.12 Generalidades del quitosano

El quitosano es un polisacárido natural obtenido por desa-cetilación de la quitina, o sea, la pérdida del grupo acetilo del grupo amida del carbono 2 dando lugar a un grupo amino en esa posición, se produce cuando la quitina se somete a la acción de un medio alcalino muy concentrado y a temperaturas superiores a 60°C. La quitina fue aislada por primera vez en 1811, a partir de hongos superiores, por Braconnot, quien le asignó el nombre de fungina. En 1823, Odier aisló, a partir de escarabajos, un complejo insoluble al que denominó quitina, un vocablo que proviene del griego “χιτωμύ” y que significa cubierta o envoltura. En 1859, Rouget observó que tratando quitina con hidróxido de sodio concentrado obtenía un nuevo producto al que denominó “quitina modificada” y que era soluble en ácidos orgánicos. Pero no fue hasta 1894 cuando Hoppe-Seyler sometió la quitina a reflujo a 180°C en hidróxido de potasio y observó que el producto que se formaba era bastante soluble en ácido acético y clorhídrico, lo denominó quitosano citado por Pastor e Higuera en el 2004.

El quitosano, es un producto renovable, no tóxico, biodegradable y ampliamente disponible en el exoesqueleto de los crustáceos y de insectos y que se encuentra en estado natural en las paredes de algunos hongos, pero siendo principalmente producido por la hidrólisis de la quitina en medio alcalino (hidróxido de sodio o de potasio al 50 %) a altas temperaturas por varias horas (Choi *et al.*, 1999).

2.12.1 Composición química del quitosano

El quitosano está constituido por residuos 2-acetoamido-2-deoxi-β-D-glucopiranososa (GlcNAc) y 2-amino-2-deoxi-β-D-glucopiranososa (GlcN) unidos por enlaces glucosídicos β (1-4).

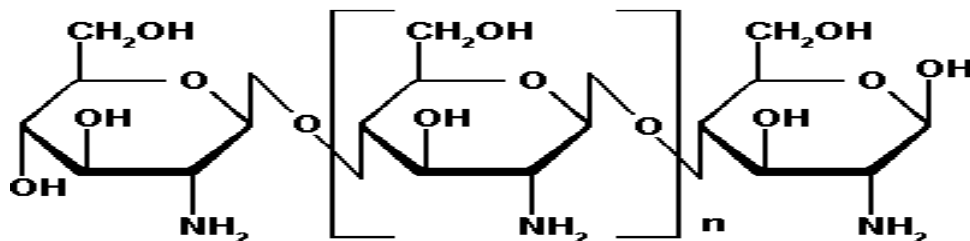


Figura 1 Estructura química del quitosano.

2.12.2 Obtención del quitosano

La obtención del quitosano se produce por desacetilación de la quitina y se puede realizar mediante procesos químicos o enzimáticos.

2.12.2.1 Proceso químico

Este lleva a cabo de dos formas, homogéneo y heterogéneo, la des-acetilación homogénea comienza con un pre tratamiento de hinchamiento y la eventual disolución completa de la quitina en frío ($\sim 0^{\circ}\text{C}$) mediante la utilización de una relación de quitina a NaOH (p/p) de 1:10. Después se somete a des-acetilación a temperaturas cercanas a la del ambiente durante períodos largos de tiempo. Esto permite que la reacción no se localice en determinados lugares de la cadena (Goycoolea *et al.*, 2004) y que el ataque a los grupos amida sea más uniforme. La des-acetilación heterogénea, en algunos casos, se lleva a cabo en soluciones acuosas concentradas de bases como hidróxido de sodio o de potasio, bajo condiciones severas ($100\text{-}160^{\circ}\text{C}$). Las condiciones en las que se lleva a cabo la des-acetilación heterogénea pueden reducir la longitud de la cadena, por este motivo es conveniente repetir varias veces el tratamiento alcalino por cortos periodos de tiempo y aislando el producto en cada etapa (Mima *et al* 1983). Para disminuir la pérdida de peso molecular del polímero es conveniente la ausencia de oxígeno o la presencia de un antioxidante (Domard y Rinaudo, 1983).

2.12.2.2 Proceso enzimático

Otro método para obtener el quitosano es la utilización de enzimas. La principal ventaja de este método respecto al químico es la obtención de un material uniforme en

sus propiedades físicas y químicas, hecho muy apreciado para aplicaciones biomédicas. La quitina des-acetilasa es el enzima que cataliza la conversión de quitina a quitosano por la des-acetilación de los residuos N-acetil-D-glucosamina. La limitación de este método es que la enzima no es muy efectiva en la des-acetilación de quitina insoluble y por lo tanto es necesario un pre-tratamiento, (Synowiecki, 2003)

2.13 Caracterización físico-química

Tanto la composición de las cadenas de quitosano, como sus dimensiones, suelen variar dependiendo del material de partida y de la rigurosidad del método de obtención. Por este motivo, el grado de des-acetilación y el peso molecular son dos parámetros que se deben conocer para caracterizar una muestra de este polisacárido ya que ambos tienen gran incidencia en sus propiedades. Otros parámetros a determinar para su caracterización más completa serían, el porcentaje de humedad, el contenido de cenizas, las proteínas totales, la cristalinidad, la determinación del contenido de material insoluble, etc.

2.14 Determinación del grado de acetilación

El grado de acetilación se define como el contenido en residuos N-acetil-glucosamina (GlcNAc) presentes en la cadena polimérica. Se puede realizar sometiéndola a un proceso de mezclado en una relación 1:4 con NaOH 50% p/v a temperaturas de 60°C y 100°C por 2 horas. El residuo así obtenido se lava hasta neutralidad con agua destilada y se seca a 32°C, (Surya narayana, 1987). Existen numerosos métodos para determinar el grado de N-acetilación del quitosano basado en diversas técnicas. Entre estas técnicas podemos destacar la espectroscopia de infrarrojo la espectroscopia de UV, la espectroscopia de RMN, y la conductimetría (Raymond *et al.*, 1993).

Peniche (2006), menciona que el grado de acetilación, normalmente, se designa con las siglas DA (grado de acetilación), aunque también se le puede encontrar como FA (fracción molar de residuos GlcNAc) o como grado de desacetilación DD (grado de desacetilación), como se muestra en la siguiente formula.

$$DA = \frac{[GlcNAc]}{[GlcNAc + GlcN]} \times 100$$

siendo,

GlcN: glucosamina

GlcNAc: N-acetilglucosamina

2.15 Propiedades del quitosano

El quitosano posee las siguientes propiedades funcionales: formación de películas, capacidad de hacerse gel, adsorción de metales, adsorción de células y proteínas, y puede reaccionar con péptidos o proteínas.

2.15.1 Formación de películas

El quitosano tiene la capacidad de formar películas con buenas propiedades mecánicas y de permeabilidad (Muzzarelli, 1977). Las propiedades mecánicas de las películas de quitosano dependen del peso molecular de la muestra, de su grado de cristalinidad y del contenido de humedad de las mismas (Samuels, 1981). Además, presentan una excelente adhesión a diferentes tipos de superficies y una buena elasticidad.

2.15.2 Adsorción de agua

Las películas de quitosano se hinchan en contacto con el agua debido a la presencia de grupos hidroxilo y amino en su estructura. El índice de hinchamiento depende del peso molecular y grado de des-acetilación del polímero, el índice de hinchamiento es mayor cuanto mayor es el peso molecular, no obstante con el grado de des-acetilación se observa la tendencia contraria, disminuye al aumentar el grado de

des-acetilación. Cabría esperar un aumento en el índice de hinchamiento al aumentar el grado de des-acetilación ya que el contenido del grupo amino sería mayor. Este comportamiento podría ser debido a que los puentes de hidrógeno intramoleculares que se establecen entre los grupos hidroxilo y los grupos amino son mucho más fuertes que los que se establecen entre estos grupos polares y el agua (Wang *et al.*, 2001).

2.15.3 Interacción con péptidos o proteínas

El conocimiento sobre el papel de las interacciones proteína-polisacárido es aún limitado. La distinción más importante que puede hacerse es entre interacciones covalentes y no covalentes.

2.15.4 Propiedad biológica

El quitosano es un polímero natural, no tóxico y biodegradable. Además puede actuar como agente reductor del colesterol y como estimulante del sistema inmunológico (Muzzarelli, 1977).

2.15.5 Propiedad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana del quitosano dependerá de factores como el tipo de quitosano (grado de des-acetilación y peso molecular), del pH del medio, de la temperatura, etc.

Existen varias hipótesis sobre el mecanismo de la actividad antimicrobiana del quitosano. La más plausible es un cambio en la permeabilidad de la célula debido a las interacciones entre el quitosano que es policatiónico y las cargas electronegativas de la superficie de la célula (Devlieghere, 2004).

El quitosano es capaz de inhibir algunas bacterias Gram negativas como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio spp.* y *Salmonella typhimurium*. Debido a que es una macromolécula no puede atravesar la membrana externa de las bacterias Gram negativas, ya que esta membrana actúa como una barrera contra las macromoléculas (Nikaido, 1996).

