

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**PROGRAMA DOCENTE INGENIERO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE ALMACENAMIENTO DE FRESAS
MEDIANTE RECUBRIMIENTOS BIOACTIVOS A BASE DE GOMA
XANTANA Y QUITOSANO.**

POR:

VÍCTOR MANUEL PÉREZ CUERVO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2024.

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

**“MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE ALMACENAMIENTO DE FRESAS
MEDIANTE RECUBRIMIENTOS BIOACTIVOS A BASE DE GOMA XANTANA Y
QUITOSANO”.**

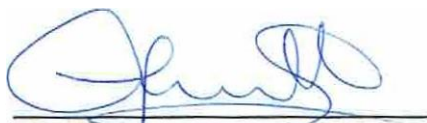
Por:

VÍCTOR MANUEL PÉREZ CUERVO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor Principal



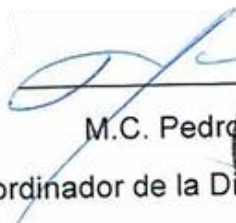
M.C. Oscar Noe Reboloso Padilla

Coasesor



Dr. Leonardo Sepulveda Torre

Coasesor externo



M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

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

TESIS TITULADA
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE ALMACENAMIENTO DE FRESAS
MEDIANTE RECUBRIMIENTOS BIOACTIVOS A BASE DE GOMA
XANTANA Y QUITOSANO.

PRESENTADA POR:
VÍCTOR MANUEL PÉREZ CUERVO

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito para
obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

De acuerdo al artículo 90 del reglamento para Alumnos de Licenciatura

Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



Dr. Leonardo Sepulveda Torre
Vocal



Dra. Pilar Espitia Hernández
Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a los seres que más aprecio y valoro en mi vida hasta el día de hoy.

A Dios

Porque fue gracias a su voluntad de el que hoy termine esta etapa más en mi vida.

A mis padres

Nadia Cuervo Del Ángel y Víctor Manuel Pérez Salazar. Quienes son, fueron y serán siempre el pilar de mi ser, me brindaron su apoyo su amor y su cariño como nadie más lo hará siempre supe que podía contar con ellos en cualquiera de las circunstancias en la que me encontrará.

A mis Hermanos

Fanny Mayreni Pérez Cuervo y José De Jesús Pérez Cuervo. Por aquellos buenos momentos que pasamos juntos y por los que faltan.

A mis sobrinas

Nadia Mayreni López Pérez y María Victoria López Pérez. Por alegrarme los días cuando estaba triste y por todas las cosas que nos hacen reír y recordar la juventud que un día al igual que ellas llevábamos dentro.

A mi familia

Tíos (Jesús Reyes y Valentín Reyes), tías (Paulina León, Raquel Mateos), primos y primas a mi abuela Jacinta Del Ángel Bautista por todos esos momentos que compartimos juntos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Nuevamente por darme la capacidad, habilidad e inteligencia necesaria en el transcurso de mi vida académica, social y laboral. Nunca me abandono y a pesar de todas las cosas que he realizado él siempre está a mi lado donde quiera que este a donde quiera que vaya sé que estará ahí y por eso siempre estaré agradecido.

A mis padres

Nadia Cuervo Del Ángel y Víctor Manuel Pérez Salazar porque me cuidaron desde que era un infante siempre pendientes de las necesidades que tendría en mi camino y siempre preocupándose por darme lo mejor, aquellas cosas que ellos quizás en su tiempo no pudieron tener y por las noches en vela que pasaron cuando me enfermaba por cuidarme y tranquilizarme cuando me sentía mal por preocuparse por mis inquietudes y que quizás también desconocían pero hacían el intento de comprenderlas por eso y más muchas gracias, siempre les estaré eternamente agradecido.

A mi Alma Mater

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que con mucha honra y orgullo defenderé donde quiera que vaya, me brindo las herramientas necesarias para poder crecer profesionalmente y cuido de mi durante toda mi estancia cuatro años y medio miles de recuerdos se quedaron en esta grandiosa institución momentos mágicos e incomparables siempre grabados en mi mente y corazón. Buitre por siempre.

A mis Profesores

Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Quien fue mi tutora, profesora de clase y servicio social, así mismo es mi asesora principal de tesis, estoy muy agradecido por el tiempo, apoyo y su dedicación, no solo de este servidor sino también hacia sus alumnos, una profesora que para mí siempre tendrá mi respeto. Le agradezco por ayudarme con este trabajo de investigación y brindarme y compartirme sus conocimientos y herramientas necesarias para que esto fuera posible y más que una profesora una amiga en la cual se puede confiar.

M.C. Oscar Noe Reboloso Padilla

Jefe del Programa Docente de I.C.T.A. y padrino de nuestra generación, le agradezco por todas las inquietudes que nos resolvió en el transcurso de nuestra estancia y siempre estar al pendiente de nosotros.

Dra. Pilar Espitia Hernández y Dr. Leonardo Sepúlveda Torre

Por su valioso tiempo, dedicación he importante colaboración en este trabajo de investigación.

Y a todos los demás profesores que integran al departamento de ciencia y tecnología de alimentos. Gracias por los conocimientos y el apoyo que me brindaron.

A mis amigos

Dania Solís Cruz, Gregorio Hernández Santos, José Antonio Hernández Bautista, Elizabeth Vázquez Jiménez, Francisco Javier Agapito Hernández, Ana Cristina Estrada Montero, Lezly Piedra López, Mariela Gerónimo, Fátima Hernández, Enrique Ríos. Mitchell Pivaral, José Alfredo Arias, Agustín Morales, Itzel García.

Les agradezco por apoyarme en cada momento y estar siempre conmigo en momentos de alegría, pero también en momentos de dificultad.

¡Gracias por todo!

-Smile =) VI

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
DECLARACIÓN DE NO PLAGIO	XIX
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación	3
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	4
2.1 Frutas y Hortalizas	4
2.2 Producción de frutas y hortalizas en México	5
2.3 Aporte Nutricional de las frutas y hortalizas	5
2.4 Beneficios del consumo de frutas y hortalizas	7
2.5 Merma de frutas y hortalizas	8
2.6 Métodos y técnicas de conservación de frutas y hortalizas	9
2.6.1 Empaques.....	9
2.6.2 Atmosferas modificadas y controladas	9
2.6.3 Empaque al vacío	9
2.6.4 Escaldado	10

2.6.5 Películas y recubrimientos	10
2.6.6 Refrigeración	11
2.6.7 Congelación	11
2.6.8 Ultracongelación	11
2.7 La fresa	12
2.7.1 Taxonomía.....	13
2.7.2 Importancia económica de la fresa en México	13
2.7.3 Principales productores de fresa en México	14
2.7.4 Hongos en la fresa.....	14
2.8 Películas y recubrimientos comestibles	15
2.8.1 Antecedentes.....	15
2.8.2 Función	15
2.8.3 Actividad antimicrobiana	16
2.9 Compuestos bioactivos	17
2.10 Polisacáridos.....	18
2.10.1 Fuentes naturales de polisacáridos	20
2.11 Goma xantana.....	21
2.12 Quitosano.....	21
2.13 Aceites esenciales	22
2.13.1 Aceite esencial de canela	24
2.13.2 Aceite de coco	25
2.14 Evaluación sensorial	26
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Materiales	28

3.1.1 Materia Prima	28
3.1.2 Material de laboratorio	28
3.1.3 Equipo de laboratorio.....	28
3.1.4 Reactivos	29
3.2 Metodología	29
3.2.1 Preparación de la formulación de goma xantana.....	29
3.2.2 Preparación de la formulación de quitosano.....	29
3.3 Aplicación del recubrimiento	30
3.4 Conservación y almacenamiento	31
3.5 Caracterización de las películas.....	31
3.5.1 Color	31
3.5.2 Grosor.....	32
3.5.3 Determinación de Opacidad	32
3.5.4 Determinación de Transmitancia	32
3.5.5 Contenido de humedad.....	32
3.5.6 Solubilidad	33
3.5.7 Permeabilidad.....	33
3.6 Análisis de las fresas con recubrimiento	33
3.6.1 Pérdida de peso.....	33
3.6.2 Evaluación de la firmeza.....	34
3.6.3 Color	35
3.6.4 Sólidos Solubles Totales (SST)	36
3.6.5 Cuantificación de acidez titulable (AT).....	36
3.6.6 Análisis de la vitamina C.....	37

3.6.7 Determinación de polifenoles.....	38
6.6.8 Determinación de la actividad antioxidante.....	39
6.6.8.1 Determinación por el método de ABTS	40
6.6.8.2 Determinación por el método de DPPH.....	41
3.6.9 Análisis de la velocidad de respiración	41
3.6.10 Evaluación sensorial	42
CAPITULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	44
4.1 Análisis de las películas	44
4.1.1 Análisis del parámetro de color.....	44
4.1.2 Cuantificación del grosor	45
4.1.3 Determinación de opacidad y transmitancia	46
4.1.4 Contenido de humedad y solubilidad	47
4.1.5 Evaluación de la permeabilidad al vapor de agua (WVP)	48
4.2 Análisis de las fresas con recubrimiento	50
4.2.1 Determinación de la pérdida de peso	50
4.2.2 Evaluación de la firmeza	51
4.2.3 Análisis de los parámetros de color	53
4.2.3.1 Parámetro L*	53
4.2.3.2 Parámetro a*	55
4.2.3.3 Parámetro b*	56
4.2.4 Determinación de sólidos solubles totales (SST).....	57
4.2.5 Análisis de la acidez titulable (AT)	59
4.2.6 Determinación de la vitamina C	60
4.2.7 Análisis del contenido polifenólico Fenoles.....	62

4.2.8 Cuantificación de la actividad antioxidante	64
4.2.8.1 Determinación por el método de ABTS	64
4.2.8.2 Análisis por el método de DPPH	65
4.2.9 Evaluación de la velocidad de respiración	67
4.2.10 Evaluación sensorial	68
4.2.10.1 Apariencia.....	68
4.2.10.2 Color	69
4.2.10.3 Olor.....	70
4.2.10.4 Sabor.....	71
4.2.10.5 Textura	72
4.2.10.6 Aceptación global	74
4.2.11 Comparación de parámetros físicos y químicos de los tratamientos ...	76
4.2.12 Comparación del análisis sensorial.....	77
CAPITULO V. CONCLUSIONES	78
CAPITULO VI. REFERENCIAS.....	79
CAPITULO VII. ANEXOS	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nutrientes en frutas y hortalizas conforme a su color	5
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la fresa.....	13
Cuadro 3. Los 10 estados de México con mayor producción de fresa en 2021	14
Cuadro 4. Compuestos bioactivos.....	17
Cuadro 6. Comparación de análisis sensorial	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Función del recubrimiento comestible en productos hortofrutícolas.....	16
Figura 2. Homopolisacáridos y heteropolisacáridos ramificados y no ramificados, diferentes monosacáridos representados por diferentes colores.	18
Figura 3. Clasificación de polisacáridos según el tipo de componentes básicos de monosacáridos y sus propiedades fisiológicas.....	19
Figura 4. Fuentes naturales de polisacáridos.....	20
Figura 5. Clasificación general de las pruebas sensoriales.....	27
Figura 6. Secado de las películas de goma xantana y quitosano.....	30
Figura 7. Aplicación del recubrimiento por inmersión de las fresas.....	31
Figura 8. Distribución de los tratamientos de fresas para almacenar a temperatura de refrigeración.	31
Figura 9. Peso de las fresas.....	34
Figura 10. Determinación de firmeza.	35
Figura 11. Calibración del colorímetro.....	36
Figura 12. Determinación de SST.	36
Figura 13. Determinación de AT. En el lado derecho se puede observar el cambio de color de un rojo a un rosa.....	37
Figura 14. Determinación de vitamina C.	38
Figura 15. Lectura de muestras en espectrofotómetro genesis 10 UV (Thermo Electron Corporation, Madison, Wisconsin, USA) a 725 nm.	39
Figura 16. Determinación de ABTS. Celdas con muestras de los tratamientos. ...	40
Figura 17. Lectura de muestras en espectrofotómetro genesis 10 UV (Thermo Electron Corporation, Madison, Wisconsin, USA) a 517 nm.	41
Figura 18. Determinación de O ₂ y CO ₂	42
Figura 19. Juez evaluando los diferentes tratamientos en fresas.....	43
Figura 20. Medias de los parámetros de color (L*, a*, y b*) de las películas de quitosano y goma xantana, donde las letras diferentes a una p>0.05 denotan una diferencia significativa.	45

Figura 21. Medias del grosor (mm) de las películas de quitosano y goma xantana., Letras iguales no hay diferencia significativa ($p > 0.05$).	46
Figura 22. Medias del efecto de la opacidad (absorbancia) y la transmitancia (%) de las películas a base de quitosano y goma xantana. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).	47
Figura 23. Análisis del porcentaje de humedad y solubilidad de las películas a base de quitosano y goma xantana, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.	48
Figura 24. Medias de la permeabilidad al vapor de agua a una $p > 0.05$ por el LSD Fisher, letras diferentes muestran diferencia significativa.	49
Figura 25. Medias de la pérdida de peso a una $p > 0.05$ por el LSD Fisher, letras diferentes muestran diferencia significativa.....	51
Figura 26. Medias de peso a una $p > 0.05$ por el LSD Fisher, letras en común no son significativamente diferentes.	52
Figura 27. Comportamiento de la firmeza conforme pasan los 12 días.	53
Figura 28. Medias del parámetro de color L^* del TC, TRQ Y TRX, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.....	54
Figura 29. Medias del parámetro de color a^* del TC, TRQ Y TRX, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.....	55
Figura 30. Medias del parámetro de color b^* del TC, TRQ Y TRX, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.....	56
Figura 31. Análisis de SST en el TC, TRQ y TRX, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde letras diferentes muestran diferencia significativa.....	58
Figura 32. Se observa como es el comportamiento de SST en los 12 de días de muestreo mientras del lado derecho observamos cuál de los tratamientos mantuvo el mayor contenido de SST.	59

Figura 33. Determinación de AT en el TC, TRQ y TRX, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.....	60
Figura 34. Determinación de vitamina C en el TC, TRQ y TRX, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.	61
Figura 35. Valores medios del contenido polifenólico de los tratamientos TC, TRQ y TRX. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).	63
Figura 36. Valores medios de la capacidad antioxidante de los tratamientos TC, TRQ y TRX mediante ABTS. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).....	64
Figura 37. Valores medios de la capacidad antioxidante de los tratamientos TC, TRQ y TRX mediante DPPH. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).....	66
Figura 38. Influencia del TC, TRQ y TRX en la tasa de respiración en la fresa, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.....	67
Figura 39. Resultados de las medias obtenidas de la apariencia en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.....	69
Figura 40. Resultados de las medias obtenidas del color en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.....	70
Figura 41. Resultados de las medias obtenidas del olor en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.....	71
Figura 42. Resultados de las medias obtenidas del sabor en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.....	72

Figura 43. Resultados de las medias obtenidas de la textura en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas..... 73

Figura 44. Resultados de las medias obtenidas de la aceptación global en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas. 75

RESUMEN

El uso de películas y/o recubrimientos comestibles surge de la necesidad de conservar alimentos, la cual es una alternativa prometedora para mejorar su calidad. Las películas y recubrimientos están constituidos por polímeros naturales biodegradables con componentes bioactivos, antimicrobianos, o antioxidantes, satisfaciendo la demanda del consumidor por alimentos menos procesados, más seguros, saludables y naturales. La goma xantana es un hidrocoloide microbiano de gran importancia comercial, utilizado como agente espesante y estabilizador; por otro lado, el quitosano es uno de los polímeros más abundantes, conocido por sus propiedades antimicrobianas y su capacidad para biodegradarse. El objetivo de la presente investigación fue desarrollar y caracterizar dos películas bioactivas obtenidas por el método de casting, una elaborada a base de goma xantana, glicerol, aceite de coco, tween-80 y aceite de canela y la otra con quitosano, ácido acético, glicerol, y aceite de canela, para evaluar sus efectos al ser aplicadas en fresas. Las películas se caracterizaron considerando los parámetros de color, grosor, opacidad, transmitancia, porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad y permeabilidad al vapor de agua (WVP). Así mismo, en las fresas con recubrimientos se analizaron los parámetros de pérdida de peso, firmeza, color, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), vitamina C, contenido de Polifenoles totales, capacidad antioxidante mediante ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS) y 2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), respiración y evaluación sensorial donde se evaluaron los atributos de apariencia, olor, sabor, textura y la aceptación global. Los ensayos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones, realizando un ANOVA a una $p > 0.05$, y la comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Fisher LSD, con una confiabilidad de 0.05. Los resultados estadísticos para las películas demostraron diferencias significativas en los parámetros de color en L^* y a^* , opacidad, transmitancia, y permeabilidad al vapor de agua (WVP). La película de quitosano sobresalió con un valor en L^* de 91.52 y la de goma xantana

en el parámetro a^* con -1.02, en opacidad y transmitancia la película con mejor resultado fue la de goma xantana con un valor de 0.01 A/500nm y 32.73% respectivamente, mientras que en la WVP se mantuvo mejor en la película de goma xantana con un valor de 1.03 g mm/ hm² KPa, Se puede concluir que ambas películas mostraron ser suaves, flexibles, homogéneas, siendo la de quitosano ligeramente más transparente que la de goma xantana, ambas poseen una coloración cercana a la neutralidad del círculo CIELab, la película a base de quitosano es menos permeable que la goma xantana, pero ambas con valores adecuados para aplicarse en matrices alimentarias. Mientras los resultados estadísticos para las fresas con el recubrimiento a base de quitosano y goma xantana nos indican que ayudaron de una forma más eficaz a alargar la vida de anaquel de la fresa manteniendo de mejor manera el peso, firmeza, SST, AT, vitamina C, polifenoles totales, actividad antioxidante (ABTS y DPPH) y respiración en comparación con la muestra testigo, con base a los resultados se logró concluir que el uso de recubrimiento comestible a base de quitosano, glicerol y aceite de canela fue el que mejor ayudo a alargar la vida de anaquel de la fresa en comparación del tratamiento a base de goma xantana. El análisis de varianza presentó diferencia significativa ($p > 0.05$) en pérdida de peso, Parámetro a^* y b^* , SST, AT, vitamina C y respiración.

Las fresas con recubrimiento de goma xantana conservaron mejor su peso al perder solo el 5.6% de su peso inicial al finalizar los 12 días, también obtuvieron un mejor valor en el parámetro a^* con 28.57 y en b^* con 7.45 y en respiración con -1.46 RCO₂(mg/k*h) mientras las fresas con recubrimiento de quitosano obtuvieron mejores valores en SST con 9.77 °Brix, AT con 0.14% y contenido de vitamina C con 8.81 mg/g.

En cuanto a la evaluación sensorial, el tratamiento a base de quitosano fue el más aceptado de acuerdo con los comentarios de los panelistas, destacando en los atributos de color, olor y sabor, mientras que el tratamiento a base de goma xantana sobresalió en apariencia, textura y apariencia global. Sin embargo, de acuerdo al

análisis estadístico ANOVA se observó que no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre ambos tratamientos. La prueba aplicada en el análisis sensorial fue una prueba hedónica con escala de 5 puntos. Los resultados fueron analizados en el paquete estadístico InfoStat aplicando un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó una comparación de medias de LSD Fisher.

PALABRAS CLAVE: película bioactiva, quitosano, goma xantana, aceite de coco, aceite de canela.

Correo electrónico; Víctor Manuel Pérez Cuervo, Victor20002323@gmail.com; Dra. Xochitl Ruelas Chacón (Asesora) xruelas@yahoo.com, xochitl_ruelas@uaaan.edu.mx

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio), comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, emplear ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, aplicar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'V' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Víctor Manuel Pérez Cuervo

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Los envases para alimentos es una ciencia dinámica que se encuentra a la vanguardia de la tecnología para asegurar la protección e inocuidad de su contenido y dependiendo del material que se ocupe para su elaboración pueden generar un gran impacto ambiental irrefutable, algunos en mayor medida que otros, ciertos materiales crean el impacto para ser producidos, otros al momento de ser desechados, pero independientemente de todo ello, los envases son una herramienta fundamental en la comercialización de cualquier tipo de producto (Garcerant, 2019). Hoy en día nuevas tecnologías en los envases están siendo desarrolladas como respuesta al crecimiento de la demanda por los consumidores y de la industria, en la búsqueda de un producto con una vida útil prolongada y calidad controlada, cada vez se vuelve más frecuente el uso de los términos “envases inteligentes” o “envases activos” (Fabra, 2020). Los envases activos derivados de fuentes naturales han despertado el interés de industrias e investigadores, ya que, además de brindar protección, seguridad y buen aspecto a los alimentos, demostró ser ecológicamente correcto (Zemljič *et al.*, 2013). Los sistemas de envasado activo se basan en la incorporación de propiedades antimicrobianas, antioxidantes, entre otras. sustancias, con el fin de controlar las variaciones indeseables en la calidad de los alimentos (Salgado *et al.*, 2011).

El quitosano es un polisacárido lineal formado por unidades de 2-amino-2-desoxi- β -(1,4)-D-glucosamina y 2-acetamido-2-desoxi- β -(1,4)-D-glucosamina, obtenida por desacetilación de quitina, que es el segundo más abundante polisacárido que se encuentra en la naturaleza después de la celulosa. Se considera no tóxico, biocompatible, biodegradable y muestra propiedades antimicrobianas contra algunas bacterias Grampositivas y Gramnegativas, levaduras y mohos. (Lima *et al.*, 2020). Aunque el quitosano se cita en la literatura como uno de los polímeros de gran potencial en el uso de envases biodegradables, no obstante, presenta algunas desventajas, como baja resistencia mecánica, alta solubilidad y permeabilidad al vapor de agua. Una forma de mejorar estas propiedades se basa en mezclar quitosano con otros polímeros (Bonilla *et al.*, 2014) como goma xantana, almidón, celulosa y proteína. La goma xantana es segura, es un producto biodegradable

capaz de formar una matriz continua, estable y cohesiva con propiedades físicas y propiedades químicas uniformes, promoviendo, además, mejoras en la resistencia mecánica cuando se llega a mezcla con otros polímeros (Fitzpatrick *et al.*, 2013; Veiga-Santos *et al.*, 2005).

Se estima que las pérdidas postcosecha a nivel mundial de frutas y hortalizas se encuentra entre el 30 y 50% de la producción total por lo que la conservación y reducción de merma representa un gran reto mundial. Por lo anterior con esta finalidad se han desarrollado y aplicado diversas tecnologías entre ellas la aplicación de recubrimientos comestibles, estos actúan como una barrera física que protegen al fruto de los factores ambientales, prolongando su vida de anaquel e incluso se les puede dar un valor agregado a los productos hortofrutícolas (Montalvo-González *et al.*, 2020). Un ejemplo de fruto es la fresa, cuya rápida perecebilidad hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir el deterioro microbiológico y la pérdida de atributos de su calidad. Hay pocos trabajos sobre elaboración y análisis de películas y recubrimientos a base de quitosano y goma xantana con aceites esenciales en la literatura, es por eso que el objetivo del presente trabajo fue desarrollar 2 recubrimientos, uno elaborado a base de goma xantana, glicerol, aceite de coco, tween-80 y aceite de canela; y el otro con quitosano, ácido acético, glicerol, y aceite de canela, con la finalidad de incrementar la calidad y la vida de anaquel de la fresa, y hacer una comparación entre los tratamientos para ver cuál es más efectivo.

De acuerdo con los antecedentes mencionados se formularon las siguientes hipótesis.

1.1 Hipótesis

Ho: La aplicación del recubrimiento bioactivo de goma xantana y/o de quitosano alargara la vida en anaquel de la fresa evitando la disminución de los parámetros de calidad de esta.

Ha: La aplicación del recubrimiento bioactivo de goma xantana y/o de quitosano no alargará la vida en anaquel de la fresa debido a que no evitará la disminución de los parámetros de calidad de esta.

Y para poder comprobar la hipótesis planteada se establecieron los siguientes objetivos:

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto del recubrimiento sobre los parámetros de calidad de fresa durante 12 días de almacenamiento a temperatura de refrigeración.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la técnica de recubrimiento con ambos recubrimientos bioactivos.
2. Analizar color, pérdida de peso, firmeza, acidez titulable, sólidos solubles totales, vitamina C, contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y respiración de las fresas almacenadas a temperatura de refrigeración durante un período de 12 días.
3. Evaluar sensorialmente las muestras de fresa con y sin recubrimiento.

1.3 Justificación

Alargar la vida de anaquel de los alimentos en la industria alimentaria es importante para la economía, transporte y comercialización a nivel nacional y mundial. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) menciona que entre el 10 y 20% de frutas y hortalizas se desperdician durante la distribución y la comercialización en la mayoría de las regiones del mundo, con excepción de África subsahariana. Las causas de la pérdida y el desperdicio en esta etapa de la cadena agroalimentaria están principalmente determinadas por la velocidad de deterioro de las frutas y hortalizas (si las condiciones de temperatura y humedad no son adecuadas). Siendo las fresas una de las frutas que suelen ser muy perecederas. Por ello es muy importante estar a la vanguardia de nuevos métodos y tecnologías de conservación como lo son los recubrimientos comestibles

formadas por polisacáridos como la goma xantana y quitosano que además son biodegradables y por tanto amigables con el entorno ambiental. Por esta razón en este trabajo se buscó la formulación y creación de dos recubrimientos comestibles una a base de goma xantana y la segunda a base de quitosano para su posterior análisis y aplicación en fresas para así alargar la vida media de estas.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 Frutas y Hortalizas

La fruta, es el producto alimenticio comestible que se obtiene de plantas o árboles y se caracteriza por ser generalmente de sabor dulce. En botánica, se le denomina fruto, al órgano procedente de la flor o parte de ella que contiene las semillas y contribuye a diseminarlas. Por su sabor generalmente dulce-acidulado, su aroma intenso y agradable, y por sus propiedades nutritivas, las frutas suelen consumirse mayormente en su estado fresco, en jugo o como postre ya que su consumo realiza aportes a la dieta que son de gran importancia para la salud humana. Las frutas que más se consume en México son, plátano Tabasco, naranja, limón, piña, toronja, fresa, sandía, pera, durazno, uva, papaya y mango, sin embargo, aunque la Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que cada persona debería consumir 59 kilos de fruta y 88 kilos de verdura cada año, en el caso de la población mexicana, la ingesta de estos alimentos se encuentra 41.25% por debajo de la recomendación (SADER, 2015). Las Hortalizas son un conjunto de plantas que generalmente son cultivadas en huertos. Y se consume como alimento de manera cruda o cocida a través de diferentes preparaciones. Se incluye a las verduras, legumbres verdes (garbanzos, habas entre otras) y los guisantes (arvejas o chicharos). A diferencia de la fruta, las hortalizas no son dulces, sino saladas (SADER, 2016).

