



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



## FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADA EN  
INGENIERÍA QUÍMICA.

LA ALUMNA:

**P.I.Q. LILIA ERANDIN OLVERA ARRIAGA**

PRESENTA LA TESIS:

**PRESERVACIÓN DE FRESA CON BIOPELÍCULAS DE  
QUITOSANO**

ASESORA:

**M.C. MA. AÍDA BÉJAR UBALDO**

MORELIA, MICHOACÁN; MARZO DE 2018

## DEDICATORIA

*A mis padres; Lázaro Olvera Esquivel y Guadalupe Berenice Arriaga Villegas por estar siempre a mi lado y haberme dado todo el apoyo que necesité durante mis estudios, así como por hacer de mí una persona independiente.*

*Con amor a mi hija Lilian Euridice Tapia Olvera, que ha sido gran motivación para enfrentar nuevos retos.*

*A la M.C. Ma. Aida Béjar Ubaldo quien fue mi tutora y gracias a ello mantenemos una amistad; por nunca dejar de creer en mí sin esperar nada a cambio. A ella todo mi respeto por ser una persona con gran sabiduría y honestidad.*

## AGRADECIMIENTOS

**A mis padres;** por su enorme esfuerzo para brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

**M. C. Ma. Aida Béjar Ubaldo** por haberme dado la oportunidad de desarrollar mi proyecto de tesis y tener la paciencia, el tiempo, y la disposición para ayudarme.

**M. C Alejandra Reyes Andrés** por su disposición orientación y colaboración durante la experimentación fisicoquímica realizada en el laboratorio de la facultad de química orgánica.

**Ing. Químico Gladys García Carmona** por su apoyo y asesoría en la realización de los análisis microbiológicos efectuados en el laboratorio de la empresa “INSIXSIGMA manufacturing”.

**D.C. Consuelo de Jesús Cortés Penagos,** por su asesoría en el uso del colorímetro y texturómetro profesora de la Facultad de Químico Farmacobiología.

**A los técnicos académicos; Ing. Francisco Solorio, Señora Viki, M.C. Remedios.** Técnico responsable del MEB y de igual manera a todo el personal del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la UMSNH.

**D.C Marco Martínez Cinco;** por sus consejos y recomendaciones hacia mi trabajo.

**Un especial reconocimiento y agradecimiento a M.C José Luis Altamirano Corona,** mi hermano académico que tuvo conmigo la diferencia de apoyarme para la redacción y elaboración de este trabajo además de brindarme su amistad y apoyo incondicional.

**A mi Hermano Edgar Omar;** Con quien compartí experiencias aprendizajes, diversiones y algunas dificultades, con quien siempre me dio ánimos cuando quería dejar las cosas a medias, pero él decía hasta el final.

**A mis compañeros Ma. Del Socorro Mata Villegas, Christian Ayala Reyes, Erandini Guzmán Mejía, Janet Valencia Cantú** por los maravillosos momentos en la Facultad de Ingeniería química estar siempre a mi lado en los momentos felices y en los malos.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
ÍNDICE GENERAL .....	4
Índice de Tablas .....	6
Índice de Figuras .....	6
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
CAPÍTULO. I INTRODUCCIÓN.....	11
ANTECEDENTES .....	13
Historia de las películas.....	13
Quitosano.....	14
Propiedades del quitosano. ....	15
El Quitosano y las diversas investigaciones.....	17
Justificación .....	20
Hipótesis .....	20
Objetivo .....	20
Objetivos específicos.....	20
Alcance .....	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	22
Películas.....	22
Formación de películas.....	22
Películas comestibles.....	23
Conservación de la fresa.....	24
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	26
Diseño experimental .....	26
Materiales, reactivos, equipos utilizados.....	27
Material experimental.....	27
Equipo.....	27
Sistema de diseño experimental. ....	29
Pre tratamiento de la fresa .....	30

Preparación de la biopelículas .....	30
Experimentos realizados.....	31
Pruebas Fisicoquímicas: .....	31
Pérdida de humedad en los tratamientos .....	31
Acidez iónica .....	31
Contenido de sólidos Solubles Totales.....	31
Análisis sensorial (olor y sabor). ....	32
Color.....	32
Textura.....	33
Pruebas químicas:.....	34
Análisis microbiológicos. ....	34
Morfología.....	35
Microscopia electrónica de barrido. ....	35
CAPÍTULO IV ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	36
Pruebas Fisicoquímicas: .....	36
Pérdida de humedad en peso.....	36
Acidez iónica.....	40
Contenido de sólidos Solubles Totales.....	43
Pruebas sensoriales (Olor, Sabor, Color, Textura, acidez). ....	46
Análisis de pruebas químicas: .....	49
Análisis microbiológicos. ....	49
Análisis de Morfología.....	52
Microscopia electrónica de barrido. ....	52
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
Recomendaciones .....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
PUBLICACIONES.....	63
Congreso internacional: .....	63
Congreso nacional: .....	63

## Índice de Tablas

Tabla 1. Hoja de seguridad del quitosano.....	14
Tabla 2. Diversas aplicaciones del quitosano.....	16
Tabla 3. Especificaciones de películas comestibles. ....	23
Tabla 4. Color, textura y acidez de las muestras. ....	46
Tabla 5. Resultados de las fresas en Agares. ....	49

## Índice de Figuras

Figura 1. Molécula del quitosano. ....	14
Figura 2. Fresas frescas traídas en una caja de madera. ....	30
Figura 3. Fresas lavadas secadas y seleccionadas por peso y tamaño. ....	30
Figura 4. Refractómetro.....	31
Figura 5. Colorímetro tomando la medición de la superficie de la fresa en los tres ejes. ....	32
Figura 6. a) Sistema Hunter y las coordenadas L, a y b. figura b) Círculo cromático y c). Chroma o saturación del color.....	33
Figura 7. Texturómetro haciendo una medición de la biopelícula en la fresa. ....	34
Figura 8. Gráfica de Biopelícula al 3% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula. ....	36
Figura 9. Gráfico Biopelícula al 4% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula. ....	37
Figura 10. Gráfico Biopelícula al 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula. ....	37
Figura 11. Gráfico Biopelículas al 3%, 4%, 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.....	38
Figura 12. Gráfico Biopelícula al 3% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula. ....	38
Figura 13. Gráfico Biopelícula al 4% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula. ....	39
Figura 14. Gráfico Biopelícula al 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula. ....	39
Figura 15. Gráfico Biopelículas al 3%, 4%, 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.....	40
Figura 16. Gráfico Acidez iónica de biopelículas del 3%, 4%, 5% a una T=25°C.....	41
Figura 17. Gráfico Acidez iónica con biopelículas al 3%, 4%, 5% y control sin biopelícula. ....	41
Figura 18. Gráfico Acidez iónica de biopelículas del 3%, 4%, 5% a una T=5°C.....	42
Figura 19. Gráfico Acidez iónica con biopelículas al 3%, 4%, 5% y control sin biopelícula. ....	43
Figura 20. Gráfico Sólidos totales de fresas con biopelículas al 3%, 4% 5%.....	44

Figura 21. Gráfico Sólidos totales de las fresas con biopelículas al 3%,4%,5% y el control que no contiene biopelícula.....	44
Figura 22. Gráfico Sólidos totales de fresas con biopelículas al 3%, 4% 5%.....	45
Figura 23. Gráfico Sólidos totales de las fresas con biopelículas al 3%,4%,5% y el control que no contiene biopelícula.....	45
Figura 24. Gráfico Fresa sin biopelícula a 25 °C. ....	47
Figura 25. Gráfico Fresas con biopelículas de quitosano del 3%, 4%, 5% a T=25°C. ..	47
Figura 26. Gráfico Fresa sin biopelícula a 5°C. ....	48
Figura 27. Gráfico Fresas con biopelículas de quitosano del 3%, 4%, 5% a T=5°C. ..	48
Figura 28. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 5% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 5% de quitosano. d) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 5% de quitosano.....	49
Figura 29. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 5% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 5% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 5% de quitosano.....	50
Figura 30. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 4% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 4% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 4% de quitosano.....	50
Figura 31a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 4% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 4% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 4% de quitosano.....	51
Figura 32. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 3% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 3% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 3% de quitosano.....	51
Figura 33. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 3% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 3% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 3% de quitosano.....	51
Figura 34. a) Micrografía de biopelícula al 3% de quitosano con aumento de 5000X. b) Micrografía de biopelícula 4% de quitosano con aumento de 1500X.....	52
Figura 35. Micrografía de biopelícula al 5% de quitosano con un aumento de 2500X. ....	52
Figura 36. a) Micrografía de biopelícula al 3% de quitosano con aumento de 2500X. b) Micrografía de biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 1500X.....	53
Figura 37. Micrografía de biopelícula al 5 % de quitosano con aumento de 2500X. ..	53
Figura 38. a) Micrografía de una fresa con una biopelícula del 4% de quitosano con aumento de 2500X.) b) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 1) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 2500X.....	54

Figura 39. a) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 3) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 1500X. b) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 4) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 2500X.....	54
Figura 40. a) Micrografía de una fresa con una biopelícula del 4% de quitosano con aumento de 500X. b) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 1) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 500X. ....	55
Figura 41. Micrografía de la superficie de la fresa (punto 2) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 500X. ....	55
Figura 42. Gráfico Análisis puntual de Fresa cubierta de quitosano al 4% a T=25°C. 56	
Figura 43. Gráfico Análisis puntual de Fresa cubierta de quitosano al 4% a T=5°C... 56	

## RESUMEN

Dado que las fresas son altamente perecederas, es necesario buscar el desarrollo de nuevas tecnologías para su mejor conservación de modo que se reduzca el deterioro por causas microbiológicas y la pérdida de atributos de calidad. Esto ha estimulado a la búsqueda de nuevos sistemas de conservación y a su vez al cumplimiento de los estándares que exige el mercado sin alterar las propiedades de los frutos frescos.

Las propiedades antimicrobianas del quitosano y sus derivados, han recibido mucha atención en los últimos años. Este compuesto natural obtenido por desacetilación de la quitina, es un polisacárido catiónico formado de unidades de glucosamida con aniones  $\beta$  (1-4). Se ha demostrado que el quitosano reduce el crecimiento en un amplio rango de hongos y bacterias, además, induce mecanismos de defensa, tales como las fitoalexinas y aumento en las enzimas quitinosas. Sin embargo, la funcionalidad y actividad del quitosano depende mucho de sus características físicas, como el peso molecular y el grado de desacetilación que nos da la pureza de este biopolímero.

En esta investigación se evaluó el efecto de los recubrimientos de quitosano al 3%, 4%, 5%, en peso, sobre la capacidad antimicrobiana y antioxidante. Fresas sin recubrimiento se utilizaron como control. Los frutos tratados fueron almacenados durante (40 días) a distintas temperaturas (5 °C, 25 °C), y se evaluaron cambios en períodos de 5 días. Las fresas control no mostraron capacidad antioxidante. Las fresas que tuvieron una reducción mayor en el crecimiento microbiano fueron las del 4% y 5% sin afectar la calidad del fruto durante 20 días, sin embargo, las del 4% tuvieron un mayor éxito de al soportar 30 días mientras que las fresas control presentaron una vida en anaquel de sólo 5 días. Estos resultados nos arrojan a la conclusión de que la película más apropiada es la del 4% ya que preserva el fruto de las fresas por un mayor tiempo.

*Palabras claves:* quitosano, recubrimiento, antimicrobiano, antioxidante, perecedero.

## ABSTRACT

Given that strawberries are highly perishable, it is necessary to look for the development of new technologies for their better conservation in order to reduce deterioration due to microbiological causes and the loss of quality attributes. This has stimulated the search for new conservation systems and in turn compliance with the standards demanded by the market without altering the properties of fresh fruits.

The antimicrobial properties of chitosan and its derivatives have received much attention in recent years. This natural compound obtained by deacetylation of chitin, is a cationic polysaccharide formed of glucosamide units with  $\beta$  (1-4) anions. It has been shown that chitosan reduces growth in a wide range of fungi and bacteria, in addition, induces defense mechanisms, such as phytoalexins and increase in chitinous enzymes. However, the functionality and activity of chitosan depends a lot on its physical characteristics, such as the molecular weight and the degree of deacetylation that gives us the purity of this biopolymer.

In this research, the effect of 3%, 4%, 5% by weight chitosan coatings on antimicrobial and antioxidant capacity was evaluated. Uncoated strawberries were used as control. The treated fruits were stored during (40 days) at different temperatures ( $5^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ), and changes were evaluated in periods of 5 days. The control strawberries did not show antioxidant capacity. The strawberries that had a major reduction in the microbial growth were those of 4% and 5% without affecting the quality of the fruit during 20 days, however, those of 4% had a greater success of when supporting 30 days while the strawberries control presented a shelf life of only 5 days. These results lead us to the conclusion that the most appropriate film is the 4% because it preserves the fruit of the strawberries for a longer time.

*Keywords:* chitosan, coating, antimicrobial, antioxidant, perishable.

## CAPÍTULO. I INTRODUCCIÓN

La fresa es una de las frutas de color rojo con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides. Estudios recientes han evidenciado que el consumo de frutos rojos reduce el riesgo de padecer enfermedades degenerativas. Sin embargo, es un fruto que presenta la desventaja de ser perecedero debido a su elevada respiración y la carencia de una barrera exterior que limite la retención de agua en el fruto, a su poca resistencia mecánica y a su vulnerabilidad al ataque microbiológico.

Una de las principales prioridades en el mercado es la preservación y protección de todo tipo de productos, siendo los alimentos y las materias primas del campo, las de mayor primacía. Esto nos lleva a la creación de microatmósferas modificadas en el exterior de los frutos por aplicación de recubrimientos y películas, las cuales son una alternativa de conservación, sin embargo, para estas cubiertas es importante tener en cuenta la selección de materiales, naturaleza química, concentración y la posible interacción con los alimentos, así como las condiciones de preparación y pruebas para las diferentes variedades de alimento.

Entre los materiales estructurales que ofrecen ventajas para formular recubrimientos y películas, está el quitosano, que presenta poca actividad microbiana y una excelente compatibilidad con diversas sustancias. Dentro de los alimentos que deseamos preservar están algunas frutas, mismas que requieren atención debido a que se maduran y contaminan fácilmente mediante microorganismos (bacterias, esporas, hongos, etc.) durante la manipulación necesaria para su conservación, traslado y comercialización. La protección se hace a través de los empaques, de polímeros sintéticos. No obstante, el uso de empaques sintéticos, se ha impulsado la búsqueda de biopolímeros naturales, que se apliquen como cubiertas directas en el fruto que sean comestibles e inocuas para el ser humano y por ende para la naturaleza.

Los recubrimientos para la conservación de frutos son algunas de las alternativas más nuevas para disminuir el uso de sustancias químicas y conservar la calidad química y sensorial de los frutos, esto nos ayuda a poder ofrecer ante el mercado un producto de calidad, así mismo, cumpliendo las condiciones de inocuidad que el mercado exige.

Todos los alimentos que ingiere el ser humano son de origen biológico, pues estos se derivan de plantas y animales. Este carácter biológico es lo que lo hace alterable mediante cambios de origen biótico o abiótico que hacen que el alimento no sea adecuado para el consumo. Las causas por las cuales se da el deterioro de alimentos son provocadas por tres factores existentes que son: agentes microbiológicos, donde los agentes son diferentes tipos de hongos, bacterias y levaduras, que provocan que la calidad y características del producto se vayan deteriorando y provoquen su

descomposición; agentes físicos donde se encuentran los golpes, mordeduras y picaduras que provocan el deterioro de los alimentos; y las reacciones químicas que llevan a la maduración y a la oxidación oscurecimiento enzimática o no enzimática. Es por ello que las películas comestibles pueden ser utilizadas como barreras para reducir los índices de respiración y transpiración de algunas frutas, esto a través de la superficie, retardando el crecimiento microbiológico y los cambios de color, mejoramiento de textura y aumentando la calidad de fruta. Estas representan una alternativa de empaque sin costos ambientales y sin efectos adversos sobre la salud. Es por ello que un polisacárido que presenta las propiedades tan atractivas para su utilización como base para las películas comestibles, es el quitosano. Este biopolímero presenta actividad antibacteriana y antifúngica, contra un amplio espectro de hongos filamentosos, levaduras y bacterias además que es biocompatible, biodegradable y no toxic.

No deben causar riesgos para la salud del consumidor al no ser metabolizados y son inocuos durante el paso por el tracto gastrointestinal. Lo que se busca en una película es que sea comestible, económica y biodegradable. Otros factores importantes que influyen en una biopelícula son el sabor el perfil nutritivo, el contenido la vida útil y el color entre otros.

Es por eso que para este trabajo se desarrolló una biopelícula de quitosano para la conservación de la fresa en condiciones de refrigeración y sin refrigeración, permitiendo que la fruta aumentara su vida de anaquel sin alterar sus características organolépticas de manera importante.

Al iniciar este trabajo de tesis se pretendía elaborar una película adecuada para mantener la fresa fresca, dicha película se elaboró a partir de quitosano ya que es uno de los materiales con más aceptación para recubrimientos comestibles. El quitosano es un derivado de la quitina este es un biopolímero natural, que se transforma a quitosano. La capacidad del quitosano para formar películas favorece la preservación de los productos y a la disminución de las pérdidas por transpiración. Se logró aumentar el tiempo de vida de la fruta en anaquel; con ello se aumentó el tiempo de comercialización siendo esto útil y de gran ayuda en los agricultores de fresa de la región de Cd. Hidalgo, San Lorenzo y Tuxpan.

## ANTECEDENTES

### **Historia de las películas.**

Las películas comestibles datan a principios del siglo XII en china, se preservaron los cítricos para la mesa del Emperador colocándolas en cajas, vertiendo cera fundida sobre ellas y enviándolas por caravana al norte lo describe (Hardenburg 1967), este método fue utilizado en aquel tiempo, y fue utilizado durante siglos por falta de otros más eficientes. Más tarde en el siglo XV, una película comestible, Yuba, hecha de piel de leche de soja hervida se utilizó en Japón para mantener la calidad de los alimentos y mejorar la apariencia (Biquet y Guilbert 1986: Gennadios CE al. 1993). (Embuscado & Huber, 2009). En Inglaterra se utilizaban en el siglo XVI, los frutos eran cubiertos con grasa para no tener pérdida de humedad y en Estados Unidos en 1930 se utilizaba cera caliente para cubrir frutas cítricas y emulsiones aceite- agua para cubrir frutas frescas y vegetales. Para el año de 1950 hay reportes en la literatura de películas hechas a base de polisacáridos, proteínas, lípidos y mezclas, una de las más exitosas fueron las hechas a base de lípidos (monoglicéridos acetilados, ceras y surfactantes) estos fueron usados para bloquear la transferencia de humedad, reducir la abrasión superficial durante el manipuleo y controlar el escaldado en manzanas (Kester y Fennema, 1988). (Gúzman Venegas, 2003)

Otros métodos utilizados en la antigüedad eran preservar los productos frescos en hieleras o en bodegas subterráneas. Hoy en día varios métodos modernos, incluidas las combinaciones de estos, como refrigeración, almacenamiento en atmósfera controlada y esterilización por tanto la radiación UV como la gamma se usa para mantener nuestra comida segura. Sin embargo, por muchos tipos de alimentos, el recubrimiento con película comestible continúa siendo uno de las más económicas formas de mantener su calidad y seguridad.

En la actualidad las películas y los recubrimientos comestibles hechas por polímeros es una de las aplicaciones con mayor auge a productos hortícolas tanto frescos como mínimamente procesados “ha generado recientes avances respecto al efecto sinérgico de los componentes sobre la vida de anaquel de dichos alimentos”. (Valenzuela & Arias, 2012)

La gran mayoría de las investigaciones hechas por diferentes autores nos destacan los siguientes efectos positivos sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano, y mantener características tan deseadas por los consumidores como firmeza, brillo, color de los frutos.