2.16 Usos y aplicaciones

Tiene diferentes aplicaciones en la industria de las cuales a continuación se mencionan en diferentes áreas:

2.16.1 Industria alimentaria

Películas antimicrobianas, aditivo en alimentos, clarificación de jugos y vinos, soporte para inmovilización en la producción de maltosa, espesante en alimentos, agente de acción controlada, agente preservador (Lárez, 2003).

El quitosano es usado en la industria alimentaria en Japón, formulado en galletas, productos avinagrados y fideos debido a su acción hipocolesterolémica. También se emplea como conservante y clarificante de los zumos de frutas, como película con propiedades antimicrobianas para cubrir vegetales (Soto-Peralta *et al.*, 1989).

2.16.2 Farmacia y medicina

El quitosano es un polímero que tiene amplia compatibilidad, es biodegradable, no-tóxico y autoadhesivo, lo que lo hace atractivo para aplicaciones en medicina y farmacia.

También es un buen hemostático, pero sus derivados sulfatados exhiben actividad anticoagulante. Se sabe que el quitosano es hipocolesterolémico, posee actividad antimicrobiana, antiviral y antitumoral. También ha sido reconocida la actividad inmunoadyuvante del quitosano. En la biomedicina se utiliza como hilos de sutura, esponjas y vendas biodegradables, matrices (en micro esferas, micro cápsulas, membranas y tabletas comprimidas) para dosificación de fármacos, en ortopedia y en estomatología.

2.16.3 Agricultura y ganadería

En la agricultura moderna se hace cada vez más generalizado el uso de polímeros naturales biodegradables, tanto asociados a composiciones de fertilizantes como a preparados protectores de semillas, conservación de frutas y plantas, con el fin de lograr incrementar los rendimientos de los cultivos.

El quitosano ha sido utilizado en el recubrimiento de cereales, dando como resultado un incremento en la productividad de los cultivos. Apparently provoca una

respuesta en la semilla, protegiendo a la planta de infecciones de hongos fitopatógenos que tienen quitina en su pared celular. El efecto anti-fúngico del quitosano se ha demostrado en varios experimentos. Esto puede estar dado por la inducción de enzimas quitinasas durante la germinación.

Otra potencial aplicación del quitosano en la agricultura está en la encapsulación de embriones somáticos para preparar semillas artificiales. En la ganadería se utiliza como aditivo para alimento de animales, en formulación de pesticidas.

2.16.4 Industria textil y cosméticos

En la industria textil es ampliamente utilizada en la formación de fibras, ya que ayuda a la adsorción de colorantes, además de ayudar como estabilizador de color. En el caso de la industria de los cosméticos se menciona su uso en la elaboración de productos como espumas para afeitar, cremas para la piel, lociones, pasta de dientes entre otros productos (Beltrán, 2004).

2.17 Agentes antimicrobianos

El uso de agentes antimicrobianos en la industria de alimentos es una práctica muy común para extender la vida de anaquel de diferentes productos. Los antimicrobianos, son agentes químicos o naturales que actúan inhibiendo y/o disminuyendo el crecimiento de microorganismos, y en algunos casos pueden actuar provocando su muerte (Gould y Russell, 1992). Puesto que muchos microorganismos son patógenos, y muchos otros son deteriorantes, los antimicrobianos son utilizados en la fabricación de alimentos en donde es altamente probable el crecimiento de dichos microorganismos, especialmente donde se espera la presencia de organismos patógenos.

Los antimicrobianos, pueden provenir de fuentes naturales o de la síntesis química, siendo los primeros los que tienen mayor aceptación de los consumidores, debido a las tendencias actuales, que fomentan el “comer sano y natural”. Estos agentes se extraen de diversos tejidos vegetales y animales, además de algunos microorganismos, lo que da una amplia variedad de compuestos con diferentes propiedades (Kabara, 1993).

La necesidad de buscar nuevas mezclas de antimicrobianos que tengan acción sinérgica, surge porque, por muchos años, se han utilizado concentraciones de estos compuestos sin hacer combinaciones, lo que ha provocado que muchos consumidores, principalmente en los países industrializados, donde comen estos productos, hay cada vez más personas que sufren de alguna alergia o incluso de un malestar crónico como el cáncer.

A pesar de las diferentes técnicas de conservación disponibles, la alteración de los alimentos por parte de los microorganismos, es un problema no controlado del todo, el uso de agentes químicos es uno de los métodos de conservación más antiguo y tradicional que existen, sin embargo, no cumplen con el concepto de natural o seguro que los consumidores demandan.

Según Holdsworth (1988), Los principales métodos de conservación de los alimentos se pueden clasificar en:

Métodos de duración corta. Refrigeración, atmosferas controladas, atmosferas modificadas, tratamientos químicos de superficie.

Tratamientos químicos. Empleo de azúcar, sulfitado, salmuera, aditivos.

Método de larga duración. Pasteurización, deshidratación, congelación e irradiación.

Los microorganismos y los procesos bioquímicos son las principales causas de alteración de los alimentos. En las frutas y hortalizas, el problema principal es el ataque de mohos y levaduras, así como, el oscurecimiento enzimático, La sociedad en la actualidad demanda también, productos con menos aditivos químicos, ya que algunos de estos son sospechosos de poseer cierto grado de toxicidad. Es así, como los productores de alimentos han sido forzados a tratar de remover completamente el uso de antimicrobianos químicos o adoptar alternativas naturales para el mantenimiento o extensión de la vida útil de sus productos (Nychas, 1995).

Como consecuencia de esto surgió la industria de los “alimentos menos procesados”, los cuales son productos altamente perecederos, y con el peligro potencial de la supervivencia y crecimiento de ciertos microorganismos patógenos (Smid y Gorris, 1999).

Los compuestos antimicrobianos pueden ser compuestos sintéticos adicionados de manera intencional o de ocurrencia natural que pueden ser utilizados comercialmente como aditivos para la preservación de los alimentos.

De acuerdo al *Food Protection Committee of the food and Nutrition Board, National Academy of Sciences*, se define como aditivo a “cualquier sustancia o mezcla de sustancias distintas a los componentes básicos que están presentes en los alimentos como consecuencia de su producción, procesado, almacenamiento o envasado”. Desde un punto de vista técnico, un aditivo alimentario, puede ser una sustancia intencionalmente añadida a un producto o una sustancia que se convierte en componente de un alimento.

2.18 Antimicrobianos naturales de origen vegetal

Existe una amplia variedad de antimicrobianos naturales, que han sido desarrollados a partir de microorganismos, plantas y animales, muchos de los cuales ya han sido empleados para la conservación de los alimentos y otros siguen siendo investigados.

Plantas, hierbas y especias, así como sus aceites esenciales, contienen un gran número de sustancias con propiedades que inhiben la actividad metabólica de bacterias, levaduras y mohos. Existen reportes de más de 1340 plantas como potenciales fuentes de antimicrobianos. Los compuestos antimicrobianos de las plantas, se encuentran generalmente en el aceite esencial obtenido a partir de hojas, flores, bulbos, rizomas y frutos. Los aceites esenciales se pueden obtener con destilación por arrastre de vapor, entre otros métodos. La mayoría de los compuestos con actividad antimicrobiana encontrados en las plantas, hierbas y especias, son compuestos fenólicos, terpenos, alcoholes alifáticos, aldehídos, acetonas, ácidos e isoflavonoides. La mayoría de estos compuestos, son identificados como metabolitos secundarios y enzimas hidrolíticas (glucanasas, citinasas) y proteínas que actúan principalmente sobre la membrana de los microorganismos invasores (Wilkins y Board, 1989) citado por Rojas (2005).

2.19 Sitios de acción de los agentes antimicrobianos

Principalmente en la célula, incluye a la membrana celular, pared celular, enzimas metabólicas, síntesis de proteínas y el sistema genético (Cornner, 1993) todos ellos son puntos estratégicos para la supervivencia de los microorganismos y cualquier acción sobre ellos pueden inactivar la célula microbiana. Eklund (1989), menciona que los compuestos utilizados como antimicrobianos tienen varios sitios de ataque dentro de las células microbianas y que dependiendo de las concentraciones utilizadas de los alimentos, pueden causar la inhibición o inactivación de los microorganismos.

2.20 Generalidades del ajo

El ajo (*Allium sativum*), pertenece a la familia de las *Liliáceas* junto con la cebolla, el puerro y el tulipán. Las propiedades medicinales del ajo han sido estudiadas desde hace ya varios siglos, el ajo es una planta comúnmente utilizada como agente saborizante y condimento en los alimentos, está constituida por el bulbo subterráneo, conocido vulgarmente como cabeza de ajo. Este, a su vez, está constituido por un número variable de bulbillos (los dientes) que están insertados sobre un eje central, aplanado.

El ajo está constituido por numerosos componentes activos. Caballito y Bailey en 1944, fueron los primeros en aislar el componente antimicrobiano del ajo a partir de bulbos frescos, utilizando destilación por arrastre de vapor. Identificando al compuesto obtenido como *alicina* o *ácido dialiltiosulfónico*, este compuesto, se describe como un aceite altamente aromático, incoloro y el responsable del olor característico en el ajo y la cebolla, en concentraciones de 1:85,000 en pruebas de laboratorio, la alicina se muestra como bactericida con un amplio espectro para microorganismos Gram positivos y Gram negativos, (Beuchat y Golden, 1989).

