

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

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



TITULO:

**DESARROLLO DE UNA BIOPELICULA COMPUESTA ANTIMICROBIANA QUE
FAVORECE LAS CARACTERÍSTICAS POSTCOSECHA DEL CHILE SERRANO.**

Por:

Julio Alejandro Andrade Ayala

TESIS

Presentado como Requisito Parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

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

Desarrollo de una Biopelícula Compuesta Antimicrobiana que Favorece
las Características Postcosecha del Chile Serrano

Por:

Julio Alejandro Andrade Ayala

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

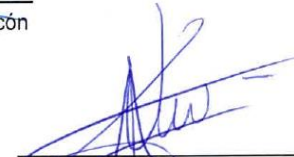
Aprobada por el Comité de Asesoría:



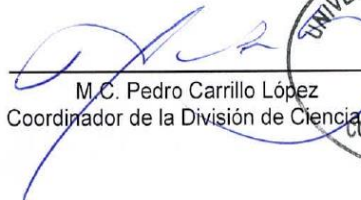
Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor Principal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Desarrollo de una Biopelícula Compuesta Antimicrobiana que Favorece las
Características Postcosecha del Chile Serrano

Por:

Julio Alejandro Andrade Ayala

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Jurado Examinador:



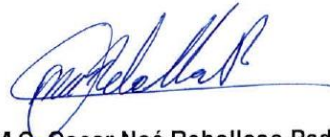
Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Vocal



Dr. Antonio Flores Naveda
Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

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



Julio Alejandro Andrade Ayala

INDICE

Resumen.....	6
CAPITULO I	12
INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Hipótesis.....	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo general.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificación.....	15
CAPITULO II	16
REVISION DE LITERATURA	16
2.1 Películas Comestibles	16
2.1.1 Definición	16
2.1.2 Función.....	16
2.2 Técnicas de aplicación de películas comestibles.....	18
2.3 Materiales y propiedades.....	18
2.3.1 Hidrocoloides: polisacáridos y proteínas	18
2.3.2 Lípidos	19
2.3.3 Multicomponentes.....	19
2.4 Goma guar.....	20
2.5 Almidón de maíz.....	21
2.6 Glicerol	22
2.7 Aceite esencial de clavo	23
2.8 Chile.....	23
2.8.1 Descripción botánica del chile.....	24
2.8.2 Origen e importancia del cultivo del chile.....	24
2.8.3 Producción nacional y mundial del Chile	25
2.8.4 Fecha de siembra	25
2.8.5 Rendimientos en el cultivo del chile serrano	26
2.8.6 Valor nutricional.....	26

CAPITULO III	28
METODOLOGÍA.....	28
3.1 Materiales	28
3.2 Equipos	29
3.3 Reactivos	29
3.4 Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de la película comestible.	29
3.4.1 Preparación de la formulación	29
3.4.2 Formación de la película	30
3.4.3 Caracterización de las películas comestibles	30
3.4.4 Grosor.....	31
3.4.5 Color	31
3.4.6 Permeabilidad al vapor de agua.....	31
3.4.7 Propiedades ópticas	32
3.4.8 Contenido de humedad.....	32
3.4.9 Medición de Solubilidad.....	33
3.5 Etapa 3: Aplicación y pruebas físicas de postcosecha.....	34
3.5.1 Aplicación de tratamientos	34
3.6 Pruebas físicas evaluadas en los chiles control y con recubrimiento bioactivo.....	35
3.6.1 Color	35
3.6.2 Firmeza	35
3.6.3 Pérdida de peso.....	36
3.7 Determinaciones químicas.....	37
3.7.1 Sólidos solubles totales (SST)	37
3.7.2 Acidez titulable.....	37
3.7.3 Vitamina C	38
3.7.4 Respiración.....	39
CAPITULO IV	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Preparación de las formulaciones	40
4.2 Formación de la película	40

4.3 Caracterización de las películas.....	41
4.3.1 Grosor (mm)	41
4.3.2 Color	42
4.3.3 Permeabilidad al vapor de agua.....	44
4.3.4 Opacidad	44
4.3.5 Humedad	45
4.3.6 Solubilidad	46
4.4 PRUEBAS DE POSTCOSECHA.....	47
4.4.1 PRUEBAS FISICAS EN LOS CHILES CON RECUBRIMIENTO.....	47
4.4.1.1 Color	47
4.4.1.2 Firmeza	50
4.4.1.3 Peso	51
4.5 Determinaciones químicas.....	51
4.5.1 Solidos solubles totales	51
4.5.2 Acidez titulable.....	52
4.5.4 Vitamina C	53
4.5.5 Respiración	54
CAPITULO V.	56
CONCLUSIONES	56
CAPITULO VI	57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
ANEXOS	64

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Formulaciones del recubrimiento comestible.....	26
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura molecular de la goma guar.....	17
Figura.2 Micrómetro digital (medición de grosor).....	27
Figura 4. Muestras en horno de secado.....	29
Figura 5. Películas en papel filtro.....	30
Figura 6. Aplicación de películas.....	31
Figura 7. Medición de color en chile.....	31
Figura 8. Medición de firmeza en chile.....	32
Figura 9. Medición de peso en muestras de chile.....	32
Figura 10. Muestras diluidas en el matraz de aforación.....	34
Figura 11. Muestra titulada con reactivo de Thielmann.....	35
Figura 13. Análisis de medias de grosor.....	38
Figura 14. Análisis de medias de luminosidad por muestras de chile.....	39
Figura 15. Análisis de medias de coordenada a* por muestra.....	40
Figura 16. Análisis de medias de coordenada b* por muestra.....	40

