

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

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



**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE QUITOSANO
PARA ALARGAR LA VIDA DE ANAQUEL DEL QUESO OAXACA.**

POR

ERICK DIEGO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2012.

AGRADECIMIENTOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

POR:

ERICK DIEGO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

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

IINGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA

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

**DR. JESUS ALBERTO MELLADO BOSQUE
VOCAL**

**M.C. OSCAR NOÉ REBOLLOSO PADILLA
VOCAL**

**DR. ANTONIO FRANCISCO AGUILERA CARBO
VOCAL**

**DR. RAMIRO LOPEZ TRUJILLO
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Noviembre 2012.



AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A ti señor por estar siempre conmigo, por iluminar y guiar mis pasos siempre, gracias por ser mi refugio, por darme la sabiduría, el entendimiento y la fortaleza de seguir adelante y cumplir uno de mis mas grandes anhelos, gracias por regalarme el don más maravilloso de todo ser humano que es la vida.

A MI ALMA MATER

Por darme la oportunidad de formar parte de ella, por enriquecerme profesionalmente, cumpliendo una de mis más grandes metas y por ayudarme a ser cada día mejor.

A LA MC. XOCHITL RUELAS CHACON

Por su dedicación, tiempo y esfuerzo en la elaboración de este trabajo, pues gracias a sus conocimientos se culminó de manera satisfactoria por lo que siempre le estaré agradecido. Además le agradezco todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera no solamente como profesor sino como persona, gracias por ayudarme a salir adelante, por ser un buen docente y un buen asesor.

AL M.C OSCAR NOE REBOLLOSOS PADILLA

Por su apoyo y aportación de conocimientos para la elaboración de este trabajo. Gracias por ser un buen docente y por los conocimientos que adquirí de usted como profesor.

AL DR. JESUS MELLADO BOSQUE

Por las asesorías brindadas, por su tiempo y dedicación para la realización de esta investigación, así como la culminación de la misma.

AL DR. ANTONIO FRANCISCO AGUILERA CARBO

Por su dedicación y asesorías brindadas y por formar parte de mi formación profesional, por sus consejos y sugerencias para la culminación de esta investigación.

A LA M.C. MILDRED INNA MARCELA FLORES VERASTEGUI

Por su tiempo y dedicación para que esta investigación se llevara a cabo, además de la confianza y por los materiales proporcionados para la realización de este trabajo.

A LA ING. MARIA DE JESUS SANCHEZ

Por su apoyo, confianza y dedicación para la elaboración de este trabajo, además de los materiales proporcionados.

A TODOS MIS PROFESORES

Que contribuyeron en mi formación profesional, compartiendo sus conocimientos, experiencias a lo largo de mi formación académica, por sus consejos y por todo lo que aprendí de ellos.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

ROBERTO MARTÍNEZ MARTÍNEZ y MARIA DOMINGA HERNÁNDEZ ALVAREZ

Con mucho respeto, amor y cariño a mis padres: por ser mi inspiración, por haberme regalado el don de la vida, por darme toda su confianza porque gracias a sus consejos y ánimos he logrado uno de mis mas grandes anhelos, por su valioso apoyo, por ser mi guía y ejemplo a seguir en todo momento, por sus sacrificios en gran parte de sus vidas, por darme siempre lo mejor. Gracias por haberme dado la mejor herencia que se puede dar “una carrera profesional”. Los amo y me siento muy orgulloso de ustedes. Dios los cuide y proteja siempre.

A MIS HERMANOS

ROBERTO, MAYRA, LUIS Y ANGELES, con mucho amor y cariño para ustedes. Por su apoyo incondicional en cada momento, por sus consejos, por su confianza, por compartir conmigo momentos muy felices que nunca olvidare, los quiero mucho y los admiro, gracias por ser los mejores hermanos, me siento muy orgulloso de ustedes, siempre estaré a su lado en todo momento. Dios cuide de ustedes siempre.

A MIS FAMILIARES

A mis abuelos, tíos, primos y a toda mi familia por sus ánimos, consejos, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, gracias por su cariño y respeto, los aprecio y quiero mucho, dios los bendiga.

A MIS AMIGOS

A **Luis Artemio, Freddy y Porfirio**, mis amigos y compañeros de cuarto, con quienes he compartido mi vida tanto en lo personal como profesional, a quienes conozco desde chicos, gracias por su apoyo, por sus ánimos y por sus consejos de amigos. A Luis, a quien aprecio y admiro, te deseo lo mejor, suerte en todo lo que desees. Y a echarle ganas, les deseo lo mejor, recuerden que cuentan conmigo y tienen mi apoyo incondicional nunca lo olviden. Y luchen por lo que más anhelan y éxito conseguirán. Suerte y que dios los bendiga. A **María Elena** con quien compartí su amistad y apoyo incondicional durante toda la carrera, por sus ánimos, mis mejores deseos para ti, nunca olvides que en mi tienes un amigo, dios te bendiga siempre.

A **Vicky, Araceli e Irene** gracias por su amistad, por su apoyo y ánimos, les deseo lo mejor y a echarle muchas ganas tanto en lo personal como en lo profesional. Dios las bendiga y cuide.

A MIS AMIGOS DE LA GENERACION

A **Cesar, Guillermo y Blanca**, con quienes compartí la mayor parte de los momentos de alegría y tristezas, tanto en nuestra formación profesional como en lo personal, gracias por considerarme su amigo, los admiro mucho y les deseo lo mejor, saben que siempre contarán conmigo nunca lo olviden. A **Luz, Norma, Germán**, por brindarme su apoyo y comprensión, les deseo lo mejor y dios los bendiga siempre. A **Gloria, Saira y Vicente** por su amistad y cariño brindado les deseo lo mejor y suerte en todo lo que deseen hacer.

Y a **todos mis compañeros de la generación CXII** por conocerlos y tratarlos y por formar parte de mi carrera profesional, les deseo lo mejor y a echarle ganas.

ÍNDICE GENERAL

I INTRODUCCION	1
1.1 JUSTIFICACION.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis.....	3
II REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Rasgos Generales del Queso Oaxaca.....	4
2.2 Composición	4
2.3 Microbiología del queso	5
2.3.1 <i>Staphylococcus</i>	6
2.3.2 Mohos y levaduras	6
2.3.3 <i>Salmonella</i>	7
2.3.4 <i>Listeria</i>	7
2.3.5 Coliformes.....	8
2.4 Recubrimientos comestibles	8
2.5 Propiedades de los recubrimientos comestibles.....	9
2.6 Composición de los recubrimientos comestibles.....	10
2.6.1 Hidrocoloides.....	10
2.6.2 Polisacáridos	10
2.6.3 Proteínas.....	11
2.6.4 Lípidos	12
2.6.5 Composites o compuestos.....	13

2.6.6 Tensoactivos	14
2.6.7 Aditivos.....	15
2.6.8 Ácido cítrico	15
2.6.9 Ácido oleico	16
2.7 Propiedades de los recubrimientos: caracterización y factores que afectan a los mismos.....	16
2.8 Técnicas de aplicación y formación de recubrimientos	17
2.8.1 Inmersión	17
2.8.2 Aspersión	17
2.8.3 Frotación	17
2.9 El futuro de los recubrimientos comestibles	18
2.10 Generalidades del quitosano	19
2.11 Quitina y quitosano.....	19
2.12 Composición química del quitosano	20
2.13 Obtención del quitosano.....	20
2.13.1 Método químico	21
2.13.2 Método enzimático	21
2.14 Propiedades físico-químicas del quitosano.....	22
2.15 Propiedades biológicas o farmacológicas del quitosano.....	22
2.16 Actividad antimicrobiana.....	22
2.17 Usos y aplicaciones.....	23
2.17.1 Tratamiento de aguas.....	23
2.17.2 Industria alimentaria.....	23
2.17.3 Medicina.	24
2.17.4 Biotecnología.	25
2.17.5 Agricultura.	25

2.17.6 Cosmética.....	26
2.17.7 Industria papelera.....	26
2.17.8 Tecnologías de membrana.....	26
2.17.9 Alimentos nutraceuticos.....	26
2.17.10 Industria textil.....	26
III MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Material utilizado.....	27
3.1.1 Reactivos.....	27
3.1.2 Material consumible.....	27
3.1.3 Material de vidrio PYREX.....	28
3.1.4 Equipo utilizado.....	28
3.2 Elaboración del queso asadero.....	29
3.3 Elaboración del recubrimiento.....	30
3.4 Aplicación del recubrimiento al queso asadero.....	31
3.5 Determinación de humedad.....	31
3.6 Determinación de firmeza.....	32
3.7 Determinación de sólidos solubles totales.....	32
3.8 Determinación de color.....	32
3.9 Análisis microbiológico.....	33
3.11 Descripción de tratamientos aplicados.....	35
3.12 Parámetros a evaluar.....	36
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	36
4.1 Características físico-químicas del queso Oaxaca.....	36
4.1.1 Humedad.....	36
4.1.2 Firmeza.....	37
4.1.3 Sólidos Solubles Totales.....	38

4.1.4 Luminosidad (L*).....	38
4.1.5 Cromaticidad (a*).....	39
4.1.6 Cromaticidad (b*).....	40
4.2 Características microbiológicas.....	40
4.2.1 Bacterias	41
4.3 Análisis sensorial	43
4.3.1 Color	44
4.3.2 Olor	44
4.3.4 Textura	46
VI Referencias Bibliográficas.....	48
VII ANEXOS	58

Índice de Cuadros

Cuadro 1.- Composición físico-química (%), pH y aw del queso asadero.....	5
Cuadro 2.- Características de los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos.....	11
Cuadro 3.- Características de las principales proteínas y lípidos utilizados en la formulación de los recubrimientos.....	13
Cuadro 4.- Ingredientes para la elaboración del recubrimiento.....	30
Cuadro 5.- Tratamientos aplicados al queso Oaxaca.....	35

Índice de Figuras

Figura 1.- Estructura química del quitosano.....	20
Figura 2.- Diagrama para la obtención de quitosano.....	20
Figura 3.- Elaboración de queso oaxaca.....	29
Figura 4.- Aplicación del recubrimiento.	31
Figura 5.- Determinación de humedad.	31
Figura 6.- Determinación de firmeza.	32
Figura 7.- Determinación de sólidos solubles totales.	32
Figura 8.- Diagrama de Cromaticidad (L*a*b*).	33
Figura 9.- Análisis microbiológico del queso.	34
Figura 10.- Evaluación sensorial del queso.....	35
Figura 11.- Variable humedad, respecto al recubrimiento y los días transcurridos.	36
Figura 12.- Variable firmeza, respecto al recubrimiento y los días transcurridos. .	37
Figura 13.- Variable sólidos solubles respecto al recubrimiento y los días transcurridos.....	38
Figura 14.- Variable luminosidad respecto al recubrimiento y los días transcurridos.....	39
Figura 15.- Variable eje “a” del cromatógrafo respecto al recubrimiento y los días transcurridos.....	40
Figura 16.- Variable eje “b” del cromatógrafo respecto al recubrimiento y los días transcurridos.....	40
Figura 17.- Comportamiento de Bacterias en dilución -2 respecto al recubrimiento y días transcurridos.	41
Figura 18.- Comportamiento de Bacterias en dilución -3 respecto al recubrimiento y días transcurridos.	42

Figura 19.- Comportamiento de hongos y levaduras en dilución -2 respecto al recubrimiento y días transcurridos.	42
Figura 20.- Comportamiento de hongos y levaduras en dilución -3 respecto al recubrimiento y días transcurridos.	43
Figura 21.- Evaluación sensorial en base al color del queso.	44
Figura 22.- Evaluación sensorial en base al olor.....	45
Figura 23.- Evaluación sensorial en base al sabor.....	45
Figura 24.- Evaluación sensorial en base a la textura.....	46

I INTRODUCCION

Palabras clave: recubrimiento, quitosano, queso.

En la actualidad existe una gran variedad de productos lácteos que diariamente se producen 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 alternativas nuevas para su conservación, sin que pierdan calidad y que proporcionen al consumidor un alimento inocuo. Una alternativa de conservación del queso es la aplicación de un recubrimiento comestible, hecho a base de un carbohidrato (quitosano) el cual reduce el crecimiento de hongos y bacterias. El quitosano, es un producto extraído del exoesqueleto de los crustáceos (cangrejos, gambas, langostas, etc.) y tiene muchos usos en la industria farmacéutica, agrícola y alimentaria. La adición de recubrimientos comestibles no es con la finalidad de sustituir al empaque sino para que actúen en conjunto, mejorando la calidad del producto.

Los beneficios de los recubrimientos a base de polisacáridos son: a) Retención de sabor, ácidos, azúcares, textura y color, b) mayor estabilidad durante el embarque y almacenamiento, c) mejor apariencia y d) reducción de pudriciones ya que reduce la posibilidad de que las condiciones anaeróbicas se presenten.

La finalidad de la presente investigación fue evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles a base de quitosano para extender la vida útil y mantener la calidad y seguridad del queso asadero.

1.1 JUSTIFICACION

El Oaxaca es un queso fresco cuyo contenido de agua es relativamente elevado, cercano a 50% en peso. En cuanto a su composición bromatológica básica, es difícil fijarla con precisión ya que existen múltiples factores que la afectan, por ejemplo: el grado de descremado de la leche, la acidez original y la maduración de ésta, la variación estacional de sus componentes (v.g. de caseína y grasa), etcétera.