En los tejidos frescos del ajo, se encuentra la alina (S-alil-L-cisteína-S-óxido), la cual por medio de hidrólisis se convierte en alicina, piruvato y amonio como se muestra en la figura 2.

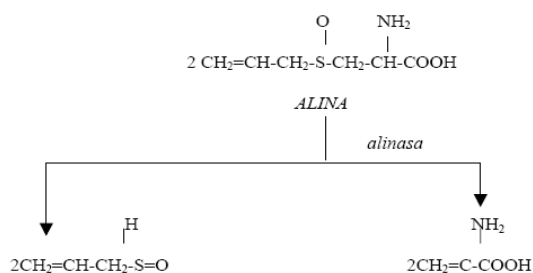


Figura 2 Hidrólisis de Alina en alicina y alinasa.

2.21 Actividad antimicrobiana del ajo

Se basa en la inhibición de la actividad de enzimas como fosfatasa alcalina, invertasa, ureasa y papaína, así como enzimas sulfhídricas. La alicina inhibe la actividad sulfhídrica debido a la presencia de los grupos químicos S-O-S. La mayoría de estas enzimas son inhibidas a concentraciones de 0.0005 molar de alicina.

Esto incluye a ureasa, papaína, colina estereasa, hexocinasa, triosafosfatodeshidrogenasa, carboxilasas, adenosin trifosfatasa y β -amilasa. Igualmente, muestra inhibición para enzimas no sulfhídricas como lactodeshidrogenasa, tirosinasa y fosfatasa alcalina.

Muchos de los trabajos realizados sobre la actividad antimicrobiana del ajo hacen referencia a su acción sobre bacterias patógenas, mohos micotoxigénicos y microorganismos deteriorantes. Organismos que tienen en común a las enzimas sulfhídricas.

Como se mencionó anteriormente, se ha reportado también su eficacia para bacterias Gram positivas: *Citrobacter*; *Enterobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Serratia*, *Shigella*. Puede prevenir el crecimiento de *S. aureus* *B cereus*; con una eficacia comparada con la de la ampicilina a diferentes concentraciones. Aunque resulta ineficaz para *C. botulinum* (Davidson y Parish, 1989).

Un gran número de levaduras y mohos son susceptibles a la acción inhibitoria del ajo. El jugo de ajo resulta efectivo para atacar el hongo *Cándida albicans*, esto debido

a la habilidad de inactivar a las proteínas por oxidación de los tioles (Davidson y Parish, 1989).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Elaboración de extracto de ajo

La elaboración del extracto se realizó en laboratorio de Alimentos del Departamento de Tecnología y Alimentos, en conjunto con el laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología.

Para la elaboración del extracto se utilizó la variedad de ajo blanco, se inició pelando el ajo hasta a completar 1 kilogramo, se molió en una licuadora tipo industrial utilizando 1 litro de solvente (etanol), por un periodo de 1.5 minutos, una vez obtenido el ajo molido se colocó en matraces Erlenmeyer de 1litro, previamente cubiertos con papel aluminio evitando la exposición directa a la luz, después se dejó en agitación por una semana a 100 revoluciones por minuto a temperatura ambiente, transcurrido el tiempo se filtró, el liquido obtenido se puso en un matraz bola marca Pyrex de 250ml. Se colocó en el rota-vapor a temperatura de 65°C por un tiempo aproximado a 2 horas, esto dependió de la cantidad del filtrado puesta en el matraz, la clave es el cambio de coloración y la consistencia viscosa, obtenido el extracto se colocó en refrigeración (5 ± 1 °C) en frascos de vidrio color ámbar.

3.2 Elaboración de queso panela

La elaboración del queso panela se realizó en el laboratorio de Productos Lácteos del Departamento de Producción Animal.

Se utilizaron 20 litros de leche fresca, se pasteurizó a 72° C por 1 minuto, se enfrió a temperatura de coagulación, 40°C, una vez teniendo esta temperatura se le adicionó el cloruro de calcio y el cuajo líquido estandarizado (cuamex) previamente preparados en base a la cantidad de leche.

Así para los 20 litros de leche se le adicionó 0.03% de cloruro de calcio y 0.03% de cuajo previamente diluidos en agua, se permitió la coagulación por 30 minutos, transcurrido el tiempo se cortó la cuajada de forma horizontal y vertical, conservando la temperatura de 45°C, se dejó reposar por 5 minutos, posteriormente se procedió a desuerar, una vez drenado el suero se agregó una proporción de sal del 0.4% con respecto al total de la leche.

Realizado lo anterior se procedió a moldear la cuajada en recipientes cilíndricos cubiertos con manta de cielo previamente hervidos, se colocó la cuajada en los moldes y se prensaron por un tiempo de 2 horas, se sacaron de los moldes se voltearon y se dejaron en la prensa por 24hrs.

3.3 Elaboración de la película

La elaboración de la solución para recubrimiento se realizó en el laboratorio de Alimentos, del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, en el cuadro 2 se muestran las proporciones para preparar un litro de película.

Cuadro 2 Ingredientes para la elaboración un litro de la película.

Película	
Ingredientes	Cantidad en %
Acido oleico	0.59%
Quitano	0.98%
Solución de Acido cítrico al 1.5%	98.42%

Para la elaboración de la película solo se siguieron 2 pasos:

Paso 1 se colocó la solución de ácido cítrico al 1.5%, ácido oleico y un magneto en un vaso de precipitado marca Pyrex con capacidad de 1 litro en una parrilla con agitación y calentamiento hasta alcanzar una temperatura de 40°C.

Paso 2 una vez alcanzado los 40°C se incorporó el quitano, manteniendo la agitación y la temperatura de entre 40 y 50 °C, durante 30 minutos.

3.4 Elaboración de la película con extracto de ajo

Para la elaboración del recubrimiento con extracto de ajo, se siguió el procedimiento antes mencionado, solo se incluyó el extracto de ajo en el paso 1 con los demás ingredientes.

En el cuadro numero 3 se muestran las cantidades de extracto para 1litro de película con extracto de ajo.

Cuadro 3 Ingredientes para elaborar un litro de película con extracto de ajo.

Película	
Ingredientes	Cantidad en %
Acido oleico	0.58%.
Quitosano	0.97%
Extracto de ajo	0.73%
Solución de Acido cítrico al 1.5%	97.70%.

3.5 Aplicación de la película al queso panela

Una vez elaborada la película se dejó enfriar, el método de aplicación fue por inmersión durante 1 minuto, posteriormente las muestras con tratamiento se colocaron en charolas, y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 5 horas, posteriormente el testigo y los dos tratamientos con sus respectivas repeticiones fueron colocadas en una bolsa de polietileno de baja densidad (Zplock para 500g) y se mantuvieron en refrigeración de 5 ± 1 °C.

3.6 Determinación de color

Para la determinación de los cambios de color se utilizó un colorímetro Minolta modelo CR300 este parámetro se evaluó con la finalidad de verificar los cambios de color conforme transcurrían los días, las lecturas se tomaron semanalmente, esto se realizó tomando dos lecturas por cada lado, como se muestra en la figura.

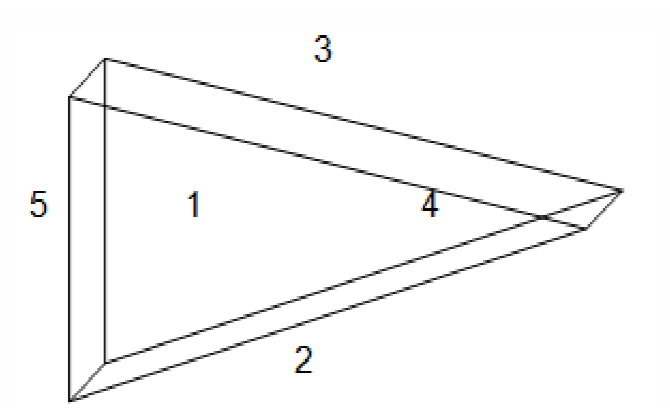


Figura 3 Orden de la toma de lectura de color en queso panela.