2.2 Producción de frutas y hortalizas en México


El comercio internacional de frutas y hortalizas es un sector que involucra millones de dólares y este ha tenido un crecimiento constante en los últimos años, siendo este sector uno de los principales rubros de exportación y de gran generación de divisas para México. Por ejemplo, en 2017, de frutas y hortalizas México exportó a EE.UU. un valor total de 13.2 mil millones de dólares (Romero-Rui *et al.*, 2022).

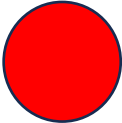

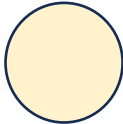
La producción agrícola de México finalizó en el 2022 con un volumen de 271 millones de toneladas, con un crecimiento de 0.9% respecto al año previo, impulsada por una mayor cosecha de frutas, hortalizas y forrajes. El subsector agrícola representó el 91% del volumen total generado, así como el 55.3 por ciento del valor económico total, esto de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Quien menciona que la superficie sembrada durante el año agrícola 2022 fue de 20 millones 749 mil hectáreas, mientras que la cosechada fue de 20 millones 228 mil hectáreas (SADER, 2023).


2.3 Aporte Nutricional de las frutas y hortalizas

Los colores de las frutas y hortalizas se encuentran vinculados a los nutrientes y fitoquímicos que contienen (FAO, 2003). En el cuadro uno podemos observar ejemplos de los nutrientes en frutas y hortalizas conforme a su color.

Cuadro 1. Nutrientes en frutas y hortalizas conforme a su color

Color	Nutrientes y fitoquímicos
Púrpura/azul 	Propiedades antioxidantes que pueden reducir los riesgos de cáncer, accidentes cerebrovasculares y enfermedades cardíacas. Ejemplos:

	<ul style="list-style-type: none"> • Betarraga (remolacha), repollo colorado, berenjena. • Mora, arándano, uva morada, ciruela, maracuyá.
<p>Rojo</p> 	<p>Ayuda a disminuir el riesgo de cáncer y mejora la salud cardiovascular.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betarraga (remolacha), pimiento rojo, rábano, tomate. • Manzana roja, tuna, cereza, uva roja, pomelo rojo y rosado, guaba roja, frambuesa, sandía, fresa.
<p>Anaranjado/amarillo</p> 	<p>Contiene carotenoides que ayudan a la salud ocular.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zanahoria, calabaza, calabacín. • Damasco (albaricoque), pomelo, limón, mango, melón, nectarina, naranja, papaya, durazno (melocotón), piña (ananá).
<p>Marrón/blanco</p> 	<p>Fitoquímicos con propiedades antivirales y antibacterianas y potasio.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coliflor, endivia, ajo, jengibre, puerro, cebolla. • Banana (plátano), durian, jaca, durazno (melocotón) blanquillo, pera marrón.
<p>Verde</p>	<p>Fitoquímicos con propiedades anticancerígenas.</p>

	<p>Ejemplos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espárrago, judía (frijol verde), col china, brócoli, repollo (col), pimiento verde, pepino, lechuga, arveja, espinaca. • Manzana verde, palta (aguacate), uva verde, kiwi, lima.
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: FAO, 2020.

2.4 Beneficios del consumo de frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas tienen una gran cantidad de beneficios para la salud, fortalecen el sistema inmunológico, combaten la desnutrición y ayudan a prevenir las enfermedades. La OMS recomienda actualmente el consumo de por lo menos 400 g de frutas y verduras por día (OMS y FAO, 2003). La cantidad que se debe consumir depende de diversos factores, entre ellos la edad, el sexo y el nivel de actividad física. Se debe tener una dieta variada y un equilibrio entre los diferentes tipos de alimentos. Las frutas y hortalizas son una parte vital para el buen desarrollo y crecimiento de los seres humanos. Algunos de los beneficios que obtenemos al consumir frutas y hortalizas son los siguientes:

A. Mejor salud mental.

Consumir de 7-8 porciones al día (más del mínimo recomendado que son 5 porciones) está relacionado con un menor riesgo de depresión y ansiedad (Conner et al., 2017).

B. Salud cardiovascular.

Los antioxidantes y fibra de las frutas y hortalizas pueden ayudar a prevenir las enfermedades cardiovasculares (Wang et al., 2014, Collese et al., 2017, Miller et al., 2017, Aune et al., 2017).

C. Menor riesgo de cáncer.

En 128 de 156 estudios dietéticos, se encontró que el consumo de frutas y verduras puede reducir el riesgo de algunos tipos de cáncer como de colon, mama, cuello uterino, esófago, cavidad oral, estómago, vejiga, páncreas y ovario (Boffetta *et al.*, 2010).

D. Menor riesgo de obesidad.

Se ha observado en ciertos estudios realizados en personas que consumen frutas y verduras una disminución del riesgo de adiposidad y obesidad (Ledoux *et al.*, 2011, Schwingshackl *et al.*, 2015)

E. Mejor salud intestinal.

Una dieta rica en frutas, verduras y otros alimentos de origen vegetal con alto contenido en fibra puede mejorar la flora intestinal y tiende a aumentar las bacterias asociadas a los compuestos antiinflamatorios vinculados a un buen metabolismo. (Klimenko *et al.*, 2018, Maxner *et al.*, 2020).

2.5 Merma de frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas pueden llegar a ser muy costosas al mantener su calidad y garantizar su inocuidad a lo largo de la cadena de suministro, desde su producción hasta el consumo, al reducir las pérdidas y desperdicios aumenta su disponibilidad para el consumo por más tiempo. La innovación, la mejora de las tecnologías y la infraestructura son pilares fundamentales para aumentar la eficiencia y la productividad en las cadenas de suministro de frutas y hortalizas a fin de reducir sus pérdidas y desperdicios.

La FAO menciona que en el mundo se desperdicia un tercio de la producción de alimentos, equivalentes a 1,300 millones de toneladas. En México se desperdician alrededor de 10 mil toneladas de alimentos al año, que representan el 37% de la producción agropecuaria en el país, en las frutas y verduras las cifras llegan a 54.0% del aguacate, 28.8 del jitomate, 32.0 de la cebolla, 41.0 del melón, 57.7 de la guayaba, 54.5 del mango y 49.0% de las manzanas. el principal problema radica en que son productos perecederos (Bienestar, 2013).

2.6 Métodos y técnicas de conservación de frutas y hortalizas

2.6.1 Empaques

El empaqueo es la última operación unitaria en el proceso poscosecha de frutas y hortalizas siendo de vital importancia ya que dependiendo de cómo se realice y se acondicione, se relacionará con la entrega de un alimento de buena calidad y con las características físicas, organolépticas y nutricionales deseadas. La tecnología de empaques aplicada a los procesos poscosecha, ha incursionado en la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías, para determinar materiales y técnicas que ayuden a solucionar los problemas que ocasionan pérdidas poscosecha en la producción de frutas y hortalizas al mismo tiempo de generar valor agregado (Monsalve, 2019).

2.6.2 Atmosferas modificadas y controladas

De acuerdo con Leonardo, (2022) ambas tecnologías se emplean para poder alargar la vida útil de los productos frescos, retardando así la maduración y su deterioro. Ayudan a controlar algunos desórdenes fisiológicos, además del control de plagas y enfermedades. Es importante mencionar que no se detienen los cambios enzimáticos y la respiración; así mismo, la atmósfera modificada (AM) es aplicada al empaque y la atmósfera controlada (AC) al almacenamiento y transporte.

2.6.3 Empaque al vacío

Es un método de conservación de alimentos muy práctico que consiste en extraer el aire que contiene el empaque ayudando a la conservación del producto que se guarda en su interior evitando la proliferación de gérmenes, la descomposición y decoloración del comestible empaquetado. Este método consiste de tres partes o elementos principales los cuales son: El material de empaquetado, la maquinaria y equipo de empaqueo que genere vacío, de igual manera tener el control de temperatura de la refrigeración (Hinestroza-Palacio *et al.*, 2021).

2.6.4 Escaldado

Tigeros *et al.*, (2021) menciona que el escaldado es un tratamiento térmico que se utiliza previo al secado, liofilización, congelación y pelado de verduras y algunas frutas. Existen dos tipos el escaldado con agua caliente y el de vapor, el de agua caliente se sumergen las frutas y hortalizas a temperaturas entre 70-100 °C y tiempos entre uno y menos de diez minutos el escaldado con agua caliente es el método más utilizado comercialmente, ya que es muy sencillo de establecer y fácil de operar, sin embargo, si se debe tener un control con respecto al tiempo ya que sobrepasar el tiempo da como resultado una pérdida considerable de nutrientes tales como carbohidratos, proteínas, minerales solubles en agua, vitaminas y azúcares; además, el agua de escaldado debe reponerse a medida que se satura con los nutrientes lixiviados de los productos, al finalizar el escaldado las muestras escaldadas son drenadas y se enfrían antes de ser enviadas a la siguiente operación de procesamiento. Respecto al escaldado con vapor, de acuerdo con Xiao *et al.*, (2017), el vapor sobrecalentado se usa como medio de calentamiento para el escaldado debido a su alto contenido de entalpía. Durante la primera etapa del escaldado con vapor, este se condensa en la superficie de los productos y una gran cantidad de calor latente es transferida al material, porque la temperatura del producto es inferior a la del vapor. La temperatura de los productos aumenta gradualmente hasta alcanzar la temperatura crítica de las enzimas o la actividad de los organismos, dando como resultado su inactivación.

2.6.5 Películas y recubrimientos

La aplicación de películas y recubrimientos comestibles son una de las técnicas de conservación de frutas y verduras frescas más recomendada porque reduce el etileno, la decoloración, la transmisión de gases y vapor de agua, estos son aplicados en forma líquida por inmersión o aspersion formándose la película sobre el alimento. Se conforman por polisacáridos, proteínas, lípidos o una mezcla de ellos, además de ser posible la adición de agentes antimicrobianos o antioxidantes mejorando las formulaciones. Las cubiertas comestibles extienden la vida de anaquel (Poma *et al.*, 2023).

2.6.6 Refrigeración

De acuerdo con Lopez (2003), la refrigeración es la herramienta más ampliamente usada para extender la vida postcosecha de las frutas y hortalizas. Su uso es mucho más frecuente como eslabón dentro de la cadena de frío, Siendo el transporte refrigerado probablemente el ejemplo más conocido. En los hogares, también se utiliza la refrigeración para extender el período de consumo. La refrigeración se da en el rango de -1°C y 8°C logrando que los valores nutricionales y las propiedades organolépticas no sufran los menores cambios respecto a las que tenían los alimentos al iniciar su almacenaje (Barreto Cabanillas & Rojas Fierro, 2021).

2.6.7 Congelación

Alvarez-Beltrán (2021), define a la congelación como un proceso de conservación de alimentos, debido a que reduce el crecimiento de microorganismos (M.O.) en el alimento congelado, prolongando así el tiempo de su vida útil. La congelación es aplicada a alimentos que van a ser comercializados o consumidos a largo plazo, para consumo a corto plazo es suficiente la refrigeración. Barreto Cabanillas & Rojas Fierro (2021), mencionan que hay dos tipos de congelación, siendo la congelación lenta (-5 y -15°C), y la congelación rápida (-20 y -25°C).

2.6.8 Ultracongelación

Es un proceso en el que el alimento es sometido a un enfriamiento brusco, hasta alcanzar la temperatura de cristalización en un tiempo menor a dos horas y finaliza cuando el alimento consigue los -18°C en el centro térmico (Alvarez-Beltrán, 2021).

2.6.9 Desección y deshidratación

La Norma Oficial Mexicana NOM-159-SSA1- 2016, Productos y servicios. Define como deshidratación al tratamiento que consiste en la eliminación de agua de un producto. Existe una diferencia en la definición de desecado y deshidratación, se le llama 'desecado' al proceso que ocurre de manera natural y 'deshidratado' si es

asistido y forzado. Así, por ejemplo, una manzana secada al sol corresponde a la primera definición y una secada en un horno correspondería a la segunda.

2.7 La fresa

La fresa (*Fragaria*) es un fruto color rojo de forma semicónica con tamaños que varían de acuerdo a la especie de la cual se trate con un diámetro de 15 a 22 mm aproximadamente, mientras en la parte superior se encuentra coronada con sépalos verdes y se caracteriza por tener un sabor que va de ácido a muy dulce, otra característica más es su intenso olor (SAGARPA, 2017). De ahí su nombre *Fragaria*, se deriva del latín “*fragum*”, que significa fragante, por el aroma de la fruta. Su origen es complejo porque hay registros de especies endémicas encontradas en muchos lugares del planeta, como en los Andes, Medio oriente y África. Otros investigadores dicen que las fresas silvestres son de origen europeo más específicamente en la región de los Alpes. Y no fue hasta el siglo XV que empezó a ser cultivada en Francia, y en España hasta el siglo XVI quienes junto a los ingleses y portugueses la expandieron al resto de Europa, partes de Asia y trajeron a América la especie que introdujeron fue la *Fragaria Vesca*; sin embargo, durante la conquista al nuevo mundo en la zona que hoy conocemos como la República de Chile descubrieron una nueva especie que llamaron *Fragaria chiloensis*, donde después la fusión de ambas especies se obtuvo una fruta de mejor calidad (BBC News Mundo, 2022).

La llegada de la fresa a México fue en 1849 en la ciudad de Irapuato y las especies que se introdujeron fueron de Francia de la región de Lyon, todo esto fue gracias a la influencia francesa que hubo durante el porfiriato. No fue hasta el año 1880 cuando un alemán residente de Irapuato le enseñó a varios agricultores de la zona como era el cultivo técnico de esta fruta y así con el pasar del tiempo llegó a otras regiones y el cultivo, así como el comercio de la fresa se incrementó hasta el día de hoy llegando a estar entre los países con mayor producción de fresa en el mundo (Castro, 2021).

2.7.1 Taxonomía

En el cuadro dos podemos observar la clasificación taxonómica de la fresa.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la fresa

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA FRESA	
Superreino:	<i>Eukaryota</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Embryobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Orden:	<i>Rosales</i>
Familia:	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia:	<i>Rosoideae</i>
Tribu:	<i>Potentilleae</i>
Subtribu:	<i>Fragariinae</i>
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	<i>Fragaria x ananassa</i>
Fuente: Nieto, 2013	

2.7.2 Importancia económica de la fresa en México

La fresa es un cultivo que juega una gran importancia económica en el mercado internacional lo que conlleva a significativos ingresos para los países productores. México es el tercer proveedor de fresa fresca en el mercado internacional y actualmente satisface el 100% de la demanda nacional de fresa con producción interna, mientras que las exportaciones han aumentado 35.55% en la última década (SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). En 2019, Estados Unidos y México ocuparon la segunda y tercera posiciones en la lista de los principales productores de fresa en el mundo (Bastida, 2021). En el contexto productivo, México produjo en 2021, 542 mil 891 toneladas de fresa.

2.7.3 Principales productores de fresa en México

Los estados con mayor producción de fresa a nivel nacional son Michoacán, Guanajuato, Baja California, Estado de México y Baja California Sur con el primero, segundo, tercero, cuarto y quinto lugar respectivamente, representado el 98.14% del volumen nacional en 2021, equivalente a 532,814 toneladas (t) como observamos en el cuadro tres a los 10 estados mexicanos con mayor producción de fresa.

Cuadro 3. Los 10 estados de México con mayor producción de fresa en 2021

ESTADO	PRODUCCIÓN OBTENIDA (T)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	RENDIMIENTO PROMEDIO (T/HA)	Precio medio (\$/T)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (MDP)
Michoacán	326,191	7,291	44.7	19,617	6,399
Guanajuato	99,338	1,690	58.8	12,058	1198
Baja California	91,628	2,089	43.9	31,030	2843
Estado de México	7,944	365	21.8	16,849	134
Baja California Sur	7,712	157	49.1	21,194	163
Jalisco	5,061	145	34.9	32,629	165
Aguascalientes	3,453	67	51.9	17,214	59
Tlaxcala	319	7	45.6	29,650	9
Zacatecas	272	22	12.3	14,911	4
Puebla	239	11	21.1	14,502	3

FUENTE: SADER -SIAP/Producepay

2.7.4 Hongos en la fresa

Existe registro de nueve hongos identificados en la fresa nacional e importada a México y son los siguientes.

- *Penicillium*
- *Pestalotiopsis*
- *Phytophthora*
- *Mucor*
- *Rhizopus stolonifer*
- *Geotrichum*
- *Aspergillus*
- *Botrytis*
- *Colletotrichum*

Los hongos que se encuentran con mayor frecuencia son el *Botrytis* y *R. stolonifer* (Fraire Cordero *et al.*, 2003).

2.8 Películas y recubrimientos comestibles

Una película puede ser definida como una lámina delgada que es elaborada por separado del alimento, siendo utilizada principalmente como envoltorios o envases que protegen al producto alimenticio. Mientras un recubrimiento se aplica en estado líquido mediante inmersión o aspersion formando la película directamente sobre la superficie del alimento al cual se le aplica (Santo & Soria, 2022).

2.8.1 Antecedentes

El uso de películas y recubrimientos comestibles podría parecer algo nuevo, sin embargo, existen registros que nos dicen que están presentes desde el siglo XII y XIII. Desde ceras aplicadas en naranjas y limones en china para retrasar la pérdida de agua durante su almacenamiento y transporte durante el siglo XII. Hasta en el siglo XIX donde se obtuvo la primera patente por parte de los EE. UU para películas de gelatina con el fin de proteger varios productos cárnicos (Erkmen Osman, 2018). Actualmente hay muchos trabajos de investigación científica publicados y la mayoría comparte la misma preocupación por los alimentos y su embalaje, limitar el traspaso de vapor de agua y transportar propiedades funcionales a los recubrimientos, como antioxidantes, antimicrobianos, vitaminas y compuestos aromáticos para alargar la vida de anaquel y reducir el uso de envases plásticos.

2.8.2 Función

Palma *et al.*, (2021) mencionan que “los recubrimientos comestibles, aplicados sobre el producto, tienen la función de mantener la calidad de productos hortofrutícolas; al retardar el transporte de gases (CO_2 y O_2) y agua, al retener compuestos volátiles de aroma y al servir como un vector de compuestos antimicrobianos que a su vez le confieren la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos en la superficie del alimento; y de esta manera se retrasa su

proceso de maduración”. Es decir, mediante los recubrimientos comestibles se puede llegar a controlar la transferencia de gases (O_2 , CO_2 y etileno) (Figura 1), aromas y aceites del interior del alimento, evitando la pérdida de firmeza y humedad. Por lo tanto, controlan la maduración y su tasa de respiración, de esta manera se puede preservar su calidad e incrementar su vida de anaquel. Incluso se puede llegar a mejorar la apariencia y calidad del alimento recubierto haciéndolo más llamativo para el consumidor por su brillo, color y textura mientras se inhibe el crecimiento de microorganismo en la superficie de estos (Kumar & Bhatnagar, 2014 citado por Palma *et al.*, 2021).

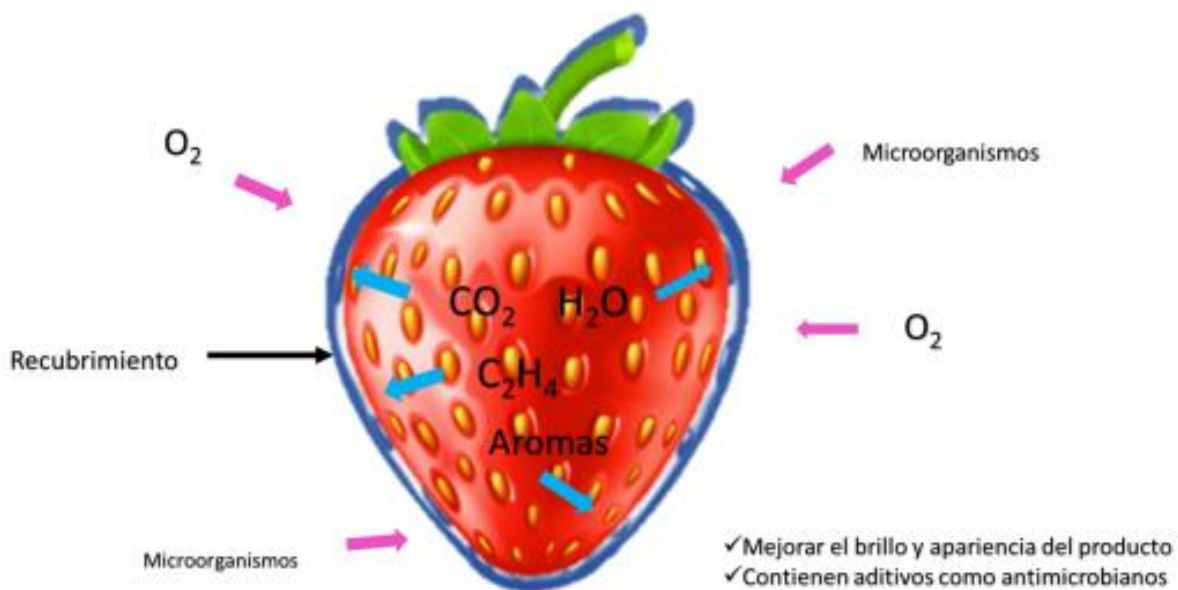


Figura 1. Función del recubrimiento comestible en productos hortofrutícolas.

Fuente: Palma *et al.*, 2021.

2.8.3 Actividad antimicrobiana

Dentro de la innovación y desarrollo de películas y recubrimientos comestibles se encuentran las que integran agentes antimicrobianos que tienen como objetivo extender la fase de latencia suprimiendo el ritmo del crecimiento de microorganismos y dependiendo la forma en la que se llevan a cabo los mecanismos antimicrobianos, estos se dividen en dos grupos el primero de migración de los compuestos activos

es decir que estos pasan parcial o totalmente al alimento o su superficie y el segundo mediante mecanismos no migratorios que contienen compuestos con actividad antimicrobiana en la superficie de la película o recubrimiento. Las sustancias que usualmente son utilizadas como agentes antimicrobianos en las películas y recubrimientos incluyen las sales de sorbato de potasio, ácidos orgánicos como ácido cinámico, aceites esenciales como el de canela, orégano y tomillo (Solano-Doblado *et al.*, 2018).

2.9 Compuestos bioactivos

Se les llama compuestos bioactivos porque tienen actividad biológica. Son componentes de los alimentos que influyen en la actividad de las células y en las funciones del cuerpo, proporcionando beneficios para la salud. Estos no son considerados nutrientes porque no cumplen las funciones clásicas de los nutrientes y al día de hoy no son considerados esenciales para la vida (Muñoz, 2015).

Existen tres grandes grupos de compuestos bioactivos:

- Terpenoides
- Compuestos fenólicos
- Compuestos azufrados

En el cuadro cuatro podremos observar cómo es su clasificación dentro de estos tres grupos.

Cuadro 4. Compuestos bioactivos

Terpenoides	Carotenoides	Carotenos: α -caroteno, β -caroteno, licopeno		
	Fitoesteroles	Xantofilas: luteína, zeaxantina Campesterol, Estigmasterol, β -sitosterol		
Compuestos fenólicos	Ácidos fenólicos simples	Ácido gálico, clorogénico		
	Polifenoles	Flavonoides:	quercetina,	cianidina, isoflavonas

Estilbenos: resveratrol
 Curcuminoides: curcumina
 Taninos
 Lignanos

Compuestos azufrados	Dialilsulfuro Glucosinolatos	Aliáceas (ajo y cebolla) Brasicáceas (col, brócoli y coliflor)
----------------------	---------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Fuente: Azcona, 2013.

2.10 Polisacáridos

El uso de polisacáridos para la preparación y elaboración de películas y recubrimientos comestibles se justifica no sólo por la posibilidad de reducir el consumo de envases fabricados con materiales poliméricos sintéticos sino también por el hecho de que la producción de algunos polímeros naturales puede realizarse a partir de productos de desecho generados durante el procesamiento de materias primas alimentarias (Kocira *et al.*, 2021). Los polisacáridos se constituyen por una gran cantidad de monosacáridos unidos mediante enlaces glucosídicos, de largas cadenas (Figura 2).

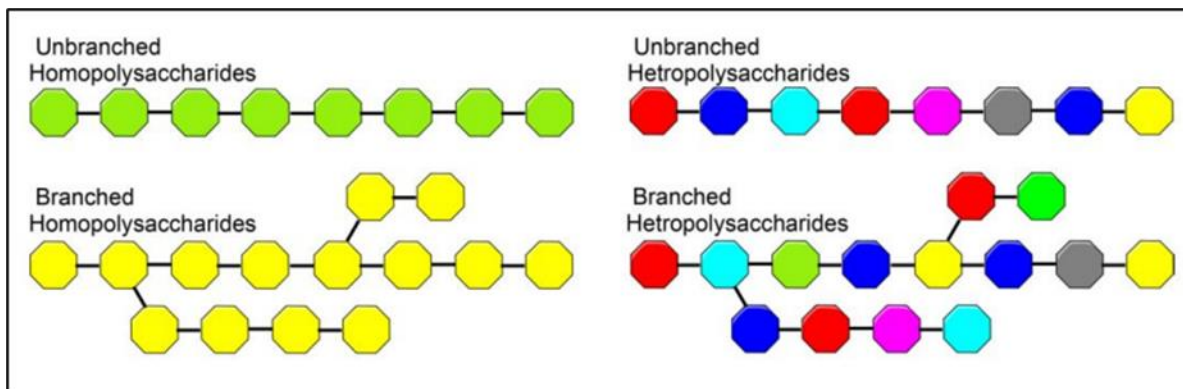


Figura 2. Homopolisacáridos y heteropolisacáridos ramificados y no ramificados, diferentes monosacáridos representados por diferentes colores.