La finalidad es regular el contenido de humedad del queso y protegerlo contra microorganismos y otros contaminantes, para protegerlo contra los daños materiales que pudiera sufrir durante el transporte y la distribución y/o para darle un aspecto concreto (por ejemplo, un determinado color).El recubrimiento se distingue fácilmente de la corteza, ya que está hecho con un material distinto del queso y muy a menudo se puede eliminar frotándolo, raspándolo o despegándolo. Un carbohidrato utilizado para la formulación de los recubrimientos comestibles es el quitosano, el cual tiene propiedades de barrera al oxígeno además de tener actividad bacteriana y fungicida contra algunos patógenos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diseñar y evaluar el efecto de un recubrimiento comestible en la estabilización y extensión de vida de anaquel de queso asadero.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de un recubrimiento comestible en queso asadero a base de quitosano para alargar la vida de anaquel.
- Evaluar sensorialmente los parámetros de color, sabor, olor y textura.
- Analizar las características físico-químicas del queso.
- Determinar el crecimiento microbiano de bacterias, hongos y levaduras.

1.3 Hipótesis

La aplicación de un recubrimiento comestible de quitosano alargará la vida de anaquel del queso asadero.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Rasgos Generales del Queso Oaxaca

Este es un queso de gran aprecio por los consumidores de distintos estratos sociales en varios estados del país. Se conoce con otras denominaciones como quesillo (por ejemplo, en Chiapas), queso de hebra, y queso de bola.

Se presenta en “bolas” o madejas, de distinto tamaño elaboradas con una tira de la pasta ya hilada. El peso puede oscilar entre unos cuantos gramos (v.g. unos 30), hasta varios kilogramos.

Es un queso fresco, cuya vida de anaquel puede situarse hasta en unas 2 semanas, dependiendo del empaque y las condiciones de conservación en refrigeración. Puede considerarse un queso tanto de clima templado como tropical; en este caso, se elabora con leche de ganado de doble propósito, del sistema lechero extensivo.

La fabricación del Oaxaca requiere mucha destreza, ya que es necesario controlar la acidez de la leche, la acidificación de la cuajada, la determinación del “punto de hebra”, y el amasado de la pasta. Un punto crítico para su elaboración estriba en lograr una pasta con pH entre 5.1 y 5.3, o de la cual exude suero cuya acidez titulable se ubique entre 32 y 36 °D (esto, cuando la masa no se haya secado mucho todavía).

2.2 Composición

El Oaxaca es un queso fresco cuyo contenido de agua es relativamente elevado, cercano a 50% en peso (Cuadro 1). En cuanto a su composición bromatológica básica, es difícil fijarla con precisión ya que existen múltiples factores que la afectan, por ejemplo: el grado de descremado de la leche, la acidez original y la maduración de ésta, la variación estacional de sus componentes (v.g. de caseína y grasa), etcétera.

Estos factores no solamente influyen en la composición del producto sino también en su rendimiento, el cual se sitúa entre 9 y 10 kilogramos por 100 litros de leche.

Cuadro 1.- Composición físico-química (%), pH y a_w del queso asadero.

Características físico-químicas	Media \pm DE
Humedad	50.82
Materia grasa	22.4
Proteína	21.3
Cenizas	3.6
Lactosa	0.1
pH	5.02
a_w	0.973

(Larios, 2007)

a_w : actividad de agua

2.3 Microbiología del queso

El queso es un ecosistema en cambio continuo tanto en cuanto a los factores externos de conservación-maduración como a los intrínsecos como la composición y la microbiología. El queso contiene elevados contenidos microbianos que juegan un papel importante en sus características de calidad (Cogan, 2000).

En el queso se producen reacciones bioquímicas e interacciones microbianas, la presencia de la bacterias en los quesos depende de la contaminación microbiana de la leche, la acidificación de la misma previa a la elaboración del queso, los tratamientos térmicos de la leche, el uso de cultivo iniciador, las condiciones del proceso, principalmente en cuanto a tiempos, temperaturas y condiciones higiénicas.

Los microorganismos mas importantes para recuento en quesos son: Coliformes, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*.

2.3.1 *Staphylococcus*

Los estafilococos son bacterias Gram-positivas esféricas que se producen en racimos microscópicas parecidas a uvas, presentes en la nariz y la piel de los seres humanos normales.

Staphylococcus aureus forma una colonia de color amarillo bastante grande en medio rico, son anaerobios facultativos, que crecen por la respiración aerobia o por fermentación que produce ácido láctico, principalmente.

Las bacterias son catalasa-positivos y negativos oxidasa. *S. aureus* puede crecer en un rango de temperatura de 15 a 45 grados y en las concentraciones de NaCl de hasta un 15 por ciento. Casi todas las cepas de *S. aureus* produce la enzima coagulasa y siempre un potencial patógeno.

2.3.2 Mohos y levaduras

Los mohos y levaduras están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento, o como agentes contaminantes y en los equipos sanitizados inadecuadamente, provocando el deterioro fisicoquímico de éstos, debido a la utilización en su metabolismo de los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos originando mal olor, alterando el sabor y el color en la superficie de los productos contaminados. Además los mohos y levaduras pueden sintetizar metabolitos tóxicos termoresistentes, capaces de soportar algunas sustancias químicas, así como la irradiación y presentan capacidad para alterar sustratos desfavorables, permitiendo el crecimiento de bacterias patógenas.

Las levaduras son microorganismos cuya forma dominante de crecimiento es unicelular. Poseen un núcleo y se multiplican por reproducción sexual o asexual, por gemación o por fisión transversal. La reproducción sexual cuando ocurre, es por medio de ascosporas contenidas en un saco o asca.

Los mohos son un grupo de hongos microscópicos pertenecientes al reino Fungi, que se caracterizan por tener un cuerpo formado por estructura filamentosa con ramificaciones, que se conocen con el nombre de hifas, el conjunto de hifas constituye el micelio, carecen de clorofila, se alimentan por absorción pudiendo propagarse por esporas flageladas o no, las paredes celulares pueden ser de queratina, celulosa o mananos. Crecen formando colonias en un medio selectivo a 25 °C.

2.3.3 *Salmonella*

El género *Salmonella* se incluye en la familia Enterobacteriaceae, integrada por bacilos Gram negativos anaerobios facultativos. Poseen, por lo tanto, las características generales de las enterobacterias: son fermentadores de la glucosa, catalasa positiva, oxidasa negativo y suelen ser móviles.

Salmonella spp es un microorganismo que se adapta muy bien a los animales y a las personas. Cuando llega a los alimentos es capaz de multiplicarse en cualquier producto fresco a una velocidad muy elevada, ya que puede duplicar su número cada 15 ó 20 minutos si la temperatura es elevada (superior a 20° C). Si los alimentos no se refrigeran rápidamente y a baja temperatura (el límite de crecimiento está en 6° C) el microorganismo se multiplica, con el consiguiente riesgo para los consumidores. Sin embargo, posee una escasa capacidad de multiplicación si no existe oxígeno.

2.3.4 *Listeria*

El género *Listeria* agrupa bastones Gram positivos, no esporulados, aerobios-anaerobios facultativos. Desarrollan entre menos de 0.4°C y 45 °C; es decir, pueden crecer a temperatura de refrigeración. Son psicrótrofos, catalasa positiva, oxidasa negativos y β hemolíticos en agar sangre. Toleran concentraciones elevadas (10 %) de cloruro de sodio y son móviles a 25°C pero no a 35 °C.

2.3.5 Coliformes

El grupo coliforme se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan una actividad enzimática de la B-galactosidasa (Ministerio de salud, 1998). Y uno de los más importantes es *Escherichia coli*.

Escherichia coli originalmente llamada *Bacterium comune*, fue aislada por primera vez en 1985 a partir de heces de niños: son bacilos estrechos de 1,1 a 1,5 µm de diámetro y de 2 a 6 µm de longitud, se encuentran solos o en parejas Gram negativos, móviles por flagelos peritricos o inmóviles, anoxigenicos facultativos, poseen metabolismo respiratorio y fermentativo. (Leminor, 1994). Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*.

Escherichia coli es un organismo mesofilo 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 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).

2.4 Recubrimientos comestibles

Según la Food and Drug Administration (FDA) de EE.UU. (FDA, 2006), los recubrimientos comestibles son aquellos formados a partir de formulaciones que contengan aditivos permitidos para su uso alimentario. Entre esos aditivos alimentarios, la Directiva 95/2/CE (1995) incluye los siguientes: goma arábica, goma xantana, glicerina, pectinas, celulosa y sus derivados (metilcelulosa, hidroxipropil celulosa, hidroxipropil metilcelulosa, etc.). En 1998, esta directiva fue modificada por la Directiva 98/72/CE (1998) introduciendo nuevos aditivos tales como la lecitina, polisorbatos, ácidos grasos y sales de ácidos grasos.

Técnicamente, se habla de recubrimiento cuando una solución aplicada sobre un producto forma una película superficial al secarse, mientras que un film se forma con anterioridad y posteriormente se aplica sobre el producto (Guilbert, 1986). En la práctica, se habla indistintamente de film o recubrimiento, haciendo referencia a una delgada capa de material que cubre la superficie del alimento, aplicada mediante inmersión, pulverización o pintado, o bien como una envoltura continua que separa distintos componentes alimenticios, que puede ser consumida como parte del producto (Guilbert, 1986; Gennadios y Weller, 1990).

2.5 Propiedades de los recubrimientos comestibles

Según Kester y Fennema (1986) los recubrimientos comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir. Algunos de estos requerimientos, dependientes de la naturaleza del producto alimenticio al cual se aplica y de su principal mecanismo de deterioro son:

- ◆ **Propiedades sensoriales:** deben ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento y no ser detectados durante su consumo.
- ◆ **Propiedades barrera:** presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua y solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles.
- ◆ Deben estar libres de tóxicos y ser seguros para la salud.
- ◆ Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- ◆ La materia prima y el costo de producción del recubrimiento deben ser de bajo costo.

Para que los recubrimientos comestibles sean funcionales y por tanto, óptimos, se deberá otorgar una especial importancia a la selección de los materiales que los forman, ya que sus propiedades están fuertemente afectadas por la naturaleza de sus componentes, composición y estructura final.

2.6 Composición de los recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías, dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación:

2.6.1 Hidrocoloides

Polisacáridos o proteínas que en general, forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases como el oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua (Drake *et al.*, 1988).

2.6.2 Polisacáridos

Son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad (Kester y Fennema, 1986; Krochta y de Mulder-Johnston, 1997).

El cuadro 2 presenta los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos y sus características más relevantes (Pastor *et al.*, 2005; Vargas *et al.*, 2008).

Cuadro 2.- Características de los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos.

Tipo	Compuesto	Permeabilidad al vapor de agua/gases	NP	Otros	Citas
Polisacárido	MC, CMC, HPC, HMPMC	Baja/Alta	Sí	GRAS Flexible	[1-3]
	Dextrina	Alta/Moderada	-	Secado lento	[1], [3]
	Alginato	Baja/Moderada	Sí	Frágil	[1], [3-4]
	Quitosano	Moderada/Alta	No	GRAS Antimicrobiano	[5-7]
	Pectina	Baja/Alta	-	GRAS	[8]
	Carragenato	Baja/Moderada	-	Frágil	[1], [3]
	Goma arábica	Baja/Moderada	-	Buena adhesión	[1], [3]
	Goma guar	Baja/Moderada	-	Firmeza	[1], [3]
	Goma Santana	Baja/Moderada	-	Buena adhesión	[1], [3]

NP: Necesita Plastificante

MC: Metilcelulosa; CMC: Carboximetilcelulosa

HPC: Hidroxipropil celulosa; HPMC: Hidroxipropil metilcelulosa

[1] Greener y Fennema, 1994; [2] Hernández, 1994; [3] Kester y Fennema, 1986; [4] Glicksman, 1983; [5] Tharanathan y Kittur, 2003; [6] Wong et al., 1992; [7] Hadwiger y Beckman, 1980; [8] Liu et al., 2006.

Adaptado de Pastor et al., 2005 y Vargas et al., 2008.

2.6.3 Proteínas

Las proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles pueden ser de origen animal (caseínas, proteínas del suero lácteo) o de origen vegetal (zeína de maíz, gluten de trigo, y proteína de soja, principalmente) y dependiendo de este origen muestran una amplia variedad de características moleculares. Así, las proteínas varían en su peso molecular, conformación, carga (dependiendo del pH), flexibilidad y estabilidad térmica y las diferencias en estas características moleculares determinarán su habilidad para formar recubrimientos así como las características de los recubrimientos formados.

El cuadro 2 menciona las principales proteínas utilizadas en la formulación de los recubrimientos y sus características más relevantes (Pastor *et al.*, 2005 y Vargas *et al.*, 2008).