Figura 17. Análisis de medias de permeabilidad al vapor de agua.....	41
Figura 18. Análisis de medias de espectrofotometría.....	41
Figura 19. Análisis de medias de contenido de humedad de las muestras.....	42
Figura 20. Análisis de medias de solubilidad de las muestras.....	43
Figura 21. Análisis de medias de luminosidad en chiles cada 5 días.....	44
Figura 22. Análisis de medias de coordenada a* en chiles cada 5 días.....	45
Figura 23. Análisis de medias de coordenada b* en chiles cada 5 días.....	45
Figura 24. Análisis de medias de firmeza en chiles cada 5 días.....	46
Figura 25. Análisis de medias de pérdida de peso en chiles cada 5 días.....	47
Figura 26. Análisis de medias de contenido de SST en chiles cada 5 días.....	48
Figura 27. Análisis de medias de AT en chiles cada 5 días.....	49
Figura 28. Análisis de medias de vitamina C en chiles cada 5 días.....	50
Figura 29. Análisis de medias de respiración en chiles cada 5 días.....	51

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar una película funcional comestible compuesta a base de goma guar y almidón de maíz para ampliar la vida de anaquel y conservar las características de calidad post-cosecha del chile serrano.

Para la caracterización de la película comestible se evaluaron 6 formulaciones (A, B, C, D, E, F) de las cuales se analizó el color, porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad, grosor, permeabilidad al vapor de agua al 100% HR, y opacidad de cada formulación siendo la formulación C la que presentó mejores resultados (almidón 2% w/v, goma guar 0.5% w/v, glicerol 30%, aceite esencial de clavo 2.5%).

La formulación C que presentó mejores propiedades fue aplicada en chiles serranos los cuales fueron seleccionados con respecto a tamaño, color uniforme y sin daños visibles y se dividieron en dos grupos; tratamiento y control para evaluar los parámetros de postcosecha a una temperatura ambiente (25°C) durante un periodo de 22 días. Una vez elaborados los tratamientos con la formulación seleccionada se aplicaron en los chiles por inmersión y se evaluaron las pruebas físicas: color, firmeza, y pérdida de peso. También se evaluaron: sólidos solubles, acidez titulable, vitamina C y respiración. A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de medias usando Minitab 17 dando como resultado que para las pruebas físicas hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto al tiempo de almacenamiento en color (L, a^* y b^*), firmeza y pérdida de peso, mientras que para sólidos solubles, acidez titulable, vitamina C y respiración se observó una diferencia significativa ($P < 0.05$).

El uso del recubrimiento a base de goma guar y almidón de maíz redujo los signos de degradación postcosecha, ya que ayudó a conservar las propiedades ópticas en el chile serrano.

Con el resultado del análisis estadístico de los parámetros de acidez titulable, sólidos soluble totales y velocidad de respiración se observó que la aplicación del

recubrimiento actúa como una atmosfera modificada, ya que redujo la producción de CO₂ permitiendo mantener los niveles de calidad postcosecha por un mayor periodo que las muestras control lo cual ayuda a alargar la vida de anaquel de los chiles serranos almacenados a temperatura ambiente.

Palabras claves: biorecubrimiento compuesto, recubrimiento biactivo, aceite de clavo, chile serrano, poscosecha

Correos electrónicos: andradejuliop@gmail.com; xochitl_ruelas@uaaan.edu.mx, xruelas@yahoo.com (asesora principal)

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Atendiendo y orientando nuestra propuesta de investigación hacia los objetivos de la agenda nacional en la generación de innovaciones que contribuyan a incrementar la productividad y rentabilidad del sector agroalimentario, mediante el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a través de la orientación de la investigación y el desarrollo tecnológico se aprobó por la Dirección de Investigación de la UAAAN el proyecto titulado “Elaboración, aplicación y evaluación de biopelículas comestibles de alimentos”, de donde se deriva la tesis de un servidor.

Los mercados cada vez son más globales por lo tanto la competencia y las oportunidades de expansión se producen a nivel mundial. Los clientes en la actualidad son más exigentes y las nuevas tecnologías han generado grandes cambios en la relación cliente-empresa, dando con ello mayor oportunidad de gestión y creación de valor agregado.

La innovación cada vez es más importante en los procesos de crecimiento económico, en la manera de enfrentar crisis económicas y en el proceso que conduce al desarrollo económico y social. En varios de los casos la innovación no requiere de nuevas tecnologías, sino modos nuevos de aprovechar las tecnologías y materias primas existentes (SAGARPA, 2016).

Los productos agrícolas que requieren de investigación e innovación en la transformación o agroindustria para alargar la vida de anaquel o aprovechamiento de subproductos como almidones o pectinas en la elaboración de biopelículas, podemos mencionar: al durazno, el jitomate, el chile, el limón, la naranja, la guayaba, la papa, el plátano, la jaca, entre otros (SAGARPA, 2016).