Fuente: Mohammed *et al.*, 2021.

Los polisacáridos se pueden clasificar en homopolímeros, cuando la unidad repetitiva es un solo tipo de monosacárido, o heteropolímeros (Figura 3), cuando las unidades repetitivas están constituidas por más de dos monómeros diferentes, por ejemplo, el ácido hialurónico, formado por los monómeros N-acetilglucosamina y el ácido glucurónico (Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, 2017). Las películas y recubrimientos que son fabricados a partir de un único componente polimérico suelen ser quebradizos y rompibles. Para evitar este problema se introduce en la solución formadora de película un plastificante que permita la formación de una estructura elástica. El plastificante penetra en las cadenas moleculares de los polímeros y en sus conexiones fisicoquímicas, aumentando así la coherencia. Los plastificantes más utilizados en los recubrimientos y películas son los polioles como glicerol, sorbitol, polietilenglicol, azúcares como la glucosa o miel y lípidos (monoglicéridos, fosfolípidos). Los métodos y posibilidades de recubrimiento de frutas y hortalizas dependen del tipo de producto y sus propiedades, condiciones de almacenamiento y su distribución (Kocira *et al.*, 2021).

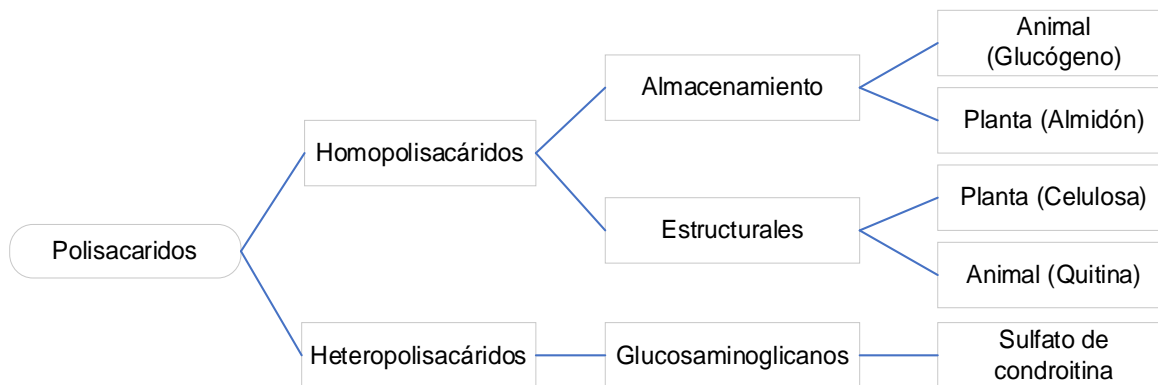


Figura 3. Clasificación de polisacáridos según el tipo de componentes básicos de monosacáridos y sus propiedades fisiológicas.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Mohammed *et al.*, (2021)

2.10.1 Fuentes naturales de polisacáridos

Mederos-Torres *et al.* (2020), mencionan que las películas y recubrimiento no deben ser tóxicos y deben ser seguros para la salud, su elaboración debe ser utilizando una tecnología simple y deben mantener a los frutos, hortalizas o alimentos, seguros de cualquier acción física, química o mecánica. Al mismo tiempo, deben ser de preferencia transparentes para no ser detectados durante el consumo. Los polisacáridos constituyen los principales componentes presentes en las películas y recubrimientos comestibles. Entre ellos podemos mencionar a las pectinas de alto y bajo metoxilo, la quitosana, la celulosa y sus derivados, los extractos de algas (alginato 12, carragenina, agar), la goma arábica, quitosano y goma xantana entre otros, en la figura 4 podemos observar más a detalle las fuentes naturales de polisacáridos y algunos ejemplos de ellos.

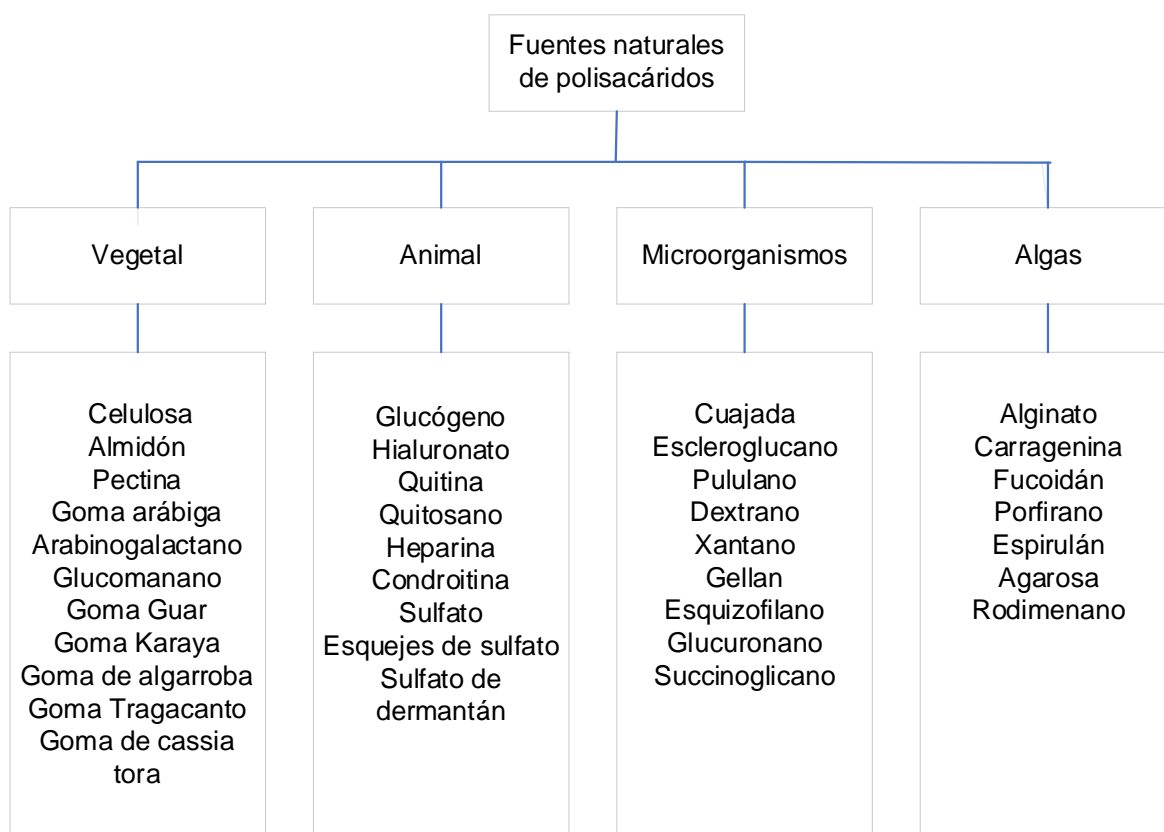


Figura 4. Fuentes naturales de polisacáridos.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Mohammed *et al.*,2021.

2.11 Goma xantana

La goma xantana es un polisacárido producido por especies de bacterias del género *Xanthomonas Campestris* y fue descubierta en 1950 por un grupo de investigadores del Laboratorio de Investigación Regional del Norte (NRRL) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Las cadenas de xantana en una solución forman una red tridimensional continua y débilmente unida; en consecuencia, estas soluciones también pueden caracterizarse como geles débiles que pueden mejorar su resistencia mecánica cuando se mezcla con otros polímeros (Borges & Vendruscolo, 2008).

Ayala-Sánchez *et al.* (2016), realizaron una investigación sobre la caracterización fisicoquímicas de películas a base de goma xantana teniendo como resultados la obtención de películas con una adecuada estructura continua, ellos comentan que las propiedades de las películas a base de goma xantana se pueden mejorar mediante la adición de otros compuestos en la formulación, lo cual ayudara a mejorar este hidrocoloide, que por si solo tiende a hacer muy frágil y quebradizo.

Un ejemplo de aplicación de la goma xantana como recubrimiento es el trabajo realizado por Borges *et al.* (2013) sobre la conservación de fresas con recubrimientos a base de goma xantana y aceite esencial de salvia. Obteniendo buenos resultados en la calidad de la fresa al recubrirlas con goma xantana y aceite esencial de salvia, lo que indica un buen potencial de esta asociación para aumentar la vida útil de los productos mínimamente procesados.

2.12 Quitosano

El quitosano es un polisacárido lineal formado por unidades de 2-amino-2-desoxi- β -(1,4)-D-glucosamina y 2-acetamido-2-desoxi- β -(1,4)-D-glucosamina, obtenida por desacetilación de quitina, que es la segunda más abundante polisacárido que se encuentra en la naturaleza después de la celulosa. El quitosano muestra propiedades antimicrobianas contra algunas bacterias gram-positivas, bacterias gram-negativas, levaduras y mohos (Lima *et al.*, 2020). El efecto antimicrobiano del quitosano se atribuye en la capacidad quelante y a la presencia de un grupo amino

con carga positiva que puede interactuar con los compuestos de carga opuesta y que están presentes en la superficie de los microorganismos (Valencia, 2015). En general el quitosano es un producto natural no tóxico y biodegradable. Su uso en la conservación de productor hortofrutícolas durante el almacenamiento poscosecha, reduce el desarrollo de pudriciones por *Penicillium expansum*, *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinérea*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, entre otros (García-Mateos, 2023).

Castañeda-Ramírez *et al.* (2016), realizaron un estudio acerca del efecto del quitosano para el biocontrol de hongos fitopatógenos identificados molecularmente en frutas y hortalizas (fresas, zanahoria, chile serrano, chirimoya, entre otras), los cuales fueron identificados por características macro y microscópicas, algunos hongos que encontraron fue *Fusarium*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Mucor*. El estudio *in vitro* demostró el efecto antifúngico del quitosano en concentraciones de 2.5 y 3 % (p/v) que fue capaz de inhibir el desarrollo de hongos fitopatógenos durante 6 días en jitomate y zanahorias, y 2 días en fresa.

Un ejemplo de la aplicación de recubrimientos a base de quitosano es el trabajo de Pavinatto *et al.* (2019), quienes elaboraron un recubrimiento con películas comestibles a base de quitosano para uso mecánico/ protección biológica de las fresas, donde el recubrimiento aplicado en la fresa mostro una excelente actividad bactericida y fungicida en el transcurso de una semana donde no hubo crecimiento de ningún tipo de hongo. La solución de las películas de quitosano fue de uno por ciento de polímero en una mezcla de diferentes disolventes como agua destilada y glicerol.

2.13 Aceites esenciales

La industria alimentaria enfrenta un gran reto debido a la contaminación de los productos alimenticios con diferentes microbios como bacterias, hongos, virus, parásitos, etc. Los que deterioran a los alimentos al producir toxinas durante el procesamiento previo y posterior a la cosecha. Las micotoxinas son contaminantes alimentarios tóxicos de origen fúngico, que causa un grave peligro para la salud de

los seres humanos. La aplicación de productos químicos sintéticos como conservantes de alimentos para evitar su crecimiento supone un verdadero reto en el escenario actual debido a su biocompatibilidad, no biodegradabilidad y no sostenibilidad ambiental. Es así como los antimicrobianos de origen vegetal, como los aceites esenciales, han desarrollado un interés acumulativo como una alternativa potencial a los conservantes sintéticos debido a su naturaleza ecológica y segura de ahí su importancia. Sin embargo, la utilización práctica de los aceites esenciales como antimicrobianos eficientes en la industria alimentaria también representa un desafío debido a su naturaleza volátil, menor solubilidad y alta inestabilidad (Maurya *et al.*, 2021).

En la actualidad las películas y recubrimientos ha cobrado un impulso notable en las industrias alimentarias y es eficaz como estrategia viable para mejorar la bioeficacia en aplicaciones poscosecha. El recubrimiento como un avance tecnológico moderno en el que el polímero base, encierra los aceites esenciales evitando la sensibilidad a la degradación generada por factores externos como el calentamiento, la oxidación, la volatilización y la luz. Además, reduce el tamaño de las partículas con una mayor relación superficie-volumen, lo que sería más eficaz para mejorar su eficacia, facilitar la manipulación, la liberación controlada y reducir la velocidad de evaporación. La selección del polímero de recubrimiento es crucial para la encapsulación este debe ser biocompatible, biodegradable y proporcionar una garantía adecuada para una entrega específica. Algunos ejemplos de polímeros utilizados como agente portador para encapsular aceites esenciales son el alginato, gelatina, quitosano, goma xantana, lecitina, zeína, alginato de sodio, β -ciclodextrina, almidón, maltodextrina, goma arábica, proteína de suero, la inulina, polilactida-co-glicólido, pectina, celulosa, caseína, colágeno, proteínas de soja y el gluten de trigo (Das *et al.*, 2021).

El aceite esencial se define como una sustancia con características volátiles, líquida, espesa o fluida y con colores versátiles esto dependiendo de la planta utilizada para su extracción. Existen diferentes técnicas para su extracción ya sea por arrastre de vapor o líquido-líquido. Los aceites esenciales se pueden extraer de las diferentes

partes que conforman la planta (Arcentales, 2022). La composición de los aceites esenciales son variables generalmente son compuestos como alcanos, alcoholes, aldehídos, esterres, monoterpenos, sesquiterpenos entre otros (Arcentales, 2022).

2.13.1 Aceite esencial de canela

La canela es una especia que es obtenida de la corteza seca de los árboles del género *Cinnamomum* el cual se compone de aproximadamente 250 especies (Riós *et al.*, 2023). Existen dos variedades principales de canela y son la Ceilán o verdadera (*Cinnamomum zeylanicum*) y *Cinnamomum cassia* (*Cinnamomum aromaticum*), las principales diferencias entre *C. zeylanicum* y *C. cassia* es el contenido de cumarina, la variedad *C. cassia* tiene un mayor porcentaje de cumarina, lo que presenta más riesgos para la salud debido a las propiedades anticoagulantes, cancerígenas y hepatotóxicas que esta aporta a la canela (Chavez & Cordoba, 2023). Recientemente investigaciones científicas indican que la canela contiene ciertas propiedades antimicrobiana lo cual se justifica su uso como conservante en los alimentos no obstante de una manera complementaria el sabor y olor en los alimentos a los cuales se les aplique se ven alterados, también estimula el apetito mediante el aumento de la salivación (Concha *et al.*, 2022).

Un ejemplo es el de Pizato *et al.* (2021), que realizaron un estudio sobre el efecto de los recubrimientos comestibles de aceite esencial de quitosano y canela en la vida útil de la piña mínimamente procesada (*Cayena lisa*), donde el estudio realizado demostro que los recubrimientos fueron eficientes en la conservación de la piña mínimamente procesada. En comparación con la muestra de control, el uso de estos recubrimientos retraso en el crecimiento de mohos y levaduras con una menor pérdida de peso y firmeza en comparación con la muestra de control. De los tratamientos evaluados, el que tuvo mayor porcentaje de quitosano (2% de quitosano y 0,5% de aceite esencial de canela) mostró los mejores resultados y menor pérdida de peso.

2.13.2 Aceite de coco

Oliveira da Silva *et al.* (2023), mencionan que el utilizar el aceite de coco en las películas y recubrimientos para ser aplicados a frutas y hortalizas ayuda a cerrar la apertura de las estomas y las lenticelas, reduciendo así la transpiración y la tasa de respiración así mismo reduce la actividad microbiana. Como demostraron en su investigación sobre el efecto del aceite de coco enriquecido a base de almidón de yuca en recubrimientos comestibles sobre la calidad de fresas mínimamente procesada (*Fragaria ananassa*).

Donde las fresas se sumergieron totalmente en cuatro tratamientos.

T1 - testigo (fresas sin recubrimiento);

T2 - aceite de coco (1.0%) + almidón de yuca (3.0%);

T3 - aceite de coco (1.5%) + almidón de yuca (3.0%);

T4 - aceite de coco (2.0%) + almidón de yuca (3.0%)

Donde obtuvieron como resultado que T2 (1% aceite de coco) y T3 (1.5% aceite de coco) fueron los tratamientos más eficientes en la conservación de fresas mínimamente procesadas, al compararse con la muestra control y también la muestra que presentó mayor concentración de coco, donde vemos que el uso de aceite de coco en bajas concentraciones (1% y 1.5%), mantuvo las fresas mínimamente procesadas seguras para el consumo durante más tiempo. Si bien el aceite de coco es considerado uno de los más antiguos del mundo utilizado desde hace 4000 años particularmente en las regiones tropicales del sur de Asia y el Pacífico, África, América Central y el Caribe debido a las abundantes palmas de coco que allí crecen. Se ha descubierto que ayuda como agente antimicrobiano y antifúngico los subproductos de la degradación del aceite de coco dan como resultado la producción de ácidos grasos de cadena media y monoglicéridos siendo estos mismos los que aportan propiedades antimicrobianas al destruir bacterias, virus, hongos y protozoos patógenos, la eficacia del aceite de coco como agente antimicrobiano se debe al compuesto activo monolaurina, un monoglicérido, que es un producto del metabolismo del ácido láurico. El ácido láurico es el ácido graso

predominante que se encuentra en el aceite de coco y se ha demostrado que tiene muchas propiedades antimicrobianas (Shankar *et al.*, 2013).

2.14 Evaluación sensorial

Las pruebas de evaluación sensorial se han utilizado desde que las personas comenzaron a evaluar todo lo que puede ser utilizado por ellos y nos sirve para distinguir entre lo bueno y lo malo, desde el agua hasta la comida. La historia del análisis sensorial también se remonta a las guerras, cuando se hicieron esfuerzos para proporcionar a las fuerzas estadounidenses alimentos aceptables y de buena calidad (Świąder & Marczewska, 2021). No se puede negar la importancia que tienen los métodos instrumentales al evaluar un alimento, sin embargo, estos no logran medir todas sus características sino solo algunas de ellas. La forma más directa de medir la calidad de un producto alimenticio es mediante su evaluación sensorial que el ser humano realiza con sus sentidos de las propiedades organolépticas de dichos productos. Podemos definir la evaluación sensorial como una disciplina científica con la que se evalúan las propiedades físicas y organolépticas usando uno o más sentidos humanos. Mediante esta evaluación se pueden clasificar las materias primas y el producto ya terminado. Conocer que es lo que opina el consumidor sobre un determinado alimento su aceptación o rechazo, así como su nivel de satisfacción son importantes ya que estos criterios se toman en cuenta para la formulación y desarrollo de los mismos (Espinosa-Manfugás, 2020). Las pruebas sensoriales se clasifican en dos grandes grupos: analíticas y afectivas (Figura 5). Las afectivas se dirigen hacia los consumidores y pretenden evaluar su aceptación o preferencia a un producto o productos. Generalmente requieren 200 o más consumidores. Mientras que las pruebas analíticas se diferencian de las anteriores en que se necesitan Jueces entrenados o catadores para dar respuesta acerca de la calidad sensorial del producto sin que influyan sus gustos o preferencias personales (Torricella-Morales & Zamora-Utset, 2020).



Figura 5. Clasificación general de las pruebas sensoriales.

Fuente: Severiano-Pérez, 2019.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1 Materia Prima

- Fresa (*Fragaria ananassa*) adquirida en la Central de Abastos en Monterrey, Nuevo León.

3.1.2 Material de laboratorio

- Cajas Petri
- Micropipeta y puntillas de plástico
- Espátula
- Celdillas de cuarzo
- Tijeras
- Matraz Erlenmeyer de 125 mL
- Probeta
- Vasos de precipitado de 50,100, 250, 500 y 1000 mL
- Canastillas de secado
- Cajas de permeabilidad
- Papel filtro
- Pizeta
- Bureta
- Papel filtro
- Marcador
- cinta

3.1.3 Equipo de laboratorio

- Colorímetro (Minolta CR-400, Tokio Japón)
- Placa blanca (Supplied by Minolta Co.)
- Espectrofotómetro Genesis 10 UV (Thermo Electron Corporation, Madison, Wisconsin, USA)
- Micrómetro digital (Mitutoyo Manufacturing Co. Ltd., Tokyo, Japan)
- Estufa de secado (Quincy Lab Inc., Chicago, Illinois, U.S.A.)
- Balanza analítica (Adventurer Ohaus Corp., Pine Brook, New Jersey, U.S.A.)

3.1.4 Reactivos

- Agua destilada (H₂O)
- Hipoclorito de sodio (NaClO) marca sin mugre.
- Cloruro de calcio anhidro (CaCl₂) marca JalmeK.
- Hidróxido de sodio 0.1N (NaOH) marca JalmeK.
- Goma Xantana marca sigma.
- Quitosano marca sigma.
- Glicerol marca JalmeK.
- Thielman marca sigma.
- Fenolftaleína marca JalmeK.
- Aceite de coco marca Great Value.
- Ácido acético marca JalmeK .
- Tween-80 marca J.T.Baker.

3.2 Metodología

3.2.1 Preparación de la formulación de goma xantana

Para la película de goma xantana se utilizó agua destilada a una temperatura de 50°C, la goma xantana (w/v, 1%), glicerol (v/v, 45%), aceite de coco (w/v, 20%), tween-80 (v/v, 20%) y aceite de canela (v/v, 12%) se mantuvieron en una agitación de 4,000 rpm, y por la técnica de casting se vaciaron 20 mL de la formulación a cajas circulares de 10 cm de diámetro. Posteriormente se secaron en una estufa de secado por convección a una temperatura de 60°C durante 8 h. Una vez secas se guardaron en desecador hasta su análisis (Figura 6).

3.2.2 Preparación de la formulación de quitosano

La película de quitosano se preparó con 100 mL de agua destilada a una temperatura de 55°C agregando ácido acético (v/v, 0.01%), glicerol (v/v, 45%), quitosano (w/v, 1%), y aceite de canela (v/v, 12%) y por la técnica de casting se vaciaron 20 mL de la formulación a cajas circulares de 10 cm de diámetro. Posteriormente se secaron en una estufa de secado por convección a una

temperatura de 60°C durante 8 h. Una vez secas se guardaron en desecador hasta su análisis (Figura 6).



Figura 6. Secado de las películas de goma xantana y quitosano.

3.3 Aplicación del recubrimiento

Para la aplicación del recubrimiento, primero se desinfectaron las fresas con hipoclorito de sodio al 2% durante 1 minuto. Pasado este minuto se dejaron secar por 1 h, y una vez secas se les aplicó el recubrimiento por inmersión (Fig. 7). Se aplicaron los dos recubrimientos a las fresas teniendo también un tratamiento control donde las fresas se sumergieron en agua destilada.



Figura 7. Aplicación del recubrimiento por inmersión de las fresas.

3.4 Conservación y almacenamiento

Posterior a la aplicación del recubrimiento, las fresas se colocaron en cajas de plástico previamente identificadas (figura 8) y se conservaron en un refrigerador para su monitoreo diario (12 días) y realización de análisis físicos-químicos y funcionales.



Figura 8. Distribución de los tratamientos de fresas para almacenar a temperatura de refrigeración.

3.5 Caracterización de las películas

3.5.1 Color

La determinación del color se realizó siguiendo la metodología descrita por Rhim (1999). El color de las biopelículas fue medido con un colorímetro (Minolta CR-400, Tokio Japón). Para calibrar este fue necesario emplear una placa blanca (Supplied by Minolta Co.). El sistema proporciona los valores de tres componentes de color;

L* (Componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad, a* (Componente +rojo a - verde) y b* (componente +amarillo a -azul).

3.5.2 Grosor

El grosor de las biopelículas fue medido con un micrómetro Mitutoyo con una resolución de 0.001 mm. Las películas se midieron en puntos diferentes (Miranda,2003).

3.5.3 Determinación de Opacidad

La opacidad fue determinada de acuerdo con el método ASTM 1003-00. Las muestras fueron cortadas en rectángulos de 2 x 4 cm y se colocaron en celdas de cuarzo del espectrofotómetro. Se registro la absorbancia utilizando una longitud de onda a 500 nm en todas las muestras.

3.5.4 Determinación de Transmitancia

Las muestras fueron cortadas en rectángulos de 1 x 4 cm y se colocaron en celdas de cuarzo del espectrofotómetro. Se registro la transmitancia empleando como referencia una longitud de onda a 600 nm.

Se utilizo la siguiente formula donde:

$$T_{600} = \frac{\text{Log}\% T}{b}$$

Donde:

Log %T = es el porcentaje de transmitancia

b= es el grosor de la película (mm).

3.5.5 Contenido de humedad

Para la determinación de humedad fue necesario recortar cuadros de 2 cm x 2 cm de cada película. Una vez recortado cada cuadrado, fue colocado en una caja de aluminio previamente pesada, estas fueron ubicadas en el horno del laboratorio a una temperatura de 65°C durante 24 horas. Se registraron los pesos de las muestras antes y después del secado. El contenido de humedad se determinó tomando en cuenta el peso inicial de la película antes de la deshidratación y

después de la deshidratación. La determinación se realizó por duplicado y se utilizó la siguiente fórmula:

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

3.5.6 Solubilidad

Las muestras secas se colocaron en vasos de precipitado de 250 ml con 60 ml de agua destilada, enseguida se pusieron en una parrilla con una agitación de 400 rpm durante un tiempo de 10 minutos. Las soluciones obtenidas de este proceso fueron filtradas con la ayuda de conos de papel filtro Whatman. Los conos fueron colocados en charolas de aluminio y llevados a la estufa durante un tiempo de 24 h a 60 °C. Al término de este lapso los conos fueron pesados con la ayuda de una balanza analítica (Adventurer Ohaus Corp., Pine Brook, New Jersey, U.S.A). Para determinar los porcentajes de solubilidad fue necesario utilizar la ecuación que se muestra a continuación. (Las muestras se analizaron por duplicado).