2.6.4 Lípidos

Formados por compuestos hidrofóbicos y no poliméricos (Krochta, 1997b) con buenas propiedades barrera al vapor de agua y a los gases, pero con poca capacidad para formar recubrimientos (Shellhammer y Krochta, 1997). Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior (Hernández, 1994) y pueden mejorar el brillo (Nísperos-Carriedo *et al.*, 1992). Sin embargo, los recubrimientos basados en lípidos presentan una superficie grasienta y propiedades organolépticas no deseadas como un sabor a cera y cierta rancidez (Guilbert, 1986).

Los lípidos se utilizan en la formulación de recubrimientos con el objetivo de mejorar la propiedad barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comestibles que pueden ser incorporados en la formulación de recubrimientos comestibles se encuentran las ceras (cera de abeja, cera candelilla y cera carnauba), la goma laca, la goma xantana y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros (cuadro 2). Estos últimos requieren de una matriz estructural de proteínas o polisacáridos ya que carecen de integridad estructural y durabilidad en su forma libre.

Cuadro 3.- Características de las principales proteínas y lípidos utilizados en la formulación de los recubrimientos.

Tipo	Compuesto	Permeabilidad al vapor de agua/gas	NP	Otros	Citas
Proteína	Zeína	Baja/Alta	Si	GRAS	[1], [2]
	Gluten	Dependiente del pH y del disolvente/Alta	Si	Frágil	[2-4]
	Proteína de soya	Baja/Alta	-	Flexible	[5-8]
	Proteína de suero lácteo	Moderada/Alta	Si	Flexible	[9-10]
	Caseína	Moderada/Alta	-	Frágil	[11-12]
	Colágeno	Baja/Alta	-	Duro	[13-15]
	Gelatina	Alta/Baja	-	Flexible y Fuerte	[2]
Lípidos	Cera de abeja	Alta/Baja	Si	GRAS	[16]
	Cera candelilla	Alta/Baja	Si	GRAS	[16]
	Cera carnauba	Alta/Baja	Si	GRAS	[17]
	Ácidos grasos	Según tipo/Baja	-	GRAS	[17-18]

NP: Necesita Plastificante

[1] Koelsch, 1994; [2] Gennadios y Weller, 1990; [3] Gontard et al., 1992, 1993; [4] Guilbert, 2000; [5] Cho y Rhee, 2004; [6] Guilbert et al., 1996; [7] Gennadios y Weller, 1991; [8] Guilbert, 1986; [9] Maté et al., 1996; [10] McHugh et al., 1994; [11] Dangaran et al., 2006; [12] Khwaldia et al., 2004; [13] Hood, 1987; [14] Krochta, 1997b; [15] Rice, 1994; [16] Hagenmaier y Baker, 1997; [17] Martín-Polo et al., 1992a, 1992b; [18] Shellhammer y Krochta, 1997.

Adaptado de Pastor et al., 2005 y Vargas et al., 2008.

2.6.5 Composites o compuestos

Formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos que aprovechan las ventajas de cada grupo y disminuyen sus inconvenientes (Greener y Fennema, 1994). En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides, permeabilidad selectiva al O₂ y CO₂, durabilidad, buena cohesión estructural o integridad.

Los composites pueden ser de capas separadas, llamados multilaminados o bicapas, o formados por una única capa. Los bicapa se forman en dos etapas: en la primera se forma la base de polisacárido o proteína y en la segunda, se aplica el lípido sobre la base previamente formada.

En los recubrimientos monocapa, es necesaria la dispersión o emulsión del lípido en la fase hidrofílica que contiene la disolución de hidrocoloide y su posterior extensión y secado (Shellhammer y Krochta, 1997). Martín-Polo *et al.* (1992) estudiaron el efecto de la estructura del film sobre la propiedad barrera al vapor de agua, proponiendo un modelo de resistencias en serie para los films bicapa y un modelo de resistencias en paralelo para los films procedentes de una emulsión, en el que la transferencia de vapor de agua se realiza mayoritariamente a través de la fase hidrocoloide.

Desde el punto de vista de la transferencia de masa, los recubrimientos bicapa son los más eficaces como barrera al vapor de agua. Sin embargo, debido a que el proceso de preparación incluye etapas de laminado y de secado en las que es necesario el uso de disolventes y altas temperaturas, su producción resulta más costosa y menos segura que la de los recubrimientos emulsionados.

La efectividad de los recubrimientos de hidrocoloideos y lípidos depende, entre otros factores, de la concentración relativa de ambos, del estado físico del lípido, de la longitud, grado de insaturación y ramificación de la cadena hidrocarbonada, así como de la distribución que alcancen los componentes lipídicos en la estructura final: tamaño de los glóbulos grasos y nivel de agregación (Baldwin *et al.*, 1997; Morillon *et al.*, 2002).

La incorporación de lípidos y derivados (ácidos grasos, monoglicéridos, ésteres, fosfolípidos y tensoactivos) también ejerce un efecto plastificante que es atribuible fundamentalmente a las discontinuidades en la matriz polimérica que supone su dispersión.

2.6.6 Tensoactivos

Estos se utilizan para favorecer la formación de la emulsión y su estabilización por acción interfacial, debido a que poseen una parte polar y otra apolar, y se adsorben en la interfase aceite-agua como una monocapa orientada, disminuyendo así la tensión interfacial (Sharma, 1981).

2.6.7 Aditivos

La influencia que tendrá el aditivo en las propiedades del recubrimiento dependerá del grado de concentración, en la estructura química, en el grado de dispersión en el recubrimiento en la interacción con polímeros. Además de incrementar sus propiedades organolépticas o nutricionales en el alimento incorporando agentes saborizantes, pigmentos o aditivos nutricionales.

Los aditivos que se pueden emplear son:

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

2.6.8 Ácido cítrico

El ácido cítrico es un sólido translúcido o blanco, inodoro, con sabor ácido fuerte no desagradable, fluorescente al aire seco de fórmula $C_3H_4OH(COOH)_3$, soluble en agua y ligeramente soluble en disolventes orgánicos, con un punto de fusión de 153 °C.

Originalmente, el ácido cítrico se obtenía por extracción física del ácido del zumo de limón. Actualmente la producción comercial de ácido cítrico se realiza mediante procesos de fermentación que utilizan dextrosa o melaza de caña de azúcar como materia prima y *Aspergillus niger* como organismo de fermentación. También se obtiene gracias a la fermentación de diversas materias primas.

Debido a su sabor agradable, a la baja toxicidad que presenta y otras propiedades, el ácido cítrico tiene un innúmero de aplicaciones. El ácido cítrico es uno de los aditivos más utilizados en diversos sectores, en especial en la industria alimenticia. El ácido cítrico es uno de los principales aditivos alimentarios que es usado como conservante, acidulante, anti-oxidante y saborizante de dulces, bebidas con gas y otros alimentos.

2.6.9 Ácido oleico

El ácido oleico se encuentra en el aceite de oliva en alta proporción, al igual que en una variedad del girasol y en las plantas. En grasas provenientes de animales, se encuentra en un 41 % en carnes de cerdo, en un 28 % en leche entera y 43 % en carne de vacuno, pero acompañados de ácidos grasos saturados.

Líquido oleoso e incoloro, de fórmula $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$ 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 eláidico) es sólido y funde a 51 °C; se puede obtener por calentamiento del ácido oleico en presencia de un catalizador.

Los expertos señalan que ejerce una acción beneficiosa para nuestros vasos sanguíneos y nuestro corazón, ya que aumenta el colesterol denominado bueno (HDL), contribuyendo a reducir las enfermedades cardiovasculares, además de funcionar como aditivos en alimentos, también se usa como lubricante y para jabones.

2.7 Propiedades de los recubrimientos: caracterización y factores que afectan a los mismos.

Las propiedades de los recubrimientos comestibles (permeabilidad al vapor de agua y a los gases, solubilidad en agua o lípidos, capacidad de adsorción de agua, color, transparencia, brillo, respuesta mecánica, etc.), dependen del tipo de material utilizado, de las condiciones de formación del recubrimiento, del tipo de plastificante, de la naturaleza del disolvente, de la velocidad de evaporación del disolvente, y de su espesor, entre otras (Guilbert, 1986). En la mayoría de los casos, la efectividad del recubrimiento cuando se aplica a frutas y hortalizas depende fundamentalmente de un control efectivo de la permeabilidad al vapor de agua y a los gases con unas adecuadas propiedades mecánicas.

La apariencia o aspecto es otro de los factores de calidad decisivo para la aceptación de un producto por parte del consumidor, por lo que el color, la translucidez y el brillo, también han sido objeto de recientes estudios en recubrimientos y films comestibles (Cuq *et al.*, 1996; Nussinovitch *et al.*, 1996; Ward y Nussinovitch, 1996; Trezza y Krochta, 2000a, 2000b).

2.8 Técnicas de aplicación y formación de recubrimientos

El modo de aplicación de un recubrimiento comestible depende en gran medida del tipo del producto que se desee recubrir (Soliva y Martin, 2001). La aplicación directa de la solución formadora de película, sobre el alimento o producto, se puede llevar a cabo por métodos de inmersión, frotación, aspersion, entre otros.

2.8.1 Inmersión

Es la técnica que proporciona mejores resultados en el caso de productos que requieren una capa uniforme en una superficie irregular. Esta técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos (Tharanathan, 2003). Posteriormente a esto se procede a un escurrido y secado, dejando que una película delgada sea formada sobre la superficie del producto (Perez y Baez, 2003).

2.8.2 Aspersión

Es el método más convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión (60-80 psi) un menor gasto de solución formadora de película requerido para obtener recubrimientos uniformes (Tharanathan, 2003).

2.8.3 Frotación

El método por frotación utiliza aire comprimido (menos de 5 psi o 35 kPa) que es aplicado 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 así facilitar el proceso de secado (Pérez y Báez, 2003)

2.9 El futuro de los recubrimientos comestibles

En el futuro, la aplicación de recubrimientos comestibles será uno de los métodos más efectivos para alargar la vida útil de las frutas y hortalizas. En la actualidad aunque la aplicación de la tecnología no está muy extendida, se espera que se extienda a toda clase de productos, tanto frescos como tratados (secos, rehidratados, etc.). Su aplicación permitirá, en algunos casos, la eliminación de los envases tradicionales y por tanto, mejorará el impacto medioambiental al generar menos materiales de desecho. La tendencia se centrará en el desarrollo de recubrimientos con componentes bioactivos que permitan alargar la vida útil y mejorar la calidad de los productos. Estos recubrimientos podrían actuar ralentizando la degradación de los compuestos funcionales tales como, vitaminas, enzimas pro o prebióticos en la matriz del alimento a través del tiempo. Inicialmente, estos compuestos actuarían en la superficie del producto pero a medida que transcurriera el tiempo entrarían en la matriz del producto por difusión. Teniendo en cuenta las preferencias de los consumidores por productos frescos y sin aditivos, estos componentes bioactivos deberán ser preferiblemente componentes naturales (Vargas *et al.*, 2008).

Estudios recientes apuestan por la aplicación de micro y nanotecnologías para desarrollar recubrimientos comestibles en los que se puedan incorporar compuestos en forma de micro o nano encapsulados que permitan controlar el pH, temperatura o presión del medio. La encapsulación protegerá a los componentes bioactivos de forma que estos sean biológicamente activos en el momento de ser consumidos (Weiss *et al.*, 2006). Otra futura aplicación consiste en la aplicación de recubrimientos multicomponentes mediante la deposición de nanocompuestos que permitan mejorar sus propiedades (Vargas *et al.*, 2007, 2008).

Las investigaciones deben ir dirigidas hacia la obtención de recubrimientos adecuados para cada tipo de producto, de modo que se consiga un control óptimo de la permeabilidad a los gases, de los cambios de color y de textura y en la calidad nutricional de los mismos.

2.10 Generalidades del quitosano

El *quitosano*, polímero obtenido por desacetilación alcalina de la quitina proveniente de crustáceos, tiene la capacidad de formar films y se utiliza ampliamente en la formulación de recubrimientos (Zhang y Quantick, 1998; Jiang y Li, 2001; Vargas, 2008). Este tipo de recubrimiento es efectivo en prolongar la vida útil y mejorar la calidad, ya que presenta una alta permeabilidad selectiva frente a los gases, una moderada resistencia al vapor de agua (Tharanathan y Kittur, 2003), además de poseer propiedades antimicrobianas (Cuero, 1999), antifúngicas y antibacterianas (Muzzarelli y Muzzarelli, 2003).

El potencial de aplicación del quitosano a alimentos es enorme y ha dado lugar a la aparición de diversas patentes para su aplicación a alimentos. Existen en la bibliografía numerosos estudios de aplicación de recubrimientos de quitosano a diferentes alimentos, desde frutas y hortalizas enteras o mínimamente procesadas a carnes y derivados y productos de la pesca (Jeon *et al.*, 2002; Ouattara *et al.*, 2002).

2.11 Quitina y quitosano

La quitina y el quitosano son materiales orgánicos producidos por invertebrados de agua dulce (artrópodos, briozoos y zooplancton). En el medio salado son producidos fundamentalmente por crustáceos haloplanctónicos (copepodos, cladocera, euphasiaceae) y por especies marinas pelágicas y bénticas (incluyendo crustáceos, hidrozoos y briozoos). Algunos animales terrestres también poseen tegumentos quitinosos (insectos, crustáceos, anélidos y moluscos) mientras que hongos, levaduras y mohos igualmente tienen paredes celulares quitinosas.