Para la interpretación de los resultados se usó el diagrama de cromaticidad del espacio de color $L^* a^* b^*$ que representa:

L = luminosidad (brillo)

a y b = coordenadas de cromaticidad

$a (+)$ = indica color rojo

$a (-)$ = indica color verde

$b (+)$ = indica color amarillo

$b (-)$ = indica color azul

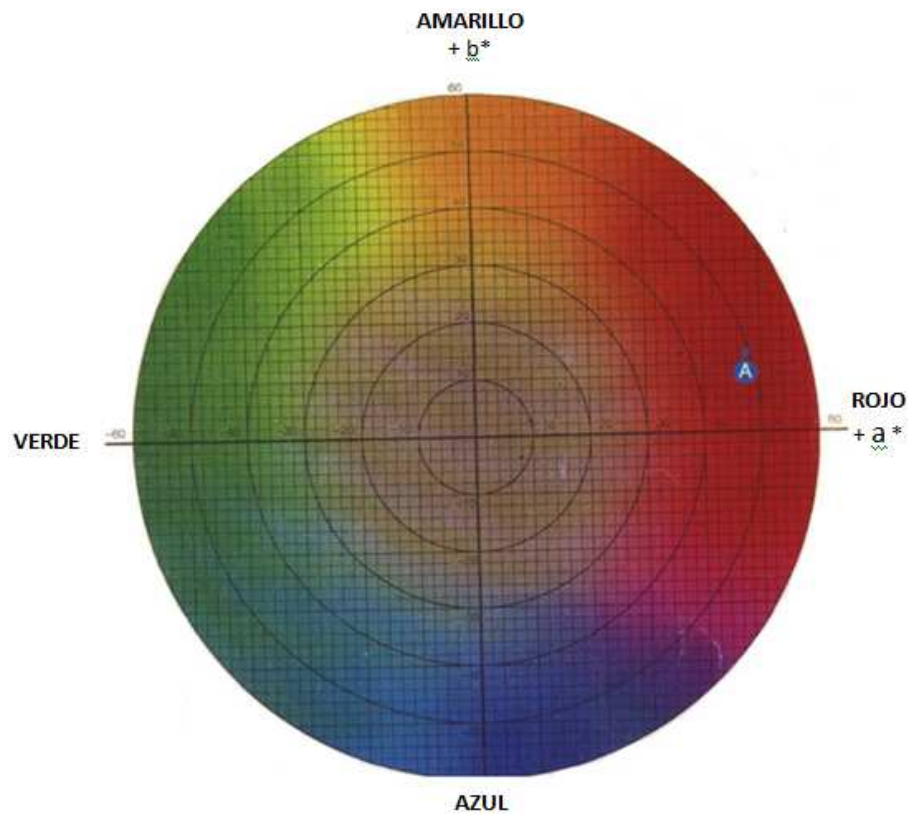


Figura 4 Diagrama de cromaticidad (L^* a^* b^*).

A mayor valor numérico de L^* mayor luminosidad o brillo, a menor valor numérico menor luminosidad (el producto es más opaco).

Las coordenadas de cromaticidad reciben una interpretación diferente:

$a^*(+)$ A mayor valor numérico mayor intensidad de color rojo

$a^*(-)$ A menor valor numérico, mayor intensidad de verde

$b^*(+)$ A mayor valor numérico, mayor intensidad de amarillo

$b^*(-)$ A menor valor numérico, mayor intensidad de azul.

3.7 Determinación de materia seca total

Utilizando unas pinzas se sacó un crisol de porcelana de la estufa a una temperatura de 100°C, se puso en un desecador para que estuviera a peso constante por un tiempo de 15 a 20 minutos, transcurrido este tiempo, se pesó en la balanza analítica, y se identificó su número. Por separado se pesaron 2 gramos de muestra sobre un papel aluminio previamente tarado a cero, se colocó la muestra en el crisol, y se puso en la estufa durante 24 horas. Después de este tiempo, se sacó la muestra de la estufa, se dejó durante 15 minutos en el desecador, se obtuvo el peso y se procedió a realizar los cálculos correspondientes para obtener (MST)= materia seca total.

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

3.8 Determinación de humedad

Se determinó por diferencia de peso de los resultados obtenidos en el análisis de materia seca total y fue calculada de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Humedad} = 100 - \% \text{ MST}$$

3.9 Determinación de sólidos solubles totales

Para determinar el contenido de sólidos solubles se homogenizaron 9 ml de agua destilada y 1 un gramo de queso, se colocó una gota en el prisma del refractómetro y se observó por el ocular, el valor se registró en Brix.

Los procedimientos descritos son los propuestos en el AOAC (1980).

3.10 Análisis de las características microbiológicas

Los análisis que se realizaron a través de las técnicas microbiológicas convencionales de cultivo, en la que se evaluó la carga microbiana de bacterias mesófilas aerobias, hongos y levaduras, técnicas propuestas por Lynch *et al.*, 1987.

Para la preparación de las muestras y conteo de los microorganismos se realizó según la metodología de la Comisión Internacional para las Especificaciones Microbiológicas de los Alimentos (ICMSF).

Se homogeneizaron 10 gramos de cada muestra en 90 mililitros de agua peptonada al 0.5 %, lo que constituyó la dilución (10^{-1}). A partir de esta se realizaron diluciones decimales consecutivas hasta la concentración de (10^{-7}).

Para hongos y levaduras se realizaron siembras de las diluciones de (10^{-3}) y (10^{-4}), en agar papa dextrosa, se incubaron de 25 a 30°C durante 24 y 48 horas, los resultados se representaron como UFC/g.

Para bacterias mesófilas aerobias se sembraron las diluciones (10^{-6}) y (10^{-7}) en agar para cuenta estándar, se incubaron a 35°C durante 24 y 48 horas, los resultados se representaron en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g).

3.11 Material utilizado

- Reactivos
- Quitosano
- Acido oleico
- Acido tartárico
- Acido cítrico
- Extracto de ajo
- Peptona de caseína
- Agar Papa Dextrosa
- Agar Para Cuenta Estándar
- Alcohol etílico
- Material consumible
- Cajas de Petri De Plástico (Sym-Lab)
- Algodón
- Papel de estraza
- Kleen pack
- Sanitas
- Material de vidrio (PYREX)
 - Vasos de precipitados
 - Probetas
 - Matraz Erlenmeyer
 - Matraz de aforación
 - Varilla de vidrio
 - Pipetas
 - Tubos de ensaye con rosca

3.12 Equipo utilizado

- Balanza Analítica Digital Ohaus, Capacidad 120 gramos
- Balanza Explorer Ohaus, Capacidad 400 gramos
- Cuenta Colonias Quebec, Modelo 3325
- Estufa de Secado Felisa, Temperatura 50-300°C
- Incubadora Blue M, Modelo 100 A
- Olla de Presión Presto
- Parrilla de Calentamiento Y Agitador Magnético Thermolyne, Cimarec 1
- Refrigerador American, Modelo RC-270
- Termo-Agitador Marca Nova II (Thermolyne, Stire Plate)
- Estufa de Secado Marca Robertshaw
- Refractómetro Atago N-50E
- Refrigerador White Whesting House
- Homogenizador Marca Braun
- Mecheros fisher
- Pipeteador

3.13 Descripción de los tratamientos aplicados

En este trabajo se realizaron dos pruebas las cuales se describen en seguida.

En la prueba 1 los tratamientos evaluados fueron, un testigo y dos tratamientos. El testigo fue queso panela sin película, el primer tratamiento queso panela con película de quitosano y el segundo fue queso panela con película de quitosano con extracto de ajo.

Cuadro 4 Tratamientos aplicados a queso tipo panela (Prueba 1).

Control	Tiempo de Almacenamiento (días)		Almacenamiento
T	8	16	Refrigeración
T	8	16	Refrigeración
T	8	16	Refrigeración
T	8	16	Refrigeración
P/A	8	16	Refrigeración
P/A	8	16	Refrigeración
P/A	8	16	Refrigeración
P/A	8	16	Refrigeración
P	8	16	Refrigeración
P	8	16	Refrigeración
P	8	16	Refrigeración
P	8	16	Refrigeración

T= (testigo), P/A= (película con ajo) P= (película normal).

El cuadro anterior se muestran las fechas de evaluación del queso panela a los 8 y 16 días después de la fecha de aplicación de los tratamientos.

Cuadro 5. Tratamientos aplicados a queso tipo panela (Prueba 2).

Control	Almacenamiento (días)				Almacenamiento
T	5	10	15	20	Refrigeración
T	5	10	15	20	Refrigeración
T	5	10	15	20	Refrigeración
T	5	10	15	20	Refrigeración
P/A	5	10	15	20	Refrigeración
P/A	5	10	15	20	Refrigeración
P/A	5	10	15	20	Refrigeración
P/A	5	10	15	20	Refrigeración
P	5	10	15	20	Refrigeración
P	5	10	15	20	Refrigeración
P	5	10	15	20	Refrigeración
P	5	10	15	20	Refrigeración

T= (testigo), P/A= (película con ajo) P= (película normal).

En la prueba 2 se evaluaron las muestras a los 5, 10,15, y 20 días después de la fecha de aplicación de la película, para ambos experimentos se tomaron muestras completamente al azar para llevar a cabo las evaluaciones.

3.14 Parámetros evaluados

Brillo y color (espacio de color L* a* b*).

Sólidos solubles totales (°Brix).

Humedad (%)

Análisis microbiológico:

a) Cuenta de hongos y levaduras

b) Cuenta de bacterias mesófilas aerobias

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Características físico químicas, (Prueba 1)

En el cuadro 6 se muestran los resultados obtenidos en el experimento 1 respecto a Materia Seca Total (MST), Humedad (% H) y Sólidos Solubles Totales (SST).

Cuadro 6 Composición fisicoquímica del queso, (Prueba 1).

TIEMPO	Muestras	MST	(%H)	SST.
8 DIAS	T	49.56	50.43	0.8
	P/A	50.98	49.01	0.8
	P	50.07	49.92	0.8
16 DIAS	T	50.14	49.85	0.8
	P/A	49.21	50.78	0.8
	P	49.65	50.34	0.8

T= (testigo), P/A= (película con ajo) P= (película normal).