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

3.5.7 Permeabilidad

La determinación de la permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas fue realizada siguiendo la técnica ASTM E96. Se colocó cloruro de sodio (NaCl_2) dentro de un reactor de acrílico previamente diseñado. Después de esto se colocó la biopelícula y se selló herméticamente. Se registró el peso del reactor solo y con $\text{PC} + \text{CaCl}_2 + \text{P}$ en una balanza analítica (OHAUS ADVENTURER). Se introdujo en la estufa de secado (QUINCY LAB). Se registró el aumento de peso cada 30 minutos por 3 h. el análisis se realizó por triplicado (75%, 85% y 100%), llevando un registro del comportamiento de ganancia o pérdida de peso con la balanza.

3.6 Análisis de las fresas con recubrimiento

3.6.1 Pérdida de peso

Se estudio la pérdida del peso de las muestras con y sin recubrimiento (tres frutos de cada grupo) durante su almacenamiento, a una temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ en los

días 1, 3, 6, 9, y 12 con una balanza analítica (Adventurer Ohaus Corp., Pine Brook, New Jersey, U.S.A.) como se observa en la figura 9, los resultados obtenidos fueron analizados en un programa estadístico llamado Infostat, para así obtener los valores numéricos del cambio de peso de las muestras. Se obtuvo el porcentaje de peso total perdido (TWL) mediante la siguiente fórmula:

$$\%TWE = \left(\frac{(P_1 - P_F)}{P_1} \right) * 100$$

Donde:

P1= peso de frutos a tiempo inicial

PF= peso de frutos a tiempo final y se reporta como porcentaje



Figura 9. Peso de las fresas.

3.6.2 Evaluación de la firmeza

La evaluación de firmeza se realizó con un penetrómetro digital Force Gauge (PCE-PTR 200, PCE group, Albacete, Castilla de la mancha España) como se observa en la figura 10 y usando una puntilla de 10 mm de ancho. Se midió tres lecturas de

cada muestra con y sin recubrimiento por triplicado los resultados se expresaron en Newtons (N).



Figura 10. Determinación de firmeza.

3.6.3 Color

La determinación del color se realizó siguiendo la metodología descrita por Rhim (1999). El color de las fresas con recubrimiento fue medido con un colorímetro (Minolta CR-400, Tokio Japón). Para calibrar este fue necesario emplear una placa blanca (Supplied by Minolta Co.) como se observa en la figura 11. El sistema proporciona los valores de tres componentes de color; L^* (Componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad, a^* (Componente +rojo a -verde) y b^* (componente +amarillo a -azul). La evaluación del color se realizó sobre las fresas tomando tres lecturas de cada muestra con y sin recubrimiento en diferentes zonas de esta.



Figura 11. Calibración del colorímetro.

3.6.4 Sólidos Solubles Totales (SST)

La determinación de sólidos solubles totales se hizo con un refractómetro digital (ATAGO, Bellevue, WA, U.S.A) previamente calibrado con agua destilada. Las fresas con y sin recubrimiento de cada grupo, se molieron en un mortero, hasta obtener el jugo. Se tomó una alícuota del jugo y se colocó en el orificio del refractómetro hasta cubrirlo tomando la lectura de las tres muestras con y sin recubrimiento de cada grupo por triplicado (figura 12, el contenido de SST se reportó como °Brix).



Figura 12. Determinación de SST.

3.6.5 Cuantificación de acidez titulable (AT)

La determinación de AT fue mediante el jugo de las muestras con y sin recubrimiento a analizar, estas fueron maceradas con un mortero de laboratorio, obteniendo el jugo de los tratamientos con y sin recubrimiento este se filtró a través de un embudo de filtración, se tomó una muestra de 10 ml y posteriormente se

agregaron cuatro gotas del indicador de fenolftaleína y se tituló con Hidróxido de Sodio NaOH 0.1 M hasta el cambio de color (figura 13). La acidez titulable de la fresa se expresó como porcentaje de ácido cítrico y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Ácido Cítrico (\%)} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{Alicuota Valorada}} \times 100$$

Donde:

V= volumen de NaOH gastado en mL.

N= normalidad del NaOH.

Meq= miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0.064 para ácido cítrico).

Alicuota valorada= peso en g o volumen de la muestra en mL.

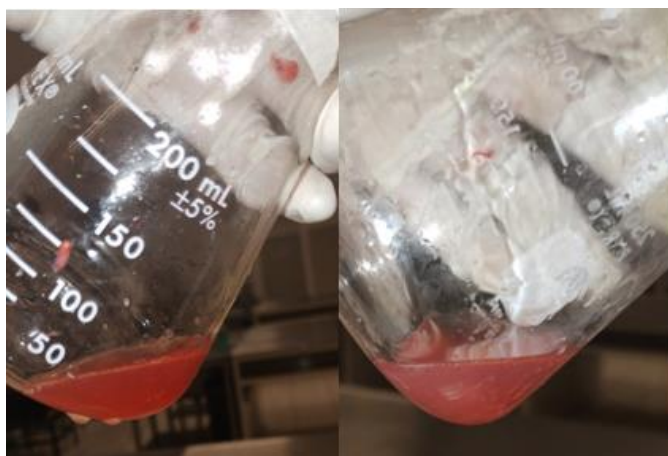


Figura 13. Determinación de AT. En el lado derecho se puede observar el cambio de color de un rojo a un rosa.

3.6.6 Análisis de la vitamina C

Para la determinación de vitamina C se utilizaron 20 g. de las muestras con y sin recubrimiento y se colocaron en un mortero, se trituraron adicionando 10 mL de HCl al 2% hasta que se obtuvo una consistencia de papilla. Posteriormente se agregaron 100 mL de agua destilada para homogenizar y se filtró el contenido a través de una

gasa colocada en el interior de un embudo el filtrado era depositado en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se tomo una alícuota de 10 mL del filtrado colocándolos en un matraz Erlenmeyer de 125 mL. La muestra fue titulada con el reactivo Thielmann hasta la aparición de una coloración rosa (figura 14).

El contenido de vitamina C presente en cada muestra se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{vitamina C} \frac{\text{mg}}{100\text{g}} = \frac{\text{VRT} * 0.088 * \text{VT} * 100}{\text{VA} * \text{P}}$$

Donde:

VTR= volumen gastado en mL del reactivo Thielmann

0.088= miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1 mL de reactivo Thielmann.

VT = volumen total en mL del filtrado de vitamina C en HCl.

VA = volumen en mL de la alícuota valorada.

P= peso de muestra en gramos.



Figura 14. Determinación de vitamina C.

3.6.7 Determinación de polifenoles

Para la determinación de polifenoles totales se pesaron 10 g de las muestras frescas de fresa con y sin recubrimiento posteriormente fueron maceradas en un mortero junto a 10 ml de acetona (70:30) y 10 ml de agua destilada lo obtenido de la

maceración se pasó a tubos de ensayo previamente forrados con papel aluminio y se agitó por 1 minuto en vortex a 5000 rpm para así poder tener una muestra homogénea, terminado la agitación se dejó reposar durante la noche evitando la exposición de la luz y se refrigeró, al día siguiente las muestras que reposaron toda la noche se centrifugaron por 20 minutos a 3000 rpm. Donde se obtuvo un sobrenadante utilizado para el análisis de fenoles. Se tomaron 400 μL del sobrenadante antes mencionado y se depositaron en un tubo de ensayo de 16 x 50, a ese mismo tubo se le adicionaron 400 μL del reactivo Folin Ciocalteu posteriormente se agitó para homogenizar y se dejó reposar por 5 minutos, después se le agregaron 400 μL de carbonato de sodio al 0.01M, se agitó y se dejó reposar por otros 5 minutos. Pasado este tiempo se le adicionaron 2.0 ml de agua destilada, se tomaron 3 muestras y se colocaron en celdillas de cuarzo e inmediatamente se leyó en el Espectrofotómetro Genesis 10 UV (Thermo Electron Corporation, Madison, Wisconsin, USA) a 725 nm y se registró la lectura obtenida (figura 15).

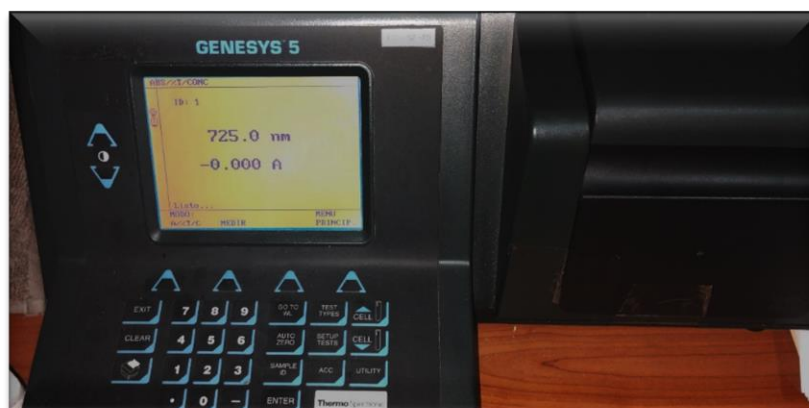


Figura 15. Lectura de muestras en espectrofotómetro genesis 10 UV (Thermo Electron Corporation, Madison, Wisconsin, USA) a 725 nm.

6.6.8 Determinación de la actividad antioxidante

Para la preparación de las muestras con y sin recubrimiento que se ocuparon para la determinación de ABTS y DPPH se tomaron 10 g de las muestras en fresco de fresa, tres por cada tratamiento posteriormente se homogenizó con 10 ml de metanol al 80% las muestras maceradas fueron filtradas y se colocaron en tubos de ensayo previamente cubiertos con aluminio posteriormente se colocaron en un

agitador (Burrell Scientific wrist Action, modelo 75, Pittsburgh, Pennsylvania, USA) durante 30 minutos en ausencia de luz, finalizada la agitación se pasaron las muestras a una centrifugadora (Thermo Fisher Scientific, modelo Heraeus Primo RUSA) a 3,000 rpm, a 25 °C durante 20 minutos. El precipitado fue descartado y el sobrenadante fue utilizado para cuantificar la actividad antioxidante (Almirudis Echeverria *et al.*, 2020).

6.6.8.1 Determinación por el método de ABTS

En el análisis se utilizó un blanco con 2 mL (2,000 μ L) de buffer de acetato a pH 5, para preparar control de absorbancia en una celda de espectrofotómetro se añadió 2.2 mL (2.200 μ L) de agua destilada + 0.8mL (800 μ l) solución radical ABTS-Buffer, mientras que para la preparación de las muestras se coló en una celda se añadió 0.2 mL (200 μ L) de la muestra (extracto) y 2.0 mL (2,000 μ l) de agua destilada + 0.8 mL (800 μ L) de la solución del radical ABTS-Buffer, se agito a cada celda y se limpió con papel las huellas dactilares (Figura 16). Las mediciones se realizaron a una longitud de onda de 734 nm a los 3 min de reacción y a temperatura ambiente. Los resultados se expresaron mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante Trolox (0-200 μ mol/L).



Figura 16. Determinación de ABTS. Celdas con muestras de los tratamientos.

6.6.8.2 Determinación por el método de DPPH

Se puso el espectrofotómetro a una absorbancia de 517 nm y se calibro con el blanco (1.5 mL de metanol al 80%) como se observa en la figura 17. Para la absorbancia de control se puso en una celdilla 1.5 mL del reactivo DPPH disuelto en metanol (MeOH). Posteriormente se prepararon las muestras en celdillas colocando 0,1 mL (100 μ L) de cada extracto de la muestra, se le adicionó 2.9 mL (2,900 μ L) de la solución de DPPH, se agitó vigorosamente y se mantuvo en obscuridad por 30 min. Pasando este tiempo se registró la absorbancia a 517 nm, y después de 30 minutos se registró una segunda lectura. Los resultados se expresaron en μ mol equivalente de Trolox (ET)/g de muestra (Alarcón-Zavaleta, Jiménez Monreal, *et al.*, 2012).

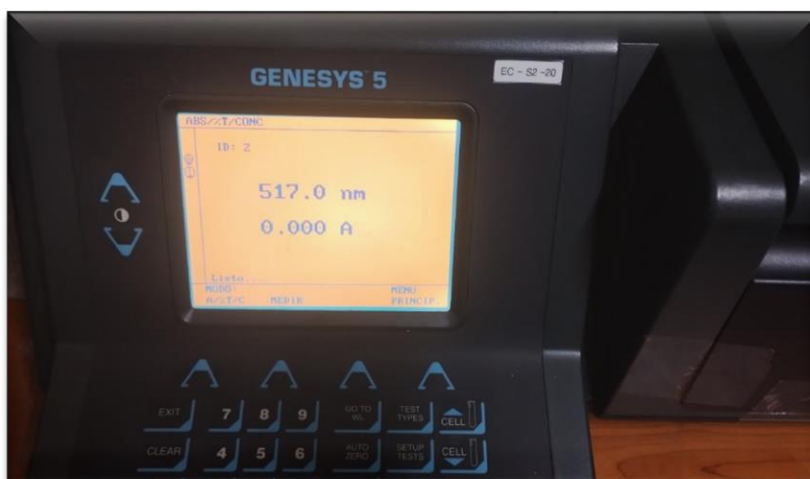


Figura 17. Lectura de muestras en espectrofotómetro genesis 10 UV (Thermo Electron Corporation, Madison, Wisconsin, USA) a 517 nm.

3.6.9 Análisis de la velocidad de respiración

La respiración de las muestras con y sin recubrimiento se analizaron periódicamente en un sistema cerrado herméticamente. Las muestras se distribuyeron en frascos de vidrio con capacidad de un litro a una temperatura ambiente (20 ± 2 °C). Las muestras de gas se tomaron del frasco con la inserción de una aguja a través de un septum colocado en el centro de la tapa del frasco. La aguja está conectada al

analizador de gas de CO₂/O). se tomaron muestras de gas cada 15 minutos en un plazo de 1 h (figura 18). Los resultados en porcentaje de CO₂ se utilizaron en el cálculo de la velocidad de respiración mediante la siguiente formula.

$$\text{Velocidad de respiración} = (\text{pendiente \% CO}_2) * \frac{V}{W * T}$$

Dónde:

%CO₂ = pendiente de los porcentajes de CO₂

W= peso de la muestra en g

T= tiempo (h)

V= volumen libre del frasco en mL (volumen total del frasco en 1850 ml)



Figura 18. Determinación de O₂ y CO₂

3.6.10 Evaluación sensorial

El análisis sensorial se realizó en el laboratorio de evaluación sensorial del departamento de ciencia y tecnología de alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, con la ayuda de 25 estudiantes que conforman al panel entrenado de evaluación sensorial. La prueba aplicada en el análisis sensorial fue una prueba hedónica de 5 puntos, se clasificó en 2 escalas, la escala A que evaluó apariencia, color, olor sabor y aceptación global y la escala B con la que se evaluó la textura.

Se preparó el área de recibidor para los panelistas, los tratamientos cada una con un código de tres dígitos, siendo la muestra 734 la fresa de control (TC), la muestra 528 la fresa con recubrimiento a base de goma xantana (TRX) y la muestra 192 la fresa con recubrimiento a base de quitosano (TRQ), y se les proporciono el resto del material en el cubículo de evaluación para que cada juez evaluará los tratamientos (Fig. 19).



Figura 19. Juez evaluando los diferentes tratamientos en fresas.

CAPITULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de las películas

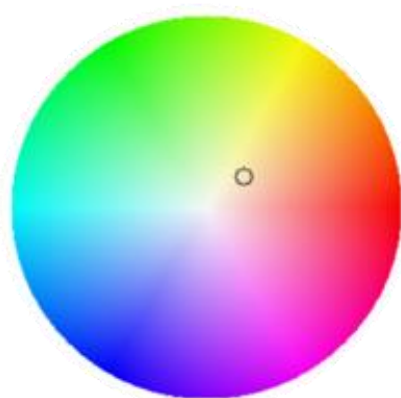
4.1.1 Análisis del parámetro de color

En cuanto a los parámetros de color L^* , a^* y b^* , de acuerdo al análisis de varianza y el estudio de medias de LSD Fisher (Anexo 1), podemos observar que hubo diferencias significativas a una $p > 0.05$ en la luminosidad (L^*) siendo la película de quitosano con un valor mayor comparado con la de goma xantana y comportamiento similar en el parámetro “a”, mientras que no hubo diferencia significativa en cuanto al parámetro b^* (Figura 20). En la representación del círculo CIELab (Fig. 1) podemos ver que ambas películas están en la zona de colores neutrales característica favorable para ser aplicada en alimentos, ya que no afectaría en el color del producto alimenticio.

Madera-Santana *et al.* (2023) realizaron una evaluación de películas comestibles a base de quitosano donde obtuvieron valores de 87.65 en el parámetro L^* , un valor de -1.36 en el parámetro a^* , y 5.78 en el parámetro b^* . Rodrigues-Freitas *et al.* (2013) trabajaron con goma xantana como portador de agentes conservantes, y obtuvieron valores en las películas en el parámetro L^* de 78.4, un valor de -2.79 en el parámetro a^* , y 27.68 en el parámetro b^* siendo significativamente iguales a los obtenidos en este trabajo.

Kong *et al.* (2022) mencionan que la adición de concentraciones altas de aceite esencial de canela en los recubrimientos puede aumentar la amarillez (b^*) eso explica porque las películas tienen un valor en el parámetro b^* superior.

Película	L	a	b
Goma Xantana	90.5 b	-1.02 b	6.06 a
Quitosano	91.52 a	-2.15 a	7.35 a



Goma Xantana



Quitosano

Figura 20. Medias de los parámetros de color (L^* , a^* , y b^*) de las películas de quitosano y goma xantana, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.

4.1.2 Cuantificación del grosor

En la figura 21 se puede observar de acuerdo al análisis de varianza y el estudio de medias de LSD Fisher (Anexo 2), que no hubo diferencias significativas a una $p > 0.05$ entre las películas a base de quitosano y de goma xantana. Los valores de grosor de ambas películas fueron de 0.06 mm, se encuentra dentro del rango de los datos reportados por otros autores que han trabajado con quitosano o goma xantana. Seró *et al.* (2017) mencionan que las películas desarrolladas tenían un grosor de 0.07 mm, mientras que Ayala-Sánchez *et al.* (2016) al caracterizar las películas a base de goma xantana, reportaron un grosor de 0.05 mm. Al comparar estos datos con los obtenidos en nuestro estudio, observamos que el grosor fue similar a lo que los autores mencionan.

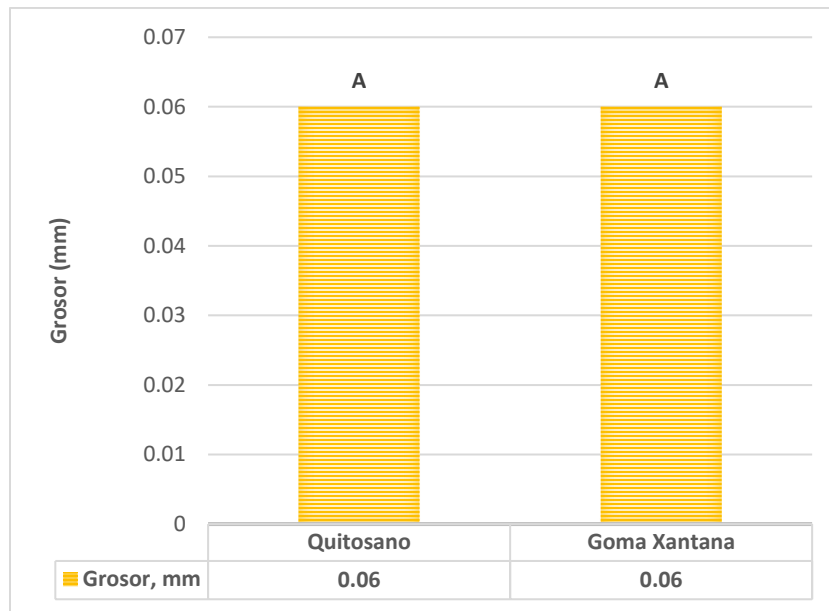


Figura 21. Medias del grosor (mm) de las películas de quitosano y goma xantana., Letras iguales no hay diferencia significativa ($p > 0.05$).

4.1.3 Determinación de opacidad y transmitancia

En la figura 22 de acuerdo con el análisis de varianza y el estudio de medias de LSD Fisher (Anexo 3) vemos representados los valores de los parámetros de opacidad y transmitancia de las películas en estudio, donde vemos que la de quitosano es ligeramente más opaca y transmite menos la luz que la película de goma xantana.

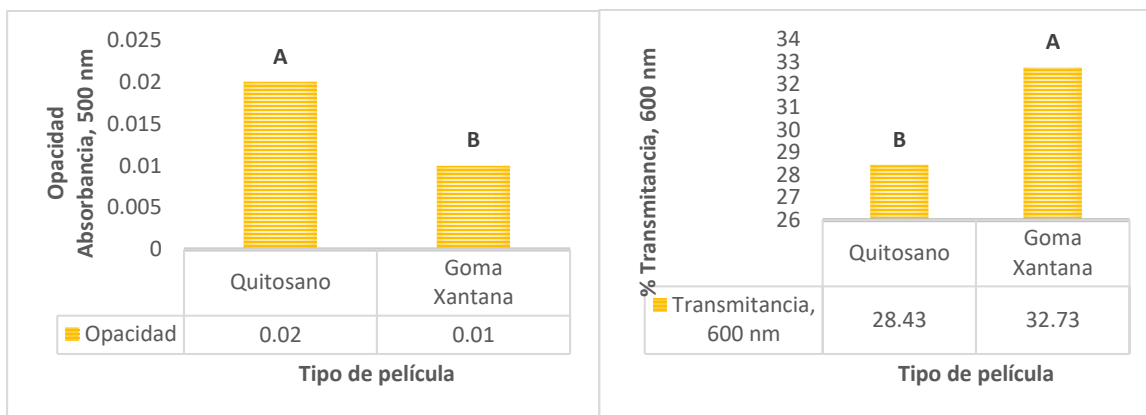


Figura 22. Medias del efecto de la opacidad (absorbancia) y la transmitancia (%) de las películas a base de quitosano y goma xantana. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).

4.1.4 Contenido de humedad y solubilidad

En el porcentaje de humedad y solubilidad no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre ambas películas como se muestra en la figura 23, de acuerdo con el análisis de varianza y el estudio de medias de LSD Fisher (Anexo 4).

El porcentaje de solubilidad de las películas elaboradas en este trabajo fue mayor al de otros trabajos, las películas de quitosano tuvieron 76.56% y la de goma xantana 83.19% de solubilidad, y el porcentaje de humedad de las películas fue de 25.66% para las de quitosano y 25.58% para las de goma xantana.

Solo teniendo similitud en el porcentaje de humedad obtenido por otros investigadores como Bordagaray *et al.* (2020), quienes obtuvieron porcentajes de humedad de 24 a 33% para las películas de quitosano y Lima *et al.* (2020) de 24.59% de humedad para las películas de goma xantana.

Bordagaray *et al.*, (2020) y Lima *et al.*, (2020) obtuvieron valores de 15 a 40% de solubilidad en las películas.

Abadía-Piquero (2010) menciona que los porcentajes de solubilidad del quitosano dependen del grado de desacetilación y degradación del polímero que se está utilizando, pero también puede verse incrementada por la adición de formaldehído, cloruros de acilo, anhídridos de ácidos o sales de metales alcalinos. Esto se debe

al entrecruzamiento de cadenas que da lugar a un polímero de mayor peso molecular; estas soluciones acuosas resultantes no pueden ser dispersadas ni disueltas por adición de agua fácilmente. Rondón-Millán (2013) menciona que el quitosano es insoluble en agua o líquidos con un pH de menor a seis pero sí soluble en algunos tipos de ácidos. Ejemplos de algunos ácidos orgánicos son el fórmico, acético, láctico, pirúvico con frecuencia son usados para su disolución.

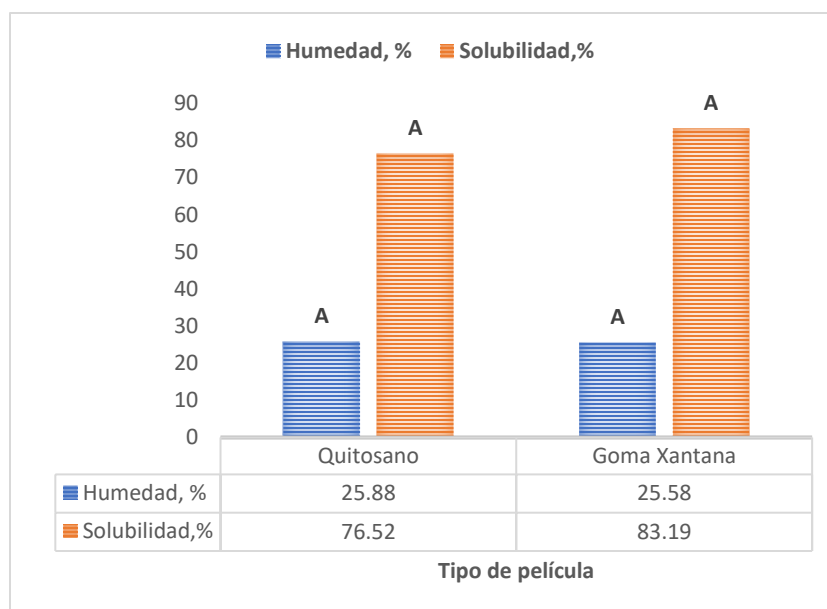


Figura 23. Análisis del porcentaje de humedad y solubilidad de las películas a base de quitosano y goma xantana, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.

4.1.5 Evaluación de la permeabilidad al vapor de agua (WVP)

Una característica importante y determinante para el uso y aplicación de películas o recubrimientos es la permeabilidad al vapor de agua (WVP), ya que de esto dependerá la pérdida o no de agua de los frutos o productos alimenticios, así como la falta de paso de gases entre la atmósfera interna del producto con el exterior. En la figura 24, se puede observar de acuerdo al análisis de varianza y el estudio de

medias de LSD Fisher (Anexo 5) las medias del análisis de datos de la permeabilidad al vapor de agua donde la película de quitosano es menos permeable que la de goma xantana.