La quitina fue encontrada por primera vez en 1811 por el profesor Henri Braconnot en hongos. En 1830 se aisló en insectos y se le dio el nombre de quitina. El descubrimiento del quitosano en 1859 por C. Rouget supuso el inicio de una investigación intensiva sobre estos compuestos.

2.12 Composición química del quitosano

Es un polisacárido catiónico lineal compuesto por unidades de β -(1-4)-2-desoxi-2-amino-D-glucopiranososa (D-glucosamina) y β -(1-4)-2-desoxi-2-acetamido-D-glucopiranososa (Nacetil-D-glucosamina; presenta una configuración helicoidal tridimensional estabilizada mediante de enlaces de hidrógeno entre los monómeros que lo forman.

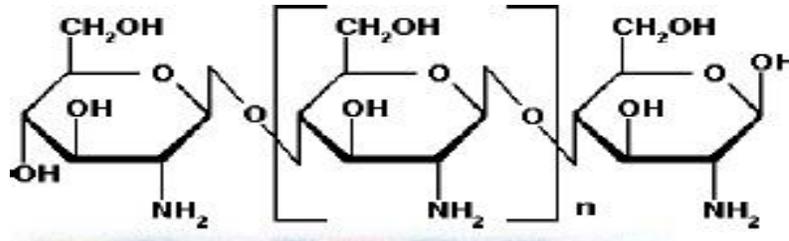


Figura 1.- Estructura química del quitosano.

2.13 Obtención del quitosano

La obtención del quitosano se produce por desacetilación de la quitina y se puede realizar mediante procesos químicos o enzimáticos. Sin embargo, las condiciones específicas de la reacción dependerán de diversos factores, tales como el material de partida, el tratamiento previo, y el grado de desacetilación deseado. En la siguiente figura (Figura 2) se muestran los pasos elementales para la obtención del quitosano.

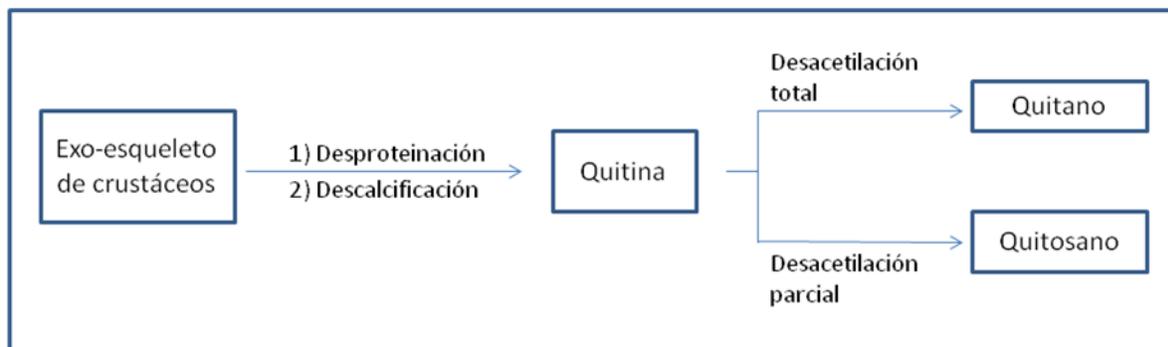


Figura 2.- Diagrama para la obtención de quitosano.

2.13.1 Método químico

Se puede llevar a cabo de dos formas, homogénea y heterogénea.

a) La desacetilación homogénea. Esta consiste en que la quitina es suspendida en el álcali y la suspensión es refrigerada con hielo para disolver la quitina en la solución. Luego se somete a desacetilación a temperaturas cercanas a la del ambiente durante periodos largos de tiempo. Esto permite que la reacción no se localice en determinados lugares de la cadena y que el ataque a los grupos amidas sea más uniforme.

b) La desacetilación heterogénea. Consiste en que las moléculas de quitina son dispersadas en una solución alcalina caliente, general mente de hidróxido de sodio. Las condiciones en las que se lleva a cabo la desacetilación 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. Para disminuir la pérdida de peso molecular del polímero es conveniente la ausencia de oxígeno o la presencia de un antioxidante para evitar su despolimerización.

Se ha demostrado que mientras que el quitosano obtenido en el proceso heterogéneo presenta polidispersión del grado de acetilación de sus cadenas, mientras que el obtenido por vía homogénea tienen la misma composición.

2.13.2 Método enzimático

Goycochea F. (1998) nos habla que la 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 desacetilasa es la enzima que cataliza la conversión de quitina a quitosano por la desacetilación de los residuos N acetil D glucosamina. La limitación de este método es que la enzima no es muy efectiva en la desacetilación de quitina insoluble, y por lo tanto es necesario un pre tratamiento.

2.14 Propiedades físico-químicas del quitosano

Debido a su alto peso molecular y a su estructura lineal no ramificada, el quitosano es un potente agente viscosizante en medio ácido y se comporta como un material pseudoplástico, con viscosidad dependiente de la agitación. La viscosidad de las soluciones de quitosano aumenta al incrementar la concentración de éste, mientras que disminuye al elevar la temperatura y el grado de desacetilación del producto.

Es insoluble a pH alcalino y neutro, siendo soluble sólo en ácidos, sobre todo en ácidos orgánicos, presentando solubilidad limitada en ácidos inorgánicos. En disolución, los grupos amino del polímero se protonan dando como resultado un polisacárido soluble cargado positivamente ($R-NH_3^+$). Por otra parte, las sales de quitosano (con glutamato o cloruro) son solubles en agua, siendo la solubilidad dependiente del grado de desacetilación del quitosano. Así, con bajo grado de desacetilación, llega a ser soluble hasta $pH = 9$, mientras que con un grado de desacetilación alto es soluble hasta $pH = 6,5$ (7).

Otras posibles aplicaciones del quitosano en alimentos son como agente espesante, estabilizante, espumante, ligante, emulsificante, quelante, humectante, como ayudante en la fabricación y texturización de proteínas solubles, como coadyuvante en la extensión de la vida de anaquel de encurtidos y como material de empaque biodegradable.

2.15 Propiedades biológicas o farmacológicas del quitosano

Todos los quitosanos presentan efecto hipocolesterolemizante independientemente del peso molecular. Además el quitosano tiene la ventaja de no producir deterioro de la mucosa.

2.16 Actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana del polímero puede deberse a la interacción electrostática entre los grupos amino del quitosano y los sitios aniónicos de las paredes celulares bacterianas con restos de ácidos carboxílicos y fosfolípidos.

En el caso de *E.coli*, la acción bactericida del quitosano se explica por la unión de los policationes del polímero con los aniones de la superficie bacteriana, alterando la permeabilidad de la membrana de la glucosa y lactato deshidrogenasa. El quitosano también previene la adherencia a la hidroxiapatita dental de *Streptococcus mutans*, responsable de muchas caries dentales, regenera los tejidos blandos orales, protege de los efectos de los ácidos orgánicos y posee efectos bactericidas, por lo que es posible añadir quitosano en pequeñas cantidades en pastas de dientes, chicles y colutorios bucales

2.17 Usos y aplicaciones

Las aplicaciones del quitosano son muy amplias, existiendo sectores en los que su utilización es habitual y conocida, y otros en los que constituye actualmente una interesante vía de investigación:

2.17.1 Tratamiento de aguas

Quitina-Quitosano y sus derivados actúan como quelantes de metales de transición y contaminantes ambientales (PCBs), como removedores de iones metálicos (Hg, Cd, Pb, Ag y Ni), como floculantes coagulantes y precipitantes de proteínas, aminoácidos, tintes, colorantes, algas, aceites, metales radioactivos (U y Co), partículas en suspensión y pesticidas. Por ello se emplean en el tratamiento de piscinas y estanques, efluentes de industrias de alimentación y residuos alimenticios (reduciendo la DQO hasta en un 80%), aguas residuales (refinerías de petróleo, plantas procesadoras de pescado, cerveceras, mataderos, etc.) y en el tratamiento de agua de bebida.

2.17.2 Industria alimentaria

- Como aditivos en los alimentos: Por sus propiedades como espesantes, gelificantes y emulsificantes se utilizan como mejoradores de la textura, ya que fijan agua y grasa. También se emplean como estabilizantes del color, como agente que previene la precipitación en el vinagre, como aditivos con características nutricionales (fibra dietética, ingrediente funcional), en galletas y

pan (previene la disminución del volumen de la masa), como aditivo para alimentación animal (hasta el 10% en alimento para pollos) aumenta el crecimiento, el vigor y el incremento de bifidobacterias en el buche que bloquean el desarrollo de otros microorganismos y generan lactasa. También son utilizadas en harinas de marisco (shellfish), que contienen proteína quitina y astaxantina y que se usan en alimentación del salmón.

- Envoltura y recubrimiento protector de alimentos: Los recubrimientos con quitosano son resistentes, duraderos y flexibles con propiedades mecánicas similares a polímeros comerciales de fuerzas medias. Su uso en films comestibles puede favorecer la protección de la vida salvaje, ya que aunque sean ingeridos por algunos animales (el 30% de los peces marinos tienen plásticos en su estómago) pueden ser fácilmente degradados por enzimas existentes en el estómago de algunos de estos. También se emplean junto con otros elementos en recubrimientos para frutas (N, O-carboximetilquitina) retrasando el envejecimiento, disminuyendo la oxidación, las pérdidas por transpiración y protegiendo frente al ataque de hongos.

Su acción como protector de alimentos frente a microorganismos (concentraciones = o > del 0,02% protegen frente a *E. Coli*) como bacterias, levaduras y hongos. Es interesante para la obtención de alimentos mínimamente procesados y para retrasar la aparición del off-flavor (sabores extraños) en la carne. En concreto, la acción antimicrobiana la realizan privando a los microorganismos de iones vitales (Cu), bloqueando o destruyendo la membrana, filtrando constituyentes intracelulares, y formando complejos polielectrolíticos con polímeros ácidos y células de superficie.

2.17.3 Medicina.

El quitosano y sus formas derivadas son empleados con éxito en diversos ámbitos de la medicina y en otros su aplicación está en fase de estudio y desarrollo.

- Por sus propiedades antimicrobianas (activa quitinasa y b-gluconasa): Su histocompatibilidad y su capacidad de retención de humedad y de liberación controlada de sustancias así como por sus propiedades mecánicas (elasticidad), las moléculas de quitosano forman parte de vendajes, lentes de contacto, gotas oftalmológicas, cremas y recubrimientos para quemaduras, heridas y úlceras, suturas quirúrgicas reabsorbibles, implantes y cultivos de tejido (eliminando la contaminación por microorganismos).

- Control del colesterol sanguíneo: En los últimos años algunos estudios han demostrado la capacidad del quitosano para reducir de forma efectiva la absorción de grasa de la dieta, reducir la presión sanguínea y disminuir los niveles de colesterol sérico. Todo ello gracias a un mecanismo de formación de enlaces iónicos con los que se fija a diferentes tipos de aniones, tales como ácidos biliares y ácidos grasos libres, y a su capacidad de formar micelas con el colesterol, con lo que disminuye la absorción de ácido cólico y su aporte al hígado.

2.17.4 Biotecnología.

El quitosano actúa en la inmovilización de enzimas como la glucosa isomerasa, empleándose en lechos para biorreactores, en la separación de proteínas, en biosensores (monitorizando la oxidación de los lípidos en músculo de pescado y crustáceos), en recubrimientos celulares, cromatografía, inmovilización celular, reacción con aldehidos, captación de células y enzimas y en la producción de proteínas de única célula.

2.17.5 Agricultura.

En recubrimientos de semillas, como fertilizante y spray foliar, en la conservación de las frutas, como nematocida e insecticida, en la protección frente a plagas y ataque de hongos (induciendo la acción de las quitinasas frente a hongos), como virucida y estimulante del crecimiento (transporte de nutrientes).

2.17.6 Cosmética.

Son varias sus aplicaciones por sus propiedades humectantes (cremas de manos, lociones de baño), abrasivas (limpieza de la piel), su polaridad positiva (fijación de los productos a piel y pelo) y no alergenicidad. Se emplea con éxito como matriz apropiada para otros ingredientes, en el cuidado bucal (pasta de dientes y colutorios bucales) y en el tratamiento para la celulitis (patentado).

2.17.7 Industria papelera.

Empleo en la elaboración del papel, aumento del rendimiento de la pulpa y de la capacidad de retención de agua (pañuelo de papel), como adhesivo, tratamiento de superficie en el papel (mayor resistencia y mejor fijación de la tinta), papel fotográfico, separación de productos y recuperación de componentes.

2.17.8 Tecnologías de membrana.

Para la separación de componentes (filtros moleculares), en columnas cromatográficas, como absorbentes de encapsulación, para el control de permeabilidad, en osmosis inversa, electrodiálisis, quitina magnética y aislamiento de lisozima.

2.17.9 Alimentos nutraceuticos.

En alimentos funcionales (bebidas, barras comestibles, etc.) por sus características de solubilidad y la posibilidad de obtención de múltiples compuestos derivados.