El cuadro anterior muestra los resultados de humedad, la cual muestra un comportamiento estable en los tres tratamientos, sin embargo no presento diferencias estadísticamente significativas. Los cambios presentados por el testigo y los dos tratamientos, fueron los siguientes: en el caso del testigo se presentó una disminución de la humedad del 1.1%, para el caso de los tratamientos de película con ajo y película normal se presentó una diferencia de 1.8% y 0.97% mayor en comparación con el testigo a los 16 días.

En los resultados obtenidos de sólidos solubles los tratamientos con película no presentaron cambios en comparación con el testigo, esto indica que la película aplicada fue muy delgada o fina al no incrementar la cantidad de sólidos solubles en el producto tratado, además de que hay una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza dado que a mayor concentración de sólidos solubles mayor es la firmeza (Osuna, 1983) citado por De la Rosa (2007).

En el cuadro 7 se muestran los resultados del análisis de varianza correspondiente a humedad del experimento 1 en el que no hace la comparación de medias debido a que no se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 7 Análisis de varianza correspondiente a humedad (Prueba 1).

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	MEDIA
T	2	50.139999
P/A	2	49.894997
P	2	50.129997

T= (testigo), P/A= (película con ajo) P= (película normal).

5.2. Luminosidad (L*), (Prueba 1)

En la figura número 5 se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza para luminosidad (L*); se puede observar que en la prueba 1 los tratamientos con película presentaron lecturas más altas a los primeros 8 días en comparación con las características óptimas de brillantez.

Además se observó una disminución de la brillantez o luminosidad en cada uno de los tratamientos en función al tiempo y en comparación con el testigo, el tratamiento de película con ajo disminuyó 0.25% y el tratamiento de película sin adición de ajo presentó un decremento del 0.41% durante el periodo de tiempo de 8 a 16 días.

El decremento presentado en cada muestra fue de 0.06% en el caso del testigo, en el tratamiento de película con ajo fue de 0.72% y 1.10% en el tratamiento de película sin ajo, siendo el mejor tratamiento el de película con ajo al presentar un menor decremento de la luminosidad, teniendo más semejanza con el testigo.

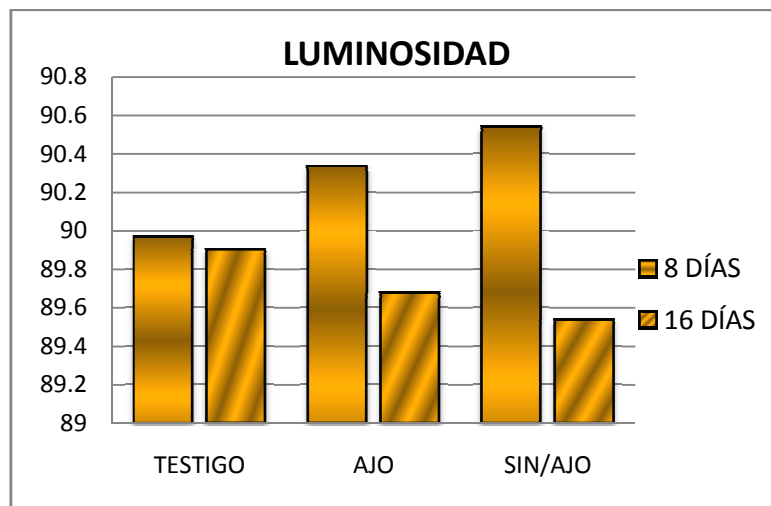


Figura 5 Luminosidad (Prueba 1).

5.3 Cromaticidad (a^*), (Prueba 1)

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos de cromaticidad (a^*) de la prueba 1 en el que gráficamente se puede observar que las lectura más alta se registro a los 8 días, además el tratamiento de película normal se comportó de manera similar al testigo y el tratamiento de película con ajo presentó la lectura de 4% menor en comparación a los otros.

Sin embargo el decremento de los dos tratamientos de película con ajo y película sin ajo en función al tiempo presentaron un 13.4% y 3.40% respectivamente.

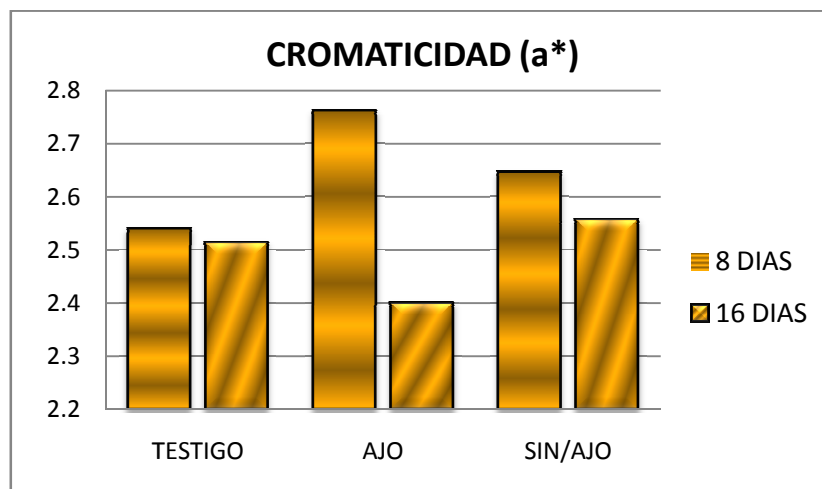


Figura 6 Cromaticidad (a^*), (Prueba 1).

5.4 Cromaticidad (b*), (Prueba 1)

Los resultados obtenidos de cromaticidad (b*) de la prueba 1 se muestran en la figura 7 en la que se puede observar que las lectura más altas fueron a los 16 días, sin embargo existe una diferencia porcentual en comparación al testigo, en la cual el tratamiento de película con ajo presentó una diferencia de 5.3%, y el de película sin adición de ajo presentó 2.7% mayor al testigo, este cambio fue de 8 a 16 días.

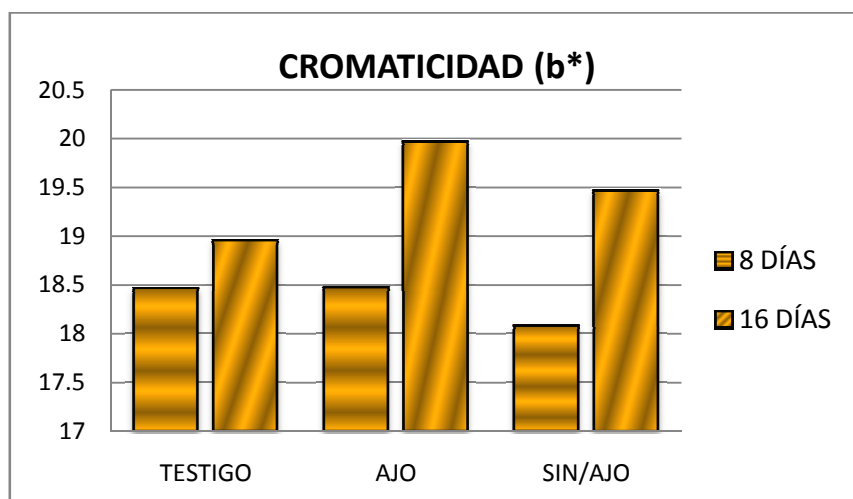


Figura 7 Cromaticidad (b*), (Prueba 1).

5.5 Características microbiológicas, (Prueba 1)

En el cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico recuento de bacterias mesófilas aerobias (C.E.), recuento de hongos y levaduras (RHL) de los tratamientos evaluados, obteniendo los resultados en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g).

Cuadro 8 Resultados de microbiología (Prueba1).

TIEMPO	Muestras	C.E.	RHL
8 días	T	UFC/g. 4.2×10^7	UFC/g. 5×10^3
	P/A	3.6×10^7	1.5×10^3
	P	3.5×10^7	4.0×10^3

T= (testigo), P/A= (película con ajo) P= (película normal).

En el cuadro anterior se observa que los tratamientos con película presentan lecturas más bajas, sin embargo el mejor tratamiento fue el de película con ajo ya que presentó lecturas menores en comparación con los otros dos.

En este experimento solo se realizó el análisis microbiológico a los 8 días debido a que para la siguiente evaluación las muestras presentaron microorganismos contaminantes, principalmente hongos, debido a las condiciones de manejo.

5.6 Características fisicoquímicas, (Prueba 2)

En el cuadro 9 se muestran los resultados obtenidos en de la prueba 2 respecto a Materia Seca Total (MST), Porcentaje de Humedad (% H) y Sólidos Solubles Totales (SST). Evaluados a los 5, 10, 15 y 20 días respectivamente.

Cuadro 9 Composición fisicoquímica del queso (Prueba 2).

TIEMPO	Muestras	MST	(%)H	SST.
5 días	T	44.58	55.41	0.8
	P/A	49.17	50.82	0.8
	P	49.07	50.92	0.8
10 días	T	51.36	48.63	0.8
	P/A	46.80	53.19	0.8
	P	48.25	51.74	0.8
15 días	T	49.59	50.41	0.8
	P/A	47.91	52.08	0.8
	P	48.39	51.60	0.8
20 días	T	50.55	49.44	0.8
	P/A	47.64	52.36	0.8
	P	48.13	51.87	0.8

T= (testigo), P/A= (película con ajo), P= (película normal).