Las aplicaciones de las películas comestibles pueden ser usadas no solo para frutas sino también para dulces, frutas secas, nueces, pescado, queso, piezas de carne, alimentos congelados, etc. (Guilbert, 1996). (Díaz Mora, 2003)

## Quitosano.

Es un polímero formado por unidades de 2-acetamida-2-desoxiglucosa unidas por medio de enlaces 1,4-beta-glucosídico, en la Figura 1 podemos apreciar su molécula. Es prácticamente insoluble en todo sistema orgánico e inorgánico. Es el segundo compuesto orgánico en abundancia en la naturaleza. Su estructura es similar a la celulosa. Su nombre fue determinado por Hoppe-Seyler en 1894, de acuerdo con los estudios de Rouget en 1859, él descubrió que si la quitina es tratada con álcali caliente generaba un producto soluble en ácidos orgánicos. (Soro Guevara , 2007)

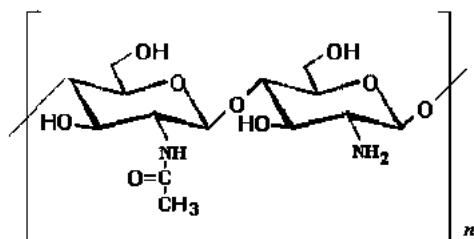


Figura 1. Molécula del quitosano.

El quitosano es insoluble en agua y tiene la propiedad de formar películas por sí solo (Jeonet *et al.*, 2002), a partir de soluciones diluidas en ácidos orgánicos (Begin y Van Calsteren, 1999), mediante variadas metodologías siendo la más utilizada evaporación del solvente y moldeado (Butler *et al.*, 1996; Caneret *et al.*, 1998). En este contexto el quitosano posee propiedades únicas que lo hacen un ingrediente ideal para el desarrollo de películas comestible y su aplicación en sistemas alimentarios como agente antimicrobiano, ya que presenta una baja toxicidad. (Valenzuela & Arias, 2012)

Tabla 1. Hoja de seguridad del quitosano.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	
INGREDIENTE ACTIVO	Quitosano.
NOMBRE QUÍMICO	poli-D-glucosamina.
GRUPO QUÍMICO	Polisacáridos.
Nº CAS	9012-6-4.
FORMULA EMPÍRICA	(C6 H11 O4 N)n.
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
ESTADO FÍSICO	Concentrado soluble (líquido).
ASPECTO	Transparente, con leve opalescencia.
OLOR	Levemente acético.
VISCOSIDAD	200-2000 centipoise.
DENSIDAD	1,0 g/cm <sup>3</sup>
PH	4.5 – 6.5.
TOXICIDAD	Inocuo.
CARACTERÍSTICAS DEL INGREDIENTE ACTIVO	
TOXICIDAD	
ORAL LD50	14 g/kg (similar azúcar).
INHALACIÓN	20 mg/l.
DÉRMICA LD	25 g/kg.
GENERAL	No es tóxico para los humanos ni para los animales. Esta exceptuado de regulación por la Food and Drugs

Administration FDA al ser utilizado como aditivo alimenticio humano o animal.	
<b>OTROS</b>	
<b>EFFECTOS SOBRE EL SUELO</b>	El estado de Oregon lo tiene aprobado para ser utilizado en cantidades ilimitadas como enmienda de suelos o fertilizante.
<b>RESIDUOS QUIMICOS</b>	Esta exceptuado del requisito de tolerancia de residuos que se le exige a los nematicidas.
<b>SALUD HUMANA</b>	Quitosano está aprobado para el consumo humano, de hecho se venden grageas de Quitosano como productos dietéticos.
<b>APROBADO POR EPA</b>	Hasta 10 ppm en agua potable.
<b>APROBADO POR AFFCO (FDA)</b>	Aditivo para forraje animal hasta 0.2% ppm).
<b>EL INGREDIENTE ACTIVO (QUITOSANO)</b>	Exento de tolerancias en alimentos según normativa de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA, Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos de Norte América, con el N° 180.1072.
<b>PRECAUCIONES GENERALES</b>	
Es un producto Orgánico, Biodegradable, No tóxico y No Contaminante, sin embargo, debe tenerse presente lo siguiente:	
<b>PRECAUCIONES</b>	
Mantener alejado del alcance de los niños y personas inexpertas -No transportar ni almacenar con alimentos -Evitar su Ingestión o inhalación, no comer, beber o fumar durante la preparación o aplicación.	
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Debe almacenarse solo en su envase original a temperaturas frescas y en lugar seco. Evite que el producto se congele y manténgalo alejado del calor. No contamine el agua o el forraje al eliminarlo. Los residuos resultantes pueden ser eliminados en el lugar, para hacerlo diluya el producto sobrante en abundante agua.	
<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>	
No es riesgoso para aves, peces y fauna silvestre en general.	

### Propiedades del quitosano.

El quitosano es uno de los biopolímeros principales debido a sus propiedades que son similares a las de la celulosa tanto en su estructura química como en su actividad. Debido a la presencia de grupos amino en la cadena polimérica, el quitosano es un material muy versátil. Tiene la capacidad de realizar varias modificaciones, como reacción con enzimas y obtención de películas biodegradables. Una de sus propiedades es el poder ser protonable y por lo tanto ser soluble en medio ácido, aumentando así su reactividad. Sus características son sus grandes beneficios y potenciales aplicaciones debido a su acción antimicrobiana sobre los principales patógenos que afectan la inocuidad de los productos de origen animal y vegetal, que repercuten en la mejora de la calidad y el aumento de la vida útil de estos productos. (Quintero & Falguera , 2010).

Las propiedades antimicrobianas de la quitina y el quitosano son conocidas por el hombre desde la antigüedad. En un principio, no se conocía la relación entre dichas propiedades y la composición química de estos materiales. Sí se conocían, no obstante, sus propiedades curativas, las cuales fueron aprovechadas ampliamente, como por ejemplo en la aceleración de la cicatrización de heridas. En este sentido, se sabe que los primeros mexicanos usaban preparaciones derivadas de hongos para acelerar la cicatrización de heridas y que los coreanos primitivos utilizaban quitina, proveniente de la pluma de calamar, para favorecer la curación de abrasiones corporales (Goodman, 1989). El uso del quitosano en actividades agrícolas es mucho más reciente, pero, a pesar de ello, puede considerarse hoy en día abundante y en aumento. En la siguiente tabla (1.2.1); muestra algunas de las aplicaciones que se han ensayado para este biopolímero en actividades relacionadas con la agricultura y sus diversas aplicaciones. (LÁREZ VELÁSQUEZ, 2008)

Tabla 2. Diversas aplicaciones del quitosano.

APLICACIONES	BIOPOLIMERO	PROPIEDADES APROVECHADAS	INVESTIGACIONES	CULTIVO
Química Analítica.	Quitosano	Sistemas acuosos.	(Lárez Velásquez, 2003)	Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos.
Biomedicina.	Quitosano	Síntesis, hidrogeles.	(Sánchez B., et al., 2007)	Síntesis y caracterización de hidrogeles de quitosano obtenido a partir del camarón langostino ( <i>pleuroncodes planipes</i> ) con potenciales aplicaciones biomédicas.
Agricultura y ganadería.	Quitosano	Fungicida.  Películas.	(Hernández Lauzardo, et al., 2005)  (castellanos Martínez, 2009)	Potencial del Quitosano en el Control de las Enfermedades Pos cosecha.  Uso de bacterias lácticas en recubrimientos de quitosano para la conservación pos cosecha de litchi y rambután.  Quitosano: antimicrobiano biodegradable en pos cosecha de arándanos ( <i>Vaccinium myrtillus L.</i> ).  Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal: una revisión.
Cosméticos.	Quitosano	Cicatrizante.	(García Zapata & Roca Ortega, 2008)	Industrialización de los crustáceos para la obtención de Quitosano en ungüento con efecto cicatrizante.
Dietéticos.	Quitosano	Adsorción.	(Cconislla Bello, 2017)	Desarrollo de micropartículas de quitosano entrecruzado y cuaternizado para la adsorción de Ácido Desoxirribonucleico (ADN).
Industria.	Quitosano	Películas	(Chávez Huerta, et al., 2012)	Obtención y caracterización de películas de quitosano elaborado a partir de los desechos de la industria cangrejera.
Tratamiento de Agua.	Quitosano	Remoción de Sólidos.	(Pacheco Aguilar, et al., 2009)	Efecto de la concentración de quitosano y pH sobre la remoción de sólidos en agua de cola de la industria sardinera.

### **El Quitosano y las diversas investigaciones.**

El presente trabajo de Soro Guevara L, at. Estudio de la obtención de quitosano a partir de caparazón de camarón (*Penaeus Vannamei*) y su aplicación en la estabilidad de una emulsión aceite en agua consiste en la obtención de quitina y quitosano a partir de cáscaras del camarón variedad *vannamei* cultivado en el Ecuador. Este estudio tiene la finalidad de caracterizar al quitosano como emulsionante. Para obtener el quitosano se utilizará tres métodos diferentes. El primero es un método procedente de la India, de la Central Institute of Fisheries Technology (CIFT), que consiste en trabajar con *Peanaeus monodon*, el tipo de camarón más grande encontrado en las aguas del sureste asiático. El segundo, corresponde a una recopilación de diferentes métodos propuestos y estudiados, para lo cual se utilizó el criterio de que exista semejanza con otras técnicas y que pueda ser aplicado bajo las condiciones de nuestro medio. Por último, un tercer método que se basa en el trabajo realizado por M Sc. Juan de Dios Alvarado como parte del Proyecto CYTED XI.20, Películas biodegradables para alimentos en Iberoamérica. (Soro Guevara , 2007)

En el trabajo de López-Mata MA, at. Efecto de recubrimientos comestibles, nos habla de su evaluación de recubrimientos comestibles de quitosano con o sin la adición de aceite esencial de canela sobre los cambios en aceptabilidad, fenoles totales, capacidad antioxidante y población microbiana en fresas. Fresas sin recubrimiento se utilizaron como control. Frutos tratados fueron almacenados por 15 días a 5°C y se evaluaron cambios en la calidad a intervalos de 3 días. Fresas tratadas y control no mostraron diferencias en el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Todos los tratamientos redujeron significativamente la población microbiana con respecto al control. (López-Mata, et al., 2012).

La investigación de Hernández Lauzardo Ana N.at. Potencial del quitosano en el control de las enfermedades pos cosecha. El uso del quitosano para el control de las enfermedades pos cosecha promete ser una nueva alternativa de conservación de los productos hortícolas durante el almacenamiento sin riesgos ecológicos; sin embargo, es necesario continuar profundizando en los diferentes aspectos básicos que contribuyen a explicar el efecto de la aplicación de este biopolímero en las frutas y hortalizas. (Hernández Lauzardo, et al., 2005).

En el trabajo de Petit Jiménez, D. at. Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya. Los frutos de papaya se caracterizan por ser altamente susceptibles a daños mecánicos, fisiológicos y microbiológicos. El acelerado proceso de ablandamiento y su carácter perecedero, hacen que sea necesaria la aplicación de tecnologías que reduzcan el deterioro y prolonguen la vida durante su comercialización. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de aplicaciones de ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya almacenados a temperatura ambiente por 12 días. Los tratamientos fueron: testigo (T1), cera 1 (T2) y cera 2 (T3). Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones y el muestreo realizado fue aleatorio. Diariamente se midió la pérdida de peso, apariencia general y daños externos y cada tres días los pH, sólidos solubles totales y acidez titulable. Los tratamientos con aplicaciones de cera comestible, demostraron no causar daños aparentes a los frutos ni a sus características fisicoquímicas. El comportamiento de los parámetros de calidad presentó

una tendencia normal esperada en la maduración de los frutos con incrementos en el pH y en los sólidos solubles totales, así como una disminución en la acidez titulable. (Jiménez D., et al., 2010)

Por otra parte, en la investigación de Ruiz-Cruz S, at, Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y almidón para mantener la calidad sensorial y microbiológica de melón fresco cortado. Se evaluó la eficacia de diferentes películas comestibles (PC) a base de quitosano y almidón en la reducción microbiana y calidad de melón fresco cortado (MFC). Todos los tratamientos redujeron significativamente la población microbiana con respecto al control. Estos resultados indican que las PC a base de quitosano podrían ser una alternativa en el lavado de MFC, para reducir el crecimiento microbiano y mantener su calidad. (Ruiz-Cruz & Guevara-Gálvez, 2010)

En el presente trabajo Cruañes María del Carmen; Locaso, Delia. Quitosano: antimicrobiano biodegradable en pos cosecha de arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*) Estas bayas son altamente susceptibles al desarrollo de enfermedades causadas principalmente por los mohos *Alternaria* sp y *Botrytis* sp. Durante la pos cosecha. Los recubrimientos comestibles representan una alternativa de empaque sin costos ambientales y sin efectos adversos sobre la salud. El quitosano ha mostrado gran actividad antimicrobiana contra una amplia variedad de microorganismos patógenos y alterantes, incluyendo hongos, y bacterias Gram---positivas y Gram---negativas. En este trabajo se propone el uso de recubrimientos a base de quitosano, un biopolímero formador de film y con propiedades antimicrobianas. Los ensayos se efectuaron en arándanos de la variedad Emerald durante dos cosechas sucesivas. Los parámetros analizados, después de refrigerar las vallas a 4°C durante 7 días, fueron textura, luminosidad, calidad interna y deterioro microbiano. El recubrimiento ensayado, formulado con quitosano, retuvo la acidez y evidenció ser efectivo contra el deterioro microbiano mostrando una eficacia del 65 % a 69% frente al testigo. Sin embargo, no mostró mejorar las características de firmeza y alteró el aspecto característico (“Bloom”) de la fruta. Los recubrimientos comestibles de quitosano constituyen una alternativa potencial para evitar las podredumbres de los arándanos frescos, se continúa la investigación para identificar materiales adicionales que mejoren las propiedades de barrera. (Cruañes & Locaso, 2011)

En la investigación de Rico R. Fabián at. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales en la calidad microbiológica de mango (mangifera indica l.) mínimamente procesado. El mango mínimamente procesado es un producto de gran aceptación con una vida útil corta. Con el ánimo de evaluar su calidad microbiológica los cubos de mango lavado y desinfectado fueron recubiertos con recubrimientos de quitosano a concentración del 2% y aceites esenciales de naranja (1%) y limón (1%) encontrando una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) en la presencia de coliformes, psicrófilos, hongos y levaduras, comparado contra una muestra control sin recubrimiento. (Rico R., et al., 2012)

En este trabajo de Hernández Yurena Optimización del tipo de troceado de papaya mínimamente procesada y su efecto en la translucidez. La translucidez es el principal desorden fisiológico que afecta a la calidad de la papaya mínimamente

procesada. Se caracteriza por una alteración de la textura de la pulpa volviéndose transparente, cristalina y con apariencia de sobre madura. En este estudio se evaluó el efecto que, sobre la translucidez, tiene el tipo de troceado (medias rodajas o cuartos), el grosor de la rodaja (1, 1,5, 2, 2,5 y 3 cm) y la presencia o no de placenta en la rodaja cuando la papaya se conserva una vez procesada mínimamente. Las rodajas de papaya se envasaron y se conservaron a 5°C durante 10 días que mostraron mayor translucidez durante los cinco primeros días de conservación fueron las de 1 cm de grosor ya que se hicieron a diferentes tamaños. Además, durante este periodo, no se observaron diferencias en la translucidez. Se puede concluir que el tipo de troceado y el grosor de la rodaja de papaya afectaron de forma sustancial a la translucidez de la fruta mientras que la presencia o no de la placenta en la rodaja no influyó en el desarrollo de este desorden fisiológico. (Hernández M., et al., 2007)

En la siguiente investigación de Martínez Castellanos Gustavo. El uso de bacterias lácticas en recubrimientos de quitosano para la conservación pos cosecha de litchi y rambután. Se determinó el efecto del quitosano en el crecimiento de tres especies de bacterias lácticas. *Lb. acidophilus* y *Lb. spp.* Mostraron menor crecimiento en presencia de quitosano, mientras que *Lb. plantarum* fue el microorganismo que presentó la mayor resistencia al biopolímero en las condiciones probadas, por lo que se seleccionó para estudios posteriores. (castellanos Martínez, 2009)

Los resultados muestran que el quitosano es más eficiente en reducir la pérdida fisiológica de peso, la tasa de respiración y contribuyen a mantener la firmeza de la pulpa en varios frutos, las características organolépticas y la presentación de los frutos suele ser un poco más brillante.

## **Justificación**

Este trabajo es hecho con la finalidad de ayudar a los agricultores de la región oriente del estado de Michoacán, de donde soy originaria, y existe la problemática de conservar en buen estado la fresa durante el proceso de comercio dentro y fuera del país.

Los agricultores y comerciantes tienen como mayor problema el mantener por más tiempo en los tianguis, tiendas e incluso en los almacenes de refrigeración el producto, debido a que el mismo carece de una envoltura eficaz para separar de manera adecuada el interior de la fruta con el medio ambiente, provocando que sea poca su duración, pérdida rápida de la calidad y frescura, repercutiendo en la venta y compra en otros lugares.

La pérdida de fruto diario es tema de suma importancia para los agricultores y comerciantes de fresa ya que en vez de ganar tienen pérdidas abundantes de este fruto. Utilizado como materia prima el quitosano en soluciones (3%,4%,5%), se podrá elegir una película adecuada para la conservación en almacén sin que esta pierda su brillo, frescura, olor y sabor.

## **Hipótesis**

La aplicación de quitosano como material estructural para biopelícula sobre la fresa, contribuirá a la conservación de su firmeza, sabor, color y calidad por un tiempo extendido de anaquel.

## **Objetivo**

La finalidad de este trabajo es conservar la fresa fresca y aumentando su vida en anaquel mediante la aplicación de una biopelícula comestible de quitosano.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar el efecto del quitosano en el periodo de conservación y calidad de la fresa.
2. Evaluación diaria en efecto de la oxidación y pérdida de peso diario.
3. Determinar el efecto inhibitorio sobre la vialidad bacteriológica que tiene la película de quitosano sobre la fresa.
4. Determinar cuál solución de quitosano permite la conservación de fresa por más tiempo tanto en temperatura ambiente como refrigerada.

## Alcance

La fresa es uno de los frutos más perecederos por día es por ello que la experimentación de películas comestibles nos darán una mayor vida en anaquel a diferencia de la refrigeración ya que el fruto no será dañado estructuralmente ni sus propiedades fisiológicas tendrán cambios como lo es en refrigeración las películas comestibles no solo dan brillo a una fruta si no también mayor firmeza y poca oxidación en los frutos.

Es por ello que no solo se ve beneficiado el agricultor si no también el consumidor una buena película o recubrimiento comestible siempre traerá productos para el consumo humano de buena calidad.

Los agricultores e intermediarios que venden tienen las ventajas de cortar y rosear el producto obteniendo automáticamente la película sin necesidad de hacer tanta maniobra dejarla por varios días a medio ambiente y en refrigeración si él lo desea o si los viajes de exportarla fuera más lejos las películas comestibles cuentan con cierto estándar de inocuidad y al mismo tiempo dan la calidad necesaria para el consumidor.

Económicamente tendríamos una mayor ganancia tanto como agricultor y vendedor e incluso en los supermercados y exportadoras de frutos ya que la fresa es uno de los productos más deliciosos en el mundo, pero no en todos los países se dan. Es por ello que las películas son un gran prodigo para los comerciantes de fresas.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### Películas.