2.17.10 Industria textil.

El quitosano se utiliza como agente para evitar el encogimiento de los tejidos y como fijador del color.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Material utilizado

3.1.1 Reactivos

- ◆ Agua destilada
- ◆ Acido cítrico
- ◆ Quitosano
- ◆ Acido oleico
- ◆ Tween 80
- ◆ Peptona de carne
- ◆ Agar Papa Dextrosa
- ◆ Agar para Cuenta Estándar
- ◆ Alcohol etílico

3.1.2 Material consumible

- ◆ Cajas Petri de Plástico (Sym-Lab)
- ◆ Algodón
- ◆ Papel estroza
- ◆ Kleen pack
- ◆ Ziploc
- ◆ Cinta

3.1.3 Material de vidrio PYREX

- ◆ Vasos de precipitado
- ◆ Probetas
- ◆ Pipetas
- ◆ Matraz Erlenmeyer
- ◆ Tubos de ensaye con rosca
- ◆ Frascos

3.1.4 Equipo utilizado

- ◆ Balanza Analítica Ohaus Modelo Scout-Pro capacidad 600g.
- ◆ Analizador de Humedad Precisa Mod. XM50 Método Estándar
- ◆ Cuenta colonias
- ◆ Horno de Secado Quincy Lab (Ambiente a 240 °C)
- ◆ Horno de Secado Novatech (Ambiente a 240°C)
- ◆ Incubadora Riossa E-71 (Ambiente 60°C)
- ◆ Autoclave Evar EV24
- ◆ Parrilla de Agitación y Calentamiento Talboys
- ◆ Mecheros Fisher
- ◆ Refractómetro Atago
- ◆ Colorímetro CR-400 Konica Minolta
- ◆ Refrigerador
- ◆ Micropipeta

3.2 Elaboración del queso asadero

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

Para la elaboración del queso asadero se utilizaron 40 litros de leche, fresca y acida, mezclando cada una con su respectiva acidez, y ya combinadas se vuelve a tomar la acidez para ver la acidez total y así poder empezar a pasteurizar a una temperatura de 40 °C, una vez alcanzada esta temperatura, se agregó el cuajo líquido estandarizado (cuamex) en base a la cantidad de leche (3 ml c/10 L.).

Posteriormente se dejó en reposo durante un periodo de 20 min, una vez transcurrido el tiempo se corto la cuajada de forma horizontal y vertical, esto se hace conservando la temperatura de 40°C, a continuación se desuero, una vez drenado el suero se agregó 40 g de sal con respecto al total de la leche.

Enseguida se procedió a fundir la cuajada a fuego muy lento para que tome una forma y apariencia agradable, así como la elasticidad necesaria para formar la bolas de queso, una vez que adquiera estas características se procede a la formación de la bolitas, en este caso formamos 16 pequeños quesos y de ahí se pasaron a refrigeración a una temperatura de 4°C (figura 3).



Figura 3.- Elaboración de queso Oaxaca.

3.3 Elaboración del recubrimiento

La elaboración del recubrimiento se realizó en el laboratorio de Alimentos, del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, a continuación en el cuadro 4 se muestran las proporciones para preparar 600 ml de recubrimiento:

Cuadro 4.- Ingredientes para la elaboración del recubrimiento.

RECUBRIMIENTO	
Ingredientes	Cantidad
Agua destilada	97.5 %
Acido cítrico	0.8 %
Quitosano	1%
Acido oleico	0.6 %
Tween 80	0.2 %

Para elaborar el recubrimiento se siguieron los siguientes pasos:

Se colocó el agua destilada en un vaso de precipitado marca Pyrex con capacidad de 1 litro en una parrilla de agitación y calentamiento hasta alcanzar una temperatura de 40°C.

Alcanzada la temperatura se agregó el acido cítrico y se mantuvo en constante agitación (600-800 rpm) hasta su dilución, posteriormente se agregó el quitosano agitándolo durante 1h y una vez transcurrido el tiempo se le adiciona el ácido oleico y el tween 80.

3.4 Aplicación del recubrimiento al queso asadero

Una vez elaborada el recubrimiento se deja enfriar y se aplica por inmersión durante 5 min cada pieza de queso (figura 4) y cuando se hallan sumergido todos se meten en el horno de calentamiento para secar las muestras a una temperatura de 45° C por 15 min, posteriormente se sacan y se depositan en bolsas de plástico ziploc para conservalos en refrigeración (4°C) hasta su análisis.



Figura 4.- Aplicación del recubrimiento.

3.5 Determinación de humedad

Para determinar la humedad se hizo a través del aparato Analizador de Humedad Precisa Mod. XM50 Método Estándar el cual ya da la humedad final. El procedimiento para analizar la humedad fue muy sencilla ya que solo se cortaron 5 muestras de queso de un tamaño aproximado de entre 1 y 2 g y los cuales se depositan dentro del analizador de humedad (figura 5), el tiempo que duraba el analizador en darnos la humedad era de 10 min por muestra.



Figura 5.- Determinación de humedad.

3.6 Determinación de firmeza

La firmeza del queso se determinó con un penetrómetro 0.5mm (figura 6), realizando 5 mediciones en 5 puntos diferentes de cada muestra, tomando como referencia la parte marcada de la puntilla.



Figura 6. Determinación de firmeza.

3.7 Determinación de sólidos solubles totales

Para determinar el contenido de sólidos solubles se peso 1 g de queso y 9 ml de agua destilada, posteriormente se homogenizaron ambos en un mortero (figura 7) y se colocó una gota en el refractómetro obteniendo la lectura en °Brix.



Figura 7.- Determinación de sólidos solubles totales.

3.8 Determinación de color

Se utilizó un colorímetro CR-400 Konica Minolta para la determinación de color, el cual se evaluó con el propósito de ver los cambios que sufría el queso durante un

periodo de tiempo (días), las lecturas se tomaban cada 5 días, en distintas partes del queso.

Para la interpretación de resultados se utilizó este diagrama de cromaticidad para determinar color ($L^*a^*b^*$) (figura 8) donde:

L^* : Indica luminosidad

a^* y b^* : Coordenadas de cromaticidad

$+a^*$: Es la dirección del rojo

$-a^*$: Es la dirección del verde

$+b^*$: Es la dirección del amarillo

$-b^*$: Es la dirección del azul.

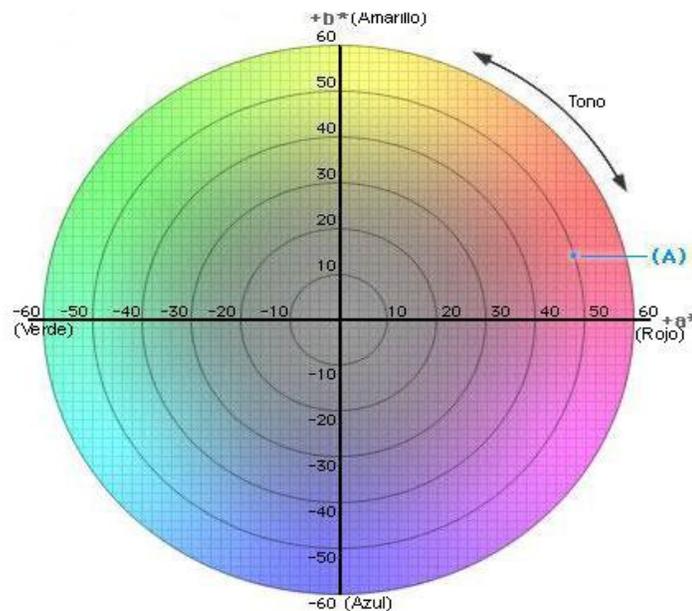


Figura 8.- Diagrama de Cromaticidad ($L^*a^*b^*$).

3.9 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se determinó mediante la carga microbiana de bacterias, hongos y levaduras.

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

Se pesaron 10 g de muestra se homogenizaron con 90 ml de peptona de carne al 0.5%, las cuales las diluciones decimales fueron: de 10^{-1} hasta 10^{-3} .

Se emplearon diluciones de 10^{-2} y 10^{-3} para inocular 1 ml de la muestra a cada caja petri con el medio correspondiente.

Agar PDA era determinar el crecimiento de Hongos y el agar para Cuenta Estándar era para bacterias. Una vez hecha la siembra se pasaban a las incubadoras por un periodo de 24 a 48 hrs y para el conteo de microorganismos se utilizó un cuentacolonia y el resultado se expreso en UFC/g (figura 9).

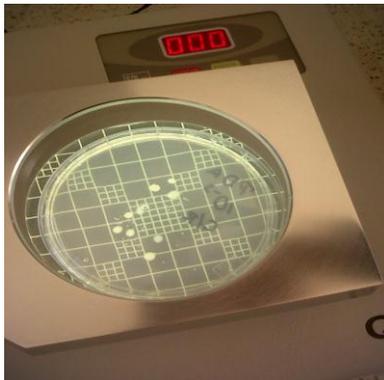


Figura 9.- Análisis microbiológico del queso.

3.10 Evaluación sensorial

Para el análisis sensorial de nuestra muestra se corto el queso en trozos pequeños de aproximadamente 2 g, para que nuestros jueces pudieran identificar la diferencia entre una muestra con recubrimiento y otra si él (figura 10). A cada juez se le proporcionaron 4 muestras en una charola, 2 con recubrimiento y 2 sin recubrimiento para posteriormente ser evaluados en base a las características de color, olor, sabor y textura.



Figura 10.- Evaluación sensorial del queso.

3.11 Descripción de tratamientos aplicados

Con este trabajo pretendemos realizar una prueba para alargar la vida de anaquel del queso Oaxaca la cual se describe como sigue:

Los tratamientos evaluados fueron: un testigo y un tratamiento. Queso sin recubrimiento-Testigo y queso con recubrimiento de quitosano-Tratamiento.

Cuadro 5.- Tratamientos aplicados al queso Oaxaca.

Control	Tiempo de almacenamiento (días)				Almacenamiento
T	1	5	10	15	Refrigeración
T	1	5	10	15	Refrigeración
T	1	5	10	15	Refrigeración
T	1	5	10	15	Refrigeración
R/Q	1	5	10	15	Refrigeración
R/Q	1	5	10	15	Refrigeración
R/Q	1	5	10	15	Refrigeración
R/Q	1	5	10	15	Refrigeración

T: Testigo

R/Q: Recubrimiento con quitosano

Control	Tiempo de almacenamiento (días)						Almacenamiento
T	1	5	10	15	20	25	Refrigeración
R/Q	1	5	10	15	20	25	Refrigeración

T: Testigo

R/Q: Recubrimiento con quitosano

En el cuadro 5 se muestran las fechas en las que se evaluó el queso Oaxaca, la evaluación se hacía cada 5 días hasta llegar a los 15 después de la aplicación del

recubrimiento. Y otra fue de un periodo un poco más prolongado 25 días después de la aplicación del recubrimiento.

3.12 Parámetros a evaluar

- Color (L*a*b*)
- Sólidos solubles totales (°Brix)
- Humedad (%)
- Análisis microbiológico: conteo de UFC/g de bacterias y hongos.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Características físico-químicas del queso Oaxaca

4.1.1 Humedad

La figura 11 muestra los resultados obtenidos de la humedad, la cual no presentó diferencias estadísticamente significativas. Los cambios presentados por el testigo y el tratamiento fueron: la humedad fue mayor sin el recubrimiento, con una media de 93.05, y con recubrimiento fue de 92.65. Respecto a los días transcurridos, se encontró que existe diferencia significativa ($P < 0.01$), pero en este aspecto también se tuvo una sorpresa, ya que la media a los 15 días fue de 92.02, mientras que a los 25 días aumentó a 94.51.

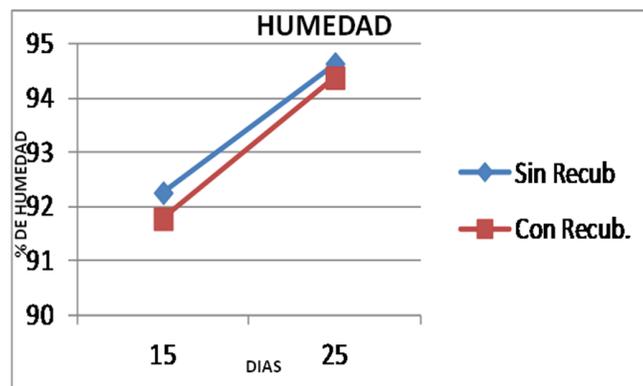


Figura 11.- Variable humedad, respecto al recubrimiento y los días transcurridos.

Con base a los resultados obtenidos, la humedad no presentó interacción entre la muestra testigo y la aplicación del recubrimiento, ya que el promedio fue de 92.02% y 94.51%, es decir, el comportamiento de la humedad solo se vio influenciada por los días. Y haciendo una comparación con otras investigaciones de películas en queso panela, el comportamiento de la humedad se mantuvo estable, ya que la diferencia porcentual de los tratamientos en comparación con el testigo fue de: 2.3% en el de la película con ajo y 1.1% sin adición de ajo, citado por Garcia Angel (2009). Lo cual indica que los tratamientos con recubrimiento disminuyeron la pérdida de humedad en el queso.

4.1.2 Firmeza

En el análisis de la firmeza, los resultados muestran que existen diferencias significativas ($P < 0.01$) en ambos factores, la media sin recubrimiento es de 1.65 y con recubrimiento es de 1.25. Con respecto a los días transcurridos, la firmeza tiene una media de 1.26 a los 15 días y 1.76 a los 25 días. Por lo que no existe interacción entre los factores (figura 12).