En el cuadro anterior se muestran los resultados obtenidos respecto al porcentaje de humedad, el cual se comportó de manera estable, sin embargo el promedio de la humedad en el testigo, película con ajo y película sin ajo fue de 50.9%, 52.1% y 51.5% respectivamente.

La diferencia porcentual de los tratamientos en comparación con el testigo fue de 2.3%, en el de película con ajo y 1.1% en el tratamiento de con película sin adición de ajo. Lo cual indica que los tratamientos con película disminuyeron la pérdida de humedad del queso panela.

Los resultados obtenidos de sólidos solubles no presentaron ninguna diferencia en las cuatro evaluaciones.

En el cuadro 10 se muestran los resultados del análisis de varianza correspondiente a humedad de la prueba 2 en el que no se hace la comparación de medias debido a que no se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 10 Análisis de varianza correspondiente a humedad (Prueba 2).

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	MEDIA
T	2	50.972500
P/A	2	52.112499
P	2	51.532501

T= (testigo), P/A= (película con ajo), P= (película normal).

5.7 Luminosidad (L^*), (Prueba 2)

En la figura numero 8 se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza para luminosidad (L^*), en el que se puede observar que en los tratamientos con película presentaron lecturas más altas a los primeros 8 días, comparados con el testigo. Sin embargo presentaron diferencias mínimas en función al tiempo, las cuales no son estadísticamente significativas para los tres casos (Anexo 1).

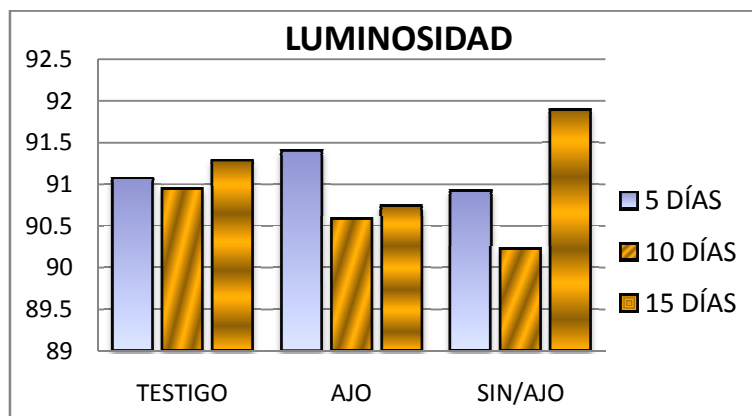


Figura 8 Luminosidad, (Prueba 2).

5.8 Cromaticidad (a^*), (Prueba 2)

En la figura 9 se muestran los resultados obtenidos de cromaticidad (a^*), en el que gráficamente se puede observar que las lecturas más altas fueron a los 10 días, en los dos tratamientos con película presentando lecturas un poco mayores en comparación con el testigo, las cuales no son estadísticamente significativas.

Además en los tratamientos con película se comportaron de manera estable en función al tiempo y comparado con el testigo ya que no presenta diferencias significativas.

En otra investigación la cromaticidad (a^*) evaluada en frutos fue ascendiendo en función al tiempo en el caso de tomates, ya que el grado de madurez fue incrementando poco a poco (De la Rosa, 2007).

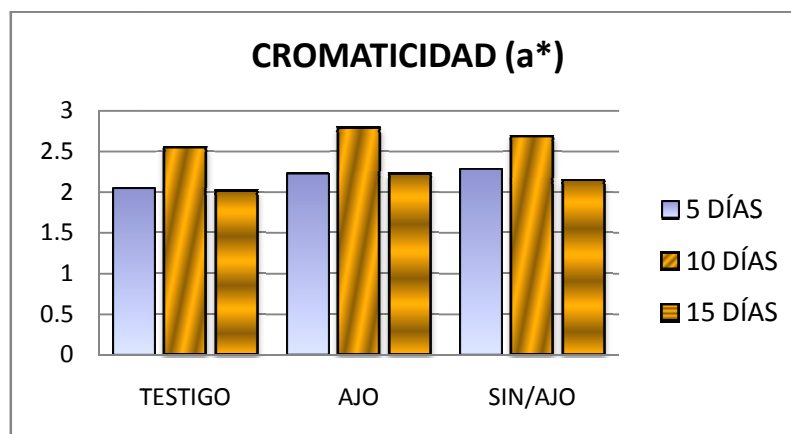


Figura 9 Cromaticidad (a^*), (Prueba 2).

5.9 Cromaticidad (b^*), (Prueba 2)

En la figura 10 se muestran los resultados obtenidos de cromaticidad (b^*) en el que se puede observar que las lecturas más altas fueron a los 5 días, además los tratamientos con película se comportaron de manera estable, presentaron lecturas un poco mayores en comparación con el testigo, pero estadísticamente no presentan diferencias significativas.

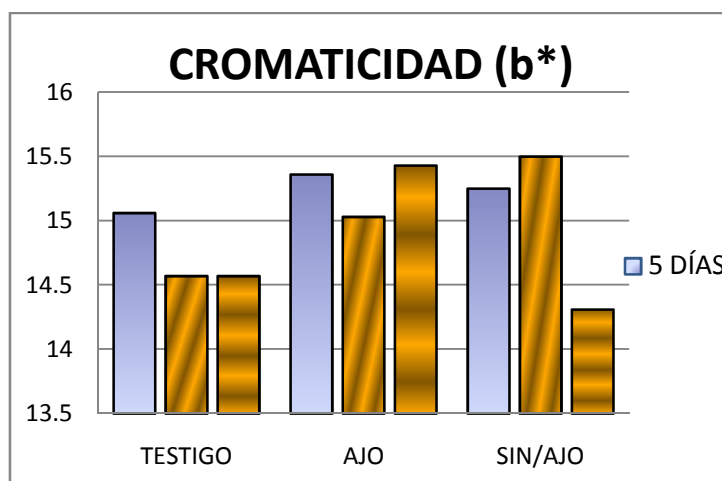


Figura 10 Cromaticidad (b^*), (Prueba 2).

5.10 Características microbiológicas, (Prueba 2).

En el cuadro 11 se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico en el que se utilizó la dilución 1×10^{-6} para bacterias mesófilas aerobias (C.E.) y 1×10^{-3} para recuento de hongos y levaduras (RHL) a los 5, 10, 15 y 20 días, obteniendo los resultados en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g).

Cuadro 11 Resultados de microbiología, (Prueba 2).

TIEMPO	CONTROL	C.E.	RHL
		UFC/g	UFC/g
5 días	T	3.5×10^8	8.8×10^4
	P	2.5×10^8	3.2×10^4
	P/A	2.7×10^8	8.5×10^3
10 días	T	INC.	3.0×10^3
	P	2.5×10^8	2.0×10^3
	P/A	6.1×10^7	0
15 días	T	INC	3.2×10^4
	P	1.1×10^8	6.0×10^3
	P/A	1.2×10^8	3.0×10^3
20 días	T	9.8×10^7	1.6×10^4
	P	5.9×10^7	1.5×10^3
	P/A	2.9×10^7	6.0×10^3

T= (testigo), P/A= (película con ajo) P= (película normal) INC= (incontable).

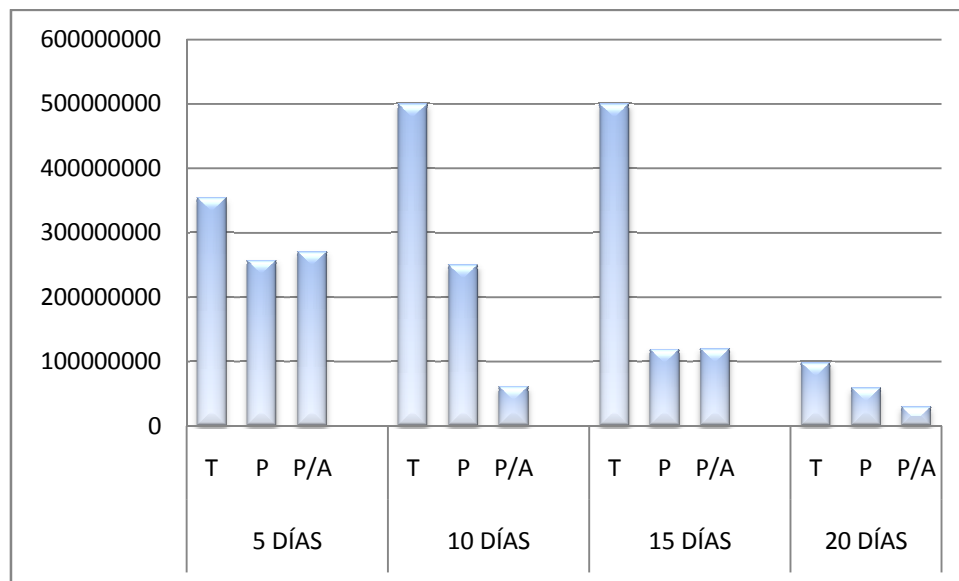


Figura 11 Recuento de bacterias mesófilas aerobias, (Prueba 2).

T= (testigo), P= (película normal) P/A= (película con ajo).