Algunos ejemplos son el de Miranda *et al.*, (2003) quienes realizaron películas comestibles a base de quitosano obteniendo películas con valores entre 0.24 y 0.90 g mm / hm² KPa de WVP. Y Sayavedra-Delgado (2018) quien desarrollo películas biodegradables a base de goma xantana donde obtuvo valores que oscilan entre 0.96 y 1.75 g mm / hm² KPa de WVP.

Las películas elaboradas poseen valores dentro de los rangos que otros autores reportan por lo que serían adecuadas para aplicarse a matrices alimentarias y realizar el estudio de aplicación y monitoreo de la vida de anaquel.

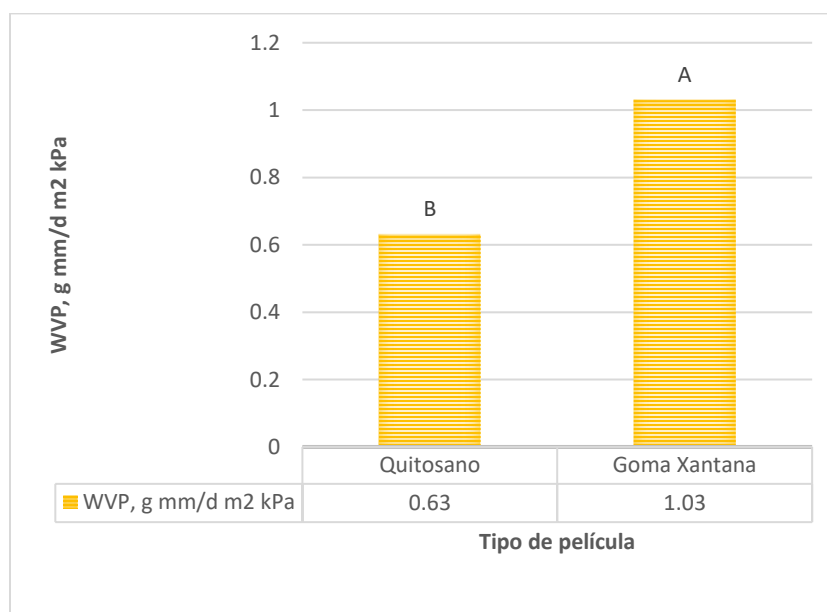


Figura 24. Medias de la permeabilidad al vapor de agua a una $p > 0.05$ por el LSD Fisher, letras diferentes muestran diferencia significativa.

4.2 Análisis de las fresas con recubrimiento

4.2.1 Determinación de la pérdida de peso

Una de las principales causas de la pérdida de peso en alimentos está relacionada con el déficit de presión de vapor (DVP) entre su superficie y la atmósfera en la que se encuentran, debido a que se establece un gradiente de vapor de agua que finalmente conlleva a la pérdida de peso (Magaña Benítez y otros, 2013). Para identificar el efecto obtenido entre los tratamientos, se calculó el promedio del peso total de las muestras. Como se observa en la figura 25, en la cual se muestra según el análisis de varianza existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las muestras. En el anexo 6 se muestra la comparación de medias de LSD Fisher, la cual nos indicó que el tratamiento con recubrimiento a base de goma xantana (TRX) fue el que tuvo menor disminución de peso con un 5.6%, seguido del tratamiento de control (TC) con un 6.85%, siendo el tratamiento con recubrimiento a base de quitosano (TRQ) el menos eficiente, ya que fue el que más peso perdió con un 8.92%.

Sin embargo, estos valores son más bajos en comparación a los resultados obtenidos en otros trabajos como el de Torres-Ortiz (2017), quien realizó un estudio del efecto de recubrimientos a base de quitosano en la vida útil de fresas obteniendo como resultados una pérdida del 23.3% en su peso a temperatura de refrigeración durante 10 días de almacenamiento y de Zambrano-Zaragoza *et al.* (2020) quienes realizaron una evaluación de un recubrimiento a base de goma xantana en fresas obteniendo como resultado una pérdida de peso del 13.78% a temperatura de refrigeración durante 15 días de almacenamiento.

De acuerdo a los resultados de Zambrano-Zaragoza *et al.* (2020) las películas elaboradas a base de quitosano pueden verse afectadas por la refrigeración y tienen mejores resultados a temperatura ambiente, en ambos casos cumplieron la función de inhibir el crecimiento de hongos, bacterias y microorganismos perjudiciales.

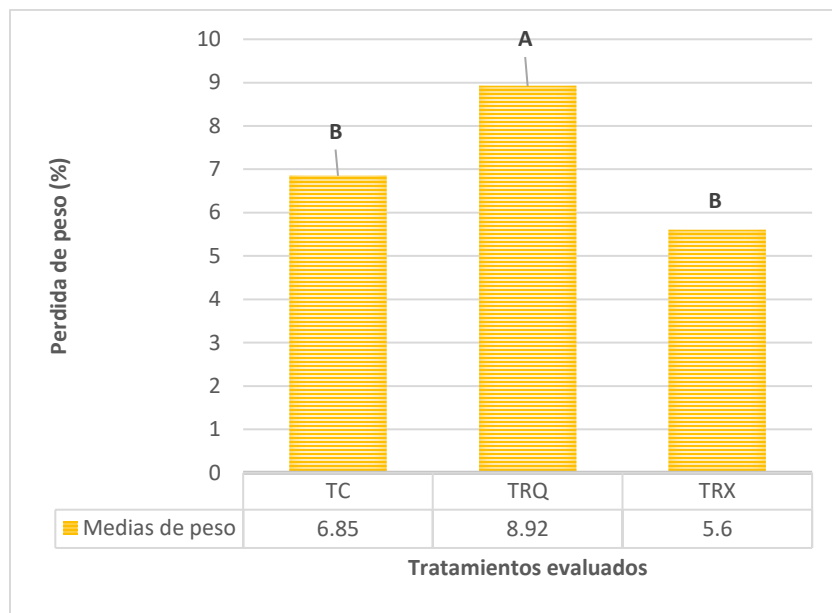


Figura 25. Medias de la pérdida de peso a una $p > 0.05$ por el LSD Fisher, letras diferentes muestran diferencia significativa.

4.2.2 Evaluación de la firmeza

La firmeza es un factor que se deben cuidar en los frutos, ya que el consumidor los toma en cuenta en la decisión de su adquisición.

En la figura 26, vemos representada la firmeza de cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo con el análisis de varianza se observó que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos y de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 7), vemos que todos son significativamente iguales siendo el TRQ con la mayor firmeza seguido por el TRX siendo el TC el de menor firmeza.

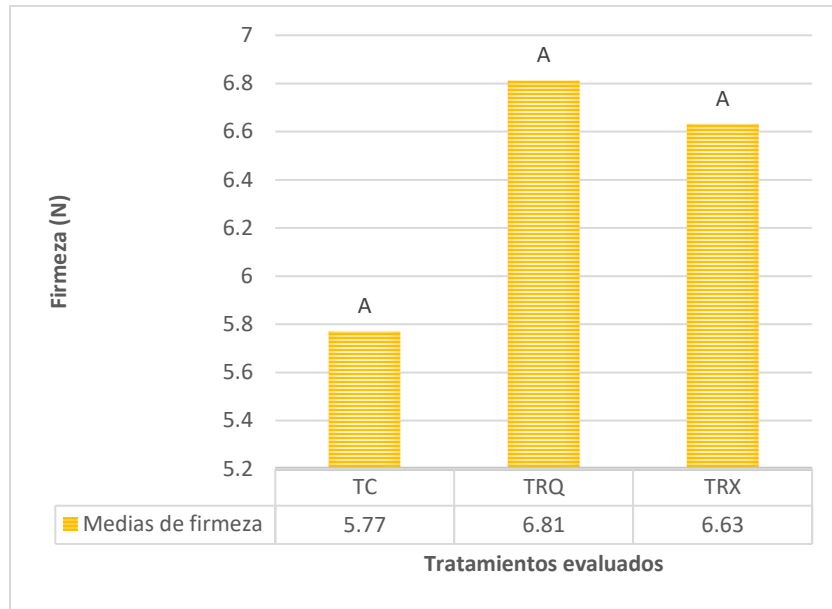


Figura 26. Medias de peso a una $p > 0.05$ por el LSD Fisher, letras en común no son significativamente diferentes.

Mientras en la figura 27, se observa como desciende el nivel de la firmeza conforme pasan los 12 días. La pérdida de firmeza en los frutos es un proceso normal que ocurre durante su maduración y se debe a la hidrólisis de la pared celular (Carvaja & Gustavo, 2023).

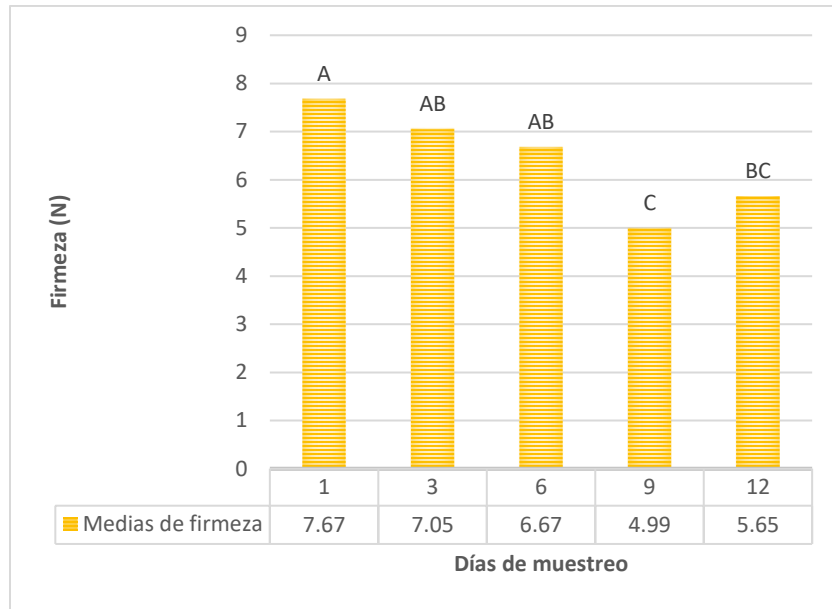


Figura 27. Comportamiento de la firmeza conforme pasan los 12 días.

4.2.3 Análisis de los parámetros de color

El color puede ser definido como una cualidad organoléptica de los alimentos y se aprecia por medio del sentido físico de la vista. El color es usado como una característica de valoración física y de calidad en los alimentos que puede influir en la adquisición de un producto al consumidor, el color puede ser afectado por factores externos como la iluminación, la presencia de pigmentos o incluso sus características propias como su tamaño, textura y brillo (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014).

4.2.3.1 Parámetro L*

De acuerdo a la comparación de medias de LSD Fisher ($p > 0.05$), no hay diferencias significativas entre cada una de las muestras (Anexo 8). En la figura 28, se muestra la comparación de medias del parámetro L*.

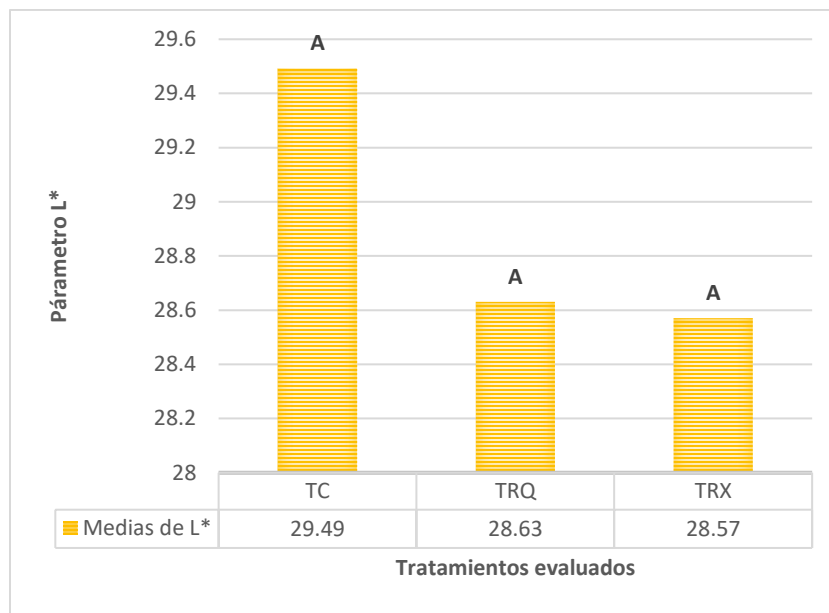


Figura 28. Medias del parámetro de color L* del TC, TRQ Y TRX, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en el parámetro L* son similares al trabajo de Torres-Morales & Pájaro-González (2015), quienes realizaron una película comestible a base de almidón de achira y ácido tánico aplicadas en fresas, siendo el almidón un hidrocoloide al igual que la goma xantana, obteniendo valores iniciales de 46 y al paso de los días teniendo una tendencia descendente llegando al quinto día a valores de 36, mientras en este trabajo de investigación si bien el valor inicial es de 29 con el pasar de los días las fresas mantuvieron una mejor estabilidad en luminosidad. Mientras en las películas de quitosano se encontraron algunas similitudes con el trabajo de Torres-Ortiz (2017), en su estudio del efecto de recubrimientos a base de almidón y quitosano con incorporación de cera de candelilla en la vida útil de fresas, donde obtuvieron en el parámetro L* valores de nueve mientras las fresas con recubrimiento a base de quitosano que se realizaron en este trabajo mantuvieron valores de 28 manteniendo de mejor manera este parámetro.

4.2.3.2 Parámetro a*

En la figura 29, se observan los resultados del parámetro a* de las muestras evaluadas, que se obtuvieron en el análisis de varianza. Los resultados del parámetro a* indicaron que existe diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos de acuerdo con la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 9), siendo el TRX con el mayor parámetro en a* positivo, indicando un color rojo más intenso, seguido por el TRQ siendo muy similar al TC que fue el que tuvo una menor tonalidad roja.

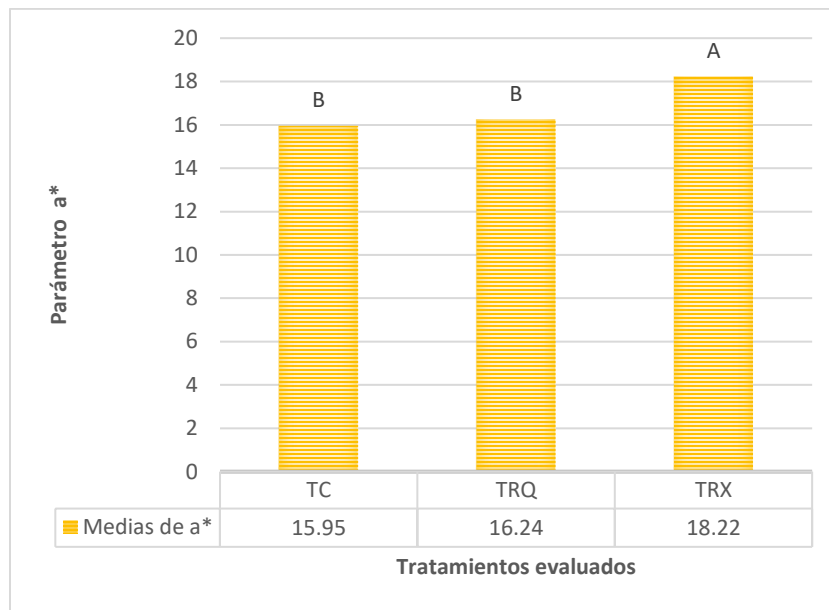


Figura 29. Medias del parámetro de color a* del TC, TRQ Y TRX, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en el parámetro a* son similares al trabajo de Torres-Morales & Pájaro-González (2015), quienes realizaron película comestible a base de almidón de achira y ácido tánico aplicadas en fresas, siendo el almidón un hidrocoloide al igual que la goma xantana, obteniendo valores iniciales de 17.0 y al paso de los días teniendo una tendencia descendente llegando al quinto día a valores de 13.5. En este trabajo de investigación el valor inicial fue de 16.0 con el pasar de los días las fresas mantuvieron una mejor estabilidad en el parámetro a*. Mientras en las películas de quitosano se encontraron algunas similitudes con el

trabajo de Torres-Ortiz (2017), en su estudio del efecto de recubrimientos a base de almidón y quitosano con incorporación de cera de candelilla en la vida útil de fresas, donde obtuvieron valores en el parámetro a^* inferiores con valores de ocho mientras las fresas con recubrimiento a base de quitosano que se realizaron en este trabajo mantuvieron valores de 16.04 manteniendo de mejor manera este parámetro.

El parámetro a^* define el componente rojo-verde; rojo para valores positivos y verde para los negativos. En esta investigación para ambos tratamientos se obtuvieron valores positivos, los cuales indicaron un ascenso en el color rojo durante los 12 días de almacenamiento con respecto al tratamiento control.

4.2.3.3 Parámetro b^*

En la figura 30, se pueden observar los resultados del parámetro b^* de las muestras, que se obtuvieron en el análisis de varianza donde podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos y de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 10), vemos que el TRX fue quien más cambio tuvo en este parámetro seguido del TC y el TRQ quien menos cambio tuvo.

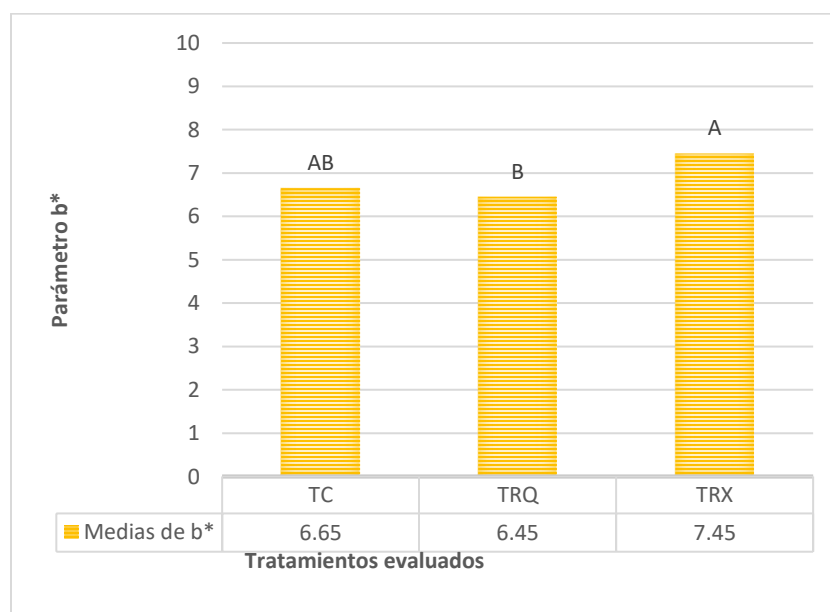


Figura 30. Medias del parámetro de color b^* del TC, TRQ Y TRX, donde las letras diferentes a una $p > 0.05$ denotan una diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en el parámetro b^* son similares al trabajo de Torres-Morales & Pájaro-González (2015), quienes realizaron película comestible a base de almidón de achira y ácido tánico aplicadas en fresas, siendo el almidón un hidrocoloide al igual que la goma xantana, obteniendo valores iniciales de 20.9 y al paso de los días teniendo una tendencia descendiente llegando al quinto día a valores de 5.8, mientras en este trabajo de investigación el valor inicial fue de 7.14 con el pasar de los días las fresas mantuvieron una mejor estabilidad en el parámetro b^* manteniendo ese mismo valor en el transcurso de los 12 días. Mientras en las películas de quitosano se encontraron algunas similitudes con el trabajo de Torres-Ortiz (2017), en su estudio del efecto de recubrimientos a base de almidón y quitosano con incorporación de cera de candelilla en la vida útil de fresas, donde obtuvieron valores de 6.0 en el parámetro b^* mientras las fresas con recubrimiento a base de quitosano que se realizaron en este trabajo mantuvieron valores de 6.0.

El parámetro b^* indica el componente amarillo-azul; amarillo para valores positivos y azul para negativos, se obtuvieron en ambos tratamientos valores positivos.

4.2.4 Determinación de sólidos solubles totales (SST)

Los SST son una medida de la cantidad de azúcares en una fruta por cual la concentración de SST se expresó en grados Brix ($^{\circ}$ Brix) que originalmente es una medida de densidad (si una solución tiene 1 $^{\circ}$ Brix, en realidad estamos diciendo que hay 1 gramos de sólidos por cada 100 gramos de solución).

En la figura 31, se pueden observar los resultados de SST de las muestras, que se obtuvieron en el análisis de varianza donde podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos y de acuerdo con los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 11), vemos que el TRQ fue quien obtuvo una mayor cantidad de SST (9.77 $^{\circ}$ Brix) seguido del TRX (8.64 $^{\circ}$ Brix) y el TC (8.53 $^{\circ}$ Brix) siendo muy similares.

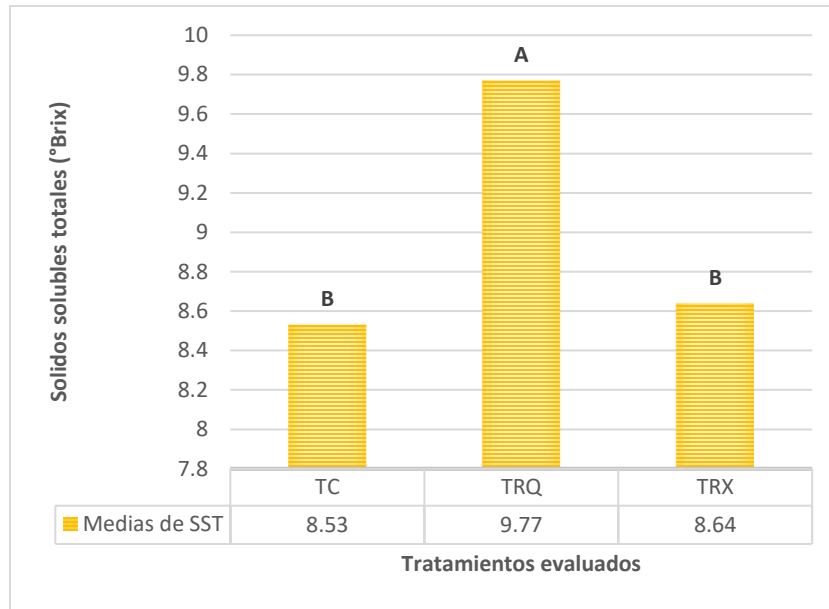


Figura 31. Análisis de SST en el TC, TRQ y TRX, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde letras diferentes muestran diferencia significativa.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los registrados en otros trabajos como el de Gómez-Utrilla (2012) y Mirones *et al.* (2020) quienes realizaron recubrimientos a base de alginato de sodio y quitosano respectivamente, donde registraron valores en fresas entre cinco y ocho °Brix, teniendo una tendencia similar al de este trabajo. Al principio tienen un incremento en la cantidad de SST y en los últimos días este disminuye como se muestra en la figura 32. El aumento es debido al efecto sinérgico de la evaporación del agua y la hidrólisis de azúcares, proteínas y componentes solubles de la pared celular vegetal. La liberación de sustratos al interior de la fruta incrementó su concentración y la posterior lectura de los °Brix., mientras que la disminución en los últimos días es debido al consumo de nutrientes, azúcares y fibra del fruto por acción de microorganismos.

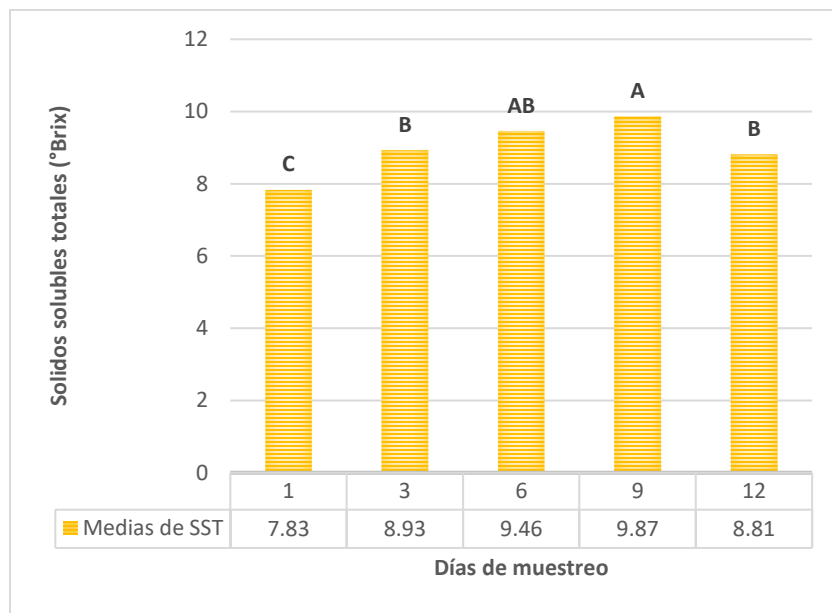


Figura 32. Se observa como es el comportamiento de SST en los 12 de días de muestreo mientras del lado derecho observamos cuál de los tratamientos mantuvo el mayor contenido de SST.

4.2.5 Análisis de la acidez titulable (AT)

La AT es una medida de la cantidad de ácido presente en una fruta. El nivel de acidez es primordial para el balance de sabor de algunos alimentos y generalmente este decrece durante la madurez y su almacenamiento postcosecha (Ruelas-Chacón y otros, 2013).

En la figura 33, vemos representada la AT de cada una de las muestras evaluadas. Los resultados indican una tendencia descendente durante el almacenamiento, y de acuerdo al análisis de varianza se puede observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos y de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 12), vemos que el TC y TRQ mostraron similitud en la cantidad de AT (0.14%) en comparación al TRX que fue menor (0.09%).