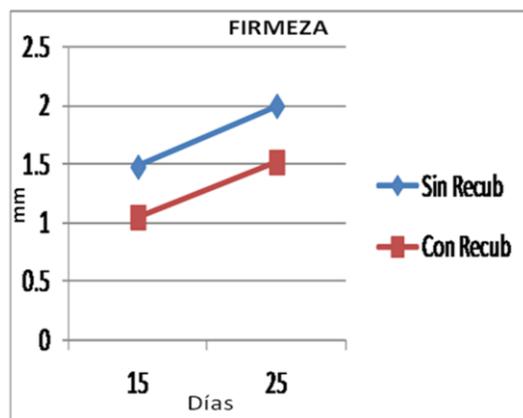


Figura 12.- Variable firmeza, respecto al recubrimiento y los días transcurridos.

4.1.3 Sólidos Solubles Totales

La variable sólidos solubles tiene diferencia muy significativa en ambos factores ($P < 0.01$), sin embargo, no presenta diferencia en la interacción (figura 13), lo que indica que el comportamiento con o sin recubrimiento tiene el mismo patrón. Los promedios de sólidos solubles aumentaron de 1.37 sin recubrimiento a 1.56 con recubrimiento, y también hubo un aumento en los días transcurridos, ya que pasaron de 1.32 a los 15 días a 1.76 a los 25.

El comportamiento se muestra en la figura 13.

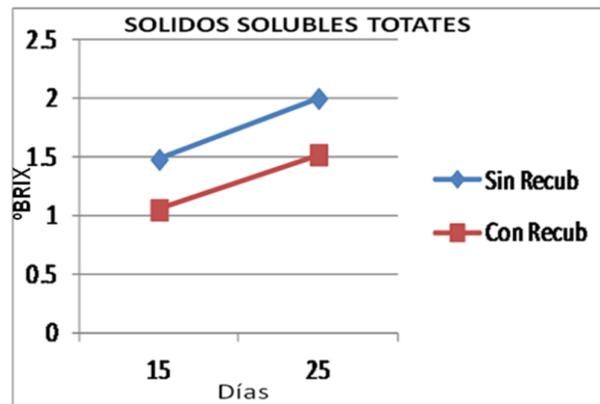


Figura 13.- Variable sólidos solubles respecto al recubrimiento y los días transcurridos.

Haciendo una comparación entre los resultados de esta investigación con otra se dice que hay una correlación directa entre sólidos solubles totales y la firmeza, dado a que mayor concentración de sólidos solubles, mayor es la firmeza, citado por De la Rosa (2007), es por esto que no existe interacción entre ambos factores.

4.1.4 Luminosidad (L^*)

Con respecto a la variable luminosidad no existe diferencia en ninguno de los dos factores. Con el recubrimiento la disminución es de menos de dos décimas, ya que pasa de 81.06 sin recubrimiento a 80.23 con recubrimiento; respecto a los días transcurridos se observó una disminución de la luminosidad en la muestra

testigo y el tratamiento aplicado, esto se debe en función al tiempo ya que pasa de 80.94 a los 15 días a 80.04 a los 25 días.

Por lo que se puede decir que la aplicación del recubrimiento si es factible ya que el decremento de la luminosidad fue menor, asemejandose al testigo.

Existe una pequeña interacción que se muestra en la figura 14 pero no es estadísticamente significativa.

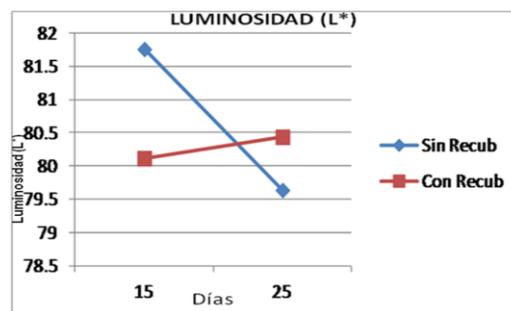


Figura 14.- Variable luminosidad respecto al recubrimiento y los días transcurridos.

4.1.5 Cromaticidad (a*)

Al hacer el análisis de cromaticidad mostró que hubo diferencia significativa en el eje "a" respecto a los días transcurridos, ya que las medias pasaron de -3.75 a los 15 días, y -4.01 a los 25, esto significa que el producto adquirió una coloración muy ligera a verde de acuerdo al diagrama de cromaticidad ($L^*a^*b^*$), aunque en realidad solo se torno un poco más opaco (inoloro); sin embargo no hubo diferencia significativa con el uso del recubrimiento, ya que las medias fueron de -3.79 sin recubrimiento y -3.83 con recubrimiento respectivamente, tan solo fueron 4 centésimas de diferencia, es por esto que no hubo interacción entre ambos. Dicho comportamiento o semejanza se muestra en la figura 15.

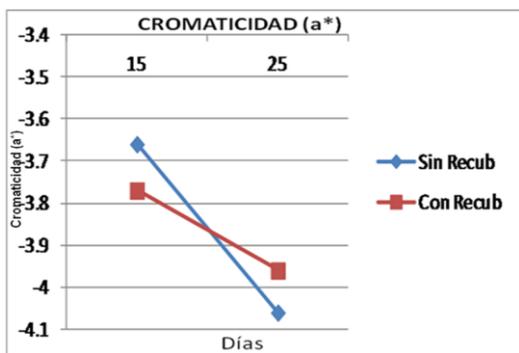


Figura 15.- Variable eje “a” del cromatógrafo respecto al recubrimiento y los días transcurridos.

4.1.6 Cromaticidad (b*)

En lo que respecta al eje “b” tiene el mismo comportamiento que el eje “a”, ya que presenta diferencia significativa respecto a los días transcurridos, con medias que van de 17.89 % a los 15 días y 19.11 % a los 25 días. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre el uso del recubrimiento y su ausencia; sin embargo hubo una pequeña diferencia, sin recubrimiento la media fue de 18.22 % y con recubrimiento 18.37 %. El comportamiento de este parámetro se muestra en la figura 16.

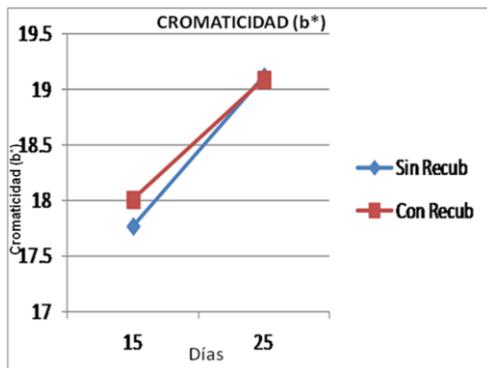


Figura 16.- Variable eje “b” del cromatógrafo respecto al recubrimiento y los días transcurridos.

4.2 Características microbiológicas

Para el análisis de bacterias, hongos y levaduras se utilizaron 64 muestras de queso. A la mitad se les aplicó el recubrimiento, el resto se quedó como testigo. De cada grupo de 32 muestras, 20 se analizaron a los 15 días y 12 a los 25 días.

Las variables que se analizaron fueron: a) formación de colonias de bacterias en dilución de -2, b) colonias de bacterias en dilución de -3, c) hongos y levaduras en una dilución de -2 y d) hongos y levaduras en una dilución de -3, obteniendo los resultados en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g).

4.2.1 Bacterias

En cuanto a bacterias en dilución -2, no existe diferencia significativa entre el uso del recubrimiento y la ausencia de éste, las medias fueron de 1.2 y 0.6 respectivamente.

En cuanto a los días transcurridos no hubo diferencia estadísticamente significativa a los 15 y a los 25 días, ya que las medias fueron 1.05 y 0.75, para cada evaluación, presentándose una interacción pero que no es significativa (figura 17).

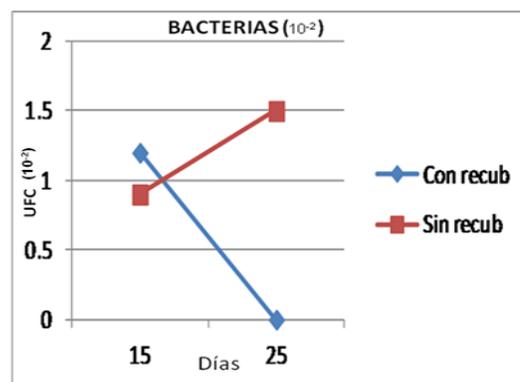


Figura 17.- Comportamiento de Bacterias en dilución -2 respecto al recubrimiento y días transcurridos.

En una dilución de -3 (figura 18), no hubo diferencia significativa en el recubrimiento, puesto que no hubo diferencia en los días transcurridos y tampoco hubo interacción entre factores. Quedando de la siguiente manera: sin recubrimiento la media fue de 0.05 y con recubrimiento 0.125, a los 15 días la media fue de 0.17 y a los 25 de 0 (cero).

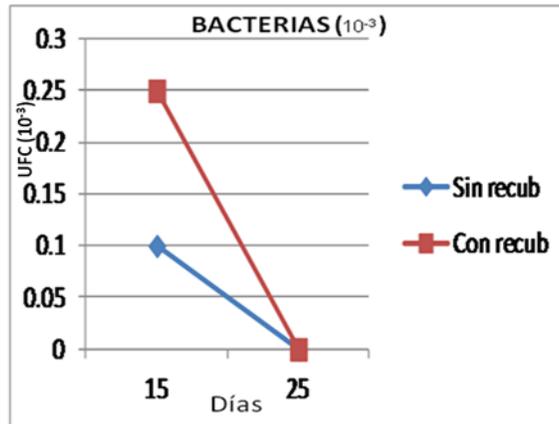


Figura 18.- Comportamiento de Bacterias en dilución -3 respecto al recubrimiento y días transcurridos.

4.2.2 Hongos y levaduras

Con lo que respecta a hongos y levaduras en un dilución de -2, hubo un aumento de los 15 a los 25 días, pero esta diferencia no representa una diferencia significativa respectivamente. Con recubrimiento hubo una ligera disminución de colonias en el conteo, pero tampoco fue suficiente para marcar una diferencia significativa.

Como no hubo interacción entre los factores, quiere decir que ambos factores tienen un comportamiento similar (figura 19). Sin recubrimiento se tuvo una media de 13.81 y con recubrimiento fue de 12.12, la media a los 15 días fue de 10.4 y a los 25 fue de 15.54.

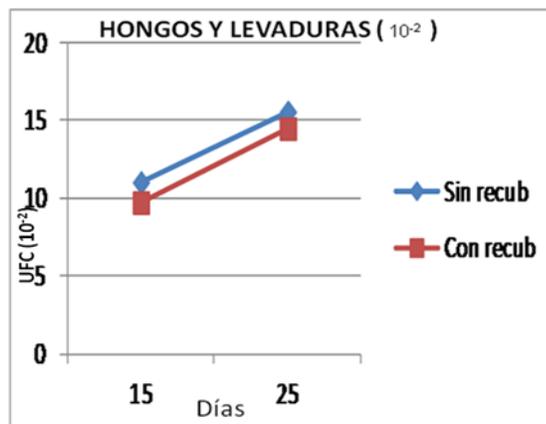


Figura 19.- Comportamiento de hongos y levaduras en dilución -2 respecto al recubrimiento y días transcurridos.

En una dilución de -3, se tiene un comportamiento similar al de la dilución -2. Hay un aumento en el conteo en el transcurso de los días, pero no es suficiente para establecer una diferencia significativa, y sin recubrimiento también hay un aumento, sin representar una diferencia significativa. Sin recubrimiento se tuvo una media de 14.69 y con recubrimiento fue de 12.85, la media a los 15 días fue de 11.5 y a los 25 fue de 16.04 respectivamente.

El comportamiento se muestra en la figura 20.

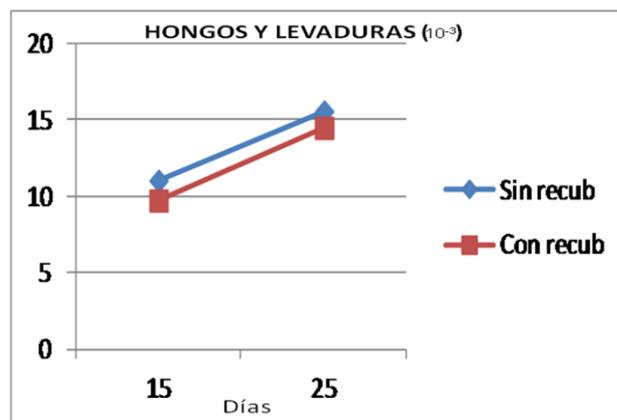


Figura 10.- Comportamiento de hongos y levaduras en dilución -3 respecto al recubrimiento y días transcurridos.

Con respecto a los resultados anteriores se confirma lo publicado por Beltrán 2004, ya que, al aplicar un recubrimiento comestible de quitosano a un producto disminuye el crecimiento microbiano. Se comprueba nuevamente en la investigación realizada por García Angel (2009), en la cual se presentaron lecturas inferiores en los tratamientos con recubrimientos en comparación con el testigo, aplicando extracto de ajo como antimicrobiano lo cual ayudó a disminuir la carga microbiana.