En la figura 11 se puede observar que los dos tratamientos con película presentaron lecturas más bajas de bacterias mesófilas aerobias en los cuatro análisis, además a los 10 y 20 días el tratamiento de película con extracto de ajo presentó las lecturas más bajas en comparación con los otros.

Se han realizado estudios en el que es utilizado el extracto de ajo en rodajas de ajo obteniendo buenos resultados de inhibición de bacterias mesófilas aerobias, aplicado en tomates rebanados a diferentes concentraciones (Ayala-Zavala *et al.*, 2005).

Otros estudios han demostrado que el extracto de ajo comparado con extractos de cebolla, ha presentado buenos resultados en la inhibición de bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus* ente otras (García y Herrera, 2007).

En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos de el análisis microbiológico para hongos y levaduras, correspondientes al experimento 2, a los 5, 10, 15 y 20 días respectivamente.

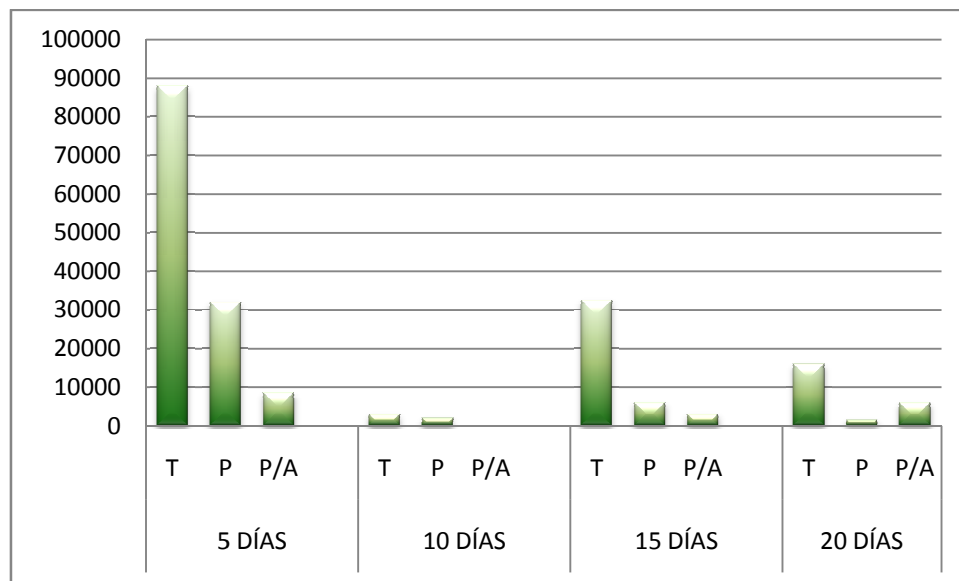


Figura 12 Recuento de hongos y levaduras, (Prueba 2).

T= (testigo), P= (película normal) P/A= (película con ajo).

En la figura anterior se puede observar que en los tratamientos con película presentaron lecturas inferiores en comparación con el testigo, el tratamiento de película con extracto de ajo presentó las lecturas más bajas a los 5, 10 y 15 días en comparación con el tratamiento de película normal y el testigo.

Los resultados anteriores confirman lo publicado por Beltrán, 2004 con respecto a que las películas de quitosano disminuyen el crecimiento microbiano. Además a lo mencionado por Domingo y López-Brea (2003), sobre las atribuciones sobre la capacidad antimicrobianas del ajo.

VI CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio realizado, se concluye que los tratamientos con película, disminuyen la pérdida de humedad del queso panela, además al ser una película muy delgada no incrementa la cantidad de sólidos solubles de las muestras a la cual fue incorporada.

La aplicación de película incrementó la brillantez o luminosidad del queso panela en los primeros días de su aplicación proporcionando un parámetro sensorial muy importante ya que provee mejor presentación e indica la frescura de este tipo de producto, sin embargo disminuye gradualmente en función al tiempo.

En cuanto los parámetros de cromaticidad (a^* y b^*), se observaron buenos resultados ya que los tratamientos evaluados no presentan diferencias estadísticamente significativas, esto indica que las películas aplicadas no alteran de forma negativa estos parámetros de cromaticidad.

Respecto a los resultados obtenidos del análisis microbiológico, se concluye que la aplicación de película de quitosano, inhibe el crecimiento microbiano, y además la adición de extracto de ajo incrementa la inhibición de microorganismos.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, M.R. y Moss, M.O** 1997. Microbiología de los alimentos Ed. Acribas, S.A., Zaragoza, España.
- Aguilar Méndez, M.** 2005. Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos y de aguacate., Mexico., Instituto Politécnico Nacional., P 35-39
- Alzamora, Stella M.** 1997. Alimentos conservados por factores combinados. En José Miguel Aguilera (Ed.) Temas en tecnología de alimentos. P 45 CYTED vol. 1 México. Instituto Politécnico Nacional.
- Anónimo 1** 2008. Mexicano gusta de queso fresco, ostenta 85% mercado. Disponible en línea: www.portalechero.com
- Anónimo 2** 2009. Acido oleico, Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online <http://mx.encarta.msn.com> © 1997-2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- AOAC.** 1980. Oficial Methods of Analysis. Thirteenth edition. Published by the AOAC. Washington, DC., USA.
- Ayala-Zavala, J.F., Oms-Oliu, G., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G.A., Álvarez-Parrilla, E. and Martín-Belloso, O.** 2007. Bio-preservation of fresh-cut tomatoes using natural antimicrobials. Eur. Food Res. Technol. DOI 10.1007/s00217-007-0630-z.
- Baldwin, E.s.** 1994. Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: past, present, and future, In Edible Coating and Films to Improve Food Quality. Basel. Switzerland; Economic Publishing Co. pp 25-63.
- Beltrán Yaima Hernández.** 2004. Monografía. Quitina y Quitosan Polisacáridos animales de gran importancia, disponible en línea en <http://www.members.tripod.com/vecom.html>.
- Beuchat, L.R. y Golden, D.A.** 1989. Antimicrobials occurring naturally in foods. Food Technology.
- Boddy y Wimpenny, J.W.T.** 1992. Ecological concepts in food microbiology. J Appl. Bacteriol. Symp. Suppl. 73: 23S.

- Bourgeois, C.M., Mescle, J.F. y Zucca, J.** 1995 Microbiología alimentaria. Vol. I Ed. Acribas, S.A., Zaragoza, España
- Conner, D.E** 1983. Naturally occurring compounds. En Antimicrobials in foods. 2a. Edition. P.M. Davidson y A.L. Branen. Marcel Dekker. New York. Pp: 263-305.
- De la Rosa Osorio B.** 2007. Tesis de nivel licenciatura. Aplicación y evaluación de látex de poliacetato de vinilo, (pvac) como recubrimiento en tomate (*lycopersicon esculentum mill*) UAAAN.
- Devlighere, F.; Vermeulen a. y Debevere, J** Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiology, 2004, Vol. 21, p 703-714.
- Domard, A. and M. Rinaudo,** (1983) Preparation and characterization of fully deacetylated chitosan. Int. j. Biol. Macromol. 5: 49-52
- Davidson, P.M. y Parish, M.E.** 1989. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. Food Technology. 43 0(1): 148-155.
- Debeaufort, F.; Quezada- Gallo, J. A. and Voilley, a.** 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packaging's: Areview. Critical Reviews in food Science, 38, 298-313.
- Domingo D. y López-Brea M.** 2003. Plantas con acción antimicrobiana. Revista Española Quimioterapia vol.16 (Nº4) 385-393.
- García y Herrera,** 2007. Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Microbiología, Grupo de investigación en Ciencias Aplicadas. Universidad de Pamplona, BISTUA VOL. 5 (Nº5) pág. 68-79.
- Gennadios, A.; Weller, C. L. and Testing, R.F.** (1993). Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films. *Ereal Chemistry*, 70, 246-249
- Goycoolea, F.M.** 2004. about the gelatin of chitosan-glycerol phosphate system. III symposium Iberoamericano de Quitina (III SIAQ), Córdoba, España.
- Guilbert, S.; Goantard, N and Gorris, L. G. M.** 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. P. 29, 10-17.
- Guilbert, S. y Biquet.,** 1995. Películas y envolturas comestibles. En Embalaje de los alimentos de gran consumo. Editores: G. Bureau, J. L. Multon. Ed. Acribia Zaragoza.