El concepto de películas comestibles según Guilbert (1986), son capas delgadas y continúas hechas de materiales que pueden ser ingeridos por el consumidor y proveer una barrera a la humedad, oxígenos y solutos y los revestimientos comestibles como la cera en varias frutas, se han utilizado durante siglos para evitar la pérdida de humedad además de servir como vehículo para incorporar otros aditivos alimentarios, que mejoren la calidad del alimento que recubren y para crear una superficie de fruta brillante para fines estéticos estos representan una ruta estimulante para crear nuevos materiales de embalaje. (Márquez C., et al., 2009). Sin embargo en los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis. (Quintero & Falguera , 2010). Esto se debe a que las películas y los revestimientos comestibles están disponibles con una amplia gama de propiedades que pueden ayudar a aliviar muchos problemas que se presentan con los alimentos, hortalizas y frutas. (T., 2008)

#### **Formación de películas.**

Las películas se producen exclusivamente a partir de ingredientes comestibles renovables y, por lo tanto, es una combinación entre un polisacárido y unas sustancias hidrofóbicas y suhidrofílicas básicamente pueden tener 2 formas que son: una cubierta en bicapa o un recubrimiento emulsificador. (T., 2008) Se prevé que se degraden más fácilmente que los materiales poliméricos. Estas pueden mejorar las propiedades organolépticas de los alimentos envasados siempre que contengan diversos componentes (saborizantes, colorantes, edulcorantes). Las películas se pueden usar para el envasado individual de pequeñas porciones de alimentos, particularmente productos que actualmente no están empaquetados individualmente por razones prácticas, como peras, frijoles, nueces y fresas.

Las películas se pueden producir a partir de materiales con capacidad de formación de película. Los componentes utilizados para la preparación de películas comestibles se pueden clasificar en tres categorías: hidrocoloides, lípidos y compuestos. Las películas hidrocoloides poseen buenas propiedades de barrera para el oxígeno, el dióxido de carbono y los lípidos, pero no para el vapor de agua. La mayoría de las películas hidrocoloides también poseen excelentes propiedades mecánicas, que son bastante útiles para productos alimenticios frágiles. Sin embargo, las posibles funciones y aplicaciones de las películas y recubrimientos justifican mayores consideraciones. (Vázquez Briones & Guerrero Beltrán, 2013) Todavía se necesita una extensa investigación sobre los métodos de formación de películas y métodos para mejorar las propiedades de la película y las posibles aplicaciones. Se ha reportado que las películas

laminadas en bicapa son más eficaces como barrera contra la transferencia de agua (Kester y Fennema, 1989; Greener y Fennema, 1989; Martin-Polo y col., 1992a; Debeaufort y Voilley, 1995), otras investigaciones como Fuentes Yalli Lina Belen nos habla en su trabajo como hace la preparación de películas a base de quitosano y ella evalúa sus propiedades físicas y mecánicas. (Fuentes Yalli & Pastor de Abram, 2009) De lo anterior se puede hacer un aparte en las películas de quitosano, ya que este compuesto tiene un gran número de aplicaciones y ha comprobado ser una materia prima de excelentes resultados en el campo de los alimentos. (Alfonso Arce, 2011)

Sin embargo, la principal desventaja de las películas o recubrimientos en bicapa es que su preparación requiere de 4 pasos: 2 aplicaciones y 2 etapas de secado; siendo esta la razón por la cual la industria alimentaria se inclina por el uso de formulaciones emulsificador en las que los lípidos (aceites o ceras) y las sustancias formadoras de matrices estructurales están asociadas en una emulsión. En este caso el recubrimiento se aplica sobre la superficie del alimento y sólo se requiere una etapa. Sin embargo, una de las ventajas de las películas es que se encuentran en ambientes resguardados y tienen mejor captación de nutrientes. Cuenta con protección frente a sustancias tóxicas y biácidas con un metabolismo más activo de protección. (Echeverría García, 2013)

### **Películas comestibles.**

Las películas comestibles son utilizadas para una amplia variedad de productos como ya lo mencionamos antes estas tienen ciertas características y en la actualidad se han ampliado bastante con gran número de metodologías hechas por los investigadores. En la siguiente Tabla 3, tenemos las siguientes especificaciones que deben cumplir las películas comestibles según (Krochta et, al., 1994):

*Tabla 3. Especificaciones de películas comestibles.*

<b>Especificaciones para películas comestibles.</b>
Buenas cualidades sensoriales.
Alta eficiencia mecánica y de barrera.
Estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana.
Deben estar libres de tóxicos.
Seguros para la salud.
De tecnología simple.
No debe tener contaminantes.
De bajo costo tanto en los materiales como de procesos.
Según Guilbert (1986) menciona alguna de las ventajas de utilizar películas comestibles:
Pueden ser ingeridas por el consumidor.
Su costo es generalmente bajo.

Su uso reduce los desechos y contaminación ambiental.

Puede mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos.

Proporcionan protección individual a pequeñas piezas o porciones de alimento.

Pueden ser utilizadas en alimentos heterogéneos como barrera entre los componentes.

Las películas comestibles tienen grandes ventajas estas son reguladoras de transferencia de masa involucrando oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua, etileno e incluso migrar sustancias desde la matriz que está ubicada desde la superficie del alimento (Quintero & Falguera , 2010), y otros compuestos volátiles aunque también tienen efecto en las propiedades mecánicas de los alimentos (Galietta, et al., 2004), y controlar la pérdida de sabores y aromas volátiles en muchos alimentos. El mecanismo por el cual las películas comestibles conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, produciendo una atmósfera modificada.

La elaboración de estas películas representa una vía mediante la cual se puede incorporar aditivos al alimento, con la finalidad de alargar su conservación o sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas. (Aguilar Mendez, 2005)

Aunque las películas comestibles pueden ser hechas con proteínas, lípidos o biopolímeros son las primeras los principales componentes de los films comestibles, aunque en las investigaciones actuales uno los más utilizados son los biopolímeros este es utilizado para formulación de los recubrimientos comestibles es el quitosano, el cual reduce el crecimiento bacteriano y de hongos. Las películas pueden servir para como vehículos para un amplio rango de aditivos, incluyendo compuestos antimicrobianos, con la finalidad de proporcionarles mayores atributos como es el control de microorganismos. Entre los aditivos naturales están los aceites esenciales. (Ramos García, et al., 2010)

El interés en el estudio de las películas de biopolímeros ha tenido un aumento en favor de lo amigable con el medio ambiente en lugar de lo sintético y no-biodegradable, debido a que son una solución viable para disminuir los residuos. (Abarca Flores, 2012) Sin embargo para que un material sea llamado biodegradable, debe ser degradado totalmente por microorganismos, en el proceso de composteo a compuestos naturales como bióxido de carbono, agua, metanol y biomasa. La biodegradación incluye la despolimerización a dióxido de carbono, agua, sales etc., E involucra tres elementos claves, los microorganismos apropiados, el medio ambiente y la vulnerabilidad del sustrato o polímero. (Aguilar Mendez, 2005) Siendo el elemento final uno de los más importantes para llevar acabo nuestra investigación en biopolímeros naturales.

### **Conservación de la fresa.**

Las fresas son unos de los frutos más perecederos en la agricultura ya que estos tienden a echarse a perder con gran facilidad es por ello que la Congelación en Cámaras

de frío es ampliamente utilizada, grandes volúmenes de alimentos se congelan con este método. La razón es el costo de inversión relativamente bajo. El consumo de energía también es bajo.

La mayoría de los frutos para su conservación son congelados por largos períodos. En la actualidad hay diferentes trabajos hechos por los investigadores quienes han empleado diferentes métodos para la conservación de la fresa.

Uno de ellos es el trabajo (Aguilar González, 2013) que nos habla de las cubiertas de cera de candelilla al impactar positivamente en la vida de anaquel de fresa, disminuyendo el deterioro de frutos, el porcentaje de caimiento, aumento los frutos viables, disminuyendo la pérdida de peso y aumentando su firmeza.

En el presente trabajo de (Trejo Lopez, et al., 2007) habla de la aplicación de gelatina como recubrimiento permitió el desarrollo de un efectivo método de conservación que prolongó la vida útil de la fresa en fresco hasta 10 días, a partir de un componente comestible, lo que permitió un aumento en el contenido de proteínas del producto y un método alternativo para preservar la calidad de este fruto.

La investigación de (Saavedra H. & Algecira E., 2010) la aplicación de las películas de almidón donde se incorporó proteína de soya evidencian un buen desempeño desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial sobre las fresas puestas a prueba, esto debido a una mejora en las capacidades filmogénicas, como resultado de la interacción entre las macromoléculas que favorece una disminución en la pérdida de humedad, buena calidad sensorial y el mantenimiento de otros parámetros de calidad de la fruta en buenas condiciones

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### Diseño experimental

El diseño experimental de este estudio es en parte el seguimiento a la utilización del polímero quitosano obtenido del trabajo de tesis (Mata Pompa, 2012) “El aprovechamiento del exoesqueleto del camarón”, este es utilizado para la caracterización de una biopelícula de quitosano para aumentar el periodo de conservación en anaquel del fruto de la fresa tanto en refrigeración como en temperatura ambiente y su manipulación sea más fácil sin afectar el producto. La elaboración de la biopelícula es experimental a prueba y error.

En el que aplicamos la estadística en la pérdida de peso, olor, sabor, textura y color esto lleva cierto monitoreo durante 40 días:

- 1.-Peso hacemos un monitoreo del día uno y luego cada cinco días hasta completar los 40 días en observación.
- 2.-Olor y Sabor hicimos una encuesta donde participaron alumnos y personas que hacen sus compras en los tianguis.
3. Textura se obtuvo mediante el método de firmeza y este es expresado en Newton.
- 4.-Color se obtuvo mediante el método de colorimetría o también conocido como luminosidad y se aplicó la ecuación de Hunter.
- 5.-Conteo de bacterias y hongos se hicieron análisis microbiológicos siguiendo los protocolos de alimentos.
- 6.- Morfología.

## Materiales, reactivos, equipos utilizados.

### Material experimental

La fresa (*Fragaria*) utilizada en este proyecto fueron la variedad Albión (imagen 3.2.1), cultivada en la región de San Lorenzo Queréndaro, Tuxpán Michoacán.



Figura 3.2.1 Plantío de fresa variedad Albión.

### Material

#### Agares a utilizar

- ❖ Agar papa-dextrosa (PDA).
- ❖ Agar método estándar (AME).
- ❖ Agar de bilis y rojo violeta (ABRV).
- ❖ Ácido tartárico 10%.
- ❖ Quitosano
- ❖ Agua destilada.
- ❖ Hielo.
- ❖ Hipoclorito.
- ❖ Vaso de precipitados de 50 ml.
- ❖ Matraz Erlenmeyer de 100 ml

#### Equipo

Cajas Petri (10 y 14.1 cm de diámetro).

Cajas de polietileno desechables.

Balanza analítica (Denver Instruments Company modelo BO4636)

Auto clave.

Incubadoras: MOD ECF 62B6, 570W, 127VCA 60HZ (T=35°± 1°C). MOD H-45CF WATTS 1575 V.C.A. 127 HZ60 (T=1°C).

Refractómetro (ATAGO modelo N-1α).

Potenciómetro (PM120 modelo Toledo)

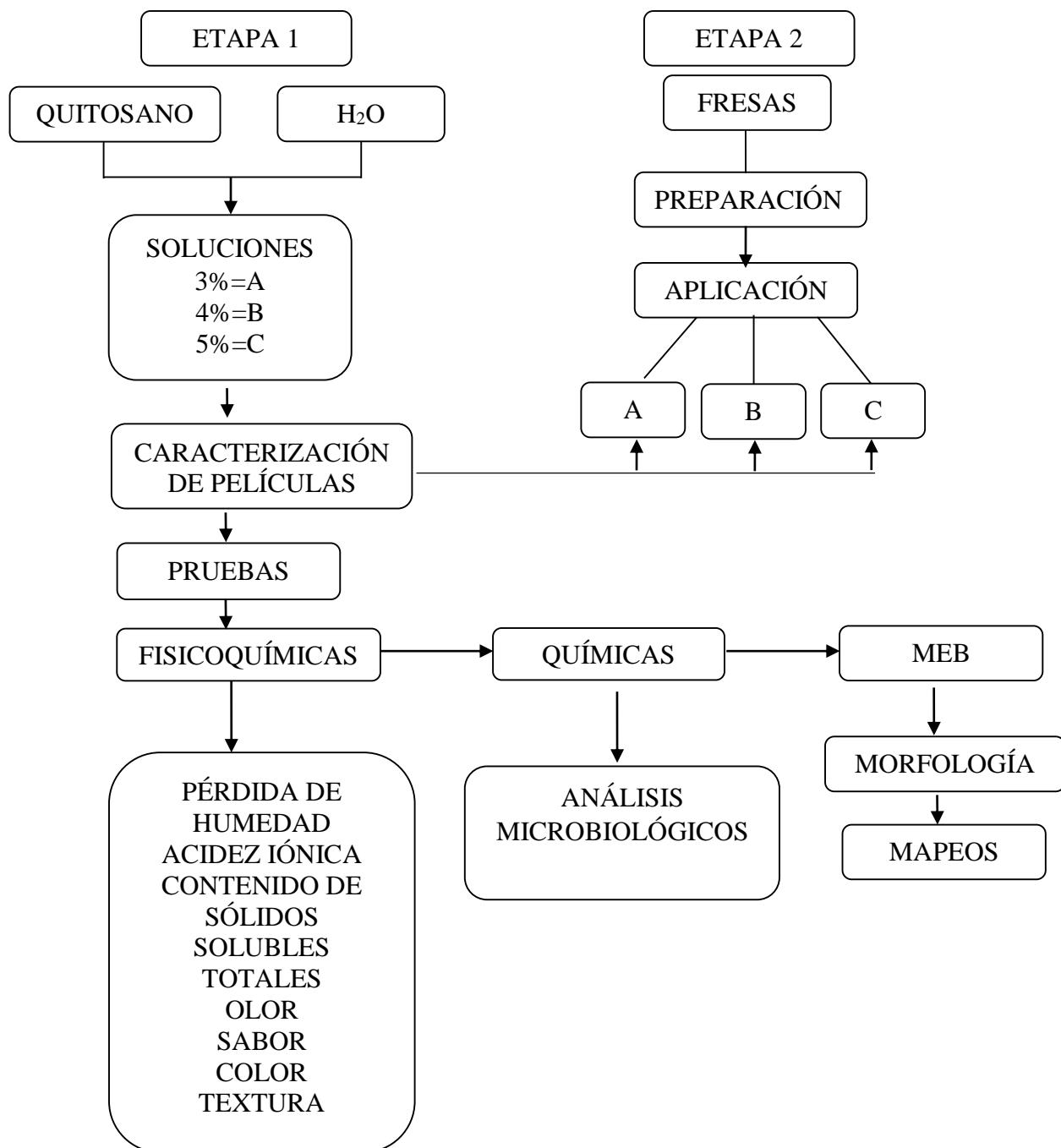
Texturómetro (TAX-T2 marca Texture Analyser Stable Microsystems).

Colorímetro (Hunter Lab Marca Color Flex).

Microscopio de barrido (MEB).

### Sistema de diseño experimental.

En el sistema de este diseño está en 2 etapas siguiendo el siguiente diagrama:



### Pre tratamiento de la fresa

Fresas selectas con ciertas características y pesos en común en la Figura 2, podemos apreciar su tipo de tamaño y selección:



*Figura 2. Fresas frescas traídas en una caja de madera.*

La fruta fue traída fresca después de 3 horas de ser cortada y posteriormente es tratada.

Las fresas se emergen en una cubeta ya preparada con 3 gotas de hipoclorito durante un tiempo de 3 minutos estas son sacadas con la ayuda de una coladera para ser enjuagadas después en otra cubeta no más de 5 minutos. Sobre papel absorbente son secadas durante 1 hora como podemos apreciar en la Figura 3.



*Figura 3. Fresas lavadas secadas y seleccionadas por peso y tamaño.*

### Preparación de la biopelículas

- Las soluciones son preparadas pesando primero los gramos para cada respectivo porcentaje estas son agitadas hasta obtener la homogeneidad se ponen en sus respectivos contenedores.
- Se aplican las soluciones (3%, 4%, 5%) se rosean y estas son puestas sobre una rejilla cada una separada de la otra y se ponen a secar.
- Por cada solución son 10 fresas las seleccionadas y observadas durante 40 días.

- Después de ser caracterizadas 5 fresas son en refrigeración por cada solución y otras en medio ambiente seco y fresco en forma de anaquel.
- Otras 10 fresas al natural son puestas en anaquel, pero sin solución siendo estas para el control.

## **Experimentos realizados**

### **Pruebas Fisicoquímicas:**

#### **Pérdida de humedad en los tratamientos.**

Fue realizada en el laboratorio de química orgánica de la facultad de ingeniería química (UMSNH), con una balanza analítica (Denver Instruments Company modelo BO4636) el pesado fue durante los días 1 cada 5 hasta llegar al día 40 para los dos tratamientos a diferentes temperaturas de igual manera con las fresas control.

#### **Acidez iónica.**

Esta fue tomada 1g de la pulpa diluida en 50 ml de agua destilada, como indica la norma mexicana nmx-f-317-s-1978. Se calibró el potenciómetro marca Toledo con soluciones reguladoras de pH 4 y pH 7 y se procedió a realizar la lectura. ( Monsalve & Machado, 2007).

#### **Contenido de sólidos Solubles Totales.**

Se tomaron dos muestras de 2 fresas por cada biopelícula aplicada, las cuales fueron molidas en un mortero hasta obtener la pulpa, posteriormente se utilizó un refractómetro manual marca ATAGO con rango de 0-32°Brix en la Figura 4, lo podemos apreciar, según indicado por la Norma Mexicana NMX-FF-015-1982, que consistió en tomar de dos a tres gotas de pulpa para colocar en la base del refractómetro y tomar la lectura.



*Figura 4. Refractómetro.*

### Análisis sensorial (olor y sabor).

- Se realizó con la finalidad de conocer el grado de aceptación de cada variedad estudiada se convocó como mínimo 50 personas de ambos sexos, con un rango de edad de 18 y 40 años a los cuales fue requerido:
- Ser consumidores de fresa (mínimo 2 veces por semana).
- Asistir a las diferentes sesiones de cada variedad de fresa.
- Concentración y disposición durante el desarrollo del cuestionario.
- Evitar consumir alimento antes de cada degustación.
- No estar en el desarrollo experimental.

Sitio los tianguis de CD Hidalgo y en Morelia. Cada muestra fue identificada como 1 y 2 elegida aleatoriamente al azar las muestras fueron presentadas estas fueron presentadas a temperatura ambiente. El fruto es cortado en 2 partes las cuales contenían una porción representativa de la biopelícula en la fruta.

En una sola sesión se proporcionaron las dos muestras al mismo tiempo las pruebas se realizaron de (8am a 12pm). Estas fueron colocadas en un vaso pequeño desechable con la numeración 1 y 2.

### Color.

El color superficial de las fresas se midió con un colorímetro modelo Reflectancia Hunter Lab marca Color Flex® Figura 5. Se registraron los parámetros 1 (luminosidad), a (rojo) y b (amarillo). Se utilizó un patrón de calibración blanco con las coordenadas L= 92.19, a= -1.31, b= 0.95. 10° del observador e iluminante D65. Se midieron 2 puntos para cada tratamiento. El tono ( $\tan^{-1}(b/a)$ ) ha sido aceptado comúnmente para describir los cambios en color de frutas y verduras después de su cosecha (McGuire, 1992), por lo que se calculó y se incluyó en este trabajo.



Figura 5. Colorímetro tomando la medición de la superficie de la fresa en los tres ejes.