4.3 Análisis sensorial

Se hizo la evaluación en base a las características sensoriales de color, olor, sabor y textura en queso oaxaca, en el cual participaron 52 jueces quienes nos ayudaron a realizar esta prueba y en base a los resultados obtenidos se hizo la

comparación con la tabla de pruebas de “una cola” con un nivel de probabilidad del 1% de Roessler y col (1956) dando como resultado lo siguiente:

4.3.1 Color

En cuanto a la característica de color se observa que hay diferencia significativa (figura 21) ya que el número de respuestas correctas necesarias fueron suficientes para establecer dichas diferencias, ya que la mayoría de los jueces, que en este caso fueron 37 determinaron que el color era diferente ya que conservo su color natural y el testigo se tornó a un color más amarillo (opaco) con 15 jueces a favor.

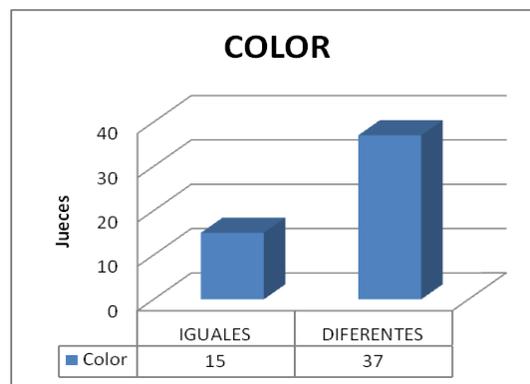


Figura 11.- Evaluación sensorial en base al color del queso.

4.3.2 Olor

No se logró establecer diferencia significativa en esta característica ya que los jueces estuvieron de acuerdo en que el testigo y el tratamiento con recubrimiento tenían el mismo olor (figura 22), por lo tanto la diferencia de opiniones fue mínima, ya que de los 52 jueces 25 dijeron que tenían el mismo olor y 27 con olor diferente, tomando como referencia las tablas de Roessler y col. (1956), no se logro establecer diferencia significativa.

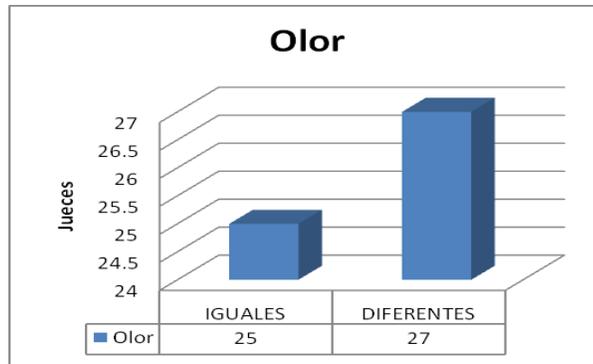


Figura 12.- Evaluación sensorial en base al olor.

4.3.3 Sabor

El 80% de los jueces participantes dijeron que tenían sabor diferente ya que el recubrimiento dejaba un pequeño resabio, el cual fue desfavorable para ellos, por lo que prefirieron a la muestra testigo, se puede mejorar el sabor del recubrimiento en posteriores investigaciones ya que se demostró que verdaderamente alarga su vida útil. Y al hacer la comparación con Roessler y col. (1956) si se obtuvo una diferencia significativa ya que solo el 20% dijo que el sabor era igual (figura 23).

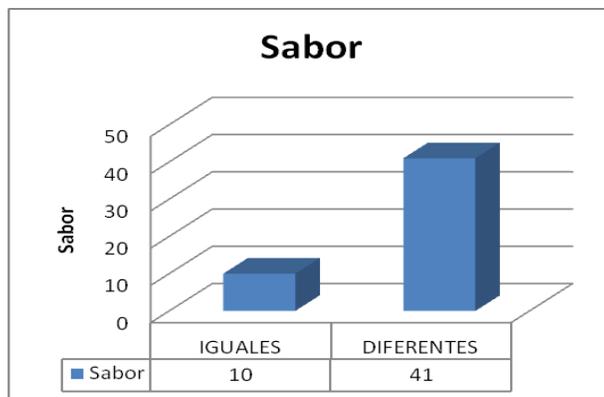


Figura 13.- Evaluación sensorial en base al sabor.

4.3.4 Textura

Como característica final tenemos a la textura, y al hacer el conteo de la evaluación de los jueces se estableció que si hay diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento aplicado y el testigo, el tratamiento adquirió una textura mucho más suave y la muestra testigo conforme pasaba el tiempo tomaba una textura un poco mas dura. Y de los 52 jueces 37 estuvieron de acuerdo en que eran diferentes y 15 iguales y de acuerdo a las tablas de Roessler y col. (1956), se requieren de 34 juicios para que la diferencia sea significativa (figura 24).

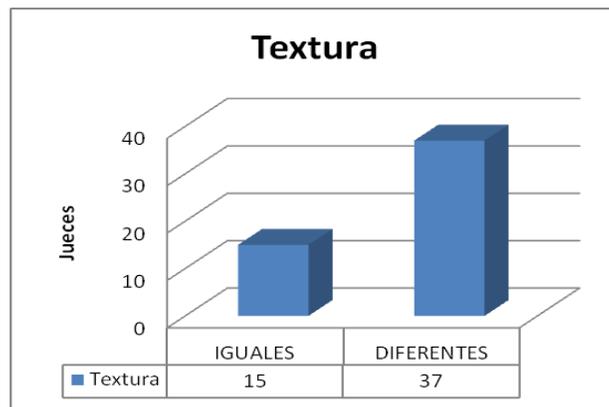


Figura 14.- Evaluación sensorial en base a la textura.

V CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos durante este estudio, se concluye que el emplear un recubrimiento comestible a base de quitosano, disminuye la pérdida de humedad en el queso Oaxaca, además de que mantiene los sólidos solubles totales sin cambio alguno.

En cuanto al parámetro de luminosidad (L^*), se demostró que el recubrimiento le proporcionó brillantez al queso siendo este un parámetro sensorial importante ya que le da mejor apariencia e indica frescura en el producto, aunque disminuye con el tiempo. En cuanto a los factores de cromaticidad (a^*b^*), no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto a los resultados obtenidos en el análisis microbiológico, se concluye que la aplicación del recubrimiento comestible de quitosano, realmente inhibe el crecimiento microbiano en el queso.

Con respecto a la evaluación sensorial en queso, si hubo diferencia significativa ya que los jueces establecieron diferencias entre la muestra testigo y el tratamiento aplicado.

Al aplicar el recubrimiento comestible a base de quitosano se logró alargar la vida de anaquel del queso Oaxaca hasta 25 días.

VI Referencias Bibliográficas

Adams, .M.R. Y Moss, M.O. 1997. "Microbiología de los alimentos". Ed. Acribas, S,A., Zaragoza, España.

Anónimo 1 "El acido cítrico". [En línea]. Consultado 17 de enero de 2012. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/el-acido-citrico-32049.htm>, -01-18

Anónimo 2 "Espacio de color L*a*b*". [En línea]. Consultado el 09 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part1/07.html>

Anónimo 3 "Principales aplicaciones de los ácidos carboxílicos". [En línea]. Consultado 11 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/principales-aplicaciones-de-los-acidos-carboxilicos-10089.htm>

Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Hagenmaier, R.D., Baker, R.A. 1997. Use of lipids in coatings for food products. Food Technology, 51, 56-64.

Beltran Yaima Hernández. 2004. Monografía. Quitina y Quitosan Polisacáridos de animales de gran importancia. Disponible en línea en: <http://www.members.tripod.com/vecom.html>.

Carrillo-Inungaray María Luisa y Mondragón-Hernández Francisco Manuel. "Estudio de vida útil del queso asadero". Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, Volumen 12, No. 3. <http://www.respyn.uanl.mx/xii/3/articulos/queso.htm>

Cho, S.Y., Rhee, C. 2004. Mechanical properties and water vapour permeability of edible films made from fractionated soy proteins with ultrafiltration. *LWT-Food Science and Technology*, 37, 833-839.

Codex Standard 283-1978. NORMA GENERAL DEL CODEX PARA EL QUESO
<http://es.scribd.com/doc/14887962/CXS283s-Norma-General-Para-El-Queso>.

Adoptado en 1973. Revisión 1999. Enmienda 2006, 2008.

Cuero, R.G. 1999. Antimicrobial action of exogenous chitosan. En: Jollès, P., Muzzarelli, R.A.A. (eds.). *Chitin and Chitinases*. Ed. Birkhäuser Verlag, Switzerland, pp. 315-333.

Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J.L., Guilbert, S. 1996. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. *Journal of Food Science*, 61, 580-584.

Dangaran, K.L., Cooke, P., Tomasula, P.M. 2006. The effect of protein particle size reduction on the physical properties of CO₂-precipitated casein films. *Journal of Food Science*, 71, 196-201.

De la Rosa Osorio Breznev. Tesis de nivel licenciatura. Aplicación y evaluación de látex de poliacetato de vinilo (PVAc) como recubrimiento en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). UAAAN, 2007

Drake, S.R., Kupferman, E.M., Fellman, J.K. 1988. Bing sweet cherry (*Prunus avium L.*) quality as influenced by wax coatings and storage temperature. *Journal of Food Science*, 53, 124-126.

FDA 21CFR172. 2006. Food additives permitted for direct addition to food for human consumption. Subpart C. Coatings, Films and Related Substances. Code of Federal Regulations, Title 21, Volume 3.

Ganados & Carnes Buenos Aires, Michanie Silvia, Mayo 2004. "Listeria monocytogenes"., [En línea] Consultado el 26 de enero de 2012. Disponible en http://www.bpm-haccp.com.ar/index_archivos/pdf/Listeria-monocytogenes.pdf

García Zapata, Teonila y Roca Ortega, Johana Melissa. Industrialización de los crustáceos para la obtención de Quitosano en unguento con efecto cicatrizante. Ind. data, jul. 2008, vol.11, no.2, p.24-32. ISSN 1810-9993.

Gennadios, A., Weller, C.L. 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. Food Technology, 44, 63-69.

Gennadios, A., Weller, C.L. 1991. Edible films and coatings from soymilk and soy protein. Cereal Foods World, 36, 1004-1009.

Glicksman, M. 1983. Food Hydrocolloids. Vol. III. Ed. CRC Press Inc., Boca Raton, USA.

Goycochea F.t al. Preparation of chitosan from squid (Loligo spp.)pen by a microwave accelerated thermochemical process.Advances in Chitin Science,Domard A,Roberts G,Varum K, Editors.Jacques Andre Publisher:Lyon.1998: 78 83.

Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L. 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. Journal of Food Science, 57, 190-195.

Greener, I., Fennema, O. 1994. Edible films and coatings: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. En: Krochta, J.M., Baldwin, E.A.,

Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Ed. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA, pp. 1-24.

Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. En: Mathlouthi, M. (Ed.). Food Packaging and Preservation. Theory and Practice. Ed. Elsevier Applied Science Publishers, New York, USA, pp. 371-394

Guilbert, S. 2000. Edible Films and Coatings and Biodegradable Packaging. Bulletin of the International Dairy Federation, 346, 10-16.

Guilbert, S., Gontard, N., Gorris, L.G.M. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. LWT-Food Science and Technology, 29, 10-17.

Hadwiger, L.A., Beckman, J.M. 1980. Chitosan as a component of pea-Fusarium solani interactions. Plant Physiology, 66, 205-211.

Hagenmaier, R.D., Baker, R.A. 1997. Edible coatings from morpholine-free wax microemulsions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 349-352.

Hernández, E. 1994. Edible coatings from lipids and resins. En: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Ed. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA, pp. 279-303.

Hood, L.L. 1987. Collagen in sausages casings. Advances in Meat Research, 4, 109.

Garcia Angel Humberto. "Efectos de películas de quitosano sobre la vida de anaquel del queso panela". Licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Septiembre 2009.

Instituto de Investigaciones Biomédicas, "Salmonella spp" Internet. Disponible en <http://idibam.blogspot.com/2009/01/salmonella-spp.html>; 15 de enero de 2009.

Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A., Shahidi, F. 2002. Chitosan as an edible film for quality preservation of Herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5167-5178.

Jiang, Y., Li, Y. 2001. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality and longan fruit. *Food Chemistry*, 73, 39-143.

Kenneth Todar PhD, "Staphylococcus and staphylococcus Disease", Department of Bacteriology, University of Wisconsin-Madison, 2009. Disponible en: <http://textbookofbacteriology.net/staph.html>.

Kester, J.J., Fennema, O.R. 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technology*, 40, 47-59.

Khwalidia, K., Perez, C., Banon, S., Desobry, S., Hardy, J. 2004. Milk proteins for edible films and coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 239-251.

Koelsch, C. 1994. Edible water vapor barriers: properties and promise. *Trends in Food Science and Technology*, 5, 76-81.

Krochta, J.M. 1997a. Edible protein films and coatings. En: Damodaran, S., Paaraf, A.(eds.). *Food Proteins and their Applications in Foods*. Ed. Marcel Dekker, New York, USA.

Larios Cruz Emilia. "Caracterización de la microflora del queso tipo Oaxaca y su capacidad antimicrobiana". Licenciatura. Universidad Autónoma de Hidalgo. Mayo 2007).