- Guilbert S.** 1986. Technology and application of edible protective films. "Food packaging and preservation". *Theory and practice*. Elsevier applied science publishing Co. London.
- Hardenburg, R.; Watada, A. y Wang. C.** 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y víveres. Traducción del IICA: San José (Costa Rica).
- Holdsworth, S.D.** 1988. "Conservación de frutas y hortalizas". Acribia, Zaragoza, España.
- ICMSF.** 1998. Microorganismos de los Alimentos "Características de los patógenos microbianos". Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- Kabara, JJ.** 1991. Medium-Chain fatty acids and esters. En: Antimicrobials in foods. PM Davidson and Al Branen (ed.) Marcek Dekker, Inc. New York.
- Kester, J.J.; Fennema, O.** 1986 Edible films and coatings: food technology, 40 (12): 47-59.
- Krochta, J. M. And Demulder- Johnston, C.** 1994 Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. Food Technology 51 (2) 61-74.
- Labuza, T. P. Contreras-Medellín, R.** 1981. Prediction of moisture protection requirements for foods. Cereal foods World, v. 26, pág. 335,
- Lárez Velásquez,** 2003. Revista iberoamericana de polímeros: Quitosano en sistemas acuosos Abril. Vol. 4 (6)
- Leistener y L and W. Rodel.** 1976 The stability of intermediate moisture foods with respect to microorganisms' en: Davies. R. Birch G.G. & Parker, k. j. (Eds). Intermediate moisture foods, London: applied Science Publishers, p. 120.
- Lueck. E.** 1980. Antimicrobial food additives. Springer, Heidelberg, Germany.
- Mahaut , M Brule, G, y Jeantet R.,**2003. Productos lácteos industriales. Ed. Acribia. S.A. Zaragoza, España.
- Mima, S.** 1983. Highly deacetylated chitosan and it is properties. J of Applied Polymer Science 28 (6): 1909-1997.
- Nickerson J. T. y Sinskey A. J.,** 1972 Microbiología de los alimentos y sus procesos de elaboración. Ed. Acribia, S. A Zaragoza. España. 5,8,16-20

- Nikaido, H.** 1996. Multidrug efflux pumps of gram-negative bacteria. *J. Bacteriol.* 178:5853–5859.
- Nychas J.E.** 1995. Natural antimicrobials from plants. En: *New Methods of Food Preservation*. Gould, G.W. Blackie Academic and Professional. Glasgow.
- Pastor de Abraham, a., e Higuera Ciapara, I.** 2004 Capítulo I: generalidades. Quitina y Quitosano en Iberoamérica. Ed. pontificia Universidad Católica del Perú. CIAD-CYTED, 23-72.
- Peniche, C.A** 2006. Tesis doctoral. Estudios sobre quitina y quitosano., la Habana, Cuba.
- Perez, B y Baez R.** 2003. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Alimentaria*, julio-agosto.
- Rosa R. M.** 2005. Tesis maestria. Sandia (*Citrullus vulgaris*) minimamente procesada consesvada en admosferas modificadas.
- Samuels, R. J.** 1981. Solid state characterization of the structure of Chitosan films. *J. Polymer. Sci. Polymer Phys. Ed.*, 19 (7):1081- 1105.
- Scholz, W.** 1997 Elaboración de quesos de oveja y cabra. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España, pp. 6-9.
- Smid, E. J. Y Gorris, L.G.** 1999. Natural antimicrobials for food preservation. Chapter 9 en *Handbook of Food Preservation*. M. Shafiur Rahman. Marcel Dekker. New York.
- Soto-Peralta, N.V., Muller, H., and Knorr, D** 1999 Effect of chitosan treatment on the clarity and color of apple juice. *J. Food Science.* 54:495-496.
- Synowiecko, J.,** 2003. Production, properties, and some new application of chitin and its derivatives. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 43(2): 145-171.
- Tharanathan, R.N.** 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14, 71-78.
- Villegas de Gante.** 2004. Tecnología Quesera. Ed. Trillas, S.A. de C.V., México, D.F. Pág.281-284.
- Wang, jing; xu xin, Yang Yong-Sahan, wang Quing.** 2001. Optimization of the methods for extraction of chitin in crab shell and preparation of chitosan.

Wilkins, K.M. y Board, R.G. 1998. Natural antimicrobials systemens. En: Mechanisms of action of food preservation procedures Gould, G.W. Ed. El servicer Science. New York.

VIII ANEXO 1

Análisis de varianza para humedad de la prueba 1

TABLA DE DATOS

VARIABLE = HUMEDAD

TRATA.

1	50.4300	49.8500
2	49.0100	50.7800
3	49.9200	50.3400

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	0.077148	0.038574	0.0635	0.940
ERROR	3	1.822266	0.607422		
TOTAL	5	1.899414			

C.V. = 1.56 %

TABLA DE MEDIAS

TRATA.	REP.	MEDIA
1	2	50.139999
2	2	49.894997
3	2	50.129997

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Análisis de varianza para humedad de la prueba 2

T A B L A D E D A T O S

VARIABLE = HUMEDAD

TRATA.

1	55.4100	48.6300	50.4100	49.4400
2	50.8200	53.1900	52.0800	52.3600
3	50.9200	51.7400	51.6000	51.8700

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	2.607422	1.303711	0.3752	0.701
ERROR	9	31.273438	3.474826		
TOTAL	11	33.880859			

C.V. = 3.62 %

T A B L A D E M E D I A S

TRATA.	REP.	MEDIA
1	4	50.972500
2	4	52.112499
3	4	51.532501

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Análisis de varianza para luminosidad de la prueba 1

Comparación de la variable (L) tomada a los 8 y 16 días. (Testigo)

TABLA DE DATOS

VARIABLE = L

TRATA.

1 89.8400 89.8900 91.2700 90.9700 91.2300 91.2700
 88.6800 88.9900 89.2800 88.2600
2 88.2000 87.1800 90.5300 90.5700 90.0500 91.7700
 89.6000 90.3800 89.9100 90.8200

ANALISIS DE VARIANZA

FV GL SC CM F P>F

TRATAMIENTOS 1 0.031250 0.031250 0.0202 0.883
ERROR 18 27.812500 1.545139
TOTAL 19 27.843750

C.V. = 1.38 %

TABLA DE MEDIAS

TRATA. REP. MEDIA

1 10 89.968002
2 10 89.901009

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Comparación de la variable (L) tomada a los 8 y 16 días. (Película con ajo)

TABLA DE DATOS

VARIABLE = L

TRATA.						

1	89.8200	89.4200	90.1800	90.7300	91.1400	91.7900
	88.9900	87.8200	91.8800	91.5600		
2	88.9400	89.4800	89.7800	89.5500	88.0300	91.3100
	89.8500	89.8800	89.8600	90.0800		

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F	

TRATAMIENTOS	1	2.125000	2.125000	1.7143	0.205	
ERROR	18	22.312500	1.239583			
TOTAL	19	24.437500				

C.V. = 1.24 %

TABLA DE MEDIAS

TRATA.	REP.	MEDIA

1	10	90.332993
2	10	89.675995

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Comparación de la variable (L) tomada a los 8 y 16 días. (Película sin ajo)

TABLA DE DATOS

VARIABLE = L

TRATA.						

1	90.6300	90.2800	92.1700	90.6500	91.6100	91.4600
	90.2600	85.8600	91.2400	91.2200		
2	88.1700	89.9400	89.9900	90.2200	89.0600	90.1000
	90.0300	89.8000	88.1500	89.8900		

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F	

TRATAMIENTOS	1	5.031250		5.031250	2.7224	0.113
ERROR	18	33.265625	1.848090			
TOTAL	19	38.296875				

C.V. = 1.51 %

TABLA DE MEDIAS

TRATA.	REP.	MEDIA

1	10	90.538002
2	10	89.535004

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Análisis de varianza para cromaticidad (a*) de la prueba 1

Comparación de la variable (a) tomada a los 8 y 16 días. (Testigo)

T A B L A D E D A T O S

VARIABLE = A

TRATA.

1	2.3100	2.4200	2.4000	2.4100	2.4300	2.4200
	2.9100	2.8900	2.5700	2.6400		
2	2.5000	2.7800	2.1400	2.4300	2.2500	2.0500
	2.9600	2.6800	2.7700	2.5800		

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
TRATAMIENTOS	1	0.003380		0.003380	0.0507	0.819
ERROR	18	1.199837	0.066658			
TOTAL	19	1.203217				

C.V. = 10.22 %

T A B L A D E M E D I A S

TRATA.	REP.	MEDIA
1	10	2.540000
2	10	2.514000

Comparación de la variable (a) tomada a los 8 y 16 días. (Película con ajo)

T A B L A D E D A T O S

VARIABLE = A

TRATA.						

1	2.6600	2.9700	2.5900	2.5200	2.5200	2.6300
	2.9000	3.0400	2.9200	2.8700		
2	2.4300	2.3200	2.0200	2.1300	2.3700	2.0400
	2.7700	2.6500	2.9100	2.3600		

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F	

TRATAMIENTOS	1	0.655212	0.655212	10.1067	0.005	
ERROR	18	1.166931	0.064830			
TOTAL	19	1.822144				

C.V. = 9.87 %

T A B L A D E M E D I A S

TRATA.	REP.	MEDIA

1	10	2.762000
2	10	2.400000

Comparación de la variable (a) tomada a los 8 y 16 días. (Película sin ajo)

TABLA DE DATOS

VARIABLE = A

TRATA.						

1	2.6300	2.7900	2.2800	2.8000	2.4600	2.4000
	2.6300	2.4800	2.9100	3.0800		
2	2.4100	2.2500	2.4700	2.1100	2.3400	2.3500
	2.9000	2.8800	2.8200	3.0400		

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F	

TRATAMIENTOS	1	0.039597		0.039597	0.4760	0.505
ERROR	18	1.497238	0.083180			
TOTAL	19	1.536835				

C.V. = 11.09 %

TABLA DE MEDIAS

TRATA.	REP.	MEDIA

1	10	2.646000
2	10	2.557000

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre tratamientos