La aplicación de cubiertas y películas comestibles para la extensión de la vida de anaquel tanto en productos frescos como procesados pareciera ser nueva, sin embargo, data de muchos años atrás. En China en el siglo XII se usaron películas de cera para retardar la desecación de productos y algunas veces para favorecer la fermentación (Lucera *et al.*, 2011; Ah *et al.*, 2017). En Estados Unidos se utilizaron parafinas para cubrir frutas cítricas y retardar la pérdida de humedad (Nísperos-Carriedo, 2002; Youssef *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2016). La aplicación más importante de las películas comestibles es hasta ahora el uso de una emulsión hecha de ceras y aceites en agua, que fue rociada en frutas para mejorar su apariencia, brillo, color, suavidad, controlar su madurez y retardar la pérdida de agua (El Ghaouth, 2006; Adeodato-Vieria, 2011; Choi *et al.*, 2016; Randazzo *et al.*, 2016).

El uso de estas películas comestibles es muy amplio, diferentes autores han reportado diversas propiedades como la reducción de pérdida de humedad, restricción de entrada de oxígeno, disminución de la respiración, retardo de producción de etileno y acarreamiento de aditivos que retardan la decoloración y crecimiento microbiano (Romero-Bastida *et al.*, 2004; Kader, 2005; El Ghaouth, 2006; Atarés, 2016), retardo de ganancia de sólidos y mayor pérdida de humedad en deshidratación osmótica (Bautista-Baños *et al.*, 2006; Falguera *et al.*, 2011; Yilmaz *et al.*, 2016; Ah *et al.*, 2017; Bagher Hashemi *et al.*, 2017).

1.1 Hipótesis

La elaboración, caracterización y aplicación de una película comestible funcional a base de goma guar y almidón de maíz puede ser una alternativa para alargar la vida de anaquel y conservar las características de calidad postcosecha del chile serrano.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Generar un biopolímero compuesto con almidón de maíz (1.0, 1.5 y 2.0%, w/v), y goma guar (0.5 y 1% w/v), glicerol (30%), y aceite de clavo (2.5% w/v) con características antimicrobianas, permeabilidad al vapor de agua, propiedades mecánicas y ópticas adecuadas para mantener la calidad postcosecha de chile serrano.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar las formulaciones de las películas utilizando 1.0, 1.5 y 2.0 %, w/v, del almidón, 0.5 y 1.0% de goma guar, 30 % de glicerol, y utilizando la concentración de 2.5% de aceite de clavo.
2. Analizar color, porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad, viscosidad, grosor y permeabilidad al vapor de agua a 75, 85 y 100% de humedad relativa, propiedades mecánicas de cada formulación.
3. Seleccionar la película con mejores propiedades para aplicarla en chile serrano y evaluar el efecto del recubrimiento en la calidad postcosecha del fruto.

1.3 Justificación

La importancia de desarrollar una tecnología para incrementar la vida de anaquel en productos perecederos nos muestra que hacer uso de un recubrimiento comestible es el camino correcto para lograr este objetivo. La aplicación de películas comestibles es una alternativa viable para prolongar la vida útil de algunas frutas y hortalizas durante su almacenamiento o comercialización, ya que es una tecnología que ayuda a retardar la madurez y el envejecimiento, y además ayudan a reducir el intercambio de gases, disminuyen la pérdida de humedad y dan brillo a los productos aportándole un impacto visual favorable sobre el consumidor al momento de su compra.

Elaborar una película comestible no es tarea fácil, puesto que es importante tomar en cuenta las características organolépticas de cada alimento y elegir la formulación con las propiedades adecuadas que no afecten las características organolépticas en el alimento.

Basándonos en la información sobre los intereses y requerimientos de la Agenda Nacional, el Chile Jalapeño es un producto que necesita investigación e innovación para generar y validar tecnologías que incrementen la vida de anaquel de este producto.

Esta investigación se centra en el desarrollo de una película comestible elaborada a base de almidón de maíz, goma guar (GG), glicerol (Gly) y aceite esencial de clavo, que aplicado sobre el chile serrano permita que las características de postcosecha como lo son; color, olor, firmeza, peso, humedad, sólidos solubles totales y respiración, prevalezcan en el producto y sea esta una alternativa que favorezca la prolongación de la vida útil del chile serrano y reducir pérdidas durante su almacenamiento y/o su comercialización.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 Películas Comestibles

2.1.1 Definición

Cuando un empaque como una película, una lámina o una capa fina es una parte integral del alimento con el cual es consumida, entonces se le llama "empaque o película comestibles" (Adeodato-Vieria, 2011), en la mayoría de los casos los empaques comestibles son considerados como aditivos y no como ingredientes (De la Rosa, 2007).

El uso de recubrimientos comestibles en alimentos se basa en algunas características como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua y a microorganismos, así como a su aceptabilidad sensorial.

Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material empleado como matriz estructural (conformación), masa molecular, distribución de cargas, condiciones bajo las cuales se preforman los recubrimientos (tipo de solvente, pH, concentración de componentes y temperatura), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes o emulgentes) (Vázquez-Briones & Guerrero-Beltrán, 2010).

2.1.2 Función

Los recubrimientos comestibles en frutas crean una atmosfera modificada en el interior de estas, reduciendo la velocidad de transpiración y retrasando el proceso de senescencia (Hwang, Zude, & S, 2009).

Según Debeaufort (1998) la función principal de los recubrimientos es el uso de una solución hecha de ceras de aceite en agua, que se rocían en frutas para mejorar su

color, brillo, apariencia, suavidad, controlar su maduración y retardar la pérdida de agua.