La medición se realizó al azar de tres frutos por grupo (n=9). Una medida objetiva de color se logra con tres sensaciones o atributos psicométricos que son: el tono, la luminosidad y la saturación. El tono o matiz, permite clasificar el color rojo +a, y -a que corresponden a verde, mientras que el valor de +b corresponde a los tonos amarillos y -b, azules, puede ser calculado a través del °Hue (ecuación 1), (Figura 6).

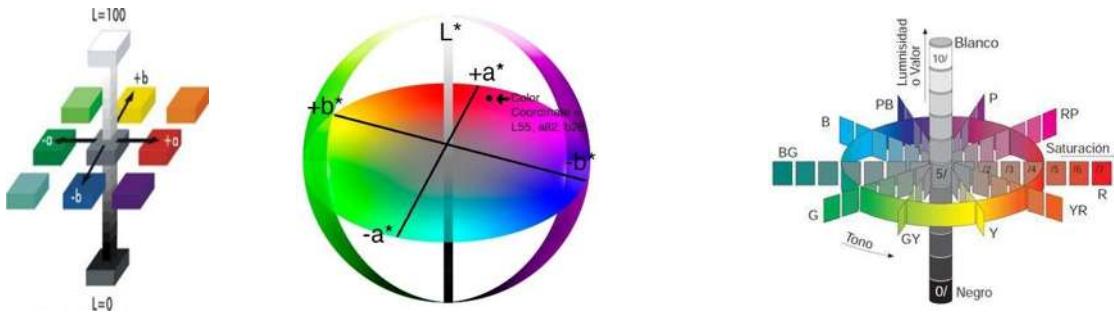


Figura 6. a) Sistema Hunter y las coordenadas L, a y b. figura b) Círculo cromático y c). Chroma o saturación del color.

La saturación o pureza, describe el grado o la intensidad con la que un color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro (figura 3.6.4.2, c), se calcula a través de la ecuación 2. La luminosidad o brillo, l, permite clasificar el color como claro u oscuro, equivalente a una escala de grises que va desde el blanco máxima luminosidad 100, hasta el negro mínima luminosidad 0, (Figura 6), ( (González, 2010), (Sanchez Rico, 2013)).

Ecuación 1:

$$H = 180 + \tan^{-1} \left( \frac{B}{A} \right) \text{ SI } A \leq 0$$

Ecuación 2:

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

Ecuación 3:

$$H = \tan^{-1} \left( \frac{B}{A} \right) \text{ SI } A > 0 \text{ Y } B = 0$$

### Textura.

Es la firmeza de la fresa con y sin película se reporta con firmeza externa y se evaluó mediante un analizador de textura modelo TAX-T2 marca Texture Analyser Stable Microsystems el cual podemos ver en la Figura 7, al cual se le ajustó una velocidad de 1mm/s y una compresión sobre fruto de 5mm/s, utilizando un plato de compresión de 75mm. Los resultados fueron expresados en NEWTON. (Vallejo Pérez, 2011)

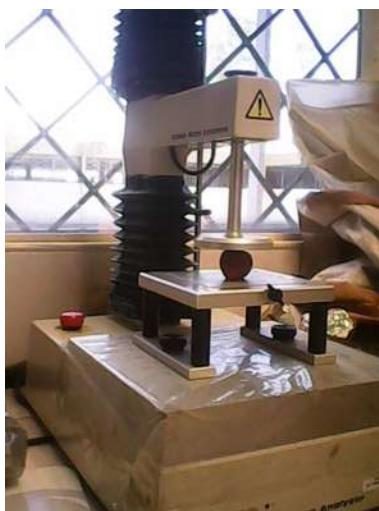


Figura 7. Texturómetro haciendo una medición de la biopelícula en la fresa.

### **Pruebas químicas:**

#### **Análisis microbiológicos.**

El asegurar la calidad microbiológica de los alimentos es de esencial importancia, ya que estos, por sus condiciones de elaboración y manejo, pueden convertirse en vectores de enfermedades causados por microorganismos patógenos. Las muestras son extraídas a los 24 días para la preparación en los siguientes medios de cultivo que son los siguientes:

Agares utilizados fueron; Agar de método estándar (AME), Agar de Bilis y Rojo Violeta (ABRV), Agar de Papa-Dextrosa (ADP), siguiendo las siguientes normas (La NOM-110-SS1-1994, nos indica cómo hacer la preparación y dilución de las muestras para alimentos para su análisis microbiológico. La NOM-092-SSAI-1994 establecen las metodologías a seguir para el recuento en microorganismos mesofílicos aerobios y así evaluar de alguna manera la inocuidad de un alimento, La NOM-113-SSAI-1994 método para la cuenta de microorganismos en placa de coliformes. La NOM-111-SSAI-1994 Método para la cuenta de homos y levaduras en alimentos). Para los análisis microbiológicos los hicimos con la ayuda de la empresa INSIXSIGMA manufacuring en su laboratorio de microbiología.

Se utilizó la siguiente fórmula para el conteo bacteriano:

Ecuación 4

Dónde: N= Número de campos contados.

C= Colonias contadas.

$$\text{Recuento total} = 20 \left( \frac{C}{N} \right)$$

## Morfología.

### **Microscopía electrónica de barrido.**

La microscopía electrónica de barrido es una técnica que sirve para analizar la morfología de materiales sólidos de todo tipo (metales, cerámicos, polímeros, biológicos, etc.), con excepción de muestras líquidas. La resolución nominal del equipo es de 3 nm lo cual permite estudiar características de los materiales a una escala muy pequeña. Este microscopio cuenta con la técnica de Espectroscopia de Dispersión de Energía (EDS) que sirve para hacer análisis elemental. Su funcionamiento consiste en hacer incidir un barrido de haz de electrones sobre la muestra. La muestra (salvo que ya sea conductora) está generalmente recubierta con una capa muy fina de oro o carbón, lo que le otorga propiedades conductoras. La técnica de preparación de las muestras se denomina “sputtering” o pulverización catódica. (Sanjuán Fernandez, 2017) Con esta técnica se pueden detectar todos los elementos químicos con número atómico mayor a 4 de manera cualitativa y semicuantitativa. Una de las grandes ventajas respecto a otro tipo de microscopía es la facilidad de preparación de muestras ya que sólo en casos especiales se puede tornar laboriosa.

La muestra fue preparada con recubrimiento metálico de cobre; dichas muestras deben tener propiedades conductoras para su lectura en el Microscopio. (Mata Pompa, 2012)

## CAPÍTULO IV ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### Pruebas Fisicoquímicas:

#### Pérdida de humedad en peso.

En el siguiente análisis que se les hace a los diferentes tratamientos que se aplican en las fresas frescas es el de pérdida de humedad dependiendo de los días en que las fresas están en anaquel a diversas temperaturas, en la Figura 8, pertenece al primer tratamiento del 3% sin refrigeración ( $T=25^\circ$ ), observado por 40 días y las mediciones hechas cada 5 días. Se compara con el control como es su comportamiento frente a este para determinar cómo es su deshidratación y que comportamiento tiene.

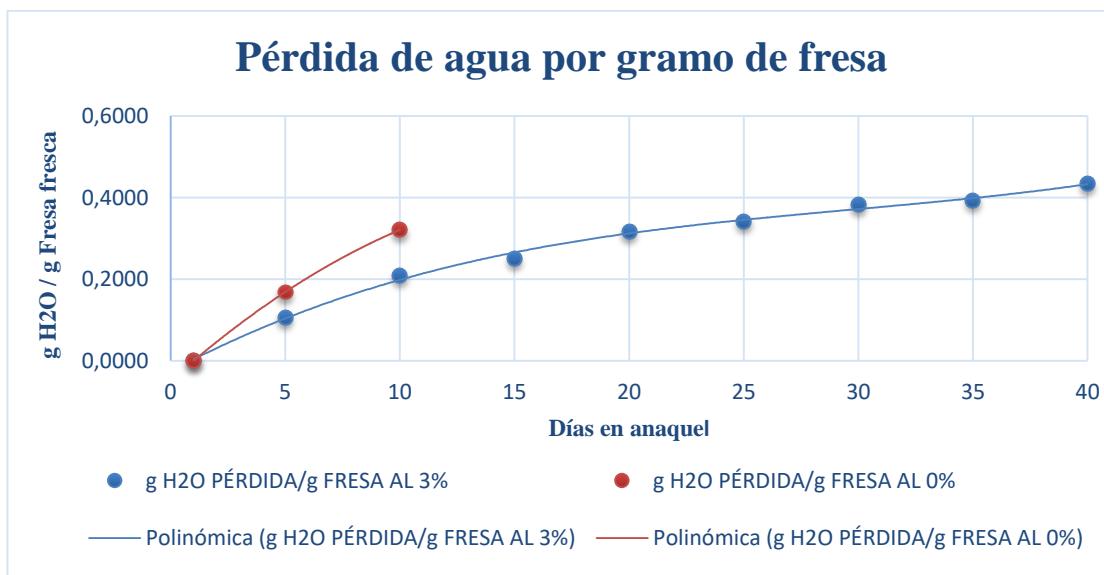


Figura 8. Gráfica de Biopelícula al 3% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

En la siguiente Figura 9, tenemos la fresa con biopelícula al 4% de igual manera que en el gráfico anterior hacemos la comparación con el control. Esta fresa lleva el mismo procedimiento y la misma temperatura y podemos apreciar que su pérdida de humedad es más estable que en el grafico anterior durante los 40 días.

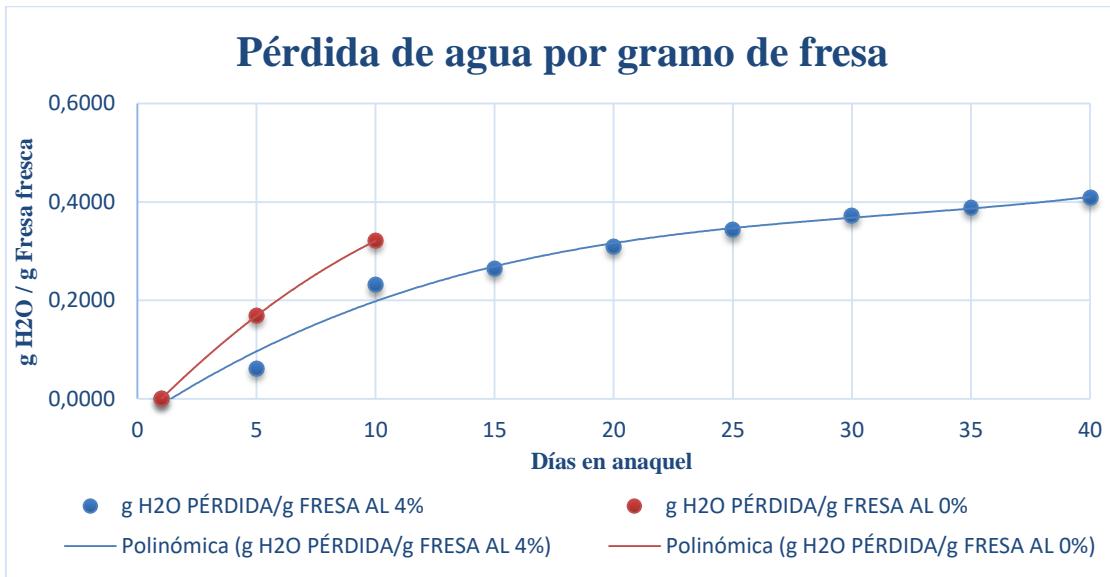


Figura 9. Gráfico Biopelícula al 4% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

En la Figura 10, podemos apreciar la biopelícula al 5% de quitosano aplicada en fresa comparada con el comportamiento del control de igual forma como se hace en los dos gráficos anteriores esta lleva el mismo tratamiento la temperatura y podemos apreciar que su comportamiento es un poco inestable en la pérdida de humedad durante el periodo del día 25 este empieza a perder la estabilidad en pérdida de humedad.

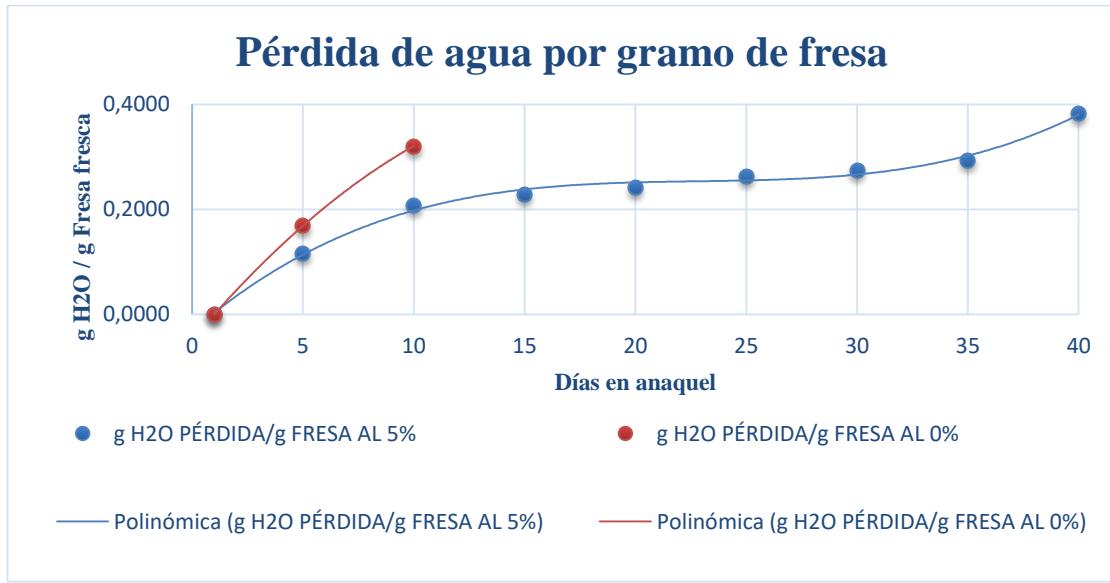


Figura 10. Gráfico Biopelícula al 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

En el gráfico de la Figura 11, hacemos un comparativo de las tres biopelícululas a diferente concentración y las comparamos con el control que no tiene biopelículula para apreciar mejor el resultado de estas y hacia poder llegar a una conclusión de cuál es la mejor para este tratamiento de T=25°C.

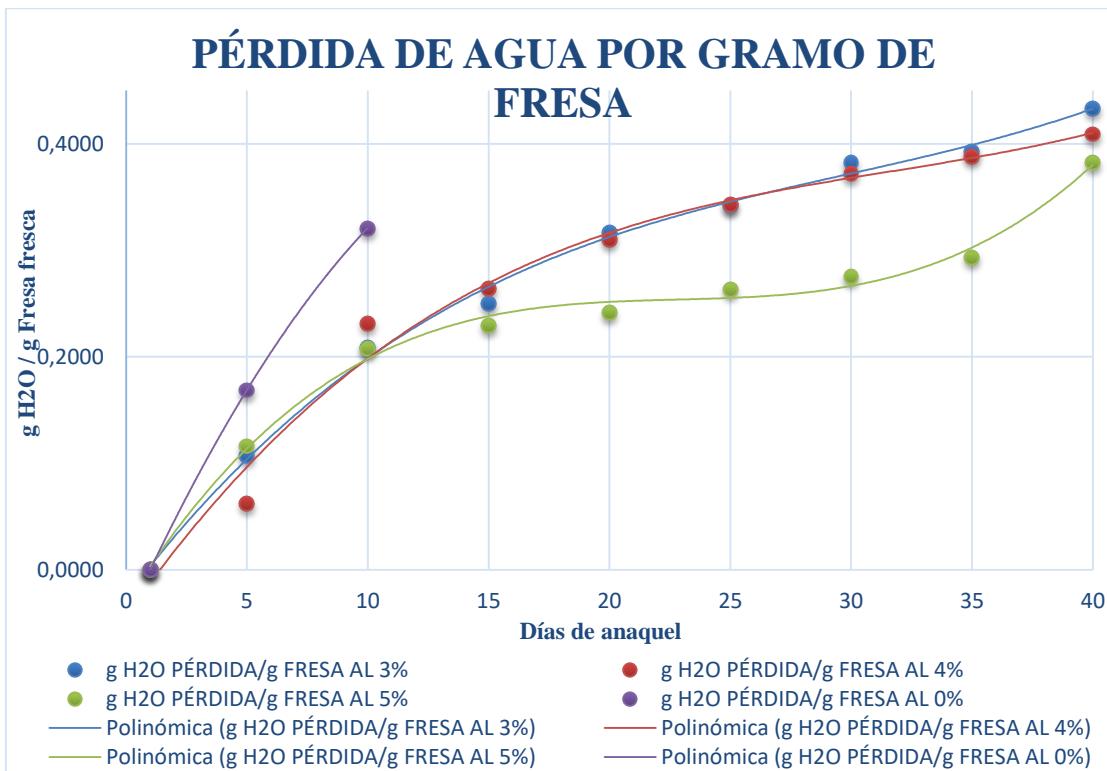


Figura 11. Gráfico Biopelículas al 3%, 4%, 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

Para los siguientes gráficos el tratamiento es el mismo solo que la temperatura cambia a 5°C para después hacer un comparativo entre los resultados del primer tratamiento hecho a T=25°C. En la Figura 12, tenemos la biopelícula al 3% de quitosano y el control para ver cómo es su comportamiento. En la cual apreciamos que es diferente a las gráficas anteriores porque su comportamiento es lineal y su pérdida de humedad es menor al control.

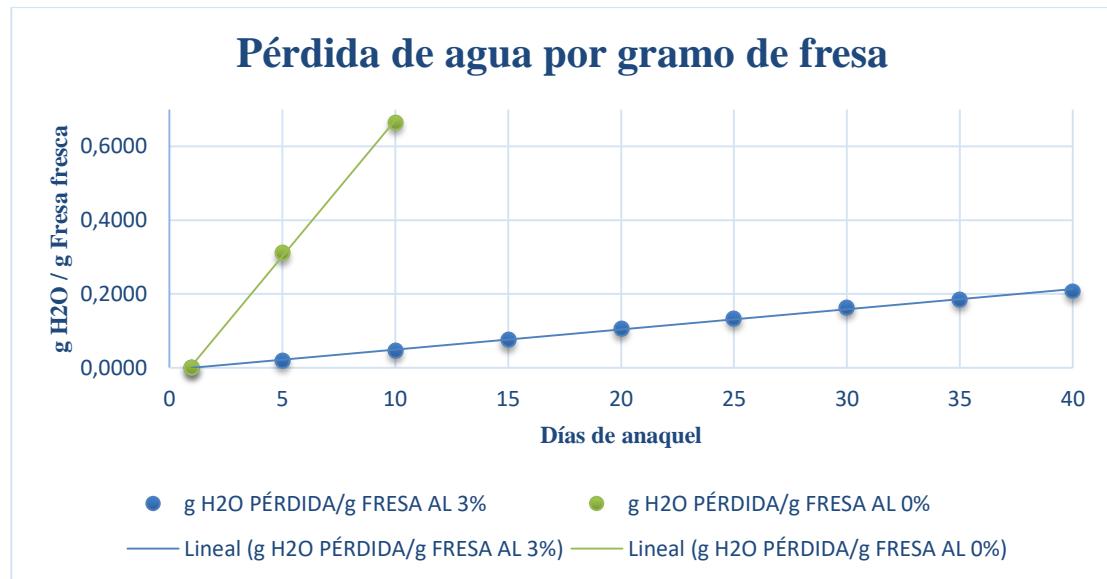


Figura 12. Gráfico Biopelícula al 3% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

En el siguiente gráfico (Figura 13), tenemos la biopelícula al 4% y el control para hacer un comparativo de cuanta humedad este pierde y apreciamos que la pérdida de humedad es más baja que en el grafico anterior y que significativamente se mantiene estable su comportamiento es más lineal.