L. Teisaire Claudia y Alderete Juan Manuel. "Cuando la solución proviene del mar". Énfasis Alimentación Online. 2007. 1-4.

Liu, L., Kerry, J.K., Kerry, J.P. 2006. Effect of food ingredients and selected lipids on the physical properties of extruded edible films/casings. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 295-302.

Martín-Polo, M., Mauguin, C., Voilley, A. 1992a. Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 1. Influence of the film preparation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 407-412.

Martín-Polo, M., Voilley, A., Blond, G., Colas, B., Mesnier, M., Ploquet, N. 1992b. Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 2 Influence of the physical state. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 413-418.

Maté, J.I., Frankel, E.N., Krochta, J.M. 1996. Whey protein isolate edible coatings: Effect on the rancidity process of dry roasted peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1736-1740.

McHugh, T.H., Krochta, J.M. 1994a. Dispersed phase particle-size effects on water vapor permeability of whey-protein beeswax edible emulsion films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18, 173-188.

Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M., Voilley, A. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 67-89.

Muzzarelli, C., Muzzarelli, R.A.A. 2003. Chitin related food science today (and two centuries ago). *Agro Food Industry Hi-Tech*, 14, 39-42.

Nieto G.I. 1998. "Rendimiento del queso Oaxaca. Efecto de la acidez y la materia grasa de la leche". Tesis profesional. Ingeniería Agroindustrial, UACH. Chapingo. México.

Nísperos-Carriedo, M.O., Baldwin, E.A., Shaw, P.E. 1992. Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *Proceedings of the Annual Meeting Florida State Hort. Society*, 104, 122-125.

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Nussinovitch, A., Ward, G., Lurie, S. 1996. Nondestructive measurement of peel gloss and roughness to determine tomato fruit ripening and chilling injury. *Journal of Food Science*, 61, 383-387.

Organización Mundial de la Salud. 1998. "Guía sobre los requisitos de las prácticas adecuadas de fabricación". Segunda parte "Validación". Ginebra.

Ouattara, B., Simard, R.E., Piette, G., Begin, A., Holley, R.A. 2002. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139-148.

Pastor, C., Vargas, M., González-Martínez, C. 2005. Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 197, 130-135.

Pérez, B. y Báez, R. (2003). Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Alimentaria*, julio-agosto.

Ramos García Margarita de Lorena. "influencia de la temperatura y aplicación de quitosano en cormos de gladiola en su desarrollo pre y pos cosecha". Tesis Nivel Maestría. Instituto Politécnico Nacional. 2008.

Revista del consumidor No. 278, "Calidad de quesos", Disponible en: http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_00/quesos.pdf, Abril 2000.

Rice, J. 1994. What's new in edible films? Food Processing, 55, 61-62.

Roessler, E.B., Baker, G.A. y Amerine, M.A. (1956). One-tailed and two-tailed tests in organoleptic comparisons. Food Res. 21,117.

Saavedra S Guillermo, "Ácidos Grasos. Importancia". Investigación. Universidad de Concepcion. Disponible en: <http://www.ciencia-ahora.cl/Revista16/04AcidosGrasos.pdf>

Sánchez B. Andrés, Sibaja B. Maria, Vega-Baudrit Madrigal C. Sergio. "Síntesis y caracterización de hidrogeles de quitosano obtenido a partir del camarón langostino (Pleuroncodes planipes) con potenciales aplicaciones biomédicas". Revista Iberoamericana de Polimeros, Volumen 8 (4). Septiembre 2007. 2.

Sharma, S.C. 1981. Gums and Hydrocolloids in oil-water emulsions. Food Technology, 35, 59-67.

Shellhammer, T.H., Krochta, J.M. 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. Journal of Food Science, 62, 390-394.

Soliva, R. y Martin, O. (2001). Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles. Alimentaria, Septiembre.

Tharanathan, R.N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14, 71-78.

Tharanathan, R.N., Kittur, F.S. 2003. Chitin-The undisputed biomolecule of great potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 61-87.

Trezza, T.A., Krochta, J.M. 2000a. Color stability of edible coatings during prolonged storage. *Journal of Food Science*, 65, 1166-1169

Trezza, T.A., Krochta, J.M. 2000b. The gloss of edible coatings as affected by surfactants, lipids, relative humidity, and time. *Journal of Food Science*, 65, 658-662.

Vargas, M. 2008. Recubrimientos comestibles a base de quitosano: Caracterización y aplicación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España. En línea. Disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14426/Bagan%20Marta%20Tesis%20MGSA.pdf?sequence=1>

Vargas, M., Weiss, J., McClements, D.J. 2007a. Adsorption of protein-coated lipid droplets to mixed biopolymer-hydrogel surfaces: Role of biopolymer diffusion. *Langmuir*, 23, 13059-13065.

Vargas, M., Pastor, C., Albors, A., Chiralt, A., González-Martínez, C. 2008a. Development of edible coatings for fresh fruits and vegetables: Possibilities and limitations. *Fresh Produce*, 2, 32-40.

Vargas, M., Pastor C., Chiralt, A., McClements, D.J. González-Martínez, C. 2008b. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally-processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 496-511.

Veiga Ochoa MD, Ruiz Caro R. "El Quitosano: usos farmacéuticos y biológicos".
Revista de la OFIL. 2004. 33-42

Villegas de Gante A. 1993. Los quesos mexicanos. Ed. CIESTAAM. México.

Villegas de Gante Abraham. "Dos famosos quesos de pasta hilada (Filata): el Oaxaca y el Mozzarella". Departamento de Ingeniería Agroindustrial, UACH, Disponible en: <http://www.alfa-editores.com/carnilac/Octubre%20Noviembre%2004/TECNOLOGIA%203%20OAXACA-MOZZARELLA%20corregido.pdf>

Weiss, J., Takhistov, P., McClements, D.J. 2006. Functional materials in food nanotechnology. Journal of Food Science, 71, 107-116.

Wong, D.W.S., Gastineau, F.A., Gregorski, K.S., Tillin, S.J., Pavlath, A.E. 1992. Chitosan-lipid films: Microstructure and surface energy. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40, 540-544.

Zhang, D., Quantick, P.C. 1998. Antifungal effect of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 73, 763-767.

VII ANEXOS

Anexo 1. Evaluación sensorial (Prueba Discriminativa)

Nombre: _____ Fecha: _____

Sesión: _____ Producto: _____

En la charola frente a usted hay cuatro muestras de queso asadero y necesitamos que compare las muestras por serie y marque con una X si son iguales o diferentes de acuerdo a las siguientes características.

SERIE 1: 721-839

CARACTERISTICA	IGUAL	DIFERENTE
Color		
Olor		
Sabor		
Textura		

SERIE 1: 653-402

CARACTERISTICA	IGUAL	DIFERENTE
Color		
Olor		
Sabor		
Textura		

¿Cuáles muestras prefiere de las cuatro? Prefiero _____ (escribir el(los) numero(s))

De sus comentarios, ya que es importante.

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable Humedad

Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Recub	2	0 1			
Dias	2	15 25			
Number of observations		180			

The GLM Procedure					
Dependent Variable: Humedad		Humedad			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	254.933025	84.977675	9.12	<.0001
Error	176	1640.332395	9.320070		
Corrected Total	179	1895.265420			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Humedad Mean	
	0.134510	3.287815	3.052879	92.85433	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	247.0587025	247.0587025	26.51	<.0001
Recub	1	5.4243225	5.4243225	0.58	0.4465
Recub*Dias	1	0.4891469	0.4891469	0.05	0.8191

En el análisis de humedad se encontró que no existe diferencia entre el uso o no del recubrimiento

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable Firmeza

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	18.86606944	6.28868981	23.12	<.0001
Error	176	47.88220833	0.27205800		
Corrected Total	179	66.74827778			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Firmeza Mean	
	0.282645	36.37603	0.521592	1.433889	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	9.81750694	9.81750694	36.09	<.0001
Recub	1	8.32656250	8.32656250	30.61	<.0001
Recub*Dias	1	0.02584028	0.02584028	0.09	0.7583

En el análisis de la firmeza, los resultados muestran que existen diferencias significativas ($P < 0.01$) en ambos factores.

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles

The GLM Procedure						
Dependent Variable: SolSol SolSol						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	3	9.38700000	3.12900000	10.87	<.0001	
Error	176	50.65850000	0.28783239			
Corrected Total	179	60.04550000				
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	SolSol Mean	
		0.156331	36.45527	0.536500	1.471667	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	1	7.48225000	7.48225000	26.00	<.0001	
Recub	1	1.89225000	1.89225000	6.57	0.0112	
Recub*Dias	1	0.31802778	0.31802778	1.10	0.2946	

La variable sólidos solubles tiene diferencia muy significativa en ambos factores ($P < 0.01$), sin embargo, no presenta diferencia en la interacción.

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable luminosidad

The GLM Procedure						
Dependent Variable: L_ L_						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	3	123.441948	41.147316	1.02	0.3840	
Error	176	7082.461977	40.241261			
Corrected Total	179	7205.903924				
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	L_ Mean	
		0.017131	7.865939	6.343600	80.64644	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	1	32.99066778	32.99066778	0.82	0.3665	
Recub	1	7.05600000	7.05600000	0.18	0.6759	
Recub*Dias	1	59.66620444	59.66620444	1.48	0.2250	

Con respecto a la variable luminosidad no existe diferencia en ninguno de los dos factores.

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable eje “a” de cromatógrafo

The GLM Procedure					
Dependent Variable: a_ a_					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	4.0360244	1.3453415	2.12	0.0990
Error	176	111.5234400	0.6336559		
Corrected Total	179	115.5594644			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	a_ Mean	
	0.034926	-20.85716	0.796025	-3.816556	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	3.54421778	3.54421778	5.59	0.0191
Recub	1	0.00300444	0.00300444	0.00	0.9452
Recub*Dias	1	0.41073778	0.41073778	0.65	0.4218

El análisis del cromatógrafo muestra que hubo diferencia significativa en el eje “a” respecto a los días transcurridos ($P < 0.05$).

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable eje “b” de cromatógrafo

The GLM Procedure					
Dependent Variable: b_ b_					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	60.8755278	20.2918426	6.20	0.0005
Error	176	575.9781450	3.2726031		
Corrected Total	179	636.8536728			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	b_ Mean	
	0.095588	9.885220	1.809034	18.30039	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	59.04090028	59.04090028	18.04	<.0001
Recub	1	0.47742250	0.47742250	0.15	0.7030
Recub*Dias	1	0.75350250	0.75350250	0.23	0.6319

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable bacterias en una dilución -2

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Recub	2	0 1			
Dias	2	15 25			
Number of observations		64			
The GLM Procedure					
Dependent Variable: Ho_Lev__2_		Ho_Lev__2_			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	15.7500000	5.2500000	1.29	0.2858
Error	60	244.0000000	4.0666667		
Corrected Total	63	259.7500000			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	Ho_Lev__2_ Mean	
0.060635		215.1038	2.016598	0.937500	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	1.3500000	1.3500000	0.33	0.5667
Recub	1	5.4000000	5.4000000	1.33	0.2538
Recub*Dias	1	12.1500000	12.1500000	2.99	0.0890

No existe diferencia en ninguno de los dos factores por lo tanto no hay diferencia significativa.

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable bacterias en una dilución -3

The GLM Procedure					
Dependent Variable: Ho_Lev__3_		Ho_Lev__3_			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	0.68437500	0.22812500	1.19	0.3231
Error	60	11.55000000	0.19250000		
Corrected Total	63	12.23437500			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	Ho_Lev__3_ Mean	
0.055939		401.1412	0.438748	0.109375	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	0.45937500	0.45937500	2.39	0.1277
Recub	1	0.08437500	0.08437500	0.44	0.5105
Recub*Dias	1	0.08437500	0.08437500	0.44	0.5105

No hubo diferencia significativa en el recubrimiento, no hubo diferencia en los días transcurridos y tampoco hubo interacción entre factores.

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable hongos y levaduras en una dilución -2

The GLM Procedure					
Dependent Variable: Bacterias__2_ Bacterias__2_					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	439.49271	146.49757	0.41	0.7471
Error	60	21488.61667	358.14361		
Corrected Total	63	21928.10938			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Bacterias__2_ Mean	
	0.020042	153.5082	18.92468	12.32813	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	396.5510417	396.5510417	1.11	0.2969
Recub	1	42.9260417	42.9260417	0.12	0.7304
Recub*Dias	1	2.3010417	2.3010417	0.01	0.9364

No representa una diferencia significativa entre tratamientos.

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable hongos y levaduras en una dilución -3

The GLM Procedure					
Dependent Variable: Bacterias__3_ Bacterias__3_					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	439.04271	146.34757	0.71	0.5512
Error	60	12407.31667	206.78861		
Corrected Total	63	12846.35938			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Bacterias__3_ Mean	
	0.034176	108.9147	14.38015	13.20313	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	309.4010417	309.4010417	1.50	0.2260
Recub	1	50.8760417	50.8760417	0.25	0.6217
Recub*Dias	1	46.3760417	46.3760417	0.22	0.6375

Hay un aumento en el conteo en el transcurso de los días, pero no suficiente para ser una diferencia significativa. No hay interacción entre factores.