Debido a que estas películas son tanto componentes del alimento como empaques de este, deben reunir algunos requisitos:

- Buenas cualidades sensoriales
- Alta eficiencia mecánica y de barrera
- Suficiente estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana
- No tóxicas
- Tecnología simple
- No contaminantes
- Bajos costos de materiales y procesos

La aplicación de películas comestibles a los alimentos frescos proporciona muchas ventajas en cuanto a la interacción de ellos con el medio que los rodea (Jo *et al.*, 2014; Ah *et al.*, 2017).

Las películas aplicadas en los alimentos ofrecen diversos beneficios. Kester y Fennema (1986) mencionan que las propiedades de las películas comestibles son:

- Retardar la migración de humedad
- Desplazamiento del transporte de gases (O_2 , CO_2 y etileno) y retener componentes volátiles.
- Servir de vehículo de aditivos en los alimentos.
- Mejorar las propiedades mecánicas de manejo de los alimentos, además de impartir una mayor integridad a la estructura del alimento.

Las películas comestibles cubren la mayoría de los requisitos que se necesitan para la comercialización de alimentos y entre los más importantes están su bajo costo de producción, la sanidad, la calidad y el valor nutricional que se le puede agregar. Una de sus importantes funciones es su habilidad de incorporar ingredientes activos, debido a que pueden servir como vehículo de aditivos capaces de preservar y mejorar la calidad del producto.

2.2 Técnicas de aplicación de películas comestibles

Algunas de las técnicas de aplicación de las películas comestibles son las siguientes:

Inmersión: Utilizado especialmente en alimentos de forma irregular que requieren una cobertura uniforme. Luego de la inmersión, el material excedente se deja drenar el producto y, finalmente, se seca o se deja solidificar (lípidos).

Por atomización (Spraying): Se puede lograr un espesor más delgado y uniforme que con la técnica anterior. Por otro lado, es más adecuado para productos que necesitan ser cubiertos solo en una de sus caras o en uno de sus lados.

Otros: la cobertura en forma líquida puede aplicarse con pinceles, cepillos, rodillos, o directamente vertidos sobre la superficie del alimento. En todos lados los casos se requieren de aplicadores adecuados (Flores, 2007).

2.3 Materiales y propiedades

2.3.1 Hidrocoloides: polisacáridos y proteínas

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

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

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos de frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas

propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto contribuyen a una pobre barrera a la pérdida de humedad (Kester y Fennema, 1986; Krotchta y de Mulder-Johnston, 1997).

2.3.2 Lípidos

Los lípidos se usan en la formulación de películas con el objetivo de mejorar la propiedad de barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comestibles que pueden ser incorporados en la formulación de recubrimientos comestibles se encuentran las ceras (cera de abeja, cera candelilla y cera carnauba), la goma laca, la goma xantana y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, laurino, oleico, entre otros.

2.3.3 Multicomponentes

Los multicomponentes pueden ser de capas separadas, llamados multilaminado o bicapas o bien formados por una sola capa. Las bicapas se pueden formar en dos etapas: en la primera se forma la base de polisacárido o proteína y en la segunda se aplica el lípido sobre la base previamente formada. En las películas en monocapa es necesaria la dispersión o emulsión del lípido en la fase hidrofílica que contiene la disolución de hidrocoloides y su posterior extensión y secado (Shellhammer y Krotchta, 1997).

Cuando se preparan películas mediante esta técnica de emulsión, durante la etapa de secado es posible que se produzca un proceso de cremado de los lípidos hacia la superficie, debido a su baja densidad y a la baja capacidad emulsionante del polímero que actúa como matriz soporte (Park *et al.*, 1994).

La efectividad de las películas multicomponentes de hidrocoloides y lípidos depende, entre otros factores, de la concentración relativa de ambos, del estado físico del lípido, de la longitud, del grado de insaturación y ramificación de la cadena hidrocarbonada, así como la distribución que alcancen los componentes lipídicos en la estructura final: tamaño de los glóbulos grasos y nivel de agregación (Morrillon *et al.*, 2002). Además, la forma de preparación y la composición de la emulsión de

partida influye en gran medida en el tamaño y distribución de tamaño de gotas y, por tanto, también en las propiedades finales del film (Martín-Polo *et al.*, 1992).

2.4 Goma guar

La goma guar (GG) se usa en la industria alimentaria porque es espesante y estabilizador, pero también es gelificante. Se obtiene del endospermo de la semilla de la planta guar, es un polisacárido no iónico soluble en agua, que en su molécula tiene un segmento central lineal de unidades de D-manosa, con enlaces β (1,4), conectadas a unidades de D-galactosa, con enlaces α (1,6) en proporciones. El hidrocoloide de esta goma es relativamente estable en pH 2.0 a 3.5 y temperaturas altas (Ramírez-Sucre & Baigts-Allende, 2016).

Se encuentra disponible en forma de polvo de flujo libre color blanco o ligeramente amarillo, inodoro. Estable al calor y altamente higroscópico. Sus propiedades gelificantes, la alta resistencia térmica de sus geles y la marcada diferencia entre sus temperaturas de gelificación y de fusión hacen que sea una de las más utilizadas en la industria alimentaria (Espinoza, 2015).

Aplicaciones de la goma guar en la industria alimentaria.