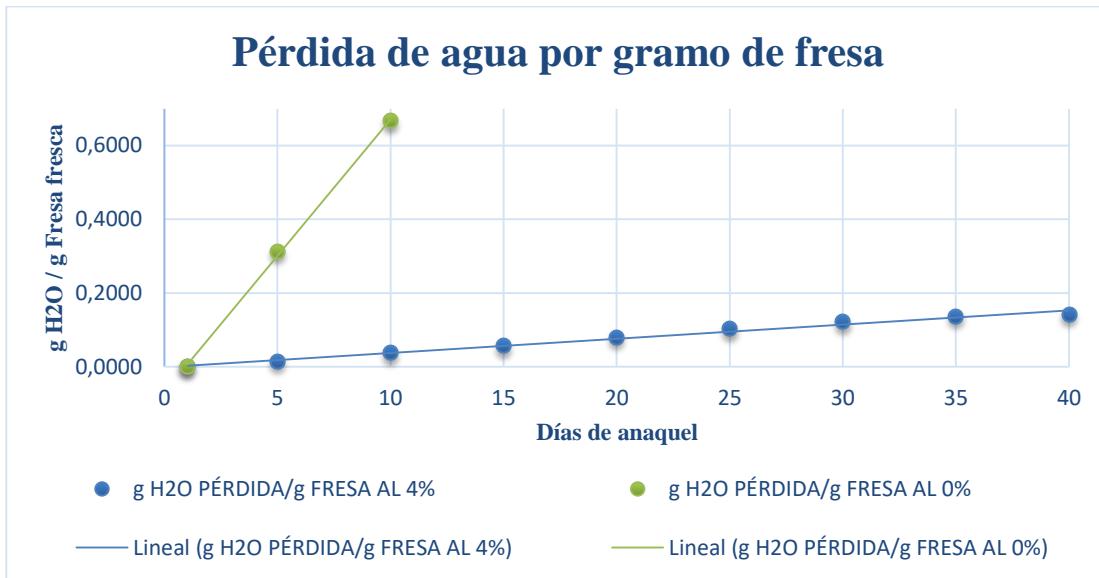


Figura 13. Gráfico Biopelícula al 4% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

En el siguiente gráfico (Figura 14) apreciamos la biopelícula del 5% de quitosano y el control hacemos la comparación de pérdida de humedad de este tratamiento y vemos que pierde solo un poco más de humedad, aunque su comportamiento sigue siendo lineal.

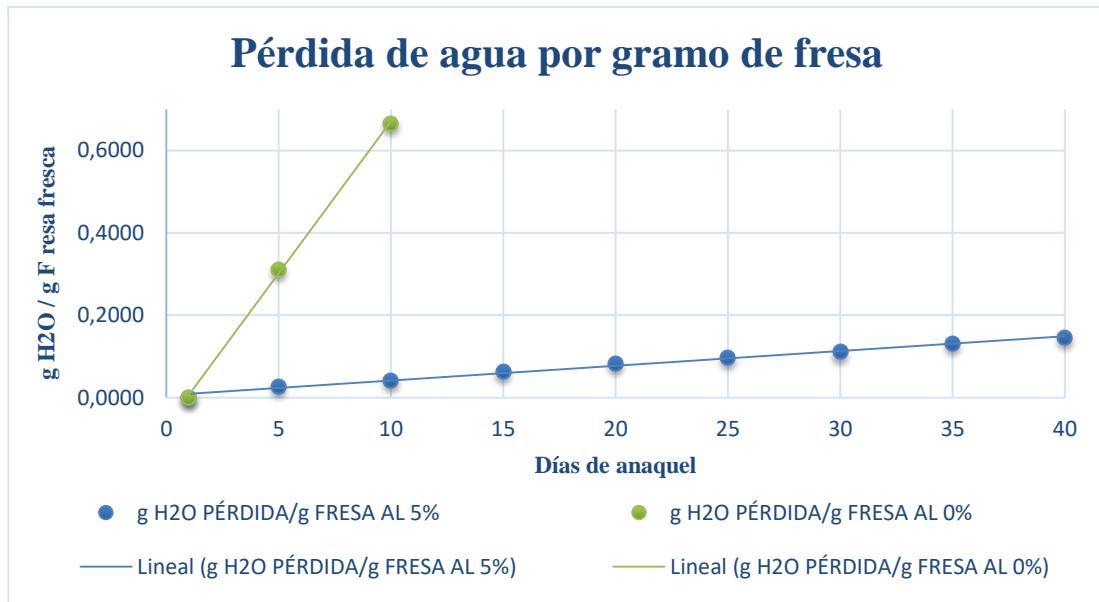


Figura 14. Gráfico Biopelícula al 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

En la Figura 15, hacemos una comparación de todos los tratamientos a T=5°C para ver la diferencia de pérdida de humedad que ahí en cada tratamiento de los ya descritos y apreciamos de una pequeña diferencia en el tratamiento de las biopelículas del 4% y 5% donde casi las dos alcanzan el equilibrio. Sin embargo, en la biopelícula del 3% vemos que la pérdida de humedad es más alta a comparación de las dos anteriores ya descritas.

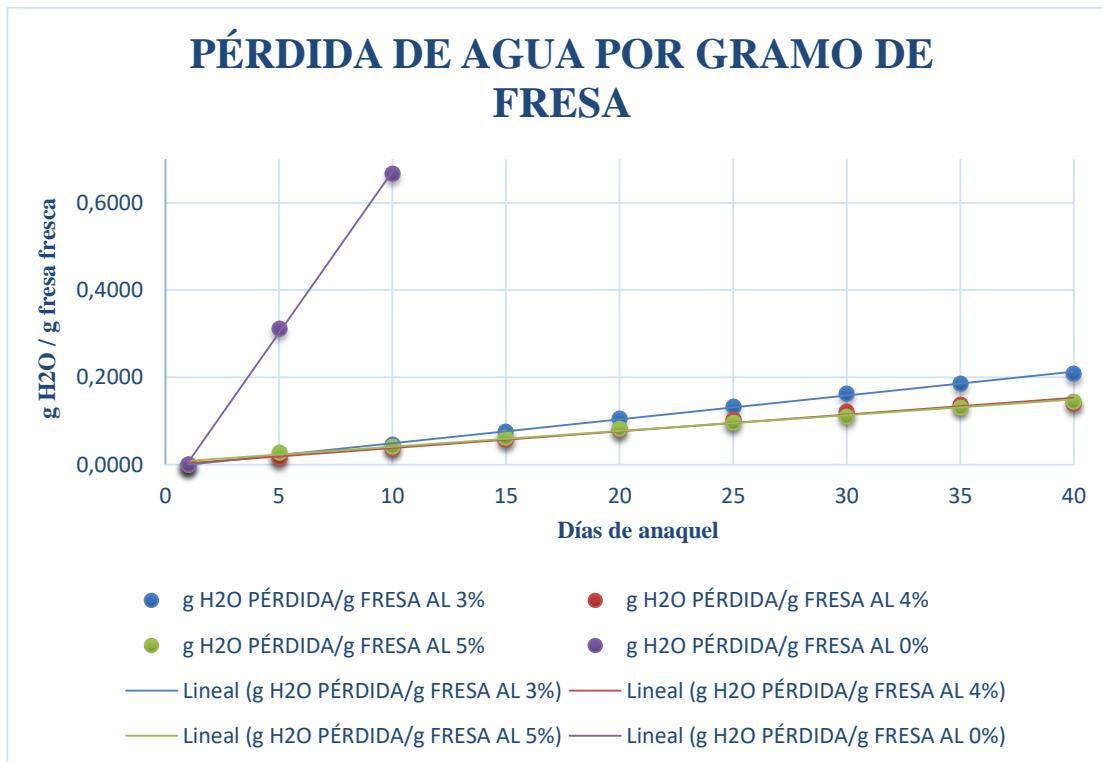


Figura 15. Gráfico Biopelículas al 3%, 4%, 5% de quitosano aplicada en fresa y control sin biopelícula.

### Acidez iónica.

En la acidez iónica se hace para saber qué tan activa está en la fruta en la Figura 16, donde apreciamos las tres biopelículas a temperatura de 25°C y vemos como es su comportamiento de cada una de ellas y cual es la mas estable de las tres en la ficha de transferencia de caja mar nos dice como debe de ser la acidez ionica y de acuerdo a los parametros ya establecidos en la industria alimentaria y en el control de calidad para frutos estamos dentro de los parametros de acidez ionica. (cajamar, 2014)

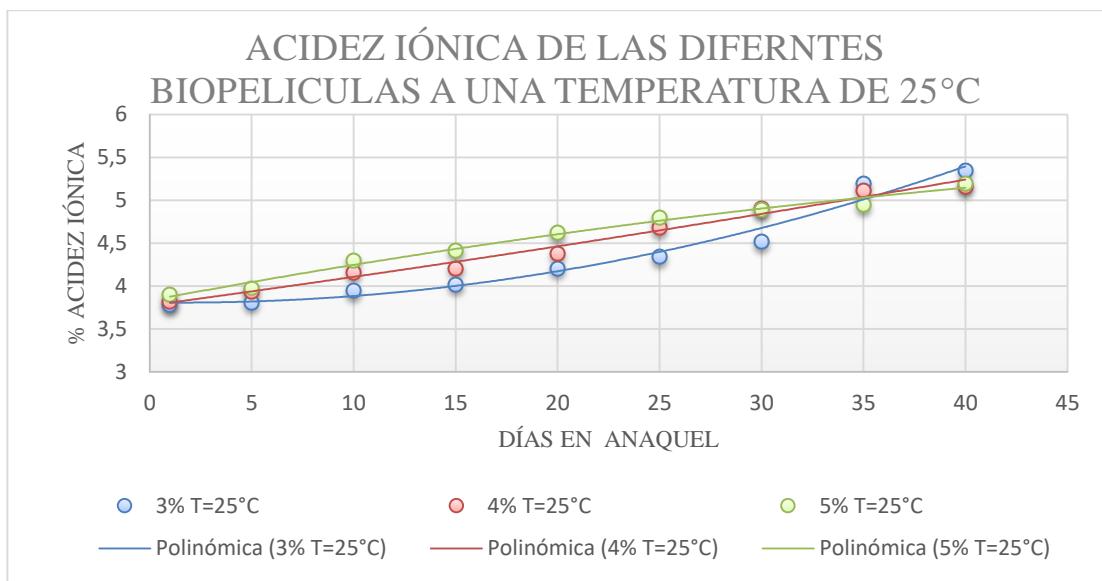


Figura 16. Gráfico Acidez iónica de biopelículas del 3%, 4%, 5% a una T=25°C.

En el siguiente gráfico de la Figura 17, hacemos un comparativo de las tres biopelícululas a sus diferentes porcentajes con las fresas control que no tienen tratamiento y nos damos cuenta que su acidez está dentro del parámetro solo que en los frutos control debido a que su descomposición es rápida porque no tiene biopelículula nos damos cuenta que las que si lo tiene no llegan a tener una acidez fuera de los parámetros establecidos y en el trabajo de ( Monsalve & Machado, 2007) de revisión de métodos colaboramos lo anterior.

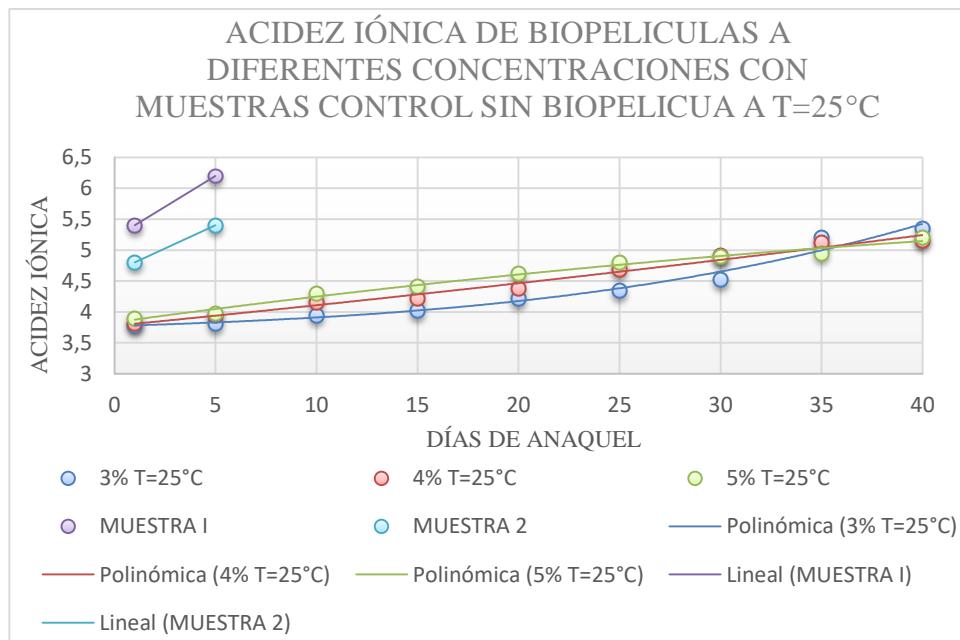


Figura 17. Gráfico Acidez iónica con biopelícululas al 3%, 4%, 5% y control sin biopelículula.

Para el segundo tratamiento que fue a una  $T=5^{\circ}\text{C}$  hicimos el siguiente gráfico (Figura 18), donde hacemos una comparación entre las biopelículas 3%, 4%, 5% y vemos como es su comportamiento en el cual observamos que la biopelícula más estable es la del 4% a diferencia de las del 3% y 5% quienes sufren ciertas irregularidades en el transcurso de los días.

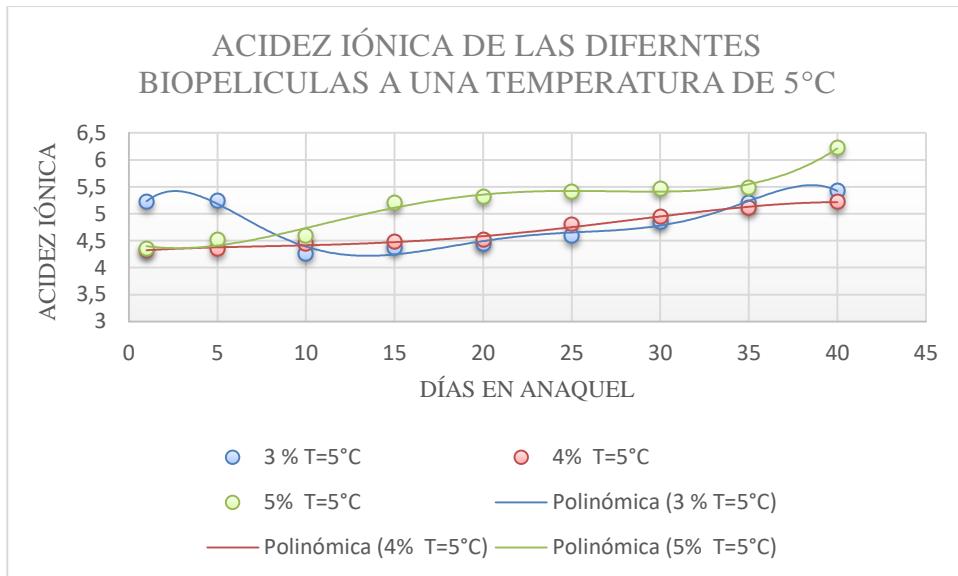


Figura 18. Gráfico Acidez iónica de biopelículas del 3%, 4%, 5% a una  $T=5^{\circ}\text{C}$ .

En la Figura 19, podemos apreciar la acidez iónica de los tres tratamientos y del control estos cumplen con los parámetros de acidez establecidos, pero si se llega a apreciar como es el comportamiento frente al control llega hacer un poco más alto esto es porque dependiendo del grado de maduración así es la acidez en la fresa un parámetro establecido para la industria alimentaria en frutos es de un pH 3.5 a 6.6 debido al grado de maduración en que se encuentre el fruto de esta.

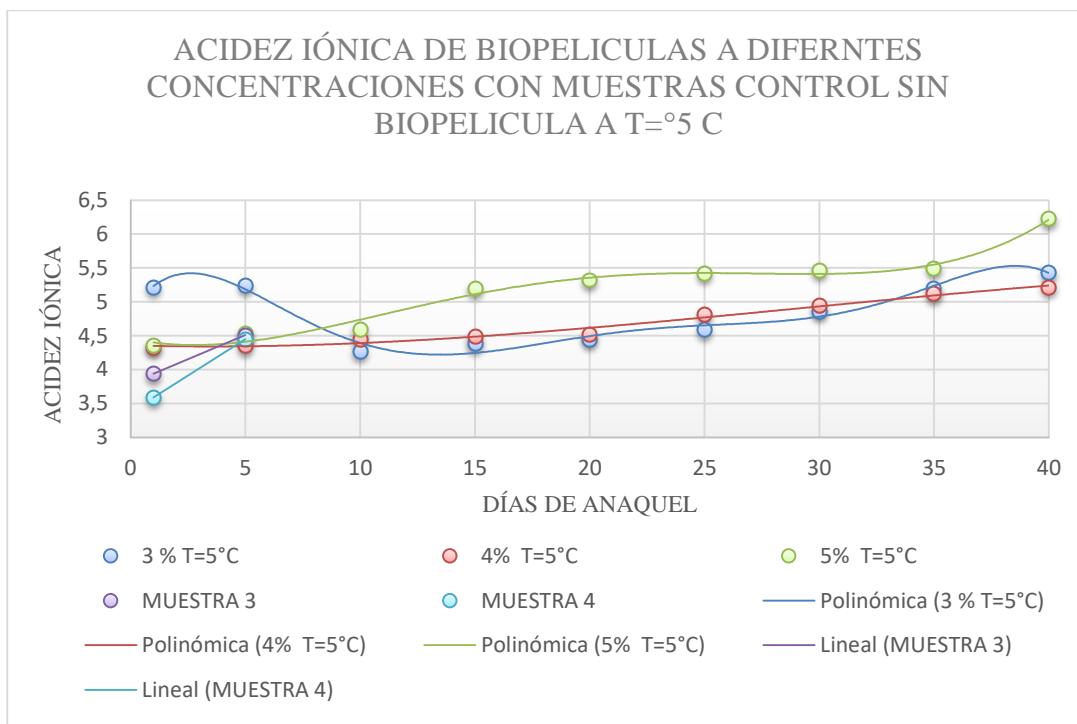


Figura 19. Gráfico Acidez iónica con biopelículas al 3%, 4%, 5% y control sin biopelícula.

### Contenido de sólidos Solubles Totales.

El contenido de sólidos totales nos da los parámetros de azúcar que contiene nuestra fresa y este análisis se hace con el fin de probar que no quede desabrida nuestra fresa por la aplicación de la biopelícula aplicada en ella. Ésta es expresada en grados Brix que originalmente es una medida de densidad de una disolución de sacarosa al 1% peso y a esta le corresponde un índice de refracción de esta manera se establece la correspondencia entre el porcentaje de sólidos solubles y grados Brix. En el siguiente grafico 4.1.3.1 podemos apreciar los resultados de la fresa con las biopelículas a una T=25°C del día 1 al día 40 como es su comportamiento de dulzor en cada una de ellas.