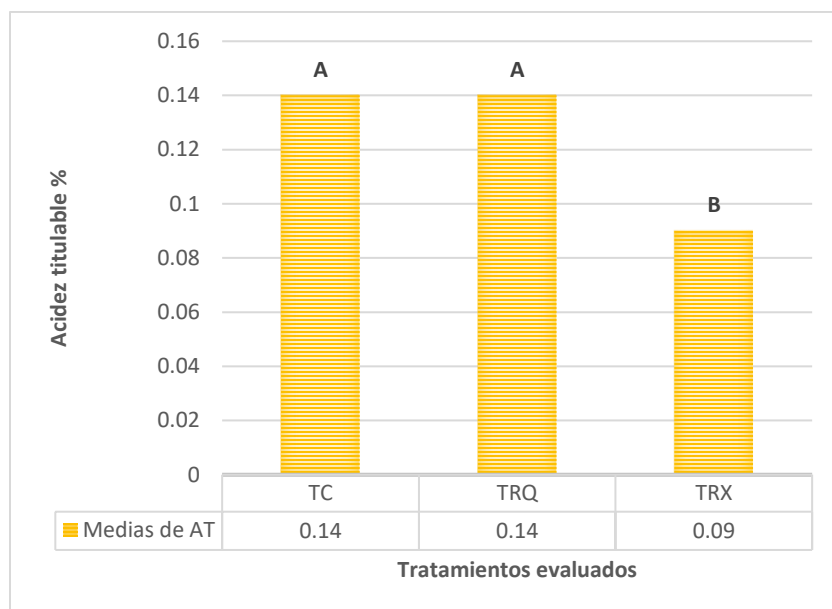


Figura 33. Determinación de AT en el TC, TRQ y TRX, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos reportados por otros investigadores como Gómez-Utrilla (2012), Martínez-González (2019) y Mirones *et al.* (2020), que en los recubrimientos aplicados en fresas obtuvieron valores en AT entre 1.3% y 0.07%. Gómez-Utrilla (2012) y Martínez-González (2019), mencionan que la acidez deseable en fresas es de 0.8%, por cual las fresas con recubrimiento a base de quitosano, y las fresas de control que se evaluaron en este trabajo de investigación son los que mas se acercaron a ese valor al finalizar los 12 días de evaluación.

4.2.6 Determinación de la vitamina C

La vitamina C o también llamado ácido ascórbico es un importante micronutriente en la alimentación humana y está asociado a la producción de colágeno, fijación del hierro, metabolismo de la tirosina, conversión del ácido fólico. Sin embargo, este importante compuesto bioactivo se altera fácilmente por la acción de la temperatura, la luz, los cambios de pH y los iones metálicos (Ordóñez-Santos *et al.*, 2013).

En la figura 34, se muestra el contenido de vitamina C en cada una de las muestras evaluadas, y de acuerdo al análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos y de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 13), vemos que el TC presenta el mayor contenido de vitamina C (18.66 mg/g) seguido del TRQ (8.81 mg/g) que son significativamente iguales a diferencia del TRX (6.88 mg/g) siendo la muestra con menor contenido de vitamina C.

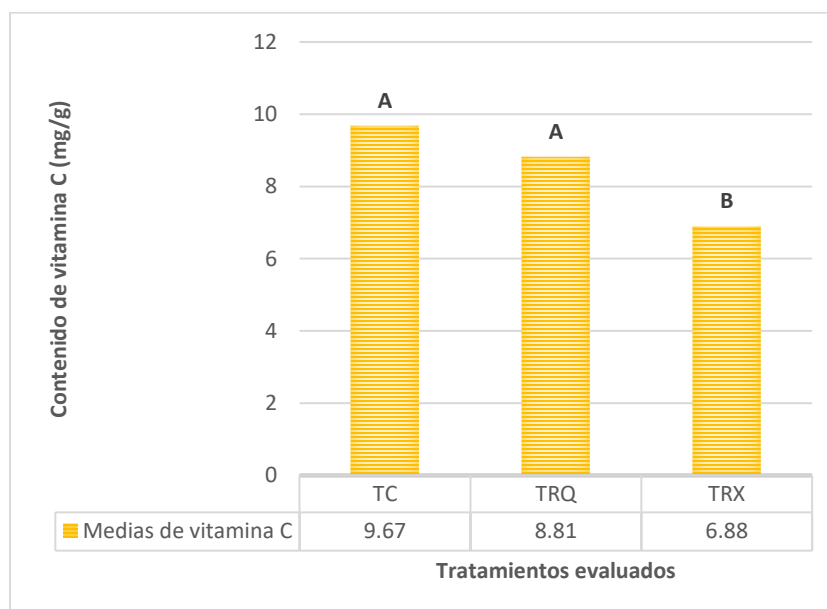


Figura 34. Determinación de vitamina C en el TC, TRQ y TRX, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en este trabajo difieren con el de otros investigadores como Zhang & Quantick (2015) donde en su trabajo sobre los efectos antifúngicos del recubrimiento de quitosano en productos frescos, fresas y frambuesas obtuvieron valores iniciales de 75 mg/g y valores finales de 30 mg/g de vitamina C. Así como el trabajo de Cano-Salinas & Corales-Chauca (2014), sobre el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis miller*) en la vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*), donde obtuvieron

valores iniciales de 57 mg/g y valores finales de 55 mg/g de vitamina C. Ambos autores obtuvieron un mayor contenido de vitamina C desde el primer día evaluado, sin embargo tuvieron la misma tendencia de decrecer con el pasar de los días. Esto puede ser debido a el almacenamiento antes de la compra de las fresas, al estar expuestas a la luz por un periodode tiempo largo este puede llegar afectar el cambio de coloración en la fresa, que es producido por la reacción de oxidación del ácido ascórbico (vitamina C) y la reacción de la glucosa, por su carácter reductor, con los grupos amino presentes en la fruta, originando sustancias pardas denominadas melanoidinas estas reacciones son denominadas como pardeamiento químico o reacción de Maillard, algunas de las fresas tenían estos síntomas de pardeamiento por cual se ve reflejado en la cantidad de vitamina C en las fresas.

4.2.7 Análisis del contenido polifenólico Fenoles

Los compuestos fenólicos se destacan por tener una gran actividad antioxidante, en la industria alimenticia se utilizan muchos compuestos fenólicos para fortalecer una gran cantidad de productos, ya que pueden aumentar la vida media de algunos alimentos e incluso pueden ser parte de los compuestos nutricionales activos de los mismos (Puig, 2020). En la figura 35, se muestra el contenido de polifenoles en cada una de las muestras evaluadas, y de acuerdo al análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos y de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 14), vemos que el TRQ presenta el mayor contenido de polifenoles (359.94 $\mu\text{mol/g}$ de equivalentes de ácido gálico (EAG)) seguido del TRX (356.74 $\mu\text{mol/g}$ de EAG que son significativamente iguales a diferencia del TC (337.99 $\mu\text{mol/g}$ de EAG) siendo la muestra con menor contenido de polifenoles.

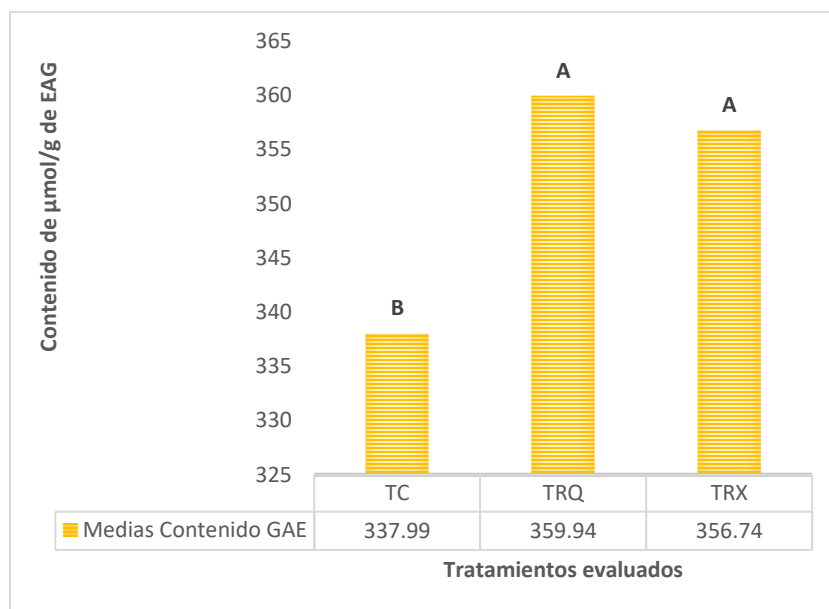


Figura 35. Valores medios del contenido polifenólico de los tratamientos TC, TRQ y TRX. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).

Los resultados obtenidos en este trabajo difieren con el de otros investigadores como el de Zapata *et al.* (2014), quienes estudiaron la capacidad captadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia, quienes mencionan que las fresas tienen un alto contenido de compuestos fenólicos 1638.4 ± 9.2 mg EAG/g, y Campo (2017) en su estudio comparativo de la actividad antioxidante en fresas de cultivos de origen tradicional versus ecológico donde nos menciona que las fresas tienen 1868 mg EAG /g.

Zapata *et al.* (2014) menciona que existen varios factores internos y externos que afectan la calidad y cantidad de los compuestos fenólicos presentes en las frutas como la diversidad genética (variedad y origen de la muestra), etapa de madurez, variables ambientales (intensidad de la luz, clima, temperatura, uso de fertilizantes, heridas, método de extracción, procesamiento y almacenamiento). Por lo cual, alguno de los factores antes mencionado puede que influya en el bajo contenido de compuestos fenólicos en las fresas evaluadas.

4.2.8 Cuantificación de la actividad antioxidante

4.2.8.1 Determinación por el método de ABTS

La determinación de la capacidad antioxidante de Trolox se desarrolló por primera vez como un método sencillo y conveniente para la determinación de la actividad antioxidante total, este mide la capacidad de los antioxidantes para eliminar el catión radical estable ABTS+ (2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)), un cromóforo azul-verde de máxima absorción a 734 nm que disminuye su intensidad en presencia de antioxidantes (Vibhute *et al.*, 2023).

En la figura 36, se muestra cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo al análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 15), vemos que el TRQ presenta la mayor capacidad antioxidante con 573.2 $\mu\text{mol/g}$ equivalentes de Trolox (ET) seguido del TRX con 588.85 $\mu\text{mol/g}$ de ET que son significativamente iguales a diferencia del TC siendo la muestra con menor capacidad antioxidante con 507.55 $\mu\text{mol/g}$ de ET.

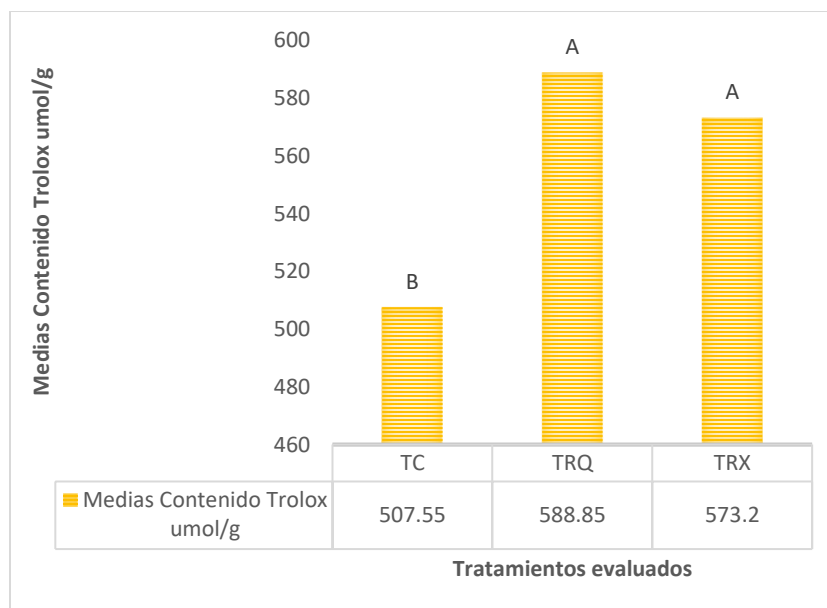


Figura 36. Valores medios de la capacidad antioxidante de los tratamientos TC, TRQ y TRX mediante ABTS. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).

De acuerdo a un estudio sobre el análisis de color de la fresa, kiwi, guayaba y papaya, correlación de la capacidad antioxidante con ácido ascórbico y polifenoles realizado por Torres-Hernández *et al.* (2021), obtuvieron que las fresas contenían $34.35 \pm 0.02 \mu\text{mol/g}$ por la prueba de ABTS obteniendo un contenido menor al de este trabajo de investigación. Lo cual indica que la fresa posee una capacidad antioxidante alta y puede estar significativamente influenciada por la presencia de los recubrimientos. En el presente estudio, la mayor capacidad antioxidante fue observada en fresas tratadas con recubrimiento de quitosano lo cual concuerda con lo reportado por López-Mata *et al.* (2012), donde evaluaron el efecto de recubrimiento de quitosano en fresas, así mismo el tratamiento de quitosano se relacionó con el mayor contenido de polifenoles, lo que concuerda con los resultados obtenidos.

4.2.8.2 Análisis por el método de DPPH

La determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH se basa en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) el cual se reduce en presencia de antioxidantes manifestándose un cambio de color. En la figura 37, se muestra cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo al análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 16), vemos que el TRQ con $558.09 \mu\text{mol/g}$ de ET presenta la mayor capacidad antioxidante seguido del TRX con $532.33 \mu\text{mol/g}$ de ET que es significativamente igual a diferencia del TC siendo la muestra con menor capacidad antioxidante con $502.72 \mu\text{mol/g}$ de ET.

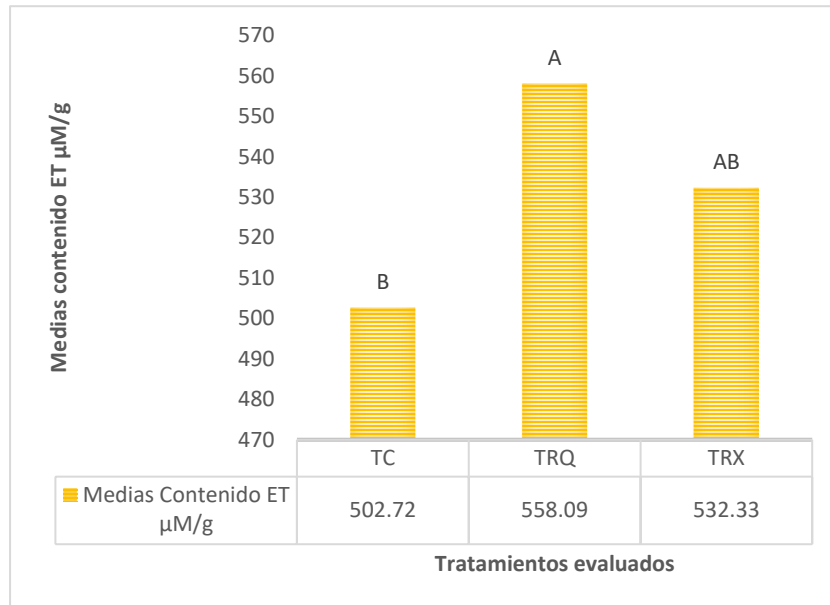


Figura 37. Valores medios de la capacidad antioxidante de los tratamientos TC, TRQ y TRX mediante DPPH. Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).

De acuerdo a un estudio sobre el análisis de color de la fresa, kiwi, guayaba y papaya, correlación de la capacidad antioxidante con ácido ascórbico y polifenoles realizado por Torres-Hernández *et al.* (2021), mencionan que las fresas contenían $81.9 \pm 24.2 \mu\text{mol/g}$ por la prueba de DDPH, siendo un contenido menor al de este trabajo de investigación. Lo cual indica que con la prueba de ABTS, la fresa posee una capacidad antioxidante alta y puede estar significativamente influenciada por la presencia de los recubrimientos. En el presente estudio, la mayor capacidad antioxidante fue observada en fresas tratadas con recubrimiento de quitosano lo cual concuerda con lo reportado por López-Mata *et al.* (2012), donde evaluaron el efecto de recubrimiento de quitosano en fresas.

4.2.9 Evaluación de la velocidad de respiración

El efecto de los recubrimientos sobre la tasa de respiración de las fresas almacenadas a temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) se presenta en la figura 38, donde se observa cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo con el análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos (Anexo 17) Donde observamos el TRQ fue quien más CO_2 produjo con $7.68 \text{ RCO}_2 (\text{mg}/\text{k}^*\text{h})$ seguido del TC con $5.66 \text{ RCO}_2 (\text{mg}/\text{k}^*\text{h})$ siendo el TRX quien menos CO_2 produjo.

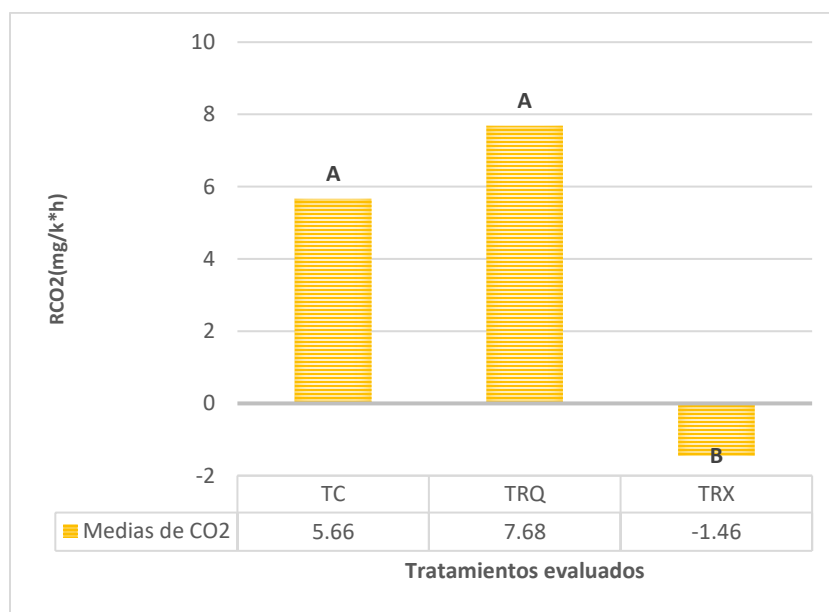


Figura 38. Influencia del TC, TRQ y TRX en la tasa de respiración en la fresa, se representan las medias del estudio de Fisher a una $p > 0.05$, donde las letras diferentes muestran diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en este trabajo difieren con el de otros investigadores como el de Escalante-Varona (2015), quien habla sobre la aplicación de un recubrimiento comestible de goma de tara sobre fresas (*Fragaria ananassa*) para prolongar su conservación, donde las fresas con recubrimientos obtuvieron valores entre 21 y 45 $\text{RCO}_2 (\text{mg}/\text{k}^*\text{h})$ siendo mayor al de este trabajo. Escalante-Varona, (2015) nos menciona que las fresas de control; presentaron un evidente crecimiento

de moho aproximadamente a partir del día 7 de almacenamiento, el cual ocasiono daños estructurales en los tejidos, permite su ablandamiento y favorece procesos fermentativos que aportan CO₂, que fue retenido en la cámara de gas, siendo la situación similar a la de este trabajo.

4.2.10 Evaluación sensorial

4.2.10.1 Apariencia

La apariencia es la primera impresión que el consumidor percibe y es uno de los componentes más importantes para la aceptación y eventualmente la compra de un producto. La apariencia no es un carácter decisivo de la calidad, a no ser que se trate de deformaciones o defectos morfológicos. En algunos casos la apariencia puede ser utilizada como un indicador de la madurez y por lo tanto de su sabor (Camelo, 2003).

En la figura 39, se presenta cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo con los resultados del análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, podemos observar como el TC es diferente al TRX y TRQ siendo estos muy parecidos. De acuerdo a los jueces que conformaron al panel de valuación sensorial, la diferencia fue que el TC mantuvo una apariencia física más natural en comparación al TRX y TRQ que se notaban con recubrimiento en las hojas de la fresa.

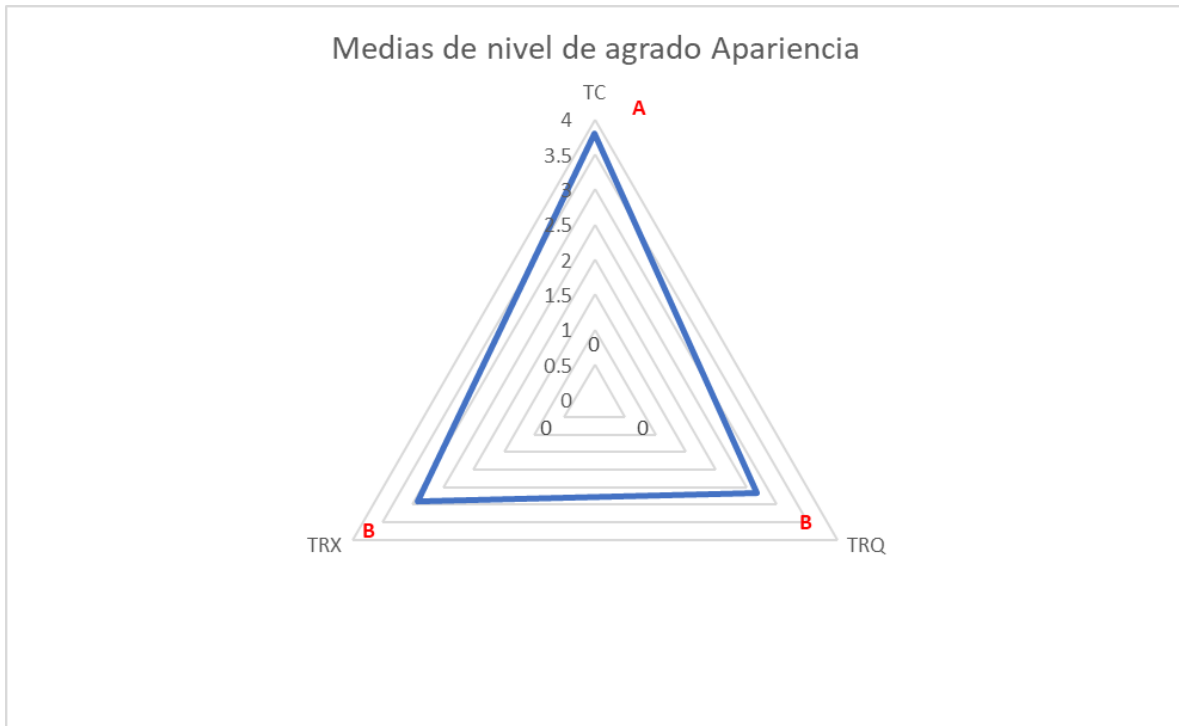


Figura 39. Resultados de las medias obtenidas de la apariencia en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.

4.2.10.2 Color

El color en los frutos es uno de los aspectos más importantes para los consumidores, en las fresas el color rojo es muy atractivo. Las fresas maduras y con buena coloración son más apetitosas y se asocian con frescura y calidad. Por lo tanto, el color influye en la aceptación del producto en el mercado (Alvarado-Cepeda *et al.*, 2021).

En la figura 40, se muestra cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo con los resultados del análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 19), en el podemos observar como el TRQ es diferente al de TC mientras el TRX tiene similitud con los dos anteriores, el TC fue el más aceptado seguido del TRX.

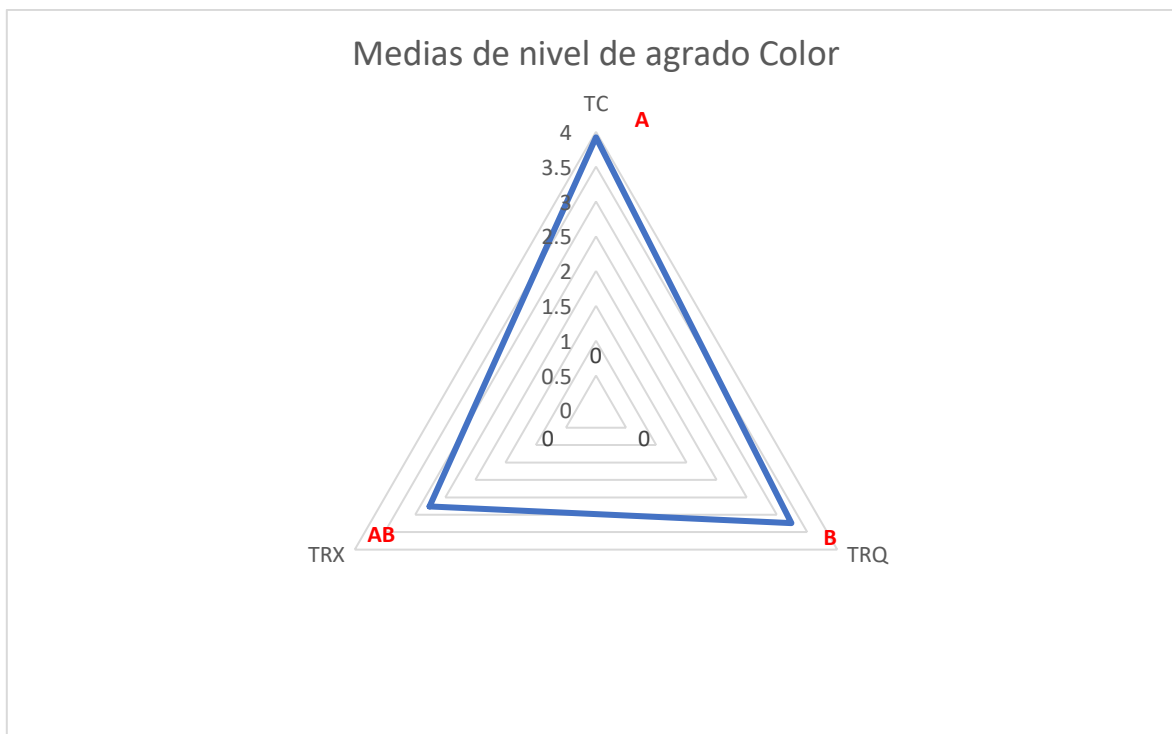


Figura 40. Resultados de las medias obtenidas del color en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.