- Agente espesante y de unión.
- Productos alimenticios congelados.
- Productos cocidos al horno. Provee retención de humedad incomparable la pasta y retarda la penetración de grasa en los alimentos cocidos al horno.
- Productos lácteos. Mejora la textura, mantiene uniforme la viscosidad y el color.
- Preparaciones de salsas y ensaladas. Actúa como un agente de unión acuosa en aderezos de salsas y ensaladas, reduce la separación agua-aceite.
- Dulcería. Controla la viscosidad, floración, creación de gel, retención de humedad y esmaltado para producir el más alto grado de manufactura en dulcería.

- Bebidas. Provee control excepcional de la viscosidad y reduce el valor calórico en bebidas de bajas calorías “light” (Espinoza, 2015).

La solubilidad es proporcional al contenido de galactosa y depende, junto con la velocidad de hidratación, del tamaño de partícula, pH fuerza iónica, temperatura, presencia de solutos y los métodos empleados para la agitación. Se considera que el consumo diario de hasta 20 g/día de goma guar parcialmente hidrolizada es seguro. En la figura 1 se muestra la estructura molecular de la goma guar.

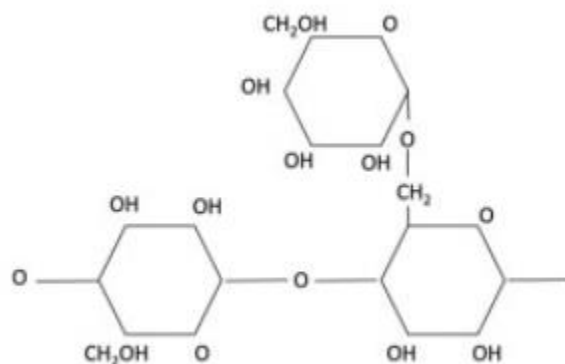


Figura 1. Estructura molecular de la goma guar.

Fuente: Cantón et al., 2017.

2.5 Almidón de maíz

El almidón es el principal constituyente del maíz (*Zea mays* L.) y las propiedades fisicoquímicas y funcionales de este polisacárido están estrechamente relacionadas con su estructura. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. Estas moléculas se organizan en anillos concéntricos para originar la estructura granular. La distribución de la amilosa dentro de los anillos concéntricos difiere entre el centro y la periferia del gránulo, ya que sólo ocupa los lugares disponibles que deja la amilopectina después de sintetizarse (Tetlow *et al.* 2004).

El almidón de maíz es un polisacárido cuyo empleo en la industria alimentaria ha tomado un gran auge. El almidón de maíz por estar constituido en gran parte de amilopectina se utiliza como espesante, estabilizante y texturizante (Casas-Alencáster & Pardo-García, 2004).

La gelatinización es quizá la transición más importante del almidón. Es una transición de orden–desorden que sufren los polímeros de almidón sometidos a procesos de calentamiento lo cual tiene gran impacto en el procesamiento, calidad y estabilidad de los productos basados en almidón.

Durante la gelatinización ocurren cambios irreversibles que provocan el hinchamiento y disrupción del gránulo con una consecuente pérdida de cristalinidad. Los cambios que ocurren en la transición están influenciados por factores intrínsecos como tipo de almidón, tamaño de los gránulos, etcétera, y por factores extrínsecos, como la velocidad de calentamiento, el contenido de humedad, el daño mecánico de los gránulos, la historia térmica de la muestra y las condiciones de extracción del almidón, entre otras (Pineda–Gómez, Coral, Arciniegas, Rorales–Rivera, & Rodríguez García, 2010).

Las películas comestibles a base de almidón se han desarrollado principalmente por que presentan propiedades físicas similares a las de los polímeros sintéticos; son transparentes, inodoros, insípidos, semipermeables al CO₂ y resistentes a la difusión de O₂ (Nisperos-Carriedo, 1994), a la vez que pueden ser comestibles, biocompatibles, no tóxicos, no contaminantes y de bajo costo (Vasconez *et al.*, 2009).

2.6 Glicerol

Es un tri-alcohol que tiene 3 átomos de carbono, con el nombre sistemático (IUPAC) 1, 2,3-propanotriol, es un líquido incoloro con un sabor dulce, sin olor y muy viscoso, derivado de fuentes naturales o petroquímicas. El nombre glicerol deriva de la palabra griega glykys, dulce (Beatriz, Araújo, & Pires de Lima, 2010).

Los plastificantes deben ser compatibles con el biopolímero y, los más estudiados en combinación con las películas de almidón son los polioles, como el glicerol y el

sorbitol, materiales que interactúan con las cadenas de almidón, aumentando la movilidad molecular y, por lo tanto, la flexibilidad de sus películas. Otro efecto es el aumento de la hidrofiliidad y disminución de permeabilidad al vapor de agua de las películas (Mali *et al*, 2004).

Los plastificantes se agregan generalmente a proporción de 10 a 60 g / 100g materia seca, dependo del grado de rigidez del material (Gontard, Guilbert & Cuq, 1993).

2.7 Aceite esencial de clavo

El clavo (*Syzygium aromaticum*) es una especia ampliamente aprovechada en la perfumería y la medicina; dentro de la industria alimentaria, su aceite esencial es utilizado mayormente como saborizante (Zheng, Kenney & Lam, 1992). Existe mucha información acerca de las funciones antimicrobianas de este aceite esencial contra patógenos transmitidos por el consumo de alimentos (Sethi *et al.*, 2013) e incluso contra microorganismos resistentes a antibióticos y antifúngicos. Cabe mencionar que el aceite esencial de clavo ha demostrado poseer actividad antioxidante.