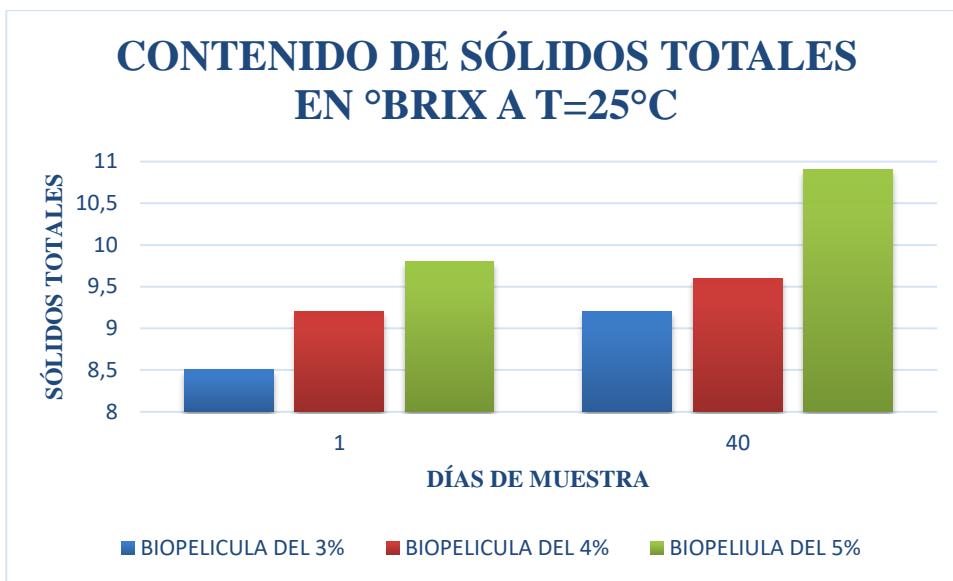


Figura 20. Gráfico Sólidos totales de fresas con biopelículas al 3%, 4% 5%.

En la Figura 21, hacemos una comparación de los diferentes resultados entre las biopelículas, pero también los comparamos con el control para ver cuales su diferencia de azucares en las fresas y nos damos cuenta que el grado de Brix es menor en las fresas que no tienen biopelícula a comparación de las que sí tienen esto es dividido a que la fresa sin tratamiento sufre un estado de putrefacción no solo por la superficie sino que también por dentro a diferencia de las fresas con biopelícula.

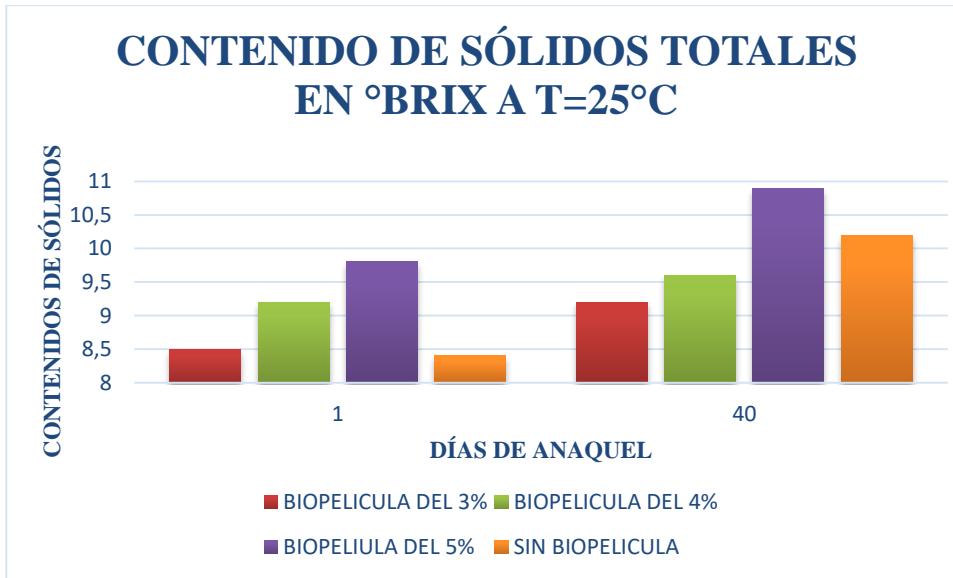


Figura 21. Gráfico Sólidos totales de las fresas con biopelículas al 3%,4%,5% y el control que no contiene biopelícula.

Para las fresas tratadas a T=5°C (Figura 22), con biopelículas al 3%, 4%, 5% se hace la toma de grados Brix del día 1 al día 40, donde en el grafico 4.1.3.3 podemos apreciar su comportamiento entre la fresa con biopelícula del 3% y la del 4% tienen un comportamiento casi igualitario más, sin embargo, la del 4% sigue siendo la más estable

ya que en la del 5% es mayor la cantidad de sólidos totales está dentro de los parámetros establecidos por la industria de alimentos pero en la experimentación también se busca la estabilidad del dulzor en las fresas.

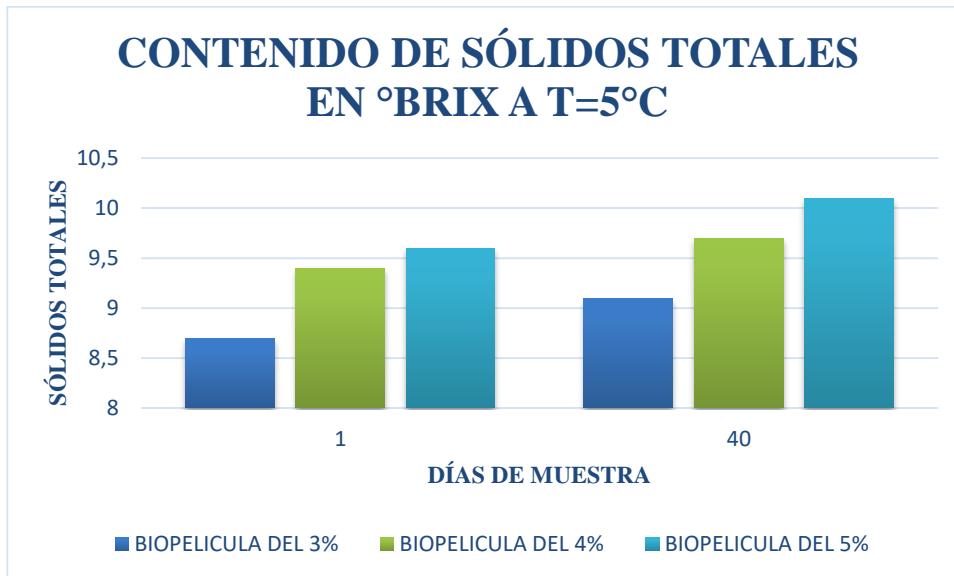


Figura 22. Gráfico Sólidos totales de fresas con biopelículas al 3%, 4% 5%.

En el siguiente gráfico (Figura 23), tenemos las tres biopelículas sobre las fresas, pero también el control utilizado para la comparación. En la que podemos ver que el control no tiene un aumento significativo de sólidos totales esto es debido a que en este periodo de días está bastante descompuesta la fresa y con demasiado hongo a diferencia de las demás con tratamiento a pesar de que su aspecto ya no es tan bueno por la superficie siguen manteniendo uniformes por dentro sin daño en el interior.

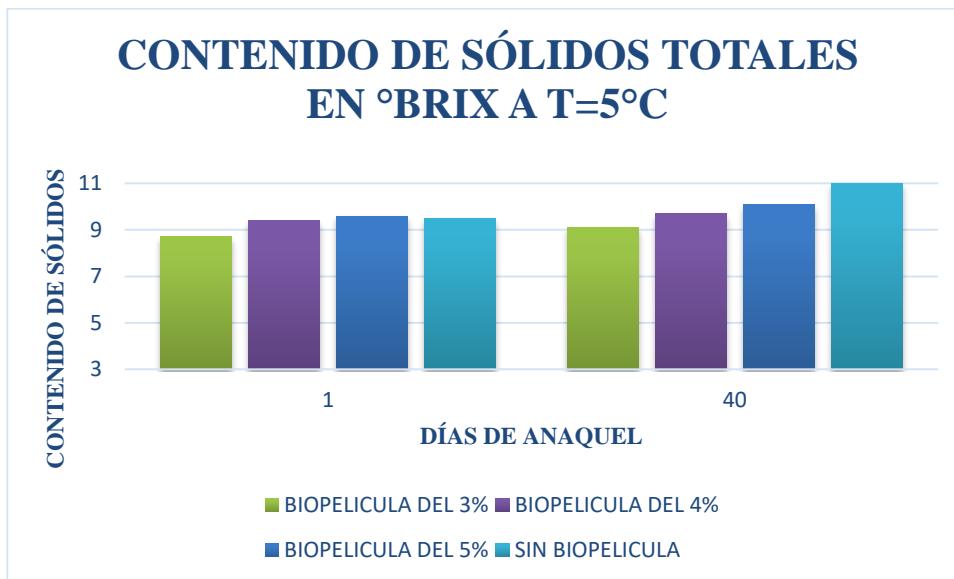


Figura 23. Gráfico Sólidos totales de las fresas con biopelículas al 3%,4%,5% y el control que no contiene biopelícula.

### **Pruebas sensoriales (Olor, Sabor, Color, Textura, acidez).**

Para comprobar estos parámetros que son de suma importancia hicimos una encuesta y otros fueron experimentaciones ya mencionadas en metodología, los presentamos en la Tabla 4, donde podemos apreciar los resultados de color, textura y acidez, apreciamos que en la coloración no hay gran diferencia con la fresa del 0% de biopelícula en cuanto a textura la única biopelícula que se sale de el parámetro es la de 5% ya que esta al trascurrir el tiempo de anaquel de 1 a 40 días va perdiendo la elasticidad en el fruto y la acidez que no se mantiene dentro del parámetro es debido al tamaño y estado de madurez de la fresa ya que aunque se trató lo posible de mantener los mismos parámetros estos son difíciles por el tipo de fruta sin embargo esta dentro del parámetro establecido de acidez en fresas otro factor puede ser el tipo de variedad de la fresa ya que experimentamos con Albión en el primer tratamiento a T=25°C. Para el segundo tratamiento a T=5°C vemos que en el color no hay demasiada diferencia entre las biopelículas y la fresa control del 0% y eso nos dice que la biopelícula al transcurrir los días sigue manteniendo el color en el fruto, en la textura se mantiene la elasticidad con estabilidad a diferencia del tratamiento uno esto puede ser debido a la baja temperatura que este factor no se ve afectado, la acidez es buena en las dos biopelículas comparadas con la del 0% que solo es hasta el día 10, sin embargo en la fresa con la biopelícula del 5% vemos que está maneja un parámetro diferente puede ser por su estado de maduración en el inicio pero se mantiene dentro del parámetro sin embargo la del 4% sigue siendo una de las mejores. En la Figura 24, representamos los porcentajes de los resultados obtenidos con la fresa que tiene 0% de biopelícula a T=25°C y hacemos un comparativo con la Figura 25, donde vemos que el comportamiento de las fresas con biopelículas a diferentes porcentajes en donde apreciamos que no tiene gran diferencia con los resultados de la fresa normal las que si contienen la biopelícula aplicada sin embargo debemos recordar que esos resultados de la fresa control son solo de 1 a 10 días ya que esta sufre el estado de putrefacción demasiado acelerado que las que tiene la biopelícula.

*Tabla 4. Color, textura y acidez de las muestras.*

<b>TRATAMIENTO A T=25°C</b>				<b>TRATAMIENTO A T=5°C</b>		
BIOPELÍCULAS	COLOR	TEXTURA	ACIDEZ	COLOR	TEXTURA	ACIDEZ
Biopelícula 3%	3.96E-01	1.12E+01	4.35E+00	3.51E-01	1.25E+01	4.85E+00
Biopelícula 4%	3.49E-01	1.19E+01	4.49E+00	3.39E-01	1.06E+01	4.69E+00
Biopelícula 5%	3.53E-01	9.10E+00	4.56E+00	3.62E-01	1.47E+01	5.18E+00
Biopelícula 0%	3.40E-01	1.47E+01	5.45E+00	3.20E-01	1.45E+01	4.12E+00

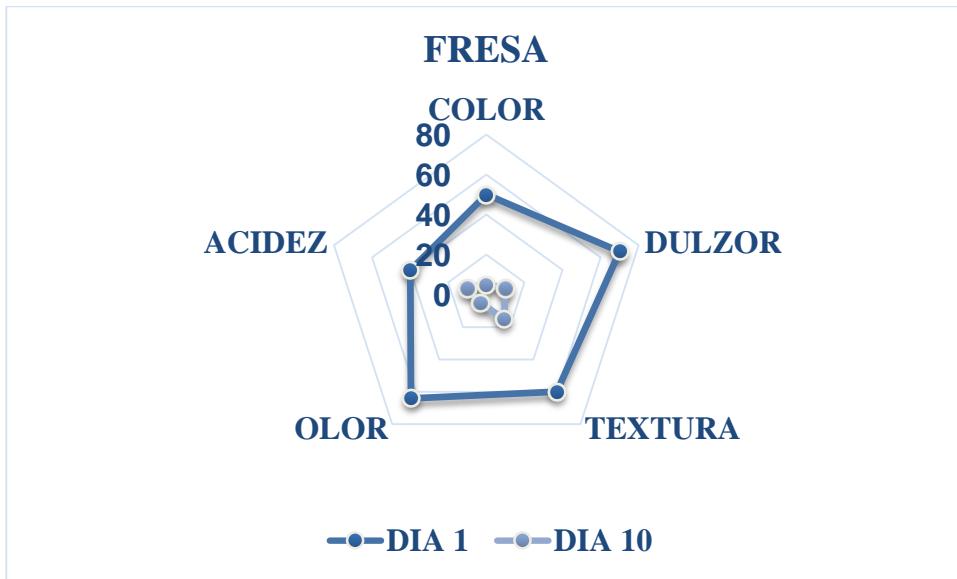


Figura 24. Gráfico Fresa sin biopelícula a 25 °C.

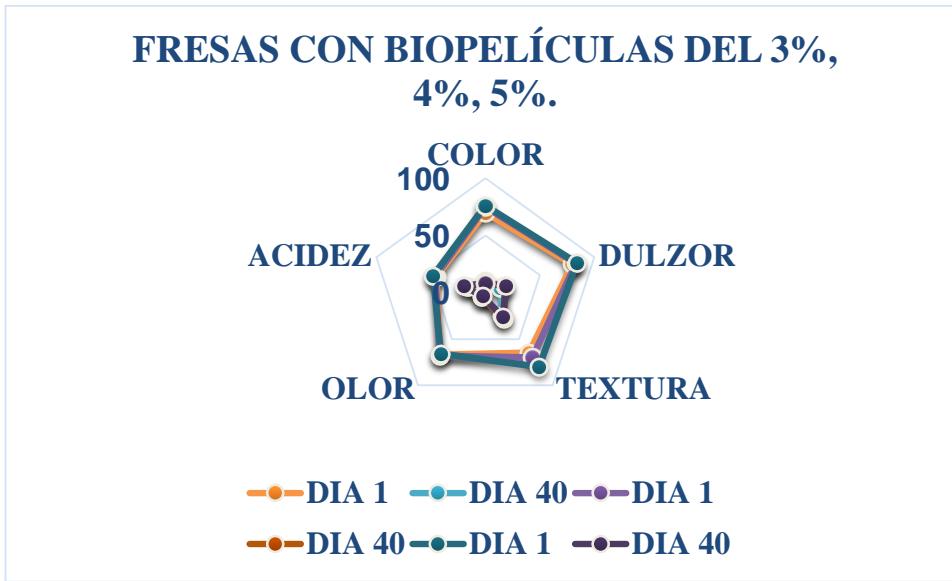


Figura 25. Gráfico Fresas con biopelículas de quitosano del 3%, 4%, 5% a T=25°C.

En la Figura 26, tenemos la fresa con biopelícula al 0% donde observamos su comportamiento en refrigeración y hacemos una comparación con la Figura 27, donde están las fresas con las biopelículas 3%, 4%, 5% pero con una T=5°C, y podemos apreciar que se mantiene dentro del parámetro de la fresa que tiene el 0% de biopelícula tomando en cuenta que al igual que el tratamiento uno solo es por los días del 1 al 10 debido al estado de descomposición que las fresas presentan porque no tienen tratamiento creo que se logra buena estabilidad con las biopelículas, para nuestro punto de vista la biopelícula que logra una buena estabilidad debido a sus valores de porcentaje sigue siendo la del 4% a diferencia de las otras dos. En el trabajo de (Campos, et al.,

2011) vemos algunos de sus resultados sobre su investigación de fresa y en textura y colorimetría ahí similitudes en su tratamiento con la diferencia que ella usa ácido ascórbico pero independientemente la coloración está dentro del mismo parámetro que nos sale en esta experimentación.



Figura 26. Gráfico Fresa sin biopelícula a 5°C.



Figura 27. Gráfico Fresas con biopelículas de quitosano del 3%, 4%, 5% a T=5°C.

## Análisis de pruebas químicas:

### Análisis microbiológicos.

Se muestran la siguiente tabla 4.1.5.1 se hace una comparación de resultados de conteo bacteriano, microorganismos, hongos y levaduras, de las fresas con las películas a diferentes concentraciones y Temperaturas en Agares:

F=significa que estuvieron en refrigeración a una temperatura de 5°C.

A=expuestas al ambiente a una temperatura de 25°C.

*Tabla 5. Resultados de las fresas en Agares.*

MUESTRA	% DE MUESTRA	COLIFORMES <10 UFC/g	BMA <100FC/g	H Y L <10 a 150UFC/g
1	5% F	<10	50	<10
2	5% A	<10	110	190
3	4% F	<10	20	30
4	4% A	<10	110	140
5	3% F	<10	90	50
6	3% A	<10	115	150

En las siguientes imágenes de la Figura 28, podemos hacer un comparativo visual y nos podemos percibir de cómo es la evaluación para cada tratamiento en las fresas a diferentes concentraciones el cual iniciaremos por nuestra solución del 5% a una T=5°C en la cual podemos apreciar que no hay crecimiento relevante de bacterias mesófilas aerobias, coliformes, hongos y levaduras. Están dentro del rango permitido por las normas.



*Figura 28. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 5% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 5% de quitosano. d) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 5% de quitosano.*

En cambio en las siguientes imágenes a, b y c de la Figura 29, en el cual su tratamiento es T=25°C, también con la película del 5% se puede ver que al estar expuestas en el exterior durante 24 días el crecimiento bacteriano es evidente en bacterias mesófilas aerobias, hongos y levaduras en cuanto a coliformes totales no

presenta ningún crecimiento esto nos indica la película de quitosano no permite que nuestras fresas sean contaminadas por estos microorganismos que están presentes en la mayor parte de los ambientes en los que nos encontramos.

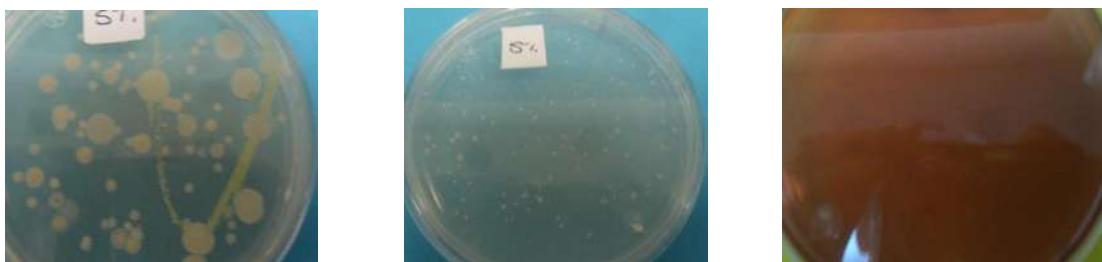


Figura 29. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 5% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 5% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 5% de quitosano.

En las siguientes imágenes Figura 30 a, b y c, se exponen las fresas con el tratamiento de la película al 4% a una T=5°C, en ellas se aprecia el crecimiento bacteriano y el resultado que se obtiene con esta película es bastante bueno considerando que es menor el crecimiento en los medios de AME, ADP y que en ABRV es nulo el crecimiento.