4.2.10.3 Olor

El olor en las fresas desempeña un papel crucial, ya que indica calidad y atractivo. También proporciona claves importantes sobre el nivel de calidad, y si puede ser consumido o no, así mismo el olor puede llegar a afectar al sabor.

En la figura 41, se muestra la diferencia significativa ($p > 0.05$) que existe entre las muestras de fresas, donde el TC fue el más aceptado por parte de los jueces del panel sensorial seguido del TRQ y TRX (Anexo 20). La diferencia existente en cuanto al atributo de olor se debe posiblemente a la aplicación de los recubrimientos, y lo cual nos lleva a pensar que el olor no se detecta tanto en los tratamientos recubiertos, ya que retardan la liberación de gases liberados durante el proceso de respiración, así como del olor.

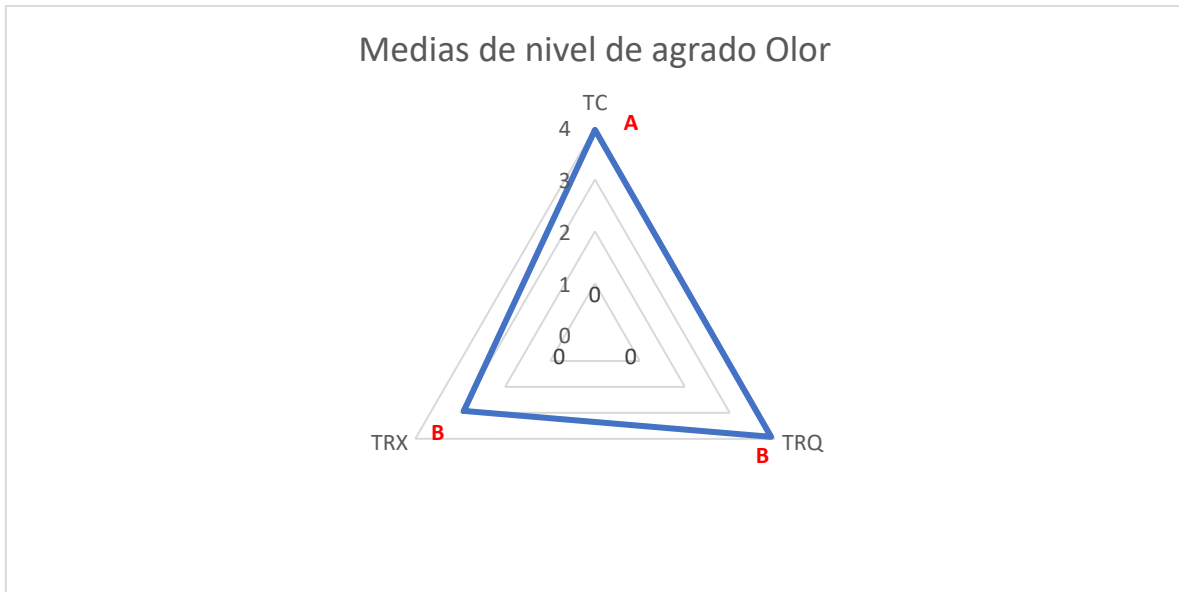


Figura 41. Resultados de las medias obtenidas del olor en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.

4.2.10.4 Sabor

El sabor es uno de los aspectos más importantes en los alimentos. En las frutas es el sabor el que determina si es dulce, amarga, acida o astringente. El sabor también está relacionado con otros atributos sensoriales, como la textura y el aroma (Tinoco, 2023).

En la figura 42 podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 21) vemos como el TC es el más aceptado por parte de los jueces del panel sensorial seguido del TRQ siendo el TRX con el sabor menos agradable.

Los jueces mencionan que el sabor de algunas fresas estaba en proceso de fermentación y algunas eran muy acidas siendo más notorio en las fresas con el TRX. Solo un juez de los 25 menciona la presencia de canela en el TRX. Por cual el mal sabor no es a causa de los recubrimientos si no del estado de maduración en el que se encontraban las fresas. La goma xantana al ser un hidrocoloide al entrar

en contacto con un poco de agua esta suaviza la película y le da una sensación ligeramente viscosa y ayudo a percibir o notar más estos sabores así mismo en el TRQ al ser menos soluble solo uno de los 25 panelistas percibió una ligera capa del recubrimiento mientras probaba la muestra.

En la figura 42, se muestra cada una de las muestras evaluadas y su aceptación por parte de los jueces.

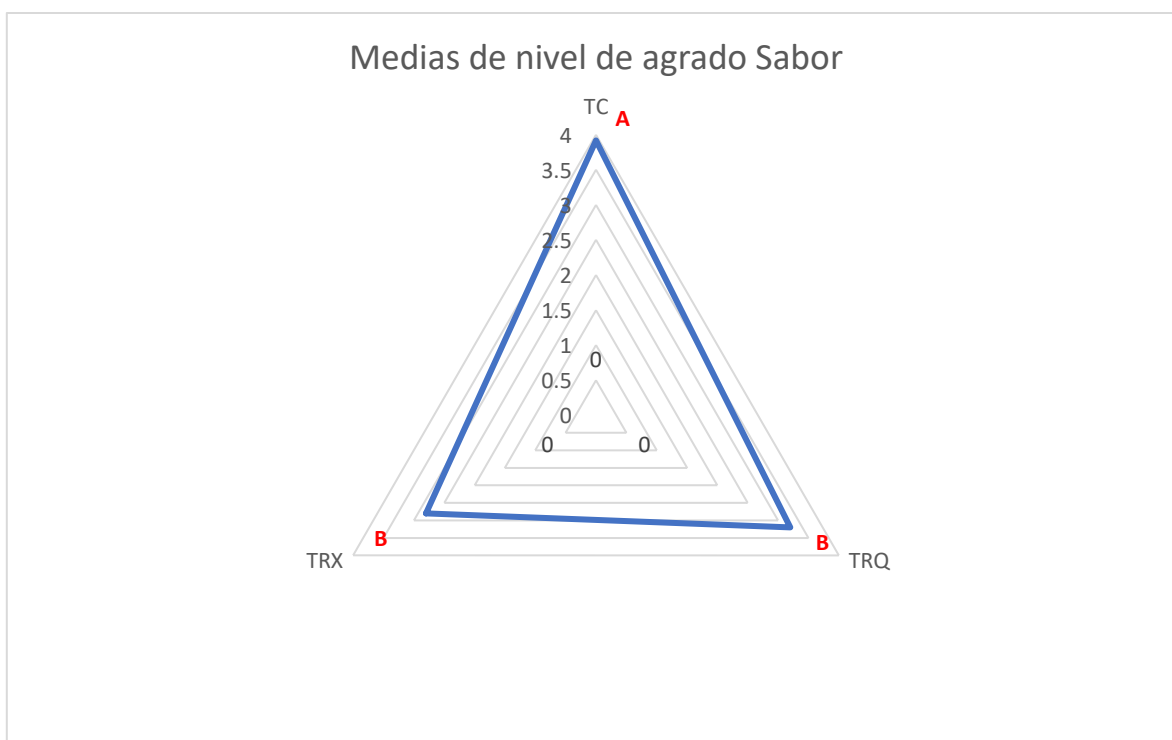


Figura 42. Resultados de las medias obtenidas del sabor en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.

4.2.10.5 Textura

La textura es otro componente clave de la calidad en frutas cuando se considera la aceptabilidad del consumidor. La textura de la fruta se puede percibir primero con el sentido del tacto y luego por la sensación experimentada al comerla donde la firmeza de la pulpa, es un importante índice de madurez (Farauh, 2021).

En la figura 43, se muestra cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo a los resultados del análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 22), en el podemos observar que dos de los tratamientos son diferentes a excepción del TRX que tiene similitud tanto con el TRQ y TC siendo este último con la mejor textura seguido del TRX y de acuerdo a la evaluación realizada por los jueces del panel sensorial mencionan que la textura de ambos tratamientos no era ni firme pero tampoco suave en comparación al TC que catalogaron como firme.

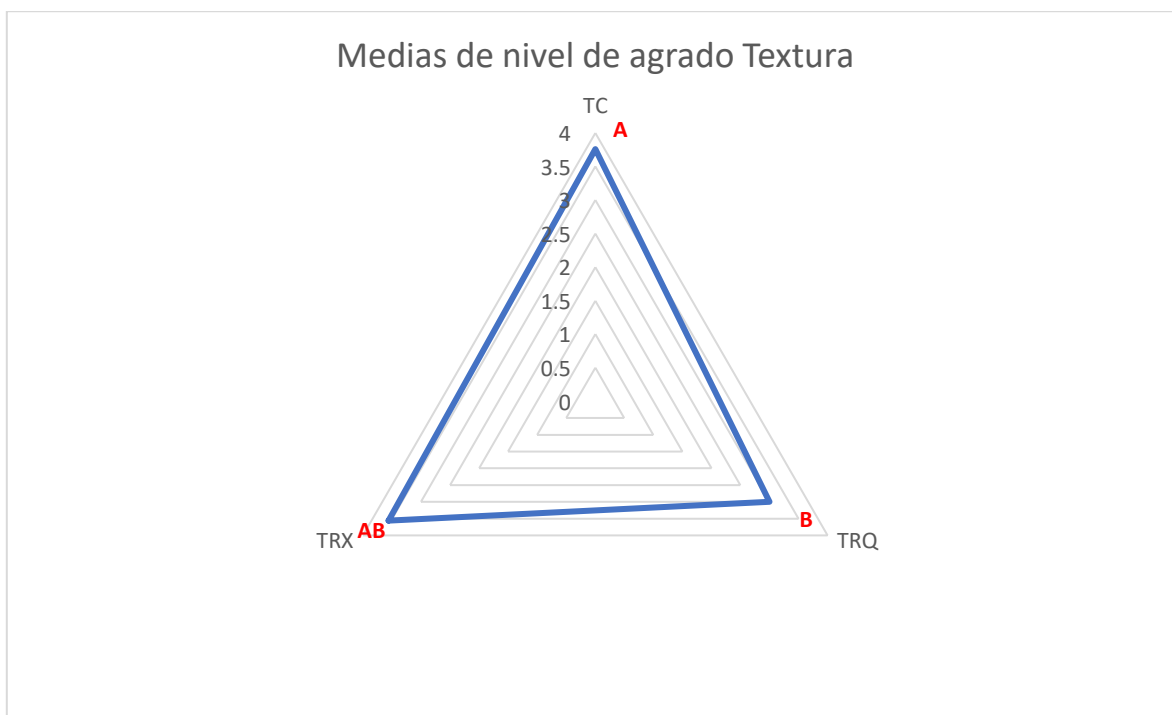


Figura 43. Resultados de las medias obtenidas de la textura en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.

4.2.10.6 Aceptación global

La aceptación de alimentos es otro factor crucial en la industria alimentaria. El éxito de un producto alimentario está determinado por el grado de aceptación, en el mercado la aceptación global de alimentos se logra mediante la comprensión de las preferencias y percepciones de los consumidores, lo que influye en el desarrollo y la innovación de nuevos productos (Arizpe, 2017). En la figura 44, se muestra cada una de las muestras evaluadas y de acuerdo a los resultados del análisis de varianza podemos observar que hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en al menos uno de los tratamientos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher (Anexo 22), en el podemos observar que el TC es diferente al TRQ Y TRX que son similares. El TC fue mejor evaluado seguido del TRX siendo el TRQ el de menor aceptación por parte de los panelistas. Los jueces del panel entrenado mencionan que el color de las fresas con quitosano fueron mas oscuras mientras las de goma xantana mantuvieron un color similar al de la fresa de control esto es debido a que las películas de quitosano son mas opacas y transmiten menos luz que las de goma xantana, algo que se percibio es que los recubrimientos en general intensificaron las características físicas de las fresas resaltando su color por lo cual algunas de las fresas al estar maduras se notaron mas oscuras al aplicar el recubrimiento.

Medias de nivel de agrado Apariencia global

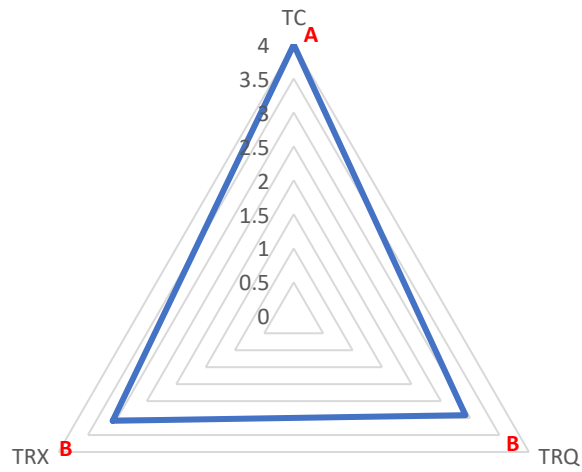


Figura 44. Resultados de las medias obtenidas de la aceptación global en los diferentes tratamientos en las fresas mediante la escala hedónica de 5 puntos realizadas por los panelistas.

4.2.11 Comparación de parámetros físicos y químicos de los tratamientos

Como se observa en el cuadro cinco, el TRQ fue mejor comparado al TRX, esto de acuerdo a los resultados obtenidos por la comparación de medias de LSD Fismejor opción para conservar la calidad de la fresa.

Cuadro 5. Comparación de parámetros físicos y químicos de los tratamientos.				
	TRQ		TRX	
Peso (%)	8.92	A	5.6	B
Firmeza (N)	6.81	A	6.63	A
Parámetro "L"	28.63	A	28.57	A
Parámetro "a"	16.24	B	18.22	A
Parámetro "b"	6.45	B	7.45	A
SST	9.77	A	8.64	B
AT	0.14	A	0.09	B
Vitamina C	8.81	A	6.88	B
Contenido fenólico	359.94	A	356.74	A
ABTS	588.85	A	573.2	A
DPPH	558.09	A	532.33	AB
Respiración	7.68	A	-1.46	B

4.2.12 Comparación del análisis sensorial

En el cuadro seis se observa que el TRQ y el TRX ambos tratamientos de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de medias de LSD Fisher son significativamente iguales.

Cuadro 5. Comparación de análisis sensorial				
	TRQ		TRX	
Apariencia	2.68	B	2.92	B
Color	3.24	B	2.76	AB
Olor	3.92	B	2.92	B
Sabor	3.2	B	2.8	B
Textura	3	B	3.56	AB
Apariencia global	2.92	B	3.08	B

CAPITULO V. CONCLUSIONES

Se lograron evaluar los efectos de los recubrimientos aplicados en fresas, obteniendo como resultado una menor disminución en el peso, firmeza, SST, AT, vitamina C, Contenido fenólico, actividad antioxidante (ABTS y DPPH) y respiración comparada con la muestra control. En el color resulta que el parámetro L^* en los tratamientos al igual que las muestras de control son significativamente iguales, mientras en el parámetro a^* es mejor en el TRX, ya que de acuerdo con el círculo de CIELab el TRX se encontraría en una zona roja más intensa que el TRQ algo que es característico de las fresas mientras que para el parámetro b^* el mejor fue el TRQ al mantener inferior un valor ligeramente amarillento en comparación del TRX.

Ambos recubrimientos son efectivos y viables para su aplicación en fresas, sin embargo, el recubrimiento TRQ elaborado a base de quitosano, ácido acético, glicerol, y aceite de canela resultó ser el más eficaz para alargar la vida de anaquel de las fresas, ya que de acuerdo a los resultados del análisis estadístico y estudio de medias de LSD Fisher mantuvo mejor sus propiedades por cual su aplicación en en fresas si es recomendable. En cuanto a la evaluación sensorial, ambos tratamientos de acuerdo a la comparación de medias de LSD Fisher fueron significativamente iguales, el TRQ destacando significativamente en color, olor y sabor, mientras el TRX destacó en apariencia, textura y aceptación global. Aunque no destacaron en cuanto a estas propiedades al compararlos con el control, tampoco fueron del desagrado de los jueces.

CAPITULO VI. REFERENCIAS

- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. (2017). *Polisacáridos*. Portal Academico CCH: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica2/unidad2/carbohidratos/polisacaridos>
- Abadía-Piquero, J. (2010). Preparación y caracterización mecánica de hidrogeles de quitosano para soporte de células de cartilago. *Proyecto de titulación*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Alvarado-Cepeda, Y., Mendoza-Villarreal, R., Sandoval-Rangel, A., Vega-Chávez, J., y Franco-Gaytán, I. (2021). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. *Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, 8(43), 18-29.
- Alvarez-Beltrán, T. M. (2021). Efectos de la congelación y ultracongelación en la estructura y textura de frutas y vegetales: Una revisión bibliográfica de datos publicados. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Técnica de Abato, Ambato, Ecuador.
- Arcentales, J. L. (2022). *Evaluación del efecto de quitosano y aceite de canela aplicado como recubrimiento comestible en mora postcosecha*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23409>
- Arizpe, B. V. (2017). Desarrollo en planta piloto de una bebida de lacto suero y fruta natural para adultos mayores. *Tesis de doctorado*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Ayala-Sánchez, L. C., Vaquiro, H. A., Solanilla, J. F., y Medellín. (2016). Caracterización fisicoquímica de películas a base de goma xantán/physicochemical characterization of films based on xanthan gum. *Vitae*, 23(1), 361-365.
- Ayala-Sánchez, L. C., Vaquiro, H. A., y Solanilla, J. F. (2016). Physicochemical characterization of films based on xanthan gum. *Vitae*, 23(1), 361-365.
- Azcona, Á. C. (2013). Manual de nutrición y dietética. *Departamento de Nutrición-M-008157*, Pág. 103-105.

- Barreto Cabanillas, L. A., y Rojas Fierro, N. E. (2021). Cinética de degradación del ácido ascórbico durante la conservación por refrigeración y congelación de la pulpa de camu camu (*Myrciaria Dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional del Cuzco del Perú, Huacayo.
- Bastida, O. A. (08 de Noviembre de 2021). *Datos que indican la importancia de la fresa para Estados Unidos y México*. PRODUCEPAY: <https://es.producepay.com/blog/datos-que-indican-la-importancia-de-la-fresa-para-estados-unidos-y-mexico/>
- BBC News Mundo. (14 de Noviembre de 2022). *Por qué todas las fresas que comemos se originaron en Chile*. BBC News Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54892858>
- Bienestar, S. d. (13 de Noviembre de 2013). *Las frutas y hortalizas pueden llegar a ser muy costosas al mantener su calidad y garantizar su inocuidad a lo largo de la cadena de suministro, desde su producción hasta el consumo, al reducir las pérdidas y desperdicios aumenta su disponibilidad para el*. Secretaría de Bienestar: <https://www.gob.mx/bienestar/prensa/se-desperdician-mas-de-diez-mil-toneladas-de-alimentos-cada-ano-en-mexico>
- Bonilla, J., Fortunati, E., Atarés, L., Chiralt, A., y Kenny, J. (2014). Physical, structural and antimicrobial properties of poly vinyl alcohol–chitosan biodegradable films. *Food Hydrocolloids*, 35, Pág. 463-470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.002>
- Bordagaray, V. C., Bof, M. J., Suárez, G. D., Bordenave, L. R., Pérez, A. A., y Locaso, D. E. (2020). Caracterización de películas comestibles antimicrobianas con adición de aceites esenciales de especies cultivadas en la provincia de Entre Ríos. *Suplemento CD y T*, 10(10), 394-409.
- Borges, C. D., Mendonça, C. R., Zambiasi, R. C., Nogueira, D., Pinto, E. M., y Paiva, F. F. (2013). Conservação de morangos com revestimentos à base de goma xantana e óleo essencial de sálvia. *Bioscience Journal*, 29(5), 1071-1083.
- Borges, C. D., y Vendruscolo, C. T. (2008). Goma Xantana: características e condições operacionais de produção. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 29(2), Pág. 171-188. <https://doi.org/https://doi.org/10.5433/1679-0367.2008v29n2p171>

- Camelo, A. F. (2003). Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. En A. F. Camelo, *Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas* (págs. 95-111). Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 151.
- Carvaja, A. N., y G. O. (24 de Junio de 2023). *¿De qué depende la maduración de los frutos?* Ciencia UNAM: <https://ciencia.unam.mx/leer/1132/-de-que-depende-la-maduracion-de-los-frutos->
- Castañeda-Ramírez, Laurel-Ángeles, Espinoza-Zamora, Salcedo-Hernández, López-Ramírez, y Fuente-Salcido, D. I. (2016). Efecto del quitosano para el biocontrol de hongos fitopatógenos identificados molecularmente de frutas y hortalizas en Guanajuato. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 201-213.
- Castro, E. (16 de Noviembre de 2021). *La fresa mexicana herencia del Porfiriato*. Laroussecocina: <https://laroussecocina.mx/blog/la-fresa-mexicana-herencia-del-porfiriato/>
- Chavez, C. E., y Cordoba, M. J. (2023). *Efecto antimicrobiano del aceite esencial de canela, hipoclorito de sodio y gluconato de clorhexidina sobre cepas de Enterococcus faecalis*. Repositorio Digital UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11738>
- Concha, H. L., Leyva, R. G., Cauich, D. D., González, S. M., Rosas, I. L., y Valente, F. E. (2022). Uso del aceite esencial de canela en los sistemas de producción pecuaria. *Abanico agroforestal*, 4, 10.
- Das, S., Singh, V. K., Dwivedy, A. K., Chaudhari, A. K., y Dubey, a. K. (2021). Anethum graveolens Essential Oil Encapsulation in Chitosan Nanomatrix: Investigations on In Vitro Release Behavior, Organoleptic Attributes, and Efficacy as Potential Delivery Vehicles Against Biodeterioration of Rice (*Oryza sativa* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 14, 851-853. <https://doi.org/doi: 10.1007/s11947-021-02589-z>
- Erkmen Osman, A. O. (2018). General Characteristics of Edible Films. *iMedPub LTD*, Vol.2 No.1:3.
- Espinosa-Manfugás, J. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria.

- Fabra, P. (2020). Envases activos e inteligentes. *Centro Tecnológico del Plásticos*, Pág. 7-9.
- FAO. (2020). Frutas y verduras – esenciales en tu dieta. Año Internacional de las Frutas y Verduras, 2021. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, Pag. 09-12. <https://doi.org/> <https://doi.org/10.4060/cb2395es>
- Faruh, M. (21 de Septiembre de 2021). *Blogs de Extensión de la Universidad de Maryland*. La importancia de la textura en la calidad de las frutas: <https://extensiones.umd.edu/2021/09/27/la-importancia-de-la-textura-en-la-calidad-de-las-frutas/#:~:text=La%20textura%20de%20la%20fruta%2C%20y%20en%20particular,que%20permite%20una%20f%C3%A1cil%20manipulaci%C3%B3n%20y%20disminuye%20da%C3%B1os>.
- Fitzpatrick, P., Meadows, J., Ratcliffe, I., y Williams, P. A. (2013). Control of the properties of xanthan/glucomannan mixed gels by varying xanthan fine structure. *Carbohydrate Polymers*, 92, Pág. 1018-1025. <https://doi.org/> <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.049>
- Fraire Cordero, M. d., Yáñez Morales, M. d., Nieto Angel, D., y Vázquez. (2003). Hongos patógenos en fruto de fresa (*fragaria x ananassa* Duch.) en postcosecha. *Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.*, Pág.285.
- Garcerant, I. P. (2019). El envase como protector de los atributos de calidad de alimentos. *Revista Alimentos Hoy*, 27(47), 18-21.
- García-Mateos, M. D.-G.-V.-R. (2023). Biodegradable antifungal coating based on chitosan and citrus essential oil for. *CienciaUAT*, Pág.166.
- Gómez-Utrilla, R. (2012). Elaboración y caracterización de una película comestible a base de alginato de sodio y su efecto sobre la conservación de frutos de fresa (*Fragaria ananassa*) almacenados a temperatura de refrigeración comercial. *Tesis de Licenciatura*. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, México.
- Hinestroza Palacio, S. A., Bejarano Ibarquén, L. F., y Cadavid Rangel, L. M. (2021). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una empresa dedicada a el procesamiento y comercialización de frutas picadas, empacadas al vacío, en

medellín y su área metropolitana, a través de dispensadores. *Trabajo de especialidad*. Institución Universitaria Esumer, Medellín.

Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., y Hortynska, P. (2021). Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review. *Agronomy*, 11(05), 01-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11050813>

Kong, I., Degraeve, P., y Pui, L. P. (2022). Polysaccharide-based edible films incorporated with essential oil nanoemulsions: physico-chemical, mechanical properties and its application in food preservation—a review. *Foods*, 11(4), 555. <https://doi.org/DOI:10.3390/foods11040555>

Leonardo, P. (2022). Comparación de la atmósfera controlada y modificada en la conservación de arándano fresco para exportación. *Tesis de licenciatura*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Li, S., Yi, J., Yu, X., Wang, Z., y Wang, L. (2020). Preparation and characterization of pullulan derivative/chitosan composite film for potential antimicrobial applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 258-264. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.080>

Lima, M. d., Carneiro, L. C., Dias, A. R., Zavareze, E. d., Moreira, A. d., Machado, M. R., y Prentice, C. (2020). Application of Films Based on Chitosan and Xanthan. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, Pág. 2. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2020190046>

Lima, M. d., Carneiro, L. C., Zavareze, E. d., Machado, M. R., Dias, A. R., y Moreira, A. d. (2020). Application of Films Based on Chitosan and Xanthan. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, 01-09. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020190046>

Lopez, A. (2003). *Boletín de servicios agrícolas de la FAO 151*. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: <https://www.fao.org/3/Y4893S/y4893s00.htm#Contents>

Madera-Santana, T. J., Toledo-López, V. M., Martínez-Robison, K., Rejón-Moo, V., y Fortiz-Hernández, J. (2023). Evaluación de películas comestibles de quitosano, agar y tomillo para mantener la calidad de frutos de aguacate 'Hass' durante su

almacenamiento. *Biocetnia*, 23(1), 116-125. <https://doi.org/DOI:10.18633/biotech.v25i1.1728>

Magaña Benítez, W., Sauri Duch, E., Corrales García, J., y Saucedo Veloz, C. (2013). Variaciones bioquímicas-fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*, 14(1), 21-31.