Rahnama *et al.*, 2012 atribuyen la actividad antimicrobiana del aceite esencial de clavo, a los compuestos fenólicos, así a mayor cantidad de compuestos fenólicos en el aceite esencial la actividad antimicrobiana será mayor (Aguilar Gonzales & López Malo, 2013).

El aceite esencial de clavo de olor contiene 85 - 95% de eugenol y acetileugenol; adicionalmente, α y β cariofilenos y pequeñas cantidades de ésteres, cetonas y alcoholes (Pilco *et al.*, 2009).

2.8 Chile

Chile es el nombre común de una planta y su fruto pertenecientes a la familia de las Solanáceas que constituye uno de los productos más típicos de la alimentación en México. Se caracteriza popularmente el *Capsicum* por ser un condimento picante. Esta característica está determinada por la cantidad de capsaicina ($C_{18}H_{27}NO_3$) en

el fruto, donde se encuentra principalmente en la placenta del chile. La capsaicina está controlada por un gene dominante (FAO, 2008).

En México, el chile serrano es de los favoritos para su consumo principalmente en fresco mediante elaboración de salsas, el consumo por habitante es el mayor a nivel mundial con 7.1 kg por año (Rincón y Zavala, 2000).

2.8.1 Descripción botánica del chile

Botánicamente se define como baya. Se trata de una estructura hueca, llena de aire, con forma de cápsula. Verosímilmente a esta peculiaridad se debe al nombre científico *Capsicum* (del griego Kapsakes, cápsula) (Nuez *et al.*, 1996).

La baya está constituida por un pericarpio grueso y jugoso y un tejido placentario que se une a las semillas. El pericarpio está formado por tres capas: el epicarpio o capa externa, el mesocarpio o zona carnosa intermedia y el endocarpio o capa membranosa interna (Nuez *et al.*, 1996).

2.8.2 Origen e importancia del cultivo del chile

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias de América. La distribución precolombina de este género se extendió probablemente desde el borde más meridional de Estados Unidos a la zona templada cálida del sur de Sudamérica. Respecto a su procedencia, una de las hipótesis más aceptadas sugiere que una porción importante del género *Capsicum* se originó en un “área núcleo” en Bolivia central, con la subsiguiente migración a los Andes y las tierras bajas de la Amazonia, acompañada por radiación adaptiva y especiación.

Junto con la calabaza, el maíz, el frijol, el chile conformo la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. De acuerdo con los especialistas, el chile es originario de México. Evidencias arqueológicas han permitido estimar que este producto fue cultivado desde el año 7000 al 2555 a. C. en las regiones de Tehuacán, Puebla, e en Ocampo, Tamaulipas. En México se utiliza la palabra “chile”, del náhuatl *chili o xili*, para referirse a todo fruto clasificado dentro del género *Capsicum*. En Sudamérica lo llamaban “aji”, término que los españoles adoptaron y usan desde la época colonial hasta la actualidad (Aguirre Hernández & Muños Ocotero, 2015).

2.8.3 Producción nacional y mundial del Chile

Uno de los cultivos importantes en México y el mundo es el chile (*Capsicum* spp.) cuyo uso y cultivo es significativo desde el punto de vista económico, medicinal, cultural, nutraceútico y de valor alimenticio (Momo et al., 2022).

La producción de chile en México se subdivide en dos sistemas orientados por el destino de la cosecha: chile fresco y chile seco. Ambos tipos de producción tienen diferentes características sociales, económicas, agronómicas, culturales, ambientales y tecnológicas. Así, durante el año 2021 se cosecharon a nivel mundial aproximadamente 3.7 millones de ha; de los cuales, se obtuvo un volumen de producción de 40.3 millones de t, en los que se obtuvo un rendimiento de chile fresco y seco de 17,457.6 y 2,573.9 kg ha⁻¹, respectivamente (FAOSTAT, 2022). Específicamente, México aportó al total mundial con 3.3 millones de t, destacando como segundo productor de esta hortaliza; de los cuales, obtuvo un rendimiento de chile fresco y seco de 17,848.3 y 1,932.5 kg ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2022).

Durante el ciclo agrícola 2021-2022 los estados de Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas aportaron el 55 % de la producción total nacional de chile fresco (SIAP, 2022).

Entre las variedades que más se cultivan para la producción de chile fresco se encuentra el chile serrano (*C. annum* L.), su uso como condimento lo hace de suma importancia en la dieta del mexicano; en este sentido, su consumo anual per cápita asciende a más de 17.2 kg (SIAP, 2022).

2.8.4 Fecha de siembra

Regularmente se siembra del 15 de junio al 15 de septiembre. Para siembras tempranas se recomienda del 15 de junio al 15 de julio, en este periodo es importante considerar la presencia de excesos de humedad y radiación solar alta, sin embargo, la siembra durante estas fechas presenta menor ataque de enfermedades virales y se tienen mejores precios en el mercado.

Para fechas tardías no se recomiendan siembras directas por la presencia de enfermedades virales, sin embargo, es factible trasplantar plántulas producidas en

invernadero, esta práctica permite atrasar siembras hasta finales de septiembre (Ramírez, 2006).