Figura 30. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 4% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 4% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 4% de quitosano.

Figura 31 a, b y c, apreciamos las fresas con la película al 4% a una T=25°C, ella es más claro nuestros resultados los cuales son muy buenos a diferencia

En las siguientes imágenes En las siguientes imágenes Figura 32 a, b y c, tenemos las fresas con la película del 3% de solución de quitosano a una T=5°C, en la cual apreciamos que el crecimiento bacteriano es casi nulo en los tres medios de cultivo.

de la película anterior los resultados nos indican que esta película es una de las mejores entre las tres, puesto que la carga microbiana es bastante baja en los medios AME, ADP y en ABRV sigue siendo nulo el crecimiento de microorganismos.

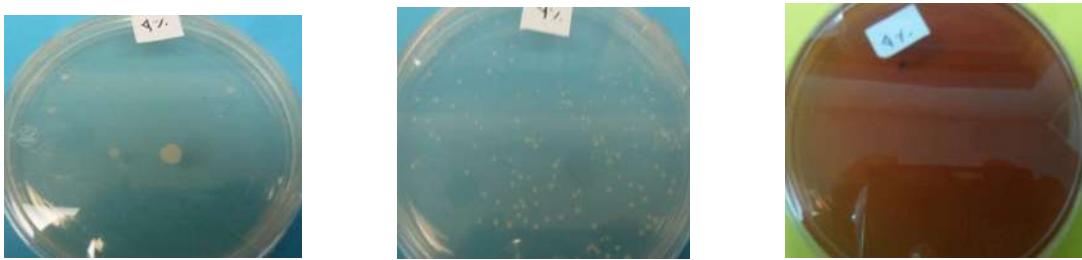


Figura 31a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 4% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 4% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 4% de quitosano.

En las siguientes imágenes Figura 32 a, b y c, tenemos las fresas con la película del 3% de solución de quitosano a una T=5°C, en la cual apreciamos que el crecimiento bacteriano es casi nulo en los tres medios de cultivo.



Figura 32. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 3% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 3% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 3% de quitosano.

En las siguientes imágenes: Figura 33 a, b y c, tenemos la película del 3% de quitosano aplicada a una fresa a una T=25°C, en la cual nos podemos percibir que el crecimiento de bacterias, así como de hongos y levaduras tiene un crecimiento un poco menor al de la película del 5% de quitosano, pero mayor al de la película del 4% de quitosano.

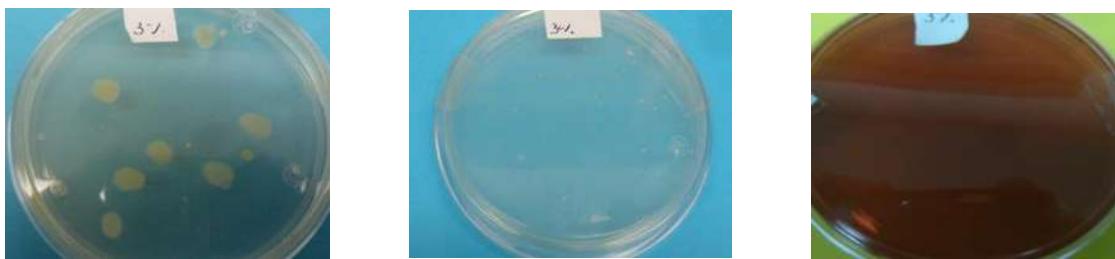


Figura 33. a) Elaboración de prueba en medio AME con una película del 3% de quitosano. b) Elaboración de prueba en medio ADP con una película del 3% de quitosano. c) Elaboración de prueba en medio ABRV con una película del 3% de quitosano.

## Análisis de Morfología.

### Microscopía electrónica de barrido.

Las biopelículas depositadas en las fresas se observan en las micrografías, ya que a través del MEB se logró hacer un análisis morfológico de las biopelículas algunas de estas micrografías se presentan en las imágenes de las Figura 34 y Figura 35 que se muestran a continuación; en donde podemos observar a través de una muestra de la biopelícula del 3% antes de ser aplicada a la superficie de la fresa a 5000 aumentos. En la segunda imagen se muestra a 1500 aumentos la biopelícula del 4% y podemos apreciar que la uniformidad es mayor que la anterior. En la tercera imagen vemos a 2500 aumentos la biopelícula del 5% donde observamos que su uniformidad no es tan cerrada como la del 4% a pesar de que esta tiene mayor cantidad de quitosano esto nos indica que como ya en anteriores resultados la biopelícula del 4% tiene una estabilidad favorecedora hacia nuestros resultados y se comprueba en estas imágenes mostradas recordemos que este tratamiento fue hecho a una temperatura de 25°C.

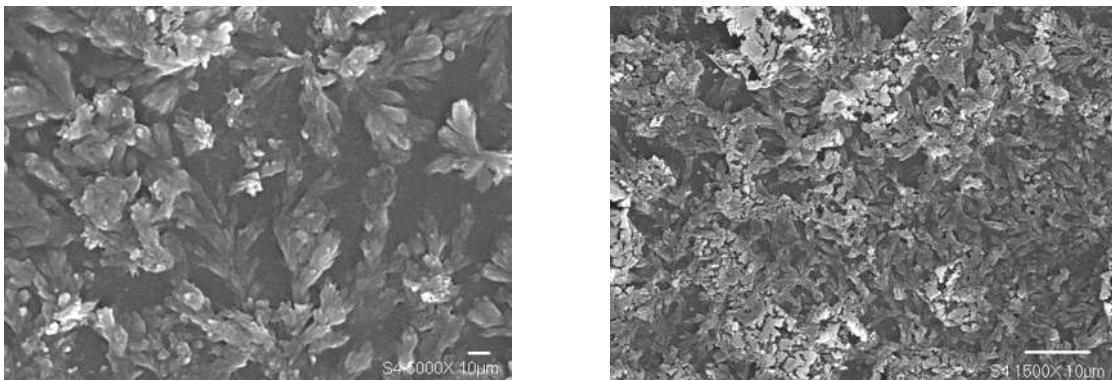


Figura 34. a) Micrografía de biopelícula al 3% de quitosano con aumento de 5000X. b) Micrografía de biopelícula 4% de quitosano con aumento de 1500X.

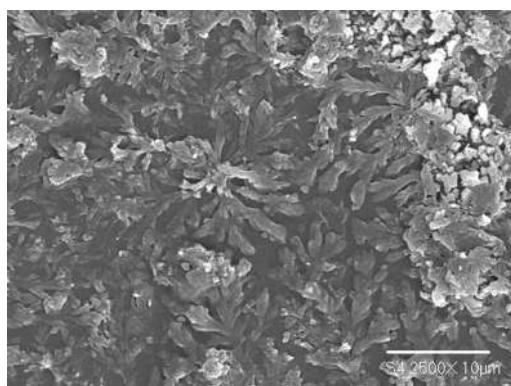


Figura 35. Micrografía de biopelícula al 5% de quitosano con un aumento de 2500X.

En las siguientes micrografías de las Figura 36 y Figura 37, que se muestran a continuación; observamos las biopelículas con una temperatura de 5°C, en donde

observamos la biopelícula del 3% antes de ser aplicada a la fresa a 2500 aumentos. En la segunda imagen se muestra a 1500 aumentos la biopelícula del 4% y podemos apreciar que la uniformidad es mayor que la anterior. En la tercera imagen vemos a 2500 aumentos la biopelícula del 5% donde observamos que su uniformidad no es tan cerrada como la del 4% a pesar de que esta tiene mayor cantidad de quitosano esto nos indica que como ya en anteriores resultados la biopelícula del 4% tiene una estabilidad favorecedora hacia nuestros resultados y se comprueba en estas imágenes como este tratamiento es a una temperatura menor se nota en las imágenes que la figura del quitosano es un poco delicada a diferencia de las biopelículas tratadas a temperatura de 25°C esto nos demuestra que la temperatura es un factor importante para los tratamientos de conservación de frutos ya sea de fresas o de otros.

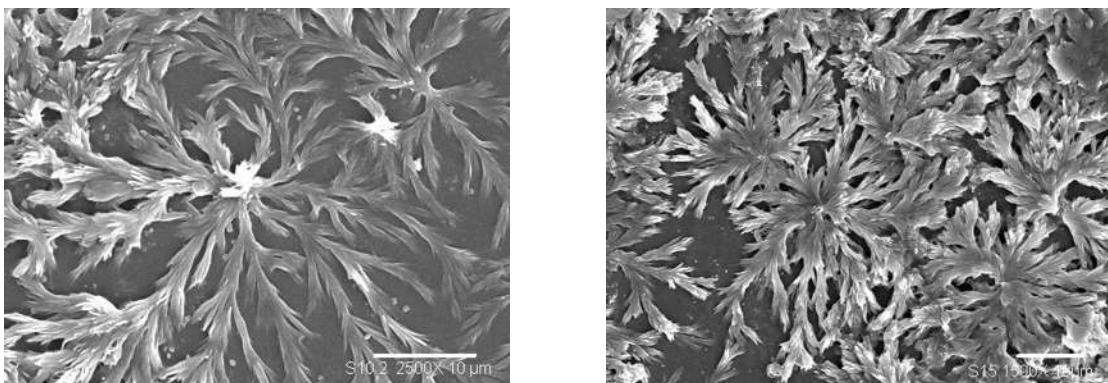


Figura 36. a) Micrografía de biopelícula al 3% de quitosano con aumento de 2500X. b) Micrografía de biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 1500X

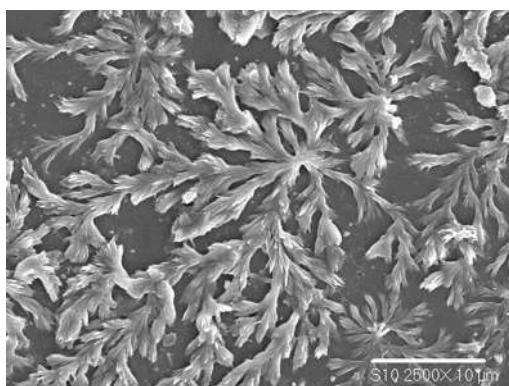


Figura 37. Micrografía de biopelícula al 5 % de quitosano con aumento de 2500X.

En las siguientes imágenes tenemos unas micrografías de las Figura 38 y Figura 39, la primera imagen a 500 aumentos, tomada a la fresa con el 4% de biopelícula aplicada a una T=25°C con cierta toma de diferentes puntos de la corteza donde esta aplicada la biopelícula después de secarse sobre la fresa, y como se puede apreciar la biopelícula adherida en su totalidad en la superficie del fruto. En la micrografía a 500 aumentos observamos el punto 1 de qué manera el quitosano está adherido a la corteza de la fresa, en la imagen tres observamos la micrografía a 1500 aumentos, pero del punto 2 y observamos la uniformidad del quitosano que va siguiendo a través de la corteza, el

punto 3 no lo da la micrografía a 2500 aumentos vemos que sigue siendo uniforme el quitosano para el punto cuatro no tenemos micrografía ya que la muestra sufre daño en el punto 3 si podemos apreciar es complicado tomar de una sola muestra varias tomas ya que como son muestras con fruta estas a veces tienen un poco de agua y el aparato las detecta y las rompe a pesar de que se preparan con mucha delicadeza con el polvo de cobre.

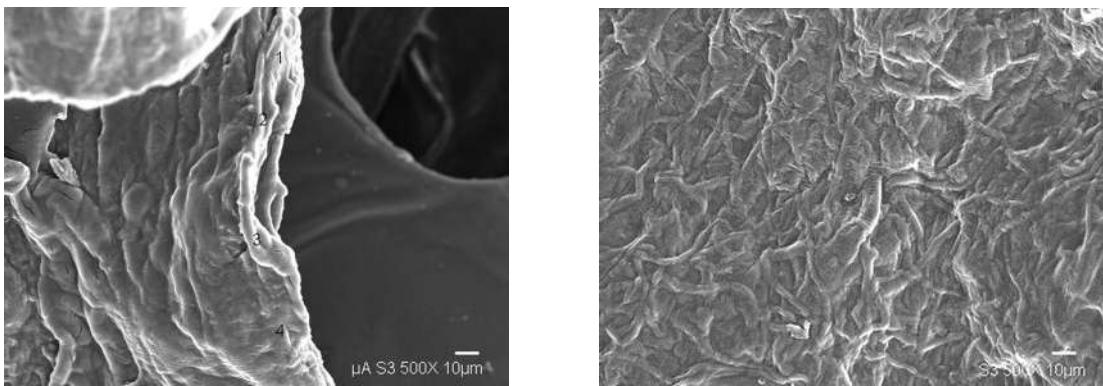


Figura 38. a) Micrografía de una fresa con una biopelícula del 4% de quitosano con aumento de 2500X.) b) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 1) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 2500X.

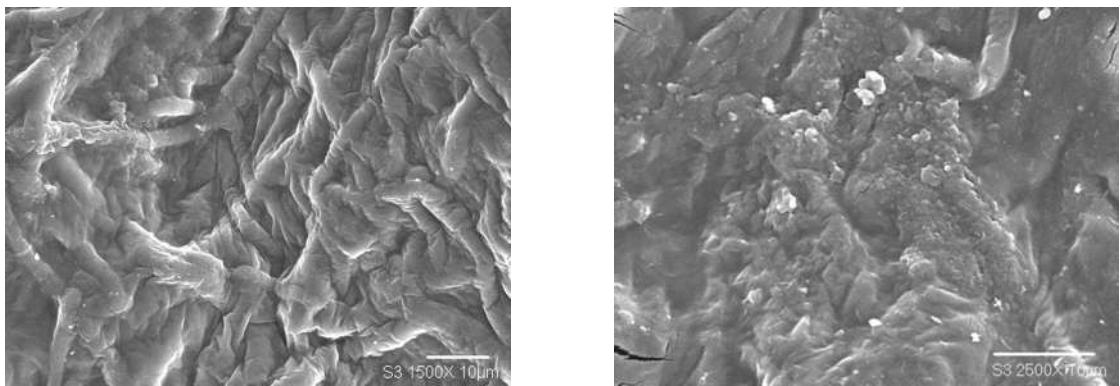


Figura 39. a) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 3) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 1500X. b) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 4) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 2500X.

En las siguientes imágenes hacemos un análisis a la fresa con los resultados que tuvieron mayor estabilidad tanto en pruebas fisicoquímicas como químicas, tenemos una la micrografía (Figura 40 a)) a 500 aumentos, tomada a la fresa con el 4% de biopelícula aplicada a una  $T=5^{\circ}\text{C}$  con cierta toma de diferentes puntos de la corteza donde esta aplicada la biopelícula después de secarse sobre la fresa y como se puede apreciar la biopelícula cubre en su totalidad la superficie del fruto. En la micrografía (Figura 40 b)) a 500 aumentos observamos el punto 1 de qué manera el quitosano está adherido a la corteza de la fresa, en la imagen tres observamos la micrografía (Figura 41) a 500 aumentos, pero del punto 2 y observamos la uniformidad del quitosano, aunque está a menos aumentos se puede apreciar cómo se va comportando el quitosano, que va siguiendo a través de la corteza, los puntos 3 y 4 no tenemos micrografía por lo ya mencionado en el análisis pasado.

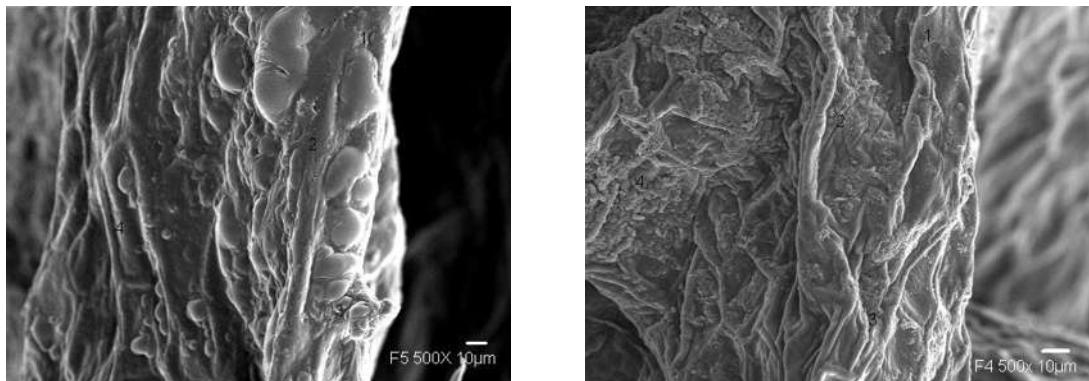


Figura 40. a) Micrografía de una fresa con una biopelícula del 4% de quitosano con aumento de 500X. b) Micrografía de la superficie de la fresa (punto 1) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 500X.

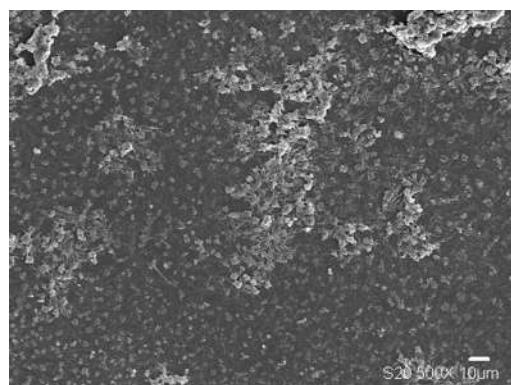


Figura 41. Micrografía de la superficie de la fresa (punto 2) con la biopelícula al 4% de quitosano con aumento de 500X.

Por otra parte sabemos que la fresa cuenta con una cantidad micronutrientes funcionales, tales como: Boro; Calcio; Magnesio; Manganeso; Fosforo; Silicio; Selenio; Iodo y Zinc entre otros; las biopelículas con el resultado de la solución del 4% y después de 25 días a las temperaturas 25°C y 5°C, se cortó y se preparó cubriendose con Cobre para realizar un análisis puntual mediante EDS, lo que arrojaron los gráficos de las figuras Figura 42 y Figura 43, que se muestran a continuación, en el cual se puede considerar los micronutrientes que aún conservan los frutos cubiertos con quitosano. Como resultados de los EDS sabemos que el carbono y el boro debido a su peso molecular no son apreciables, pero en las imágenes de los gráficos podemos apreciar el cobre generado por el material de la preparación de las muestras, además de observar la presencia de Calcio, Magnesio, Silicio, Fosforo, Azufre y Potasio, lo anterior debido a su análisis puntual, y aun cuando no aparecen todos los micronutrientes, si podemos apreciar varios de ellos además de oxígeno presumiblemente debido a los ácidos orgánicos, los azúcares presentes en el fruto y la biopelícula que lo cubre.