Martínez-González, M. d. (2019). Efecto de cubiertas comestibles con nanopartículas de quitosano y/o propóleo sobre la calidad y capacidad antioxidante de fresas (*Fragaria x ananassa*). *Tesis de maestría*. Universidad Autónoma del estado de Estado de Morelos, Cuernavaca. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/993>

Mathias-Rettig, y Ah-Hen. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *AGROSUR*, 4(2), 57-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>

Maurya, A., Prasad, J., Das, S., y Dwivedy, A. K. (2021). Essential Oils and Their Application in Food Safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 01-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.653420>

Mederos-Torres, Y., Bernabé-Galloway, P., y Ramírez-Arrebató, M. Á. (2020). Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 41(3), 01-21.

Miranda, S. P., Cárdenas, G., López, D., y Lara-Sagahon, A. V. (2003). Comportamiento de películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(4), 331-336.

Mirones, C. G., Falcon, Z. K., y Soriano, E. M. (2020). Evaluación de las formulaciones de película comestible de *Nostoc sphaericum* aplicadas a la conservación de fresas. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 27(2), 79-93.

Mohammed, A. S., Naveed, M., y Jost, N. (2021). Polysaccharides; Classification, Chemical Properties, and Future Perspective Applications in Fields of Pharmacology and Biological Medicine (A Review of Current Applications and Upcoming Potentialities). *Springer*, 29, 2359–2371. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10924-021-02052-2>

- Monsalve, C. M. (2019). *Operaciones especiales y de conservación en la poscosecha de frutas y*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0001-8084-2707>
- Montalvo-González, E., Anaya-Esparza, L. M., Pérez-Larios, A., Romero-Toledo, R., Sánchez-Burgos, J. A., y Ruvalcaba-Gómez, J. M. (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23, Pág. 2. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.241>
- Muñoz, E. M. (2015). Compuestos bioactivos: de la evidencia científica a las alegaciones de salud en la publicidad y etiquetado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(1).
- Nieto, R. D. (22 de Noviembre de 2013). "Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) Bajo Invernadero". Saltillo, Coahuila, México.
- Oliveira da Silva, R., Dalila Arguelho, I., Pizato, S., Arévalo Pinedo, R., y Renzo Cortez-Vega, W. (2023). Effect of coconut oil enriched cassava starch based edible coatings on quality of minimally strawberries (*Fragaria Ananassa*). *Carpathian journal of food science and tech*, 15(1), 90-105. <https://doi.org/https://doi.org/10.34302/crpjfst/2023.15.1.8>
- Ordóñez-Santos, L. E., Portilla, M. A., y Rodríguez, D. X. (2013). Thermal degradation kinetics of vitamin C in guava fruits (*Psidium guajava* L.). *Rev. Lasallista Investig*, 10(2), Pág. 44.
- Palma, R. M., Pérez, A. A., y Padilla, M. C. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), Pág. 4605. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644
- Pavinatto, A., Almeida-Mattos, A. V., Hitomi-Okura, M., Sanfelice, R. C., Balogh, T., y Granato-Malpass, C. (2019). Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 1004-1011. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.076>

- Pizato, S., Rodrigues-Basaglia, R., Gonçalves-Santiago, N., Almeida, M. M., Pinedo, R. A., y Cortez-Vega, W. R. (2021). Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (Smooth cayenne). *Food Bioscience*, 21, 01-08. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100966>
- Poma, J. P., Guevara, D. A., y Peralvo, E. A. (2023). Edible coatings: an alternative for fruit preservation. *Opuntia Brava*, 15(4), 313-327.
- Puig, R. P. (14 de Mayo de 2020). *Fenoles o compuestos fenólicos: propiedades, tipos, aplicaciones*. Liferder: <https://www.liferder.com/fenoles/>.
- Riós, F., Quintero, A., Piloni, a., Cariño, R., y Reyes, A. (2023). Compuestos bioactivos de canela y su efecto en la disminución del síndrome metabólico: revisión sistemática. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 73(1), Pág. 74-85.
- Rodrigues-Freitas, R., Cortez-Vega, W. R., Pizato, S., Prentice-Hernández, C., y Dellenghausen-Borges, C. (2013). Xanthan gum as a carrier of preservative agents and calcium chloride applied on fresh-cut apple. *Journal of Food Safety*, 33(3), 229-238. <https://doi.org/DOI: 10.1111/jfs.12044>
- Romero-Ruiz, R. Y., Leos-Rodríguez, J. A., Torres-Abelino, G., y Zavala-Pineda, M. J. (2022). Viabilidad económica de la implementación de buenas prácticas agrícolas en la producción de cebolla. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 19(1), Pág. 1-10. [https://doi.org/ https://doi.org/10.22231/asyd.v19i1.861](https://doi.org/https://doi.org/10.22231/asyd.v19i1.861)
- Rondón-Millán, J. J. (2013). Estudios con películas de quitosano y ácidos carboxílicos obtenidos de fuentes naturales. *Trabajo Especial de Grado*. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Ruelas-Chacón, X., Reyes-Vega, M. d., Valdivia-Urdiales, B., Contreras-Esquivé, J. C., Montañez-Saenz, J. C., Aguilera-Carbó, A. F., y Darío, R. (2013). Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), Pág. 32.
- SADER. (03 de Agosto de 2015). *La fruta, salud y sabor que se disfruta*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-fruta-salud-y-sabor-que-se-disfruta>

- SADER. (17 de Mayo de 2016). *¿Sabes lo que es una hortaliza?* Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/sabes-lo-que-es-una-hortaliza>
- SADER. (21 de Abril de 2018). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/fresa-vales-mil>
- SADER. (11 de Mayo de 2023). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Mayor cosecha de frutas, hortalizas y forrajes impulsan producción agrícola de México: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mayor-cosecha-de-frutas-hortalizas-y-forrajes-impulsan-produccion-agricola-de-mexico?idiom=es>
- SAGARPA. (2017). *Fresa Mexicana*. www.gob.mx/SAGARPA: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>
- Salgado, P. R., Fernández, G. B., Drago, S. R., y Mauri, A. N. (2011). Addition of bovine plasma hydrolysates improves the antioxidant properties of soybean and sunflower protein-based films. *Food Hydrocolloids*, 25, Pág. 1433-1440. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.003>
- Santo, D. M., y Soria, M. Y. (2022). *Aplicación de aceites esenciales como aditivos naturales en los sistemas alimentarios*. Repositorio Digital UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34988>
- Saúl Dussán-Sarria, J. I.-Y.-Z. (2017). Conservación de Mango Mínimamente Procesado usando un Recubrimiento Comestible a base de Aceite de Aguacate. *Información Tecnológica*, 28(3), 67-74. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000300008>
- Sayavedra-Delgado, J. J. (2018). Desarrollo de películas biodegradables a base de proteínas de tortas residuales de semillas oleaginosas y gomas naturales para su aplicación como recubrimiento de alimentos. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14184>
- Seró, C., Nova, A. P., Oliver, V., Castiglioni, J., Molinari, D., y Arrarte, E. (Octubre de 2017). *Desarrollo y caracterización de películas comestibles en base a quitosano*. <https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.2.24169.98403>

- Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68. <https://doi.org/Doi: http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Shankar, P., Ahuja, S., y Tracchio, A. (2013). Coconut oil: a review. *Agro Food industry Hi-Tech*, 24(5), Pág. 62-64.
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., y Jiménez-Martíne, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Świąder, K., y Marczevska, M. (2021). Trends of using sensory evaluation in new product development in the food industry in countries that belong to the eit regional innovation scheme. *MDPI*, 10(2), 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10020446>
- Tigeros, J. A., Londoño, S. P., Girón, J. M., y Santos, L. E. (2021). Different blanching methods and their application in fruits and vegetables. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 8(1), 50-53. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.3710>
- Tinoco, M. (1 de Julio de 2023). *InfoFrut*. La ciencia detrás del sabor: desentrañando los misterios de las frutas deliciosas: <https://infofrut.com/la-ciencia-detras-del-sabor-desentranando-los-misterios-de-las-frutas-deliciosas/#:~:text=La%20importancia%20del%20sabor%20en%20las%20frutas%20El,atributos%20sensoriales%2C%20como%20la%20textura%20y%20el%20aroma>.
- Torres-Morales, K. R., y Pájaro-González, J. C. (2015). Evaluación de los daños mecánicos de la fresa variedad Albión con el uso de una película comestible durante la cadena poscosecha. *Tesis de licenciatura*. Universidad de La salle, Bogotá, Colombia.
- Torres-Ortiz, C. N. (2017). Estudio del efecto de recubrimientos a base de almidón y quitosano con. *Proyecto de grado*. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Torres-Ortiz, C. N. (2017). Estudio del efecto de recubrimientos a base de almidón y quitosano con incorporación de cera de candelilla en la vida útil de fresas cultivadas en Colombia. *Tesis de licenciatura*. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

- Toricella-Morales, R. G., y Zamora-Utset, H. P.-Á. (2020). *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria*. Cuba: Editorial Universitaria.
- Valencia, G. A. (2015). Efecto antimicrobiano del quitosano: una revisión de la literatura. *Revista Scientia Agroalimentaria*, 2, 32-38.
- Veiga-Santos, P., Oliveira, L., Cereda, M., Alves, A., y Scamparini, A. (2005). Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 19, Pág. 341-349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.07.006>
- Vibhute, P., A. R., y S. J. (2023). Antioxidant properties of marine proteins and peptides. *Elsevier*, 11-25. <https://doi.org/>. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-95086-2.00022-9>
- Zambrano-Zaragoza, M. L., Quintanar-Guerrero, D., Real, A. D., González-Reza, R. M., Cornejo-Villegas, M. A., y Gutiérrez-Cortez, E. (2020). Effect of Nano-Edible Coating Based on Beeswax Solid. *Coatings*, 10(3), 01-11. <https://doi.org/DOI:10.3390/coatings10030253>
- Zemljič, L. F., Tkavc, T., Vesel, A., y Šauperl, O. (2013). Chitosan coatings onto polyethylene terephthalate for the development of potential active packaging material. *Applied Surface Science*, 265, Pág. 697-703. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.11.086>

CAPITULO VII. ANEXOS

Anexo 1.- Color de películas

Análisis de la varianza

L*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L*	16	0.40	0.36	0.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.18	1	4.18	9.37	0.0085
PELICULA	4.18	1	4.18	9.37	0.0085
Error	6.25	14	0.45		
Total	10.43	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.71662

Error: 0.4466 gl: 14

PELICULA	Medias	n	E.E.	
QUITOSANO	91.52	8	0.24	A
XANTANA	90.50	8	0.24	B

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

a*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a*	16	0.53	0.49	36.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.14	1	5.14	15.49	0.0015
PELICULA	5.14	1	5.14	15.49	0.0015
Error	4.65	14	0.33		
Total	9.79	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.61793

Error: 0.3320 gl: 14

PELICULA	Medias	n	E.E.	
XANTANA	-1.02	8	0.20	A
QUITOSANO	-2.15	8	0.20	B

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

b*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b*	16	0.07	4.7E-03	37.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.73	1	6.73	1.07	0.3185
PELICULA	6.73	1	6.73	1.07	0.3185

Error	88.10	14	6.29
Total	94.83	15	

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.69013

Error: 6.2927 gl: 14

PELICULA	Medias	n	E.E.
QUITOSANO	7.35	8	0.89 A
XANTANA	6.06	8	0.89 A

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

Anexo 2.- Grosor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GROSOR	16	0.10	0.04	13.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.0E-04	1	1.0E-04	1.58	0.2289
PELICULA	1.0E-04	1	1.0E-04	1.58	0.2289
Error	9.0E-04	14	6.4E-05		
Total	1.0E-03	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00859

Error: 0.0001 gl: 14

PELICULA	Medias	n	E.E.
XANTANA	0.06	8	2.8E-03 A
QUITOSANO	0.06	8	2.8E-03 A

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

Anexo 3.- Determinación de opacidad y transmitancia

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
OPACIDAD	8	0.78	0.75	17.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.2E-05	1	9.2E-05	21.82	0.0034
PELICULA	9.2E-05	1	9.2E-05	21.82	0.0034
Error	2.5E-05	6	4.2E-06		
Total	1.2E-04	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00356

Error: 0.0000 gl: 6

PELICULA	Medias	n	E.E.
QUITOSANO	0.02	4	1.0E-03 A
XANTANA	0.01	4	1.0E-03 B

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

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRANSMITANCIA	8	0.96	0.95	1.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.83	1	36.83	135.66	<0.0001
PELICULA	36.83	1	36.83	135.66	<0.0001
Error	1.63	6	0.27		
Total	38.46	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.90152

Error: 0.2715 gl: 6

PELICULA	Medias	n	E.E.
XANTANA	32.73	4	0.26 A
QUITOSANO	28.43	4	0.26 B

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

Anexo 4.- Contenido de humedad y solubilidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CONTENIDO DE HUMEDAD	8	5.3E-04	0.00	28.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.18	1	0.18	3.2E-03	0.9567
PELICULA	0.18	1	0.18	3.2E-03	0.9567
Error	330.93	6	55.16		
Total	331.11	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.84987

Error: 55.1558 gl: 6

PELICULA	Medias	n	E.E.
XANTANA	25.58	4	3.71 A
QUITOSANO	25.88	4	3.71 A

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

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% DE SUBILIDAD	8	0.12	0.00	13.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	89.11	1	89.11	0.82	0.3995
PELICULA	89.11	1	89.11	0.82	0.3995
Error	650.21	6	108.37		
Total	739.33	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=18.01174

Error: 108.3690 gl: 6

PELICULA	Medias	n	E.E.
QUITOSANO	76.52	4	5.21 A
XANTANA	83.19	4	5.21 A

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

Anexo 5.- Permeabilidad

Análisis de la varianza

HR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HR	18	0.00	0.00	12.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
PELICULA	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	1900.00	16	118.75		
Total	1900.00	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.88998

Error: 118.7500 gl: 16

PELICULA	Medias	n	E.E.
QUITOSANO	86.67	9	3.63 A
XANTANA	86.67	9	3.63 A

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

WVP, g mm/d m2 kPa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
WVP, g mm/d m2 kPa	18	0.25	0.21	43.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.71	1	0.71	5.40	0.0336
PELICULA	0.71	1	0.71	5.40	0.0336
Error	2.10	16	0.13		
Total	2.81	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.36230

Error: 0.1314 gl: 16

PELICULA	Medias	n	E.E.	
XANTANA	1.03	9	0.12	A
QUITOSANO	0.63	9	0.12	B

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

Anexo 6.- Peso

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% DE PESO PERDIDO	45	0.91	0.90	24.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1199.01	6	199.84	64.74	<0.0001
DÍA	1114.63	4	278.66	90.27	<0.0001
MUESTRA	84.39	2	42.19	13.67	<0.0001
Error	117.30	38	3.09		
Total	1316.32	44			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.67668

Error: 3.0869 gl: 38

DÍA	Medias	n	E.E.	
12	13.49	9	0.59	A
9	11.64	9	0.59	B
6	6.85	9	0.59	C
3	3.65	9	0.59	D
1	0.00	9	0.59	E

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.29875

Error: 3.0869 gl: 38

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
QUITOSANO	8.92	15	0.45	A
CONTROL	6.85	15	0.45	B
XANTANA	5.60	15	0.45	B

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

Anexo 7.- Firmeza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FIRMEZA EN"N"	135	0.12	0.07	47.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	153.69	6	25.61	2.79	0.0139
DÍA	126.06	4	31.52	3.43	0.0106
MUESTRA	27.63	2	13.81	1.50	0.2260
Error	1175.18	128	9.18		
Total	1328.87	134			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.63175

Error: 9.1811 gl: 128

DÍA	Medias	n	E.E.			
1	7.67	27	0.58	A		
3	7.05	27	0.58	A	B	
6	6.67	27	0.58	A	B	
12	5.65	27	0.58		B	C
9	4.99	27	0.58			C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.26395

Error: 9.1811 gl: 128

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
QUITOSANO	6.81	45	0.45	A
XANTANA	6.63	45	0.45	A
CONTROL	5.77	45	0.45	A

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

Anexo 8.- Parámetro L*

Análisis de la varianza

L*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L*	135	0.02	0.01	9.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23.71	2	11.86	1.55	0.2165
MUESTRA	23.71	2	11.86	1.55	0.2165
Error	1010.79	132	7.66		
Total	1034.50	134			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.15398

Error: 7.6575 gl: 132

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
CONTROL	29.49	45	0.41	A
QUITOSANO	28.63	45	0.41	A
XANTANA	28.57	45	0.41	A

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

Anexo 9.- Parámetro "a"

a*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a*	135	0.09	0.08	19.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	137.71	2	68.86	6.66	0.0018
MUESTRA	137.71	2	68.86	6.66	0.0018
Error	1364.21	132	10.33		
Total	1501.92	134			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.34063

Error: 10.3349 gl: 132

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
XANTANA	18.22	45	0.48	A
QUITOSANO	16.24	45	0.48	B
CONTROL	15.95	45	0.48	B

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

Anexo 10.- Parámetro b*

b*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B*	135	0.04	0.02	31.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.06	2	12.53	2.61	0.0775
MUESTRA	25.06	2	12.53	2.61	0.0775
Error	634.39	132	4.81		
Total	659.45	134			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.91421

Error: 4.8060 gl: 132

MUESTRA	Medias	n	E.E.		
XANTANA	7.45	45	0.33	A	
CONTROL	6.65	45	0.33	A	B
QUITOSANO	6.45	45	0.33		B

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

Anexo 11.- SST

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SOLIDOS SOLUBLES TOTALES	135	0.30	0.26	15.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	106.99	6	17.83	8.96	<0.0001
DÍA	64.33	4	16.08	8.08	<0.0001
MUESTRA	42.66	2	21.33	10.72	<0.0001
Error	254.73	128	1.99		
Total	361.73	134			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.75970

Error: 1.9901 gl: 128

DÍA	Medias	n	E.E.		
9	9.87	27	0.27	A	
6	9.46	27	0.27	A	B
3	8.93	27	0.27		B
12	8.81	27	0.27		B
1	7.83	27	0.27		C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.58846

Error: 1.9901 gl: 128

MUESTRA	Medias	n	E.E.		
QUITOSANO	9.77	45	0.21	A	
XANTANA	8.64	45	0.21		B
CONTROL	8.53	45	0.21		B

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

Anexo 12.-AT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ACIDEZ TOTAL	45	0.66	0.61	20.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	6	0.01	12.45	<0.0001
DÍA	0.03	4	0.01	10.47	<0.0001
MUESTRA	0.02	2	0.01	16.39	<0.0001
Error	0.03	38	6.8E-04		
Total	0.08	44			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.02488

Error: 0.0007 gl: 38

DÍA	Medias	n	E.E.		
1	0.17	9	0.01	A	
3	0.13	9	0.01		B
6	0.12	9	0.01		B C
9	0.11	9	0.01		B C
12	0.10	9	0.01		C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01928

Error: 0.0007 gl: 38

MUESTRA	Medias	n	E.E.		
CONTROL	0.14	15	0.01	A	
QUITOSANO	0.14	15	0.01	A	
XANTANA	0.09	15	0.01		B

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

Anexo 13.- Vitamina C

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VITAMINA C	45	0.87	0.85	29.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1583.51	6	263.92	43.61	<0.0001
DÍA	1522.05	4	380.51	62.88	<0.0001
MUESTRA	61.47	2	30.73	5.08	0.0111
Error	229.97	38	6.05		
Total	1813.48	44			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.34765

Error: 6.0518 gl: 38

DÍA	Medias	n	E.E.	
1	18.66	9	0.82	A
3	9.85	9	0.82	B
6	7.71	9	0.82	B
9	4.33	9	0.82	C
12	1.72	9	0.82	D

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.81848

Error: 6.0518 gl: 38

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
CONTROL	9.67	15	0.64	A
QUITOSANO	8.81	15	0.64	A
XANTANA	6.88	15	0.64	B

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

Anexo 14.- Fenoles

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Calculo conc. Eq. Galic Ac..	45	0.84	0.82	4.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46711.92	6	7785.32	34.23	<0.0001
DIA	42495.27	4	10623.82	46.71	<0.0001
MUESTRA	4216.65	2	2108.32	9.27	0.0005
Error	8641.88	38	227.42		
Total	55353.80	44			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=14.39134

Error: 227.4180 gl: 38

DIA	Medias	n	E.E.	
1	391.98	9	5.03	A
3	377.42	9	5.03	B
6	354.27	9	5.03	C
9	321.00	9	5.03	D
12	313.11	9	5.03	D

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=11.14748

Error: 227.4180 gl: 38

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
QUITOSANO	359.94	15	3.89	A
XANTANA	356.74	15	3.89	A
CONTROL	337.99	15	3.89	B

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

Anexo 15.- ABTS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Calculo conc. Trolox umol/..	90	0.58	0.55	13.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	692915.67	6	115485.94	19.21	<0.0001
DÍA	581247.39	4	145311.85	24.18	<0.0001
MUESTRA	111668.28	2	55834.14	9.29	0.0002
Error	498884.75	83	6010.66		
Total	1191800.41	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=51.40031

Error: 6010.6596 gl: 83

DÍA	Medias	n	E.E.
1	640.35	18	18.27 A
3	639.24	18	18.27 A
9	541.32	18	18.27 B
6	538.96	18	18.27 B
12	422.80	18	18.27 C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=39.81451

Error: 6010.6596 gl: 83

MUESTRA	Medias	n	E.E.
QUITOSANO	588.85	30	14.15 A
XANTANA	573.20	30	14.15 A
CONTROL	507.55	30	14.15 B

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

Anexo 16.- DPPH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Conc. ET $\mu\text{M/g}$	180	0.41	0.39	18.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1114511.48	6	185751.91	19.94	<0.0001
DÍA	1022381.04	4	255595.26	27.43	<0.0001
MUESTRA	92130.44	2	46065.22	4.94	0.0082
Error	1611810.55	173	9316.82		
Total	2726322.02	179			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=44.90497

Error: 9316.8240 gl: 173

DÍA	Medias	n	E.E.	
1	670.76	36	16.09	A
3	544.64	36	16.09	B
9	492.52	36	16.09	C
12	491.32	36	16.09	C
6	456.00	36	16.09	C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=34.78324

Error: 9316.8240 gl: 173

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
QUITOSANO	558.09	60	12.46	A
XANTANA	532.33	60	12.46	B
CONTROL	502.72	60	12.46	B

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

Anexo 17.- Respiración

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RCO2	90	0.24	0.18	325.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4295.99	6	716.00	4.31	0.0008
DÍAS	2911.72	4	727.93	4.39	0.0029
TRATAMIENTOS	1384.27	2	692.13	4.17	0.0188
Error	13774.51	83	165.96		
Total	18070.50	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.54090

Error: 165.9579 gl: 83

DÍAS	Medias	n	E.E.			
1	11.72	18	3.04	A		
3	9.63	18	3.04	A	B	
12	1.95	18	3.04		B	C
6	-1.67	18	3.04			C
9	-1.83	18	3.04			C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.61575

Error: 165.9579 gl: 83

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
QUITOSANO	7.68	30	2.35	A	
CONTROL	5.66	30	2.35	A	
XANTANA	-1.46	30	2.35		B

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

Anexo 18.- Apariencia

APARIENCIA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
APARIENCIA	75	0.15	0.13	36.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.39	2	8.69	6.57	0.0024
MUESTRA	17.39	2	8.69	6.57	0.0024
Error	95.28	72	1.32		
Total	112.67	74			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.64862

Error: 1.3233 gl: 72

MUESTRA	Medias	n	E.E.		
TC	3.80	25	0.23	A	
TRX	2.92	25	0.23		B
TRQ	2.68	25	0.23		B

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

Anexo 19.- Color

COLOR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COLOR	75	0.13	0.11	37.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.99	2	8.49	5.51	0.0059
Muestra	16.99	2	8.49	5.51	0.0059
Error	110.96	72	1.54		
Total	127.95	74			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.69996

Error: 1.5411 gl: 72

MUESTRA Medias n E.E.

TC	3.92	25	0.25	A
TRX	3.24	25	0.25	A B
TRQ	2.76	25	0.25	B

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

Anexo 20.- Olor

OLOR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
OLOR	75	0.16	0.14	34.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.03	2	9.01	7.01	0.0017
Muestra	18.03	2	9.01	7.01	0.0017
Error	92.64	72	1.29		
Total	110.67	74			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.63957

Error: 1.2867 gl: 72

MUESTRA Medias n E.E.

TC	3.96	25	0.23	A
TRX	2.92	25	0.23	B
TRQ	2.92	25	0.23	B

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

Anexo 21.- Sabor

SABOR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SABOR	75	0.15	0.12	34.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.11	2	8.05	6.18	0.0033
Muestra	16.11	2	8.05	6.18	0.0033
Error	93.84	72	1.30		
Total	109.95	74			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.64370

Error: 1.3033 gl: 72

MUESTRA Medias n E.E.

TC	3.92	25	0.23	A
TRQ	3.20	25	0.23	B
TRX	2.80	25	0.23	B

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

Anexo 22.- Textura

TEXTURA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TEXTURA	75	0.08	0.05	32.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.76	2	3.88	3.15	0.0489
Muestra	7.76	2	3.88	3.15	0.0489
Error	88.72	72	1.23		
Total	96.48	74			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.62589

Error: 1.2322 gl: 72

MUESTRA Medias n E.E.

TC	3.76	25	0.22	A
TRX	3.56	25	0.22	A B
TRQ	3.00	25	0.22	B

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

Anexo 23.- Aceptación global

ACEPTACIÓN GLOBAL

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ACEPTACIÓN GLOBAL	75	0.20	0.17	29.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.99	2	8.49	8.78	0.0004
Muestra	16.99	2	8.49	8.78	0.0004
Error	69.68	72	0.97		
Total	86.67	74			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.55468

Error: 0.9678 gl: 72

MUESTRA Medias n E.E.

TC	4.00	25	0.20	A
TRX	3.08	25	0.20	B
TRQ	2.92	25	0.20	B

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