2.8.5 Rendimientos en el cultivo del chile serrano

El rendimiento de un cultivo es una de las medidas económicas más importante de una planta. El rendimiento de un cultivo está determinado por prácticas de manejo de fertirrigación, control de insectos, enfermedades y malezas, además, la preparación del suelo y densidad de siembra influyen en el rendimiento, así como las labores culturales. Con el uso de la fertirrigación se han logrado obtener hasta 55 t ha⁻¹ de chile serrano con el uso del cultivar “Tampiqueño 74” y 75 t ha⁻¹ con el uso de los híbridos “Coloso” y “Centauro” (Mata Vázquez, Vázquez García, Ramírez Meraz, & Patishtán Pérez, 2010).

2.8.6 Valor nutricional

Su fruto se caracteriza por la producción de capsaicinoides, de los cuales la capsaicina y la dihidrocapsaicina destacan por su efecto en la pungencia de este. Los capsaicinoides son antioxidantes potentes que protegen al ácido linoléico contra el ataque de radicales libres y reducen metales al ser donadores de hidrógeno (Rosa *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2004). La capsaicina se forma de manera natural y se encuentra en las semillas, las venas y el cuerpo del chile.

El fruto del chile no es sólo un condimento extraordinario, quizá el más versátil de cuantos existen; es también un alimento de gran valor nutritivo. Se considera el vegetal con mayor concentración de ácido ascórbico.

En fresco contiene más del doble de vitamina C que el limón y la naranja y casi seis veces más que la toronja; en seco por su parte contiene vitamina A en una proporción mayor que las zanahorias. Además, los chiles poseen cantidades significativas, aunque menores, de vitamina E y B, y de algunos minerales.

La vitamina C presente en el fruto de chile jalapeño es un antioxidante que también actúa como un reductor de radicales libres, propiedad que contribuye a minimizar el daño oxidativo en ese producto (Bennet y Kirby, 1968; Padayatt *et al.*, 2001).

Tiene efectos medicinales: aumenta el número de calorías quemadas durante la digestión, reduce los niveles de colesterol, es anticoagulante y se usa como analgésico y antiinflamatorio, incluso tiene propiedades para combatir el proceso de oxidación y hasta el cáncer (SIAP, 2013).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

La parte experimental de este trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

3.1 Materiales

1. Chile serrano
2. Cajas Petri desechables
3. Agitadores magnéticos
4. Guantes de latex
5. Vaso de precipitado Pyrex de 250mL
6. Termómetro
7. Mortero
8. Matraz de aforación KIMAX de 100mL
9. Servilletas desechables
10. Charolas plásticas
11. Cuchillo
12. Papel filtro
13. Celdillas de permeabilidad
14. Charola de aluminio
15. Magneto
16. Embudo KIMAX de 50mL
17. Frascos de vidrio
18. Matraz Erlenmeyer Kimax de 250mL

3.2 Equipos

1. Balanza analítica Scout Pro
2. Balanza analítica Rhino The Toughest Machinery
3. Espectrofotómetro GENESYS 10uv
4. Colorímetro KONICA MINOLTA CR-400
5. Penetrometro EXTECH FHT200
6. Parrillas de calentamiento (Lab Companion y SH-2 MAGNETIC STIRRER)
7. Refractómetro
8. Potenciómetro
9. Analizador de gas CO₂/O₂

3.3 Reactivos

1. Agua destilada
2. Goma Guar
3. Glicerol
4. Almidón de Maíz
5. Aceite Esencial de Clavo
6. Fenolftaleína
7. Ácido Clorhídrico HCl 2%
8. Reactivo de Thielmann

3.4 Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de la película comestible.

3.4.1 Preparación de la formulación

Se elaboraron 100 mL de formulaciones con diferentes concentraciones de goma guar, glicerol, almidón de maíz y aceite esencial de clavo con agua destilada como solvente.

Se calentó agua a 40°C y se agitó a 4,000 rpm en una parrilla de calentamiento y se agrega el glicerol hasta disolver. Posteriormente se agregó la goma guar

y se mantuvo en agitación para disolver completamente. Se agregó el almidón de maíz y aceite esencial de clavo a temperatura entre 55 y 60°C. A continuación, se dejó dispersar a 90°C por 20 minutos agitando para permitir la gelatinización completa del almidón. Se agregaron 20 mL de la mezcla por el método Casting en una caja Petri de 10 cm de diámetro, posteriormente se colocaron en la estufa a 40°C por 24 horas.

Se establecieron 6 formulaciones para caracterizar las películas comestibles tomando en cuenta la concentración de los componentes (cuadro 1).

Cuadro 1. Formulaciones del recubrimiento comestible

Formulaciones						
Componentes, %	A	B	C	D	E	F
Almidón	1	1.5	2	1	1.5	2
Goma Guar	0.5	0.5	0.5	1	1	1
Glicerol	30	30	30	30	30	30
Aceite esencial de clavo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

3.4.2 Formación de la película

Se colocaron 20 mL de la solución preparada en cajas Petri de plástico de 10 cm de diámetro. Posteriormente se secaron en una estufa de secado a 45-55°C durante 24 horas aproximadamente. Una vez secadas las películas, se almacenaron a temperatura ambiente en desecadores hasta su análisis.

3.4.3 Caracterización de las películas comestibles

Para evaluar las propiedades físicas de las películas obtenidas se consideró su caracterización en base a los siguientes parámetros; grosor, color, permeabilidad al vapor de agua, espectrometría, humedad, solubilidad.