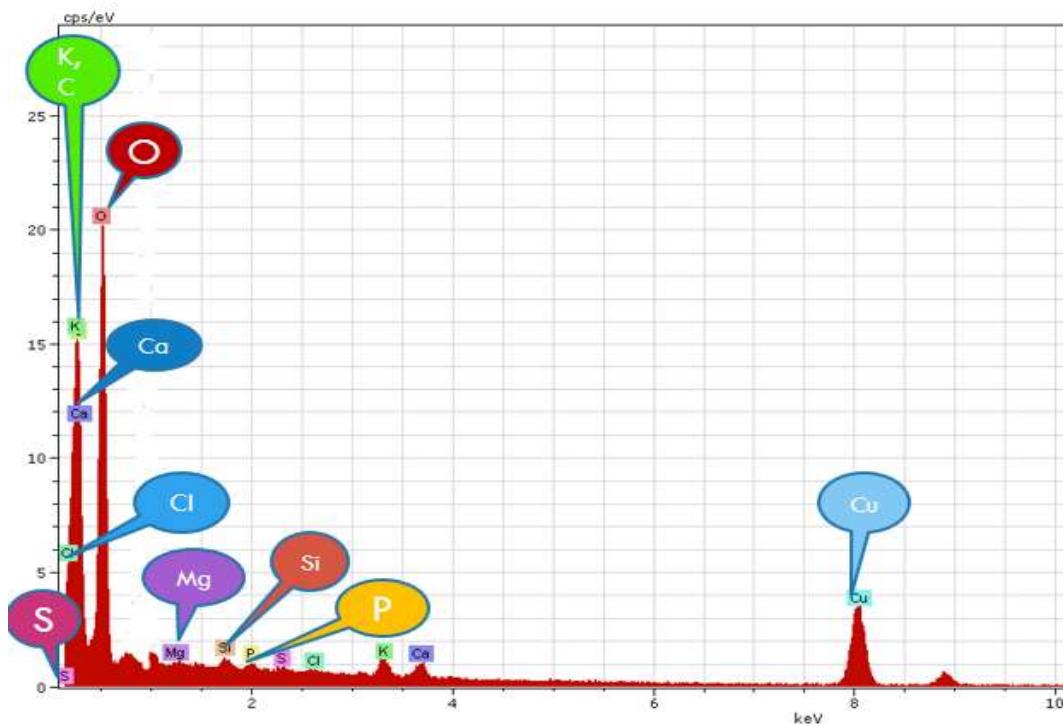


Figura 42. Gráfico Análisis puntual de Fresa cubierta de quitosano al 4% a  $T=25^{\circ}\text{C}$ .

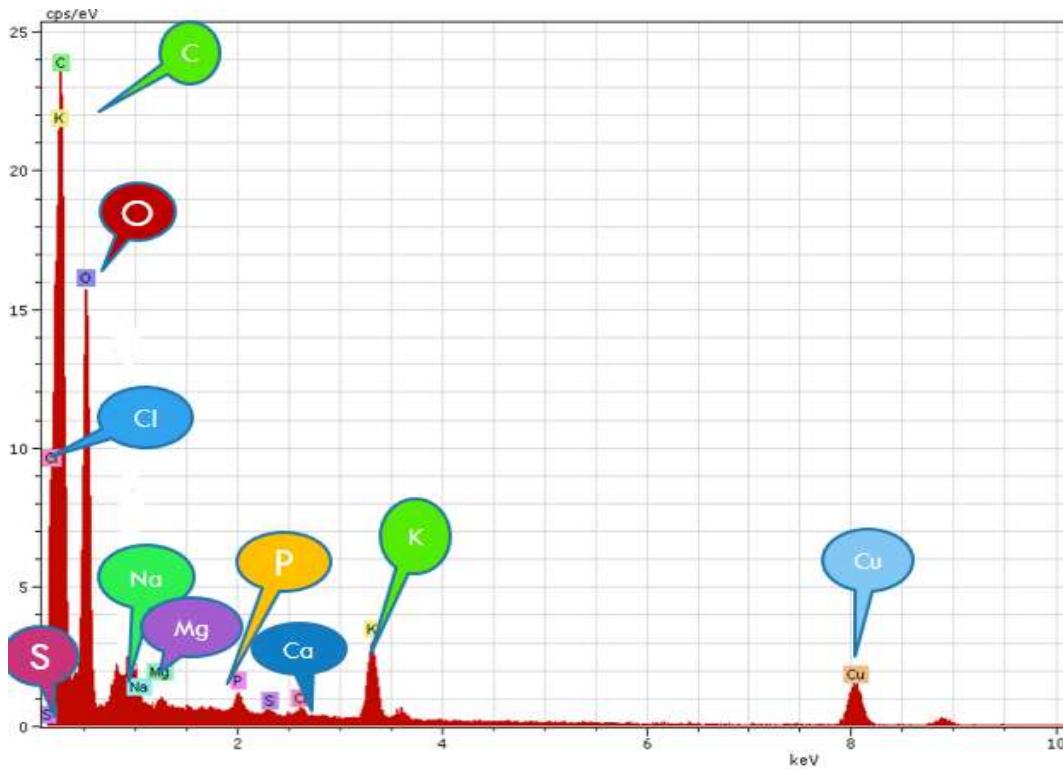


Figura 43. Gráfico Análisis puntual de Fresa cubierta de quitosano al 4% a  $T=5^{\circ}\text{C}$ .

El uso de la biopelículas de quitosano para aumentar el tiempo de vida en anaquel de la fresa puede considerarse como adecuado, ya que es un material que puede consumirse sin efectos secundarios para el público además de presentar las ventajas que se mencionan a continuación.

El costo puede considerarse relativamente bajo; porque se puede elaborar la quitina a partir de desechos de restaurantes de mariscos; El uso del quitosano como conservador reduce ampliamente los desechos y la contaminación al evitar otras sustancias químicas como el bromuro de metilo, la fresa no pierde en cuanto a sus propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales; Además de que se proporciona protección antimicrobiana individual a pequeñas piezas o frutos.

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir que nuestros objetivos principales se cumplieron como se muestra a continuación:

- ✓ Las biopelículas hechas a base de quitosano dan una mayor amplitud a las fresas como fruta fresca.
- ✓ Prolongando con ello la vida en anaquel por un periodo superior al del control, con 25 días más de vida útil en el mercado.
- ✓ En el periodo de anaquel se concluye que tanto para las fresas tratadas a temperatura de 25°C y 5°C se obtuvieron resultados muy buenos a comparación de las fresas control que solo tenían un periodo corto de días, por otra parte, las biopelículas con resultados con mayor estabilidad en los análisis sensorial y fisicoquímicos, fueron las que tenían las biopelícululas del 4%.
- ✓ La película más adecua de nuestras soluciones (3%, 4%, 5%), es la del 4% puesto que es la que cumple más con los parámetros de las normas. Tomando en cuenta la temperatura de 5°C como en la de 25°C nos demuestra que el grado de concentración en cada fresa si afecta y que la estabilidad para esta la alcanza en esa concentración y así tiene un funcionamiento más antimicrobiano, sin embargo, es sorprendente lo que el quitosano logra al no permitir ningún crecimiento microorganismos como los coliformes ya que son uno de los grandes focos rojos en la industria alimentaria. Con este estudio microbiano comprobamos que efectivamente cumplimos con los parámetros establecidos en las siguientes normas: NOM-092-SSAI-1994, NOM-113-SSAI-1994, NOM-111-SSAI-1994.
- ✓ Obtuvimos la biopelícula adecuada, para nuestras fresas que fue finalmente la del 4% de quitosano sin necesidad de agregarle un ácido cumplimos con los parámetros establecidos en control de calidad de un fruto fresco y seguro en inocuidad.
- ✓ Al finalizar el tiempo de evaluación de este experimento, las fresas fueron consumidas para comprobar su sabor, olor y que no se tienen efectos secundarios en el ser humano, tales como alergias, dolor estomacal, o alguna clase de

infección. Se reporta como estable ya que no hubo ninguna incidencia negativa al consumo.

- ✓ Alcanzamos nuestra meta que es ayudar a las personas que son productoras de fresa y al ámbito industrial porque se demostró que el quitosano es un biopolímero bastante generoso y se acopla con mayor facilidad en biopelículas comestibles.

### **Recomendaciones**

- Entre mayor sea el grado de pureza del quitosano mayores serán los beneficios en las biopelículas independientemente del fruto al que sea aplicada ya que como lo mencionamos antes utilizamos.
- El secado con las biopelículas debe ser de 1 a dos horas antes de los tratamientos que se les desea dar.
- Para la colorimetría se usaron fresas en estado de maduración medio para que atreves de los días de anaquel fueran madurando.
- La experimentación de textura se usan varias fresas la selección es de acuerdo con los parámetros de exportación.
- El suelo del cual fueron extraídas las fresas tienen un pH 5.7 a 6.4 de esto depende la acidez de las fresas y el azúcar que estas tendrán para comparar parámetros consulte en el Manual Técnico de Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Monsalve , J. & Machado, M., 2007. Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) variedad manzano.. *Multiciencias*, 7(3), pp. 256-265.
- Abarca Flores, L. P., 2012. INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ARCILLA EN PELÍCULAS COMESTIBLES DE QUITOSANO-QUÍNOA (*Chenopodium quinoa Willd.*) . En: *MEMORIAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS* . CHILE: UNIVERSIDAD DE CHILE , pp. 1-41.
- Aguilar González, C. N., 2013. APLICACIÓN DE CUBIERTAS COMESTIBLES FORMULADAS CON CERA DE CANDELILLA PARA CONSERVACION DE FRESA.. En: *MEMORIAS DEL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD MICHOACAN*. Jiquilpan, Michoacán: Instituto politecnico nacional, pp. 1-94.
- Aguilar Mendez, M. A., 2005. *PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PELICULAS BIODEGRADABLES Y SU EMPLEO EN EL RECUBRIMIENTO DE FRUTOS DE AGUACATE*.. 1 ed. México D.F: Instituto Politecnico Nacional.
- Alfonso Arce, C. C., 2011. CARACTERIZACIÓN DE PELICULAS COMESTIBLES DE QUITOSANO Y LA AFECTACIÓN DE LAS PROPIEDADES POR APLICACIÓN DE ACEITES ESENCIALES. En: *CARACTERIZACIÓN DE PELICULAS COMESTIBLES DE QUITOSANO Y LA AFECTACIÓN DE LAS PROPIEDADES POR APLICACIÓN DE ACEITES ESENCIALES*. Bogota: s.n., pp. 1-35.
- Béjar Ubaldo, A. & Olvera Arriaga, L. E., 2013. EFECTOS DE RECUBRIMIENTO DE QUITOSANO APLICADO EN FRESA PARA SU CONSERVACIÓN. *X encuentro participacion de la mujer en la ciencia.*, 10(1), pp. 1-6.
- Béjar Ubaldo, A. & Olvera Arriaga, L. E., 2014. EFECTOS DE PELÍCULAS DE QUITOSANO APLICADAS EN FRESA PARA SU CONSERVACIÓN. *XI encuentro participación de la mujer en la ciencia.*, 11(1), pp. 1-5.
- cajamar, G. c., 2014. *PARÁMETROS DE CALIDAD INTERNA DE HORTALIZAS Y FRUTAS EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA*, s.l.: Lideres EN EL NEGOCIO AGROLIMENTARIO.
- Campos, R. P., Kwiatkowski, A. & Clemente, E., 2011. Post-harvest conservation of organic strawberries coated with cassava starch and chitosan.. *Rev. Ceres, Vicoso.*, 58(5), pp. 558-560.
- castellanos Martínez, G., 2009. *Uso de bacterias lácticas*. 1 ed. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa..

Cconislla Bello, J. L., 2017. Desarrollo de micropartículas de quitosano entrecruzado y cuaternizado para la adsorción de Ácido Desoxirribonucleico (ADN). En: *Química*. Lima-Perú.: Universidad Nacional de Ingeniería., pp. 1-122.

Chávez Huerta, A., Rincon, M. C., Valbuena Inciarte, A. C. & López, A., 2012. OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS DE QUITOSANO ELABORADO A PARTIR DE LOS DESECHOS DE LA INDUSTRIA.. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 13(3), pp. 77-88.

Cruañes, M. d. C. & Locaso, D. E., 2011. Quitosano: antimicrobiano biodegradable en postcosecha de arándanos (Vaccinium. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*., 12(1), pp. 57-63.

Díaz Mora, M., 2003. *Evaluación preliminar de la vida de anaquel de papaya tratada osmóticamente con películas de quitosano..* Chulula, Puebla.: s.n.

Echeverría García, L., 2013. TÉCNICAS Y MÉTODOS DE USO DE LAS BIOPELICULAS EN BÚSQUEDA DE PROCESOS DE BIORREMEDICACIÓN. *Scientific International Journal*, 10(3), pp. 32-43.

Embuscado, M. E. & Huber, K. C., 2009. *Edible films and coatings for food applications..* 1 ed. New York: A.E. Pavlath and W. Orts.

Fuentes Yalli, L. & Pastor de Abram, A., 2009. PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE PELÍCULAS DE QUITOSANO PROVENIENTE DE CALAMAR GIGANTE "DOSIDICAS GIGA" PARA USO MÉDICO. *Soc Quím Perú*, 75(1), pp. 3-11.

Galietta, G. y otros, 2004. AUMENTO DE LA VIDA UTIL POSCOSECHA DE TOMATE USANDO UNA PELICULA DE PROTEINA DE SUERO DE LECHE.. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2), pp. 117-123.

García Zapata, T. & Roca Ortega, J. M., 2008. Industrialización de los crustáceos para la obtención de Quitoano en ungüento con efecto cicatrizante. *Revista de la Facultad de Ingenieria Industrial*, 11(2), pp. 24-32.

González, I., 2010. Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) colombiana. Universidad Nacional de Colombia. En: *Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia..* s.l.:s.n.

Gúzman Venegas, G., 2003. *Efecto del tipo de agente plastificante en películas de quitosano..* Cholula,Puebla.: s.n.

Hernández Lauzardo, A. N. y otros, 2005. Potencial del Quitoano en el Control de las Enfermedades. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), pp. 198-205.

Hernández M., Y., Lobo, G. & González, M., 2007. OPTIMIZACIÓN DEL TIPO DE TROCEADO DE PAPAYA. *Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Volumen V, pp. 751-759.

Jiménez D., P. y otros, 2010. EFECTO DE LAS CERAS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD EN FRUTOS DE PAPAYA.. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 11(1), p. 3742.

Lárez Velásquez, C., 2003. ALGUNOS USOS DEL QUITOSANO EN SISTEMAS ACUOSOS. *Revista Iberoamericana de Polímeros* , 4(2), pp. 91-109.

LÁREZ VELÁSQUEZ, C., 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en. *Revista UDO Agrícola*, 8(1), pp. 1-22.

López-Mata, M. A., Ruiz-Cruz, S. & Navarro-Preciado, C., 2012. EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE. *BIOtecnia*, Febrero.14(1).

Márquez C., C. J., Cartagena V., J. R. & Pérez Gago, M. B., 2009. EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD EN POSCOSECHA DEL NÍSPERO JAPONÉS (*Eriobotrya japonica* T.).. *Vitae*, 16(3), pp. 304-310.

Martín, P. P. d. l. B., 2012. *CARACTERIZACIÓN DE LA LIBERACIÓN DE CARVACROL Y EUGENOL CONTENIDOS EN FILMS DE WPI*. Pamplona: s.n.

Mata Pompa, B. N., 2012. EL APROVECHAMIENTO DEL EXOESQUELETO DEL CAMARON.. En: *TESIS DE INGENIERIA QUÍMICA*. Morelia, Mich.: UNIVERSIDAD DE SAN NICOLAS DE HIDALGO, pp. 1-78.

Olvera Arriaga, L. E. & Béjar Ubaldo, A., 2012. PRESERVACIÓN DE FRESA EN ANAQUEL CON UNA PELÍCULA DE QUITOSANO. *XXXIII Encuentro Nacional y II Congreso Internacional AMIDIQ* , 33(1), pp. 2427-2432.

Olvera arriaga, L. E., Béjar Ubaldo, A. & Reyes Andés, A., 2012. CONSERVACIÓN DE FRESA CUBIERTA CON UN FILM DE QUITOSANO. *Participacion de la mujer en la ciencia.*, 9(1), pp. 1-4.

Pacheco Aguilar, R. y otros, 2009. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE QUITOSANO Y pH SOBRE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUA DE COLA DE LA INDUSTRIA SARDINERA. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 34(4), pp. 274-279.

Quintero, C. J. & Falguera , V., 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y. *Tumbaga*, 1(5), pp. 93-118.

Ramos García, M. d. L., Bautista Baños, S. & Barrera Necha, L. L., 2010. COMPUESTOS ANTIMICROBIANOS ADICIONADOS EN RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA USO EN PRODUCTOS HORTÍCOLAS. *REVISTA MÉXICANA DE FITOPATOLOGÍA*, 28(1), pp. 44-57.

Rico R., F., Gutiérres C., C. & Díaz Moreno, C., 2012. EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE QUITOSANO Y ACEITES ESENCIALES EN LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) MÍNIMAMENTE PROCESADO. *Vitae*, 19(1), pp. 117-118.

- Ruiz-Cruz, S. & Guevara-Gálvez, C., 2010. Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y almidón para mantener la calidad sensorial y microbiológica de melón fresco cortado. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Biomédica*, Abril.1(1).
- Saavedra H., N. & Algecira E., N. A., 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova*, 8(14), pp. 171-182.
- Sánchez B., A., Sibaja B., M., Vega Baudrì, J. & Madrigal C., S., 2007. SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROGELES DE QUITOSANO OBTENIDO A PARTIR DEL CAMARÓN LANGOSTINO (Pleuroncodes. *Revista iberoamericana de Polímeros.*, 8(4), pp. 241-267.
- Sanchez Rico, T., 2013. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL GERMOPLASMA DE GUAYABA DE PULPA ROSA. En: Morelia, Mich: s.n., pp. 1-131.
- Sanjuán Fernandez, C., 2017. *PATOLOGÍA +REABILITACIÓN+CONSTRUCCIÓN*. [En línea] Available at: <https://www.patologiasconstruccion.net/2012/12/la-microscopia-electronica-de-barrido-sem-i-concepto-y-usos/> [Último acceso: 25 Noviembre 2017].
- Soro Guevara , L. M., 2007. Estudio de obtencion de quitosano a partir de caparazon de camaron (penaeus vannamei) y su aplicacion en la estabilidad de una emulsion aceite en agua.. En: GUAYAQUIL – ECUADOR : Tesis de Licenciatura., pp. 5-7.
- T., B., 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), pp. 237-248.
- Trejo Lopez, M. A., Ramos Lopéz, K. & Pérez Guillén, C., 2007. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE GELATINA SOBRE LA CALIDAD DE FRESA (Fragaria vesca L.) ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN.. *V CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES*, pp. 230-239.
- Valenzuela, C. & Arias, J. I., 2012. Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 27(1).
- Vallejo Pérez, R., 2011. Histopatología, fisiología y calidad postcosecha de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv.'Hass' infectados con el avocado sunblotch viroid (ASBVd) y diagnóstico de la enfermedad.. En: Montecillo, Texcoco: s.n., pp. 24-148.
- Vázquez Briones, M. C. & Guerrero Beltrán, J. A., 2013. Recubrimiento de frutas con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), pp. 5-14.

## PUBLICACIONES

### Congreso internacional:

- 1.- Olvera Arriaga, L. E. & Béjar Ubaldo, A., 2012. PRESERVACIÓN DE FRESA EN ANAQUEL CON UNA PELÍCULA DE QUITOSANO. *XXXIII Encuentro Nacional y II Congreso Internacional AMIDIQ*, 33(1), pp. 2427-2432.

### Congreso nacional:

- 1.- Olvera arriaga, L. E., Béjar Ubaldo, A. & Reyes Andés, A., 2012. CONSERVACIÓN DE FRESA CUBIERTA CON UN FILM DE QUITOSANO. *Participacion de la mujer en la ciencia.*, 9(1), pp. 1-4.

- 2.- Béjar Ubaldo, A. & Olvera Arriaga, L. E., 2013. EFECTOS DE RECUBRIMIENTO DE QUITOSANO APLICADO EN FRESA PARA SU CONSERVACIÓN. *X encuentro participacion de la mujer en la ciencia.*, 10(1), pp. 1-6.

- 4.- Béjar Ubaldo, A. & Olvera Arriaga, L. E., 2014. EFECTOS DE PELÍCULAS DE QUITOSANO APLICADAS EN FRESA PARA SU CONSERVACIÓN. *XI encuentro participación de la mujer en la ciencia.*, 11(1), pp. 1-5.