3.4.4 Grosor

Esta prueba se mide con un micrómetro digital (Mitutoyo, Japón) donde los resultados se miden en milímetros para obtener el espesor de la película en 5 puntos distintos y después se hizo un promedio (figura 2).



Figura 2. Micrómetro digital (Medición de grosor).

3.4.5 Color

La medida se llevó a cabo en 5 puntos distintos de la película obteniendo un promedio. Se efectuó con un fotocolorímetro digital Minolta CR-400 (Minolta Corp, Ramsey, U.S.A.) El sistema proporciona tres valores de color; L^* (componente negro-blanco), y coordenadas de cromaticidad a^* (componente +rojo a -verde) y b^* (componente +amarillo a -azul). El equipo fue calibrado en una placa blanca con coordenadas L , a^* y b^* de 96.09; 0.49, y 1.74 respectivamente para medir después el color las películas.

3.4.6 Permeabilidad al vapor de agua

Se usó cloruro de sodio (NaCl, 3.0 g) como desecante dentro de las celdas de permeabilidad (recipientes de acrílico) donde se colocaron las películas. Posteriormente se colocaron en recipientes de plástico que servían como desecadores con una humedad relativa de 75%, 85% y 100% a temperatura ambiente (25°C). En esta prueba con ayuda de una balanza analítica, se realizaba un monitoreo de la ganancia o pérdida de peso de cada película, con

respecto al tiempo, durante 3 horas. Cuando la relación entre el peso ganado (ΔW) y el tiempo (Δt) es lineal, la pendiente se utiliza para calcular la velocidad de transmisión de vapor de agua (TVA) y la permeabilidad al vapor de agua (PVA) (Arévalo *et al.*, 2010).

3.4.7 Propiedades ópticas

Se realizaron dos cortes rectangulares de (3cm x 1cm) de cada película para introducirlas en celdas y medir en espectrofotómetro. Y las pruebas se realizaron usando una celda para medir el blanco y calibrar con aire como referencia. Los cortes de las películas se identificaron con letras y se hicieron en duplicado. La absorbancia de las películas fue escaneada a una longitud de onda de 600 nm utilizando un Espectrofotómetro Genesis 20 UV (Termo Spectronic Genesis 20 UV) y se calculó el promedio de las lecturas. Para determinar la opacidad de las películas se empleó el método de Gontard & Gullibert (1994) usando la siguiente formula:

Opacidad = absorbancia a 500 nm (AU) * grosor de las películas (mm).

3.4.8 Contenido de humedad

Las películas fueron cortadas en cuadros de 2 cm x 2 cm para posteriormente ponerlos en una charola de aluminio previamente pesadas a peso constante. Los recipientes junto con los cortes se introdujeron en un horno de secado a 50°C por 24h. Pasadas las 24 h sacar las muestras se extraen del horno y se pusieron en un desecador por 15 min para después pesarlas en una balanza analítica con exactitud de 0.0001 g según el método reportado por Mei y Shao (2003). El CH se determinó empleando la ecuación, como porcentaje considerando el peso inicial de la película antes de la deshidratación y el peso después de la deshidratación (figura 3).

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(\text{Peso seco inicial} - \text{peso seco final})}{\text{Peso seco inicial}} \times 100$$



Figura 3.

Muestras en horno de secado.

3.4.9 Medición de Solubilidad

En esta prueba se usaron dos cortes de 2x2 cm de cada muestra. Se colocaron en un vaso de precipitados de 250 con 60 ml de agua destilada, a 25°C y en agitación constante (4,000 rpm) por 10 min. Se filtraron haciendo uso de un embudo con papel filtro del número 1 (figura 4). Posteriormente se secaron en la estufa de secado a temperatura de 50 °C por 24 horas hasta peso constante. Se pesaron en una balanza analítica con exactitud de 0.0001g después de estar 15 min en un desecador. Para calcular los porcentajes de solubilidad se utilizó la siguiente ecuación.

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



Figura 4. Películas en papel filtro.

3.5 Etapa 3: Aplicación y pruebas físicas de postcosecha.

3.5.1 Aplicación de tratamientos

Los chiles serranos se seleccionaron con respecto a tamaño, color uniforme y sin daños visibles. Estos se sumergen en las soluciones de la formulación seleccionada por aproximadamente un minuto y posteriormente las muestras se dejaron secar (figura 5).



Figura 5. Aplicación de películas.

3.6 Pruebas físicas evaluadas en los chiles control y con recubrimiento bioactivo

3.6.1 Color

Esta prueba se realizó sobre el chile completo haciendo uso de un colorímetro digital Minolta CR-400 (Minolta corp, Ramsey, U.S.A.) (figura 6). El sistema proporciona tres valores de de color; L^* (componente negro-blanco), y coordenadas de cromaticidad a^* (componente +rojo a -verde) y b^* (componente +amarillo a -azul). El equipo fue calibrado en una placa blanca con coordenadas L , a^* y b^* de 97.5; 0.24, y 2.22 respectivamente. Se hicieron 3 lecturas y se sacó un promedio.



Figura 6. Medición de color en chile.

3.6.2 Firmeza

En esta prueba se hacen tres lecturas sobre el chile por medio de un Penetrometro digital Force Gauge (PCE-PTR 200, PCE group) con una puntilla de 10 mm de ancho. Se tomaron tres lecturas en el chile y se sacó el promedio para cada muestra y el resultado expresarlo en newtons (N) (figura 7).



Figura 7. Medición de firmeza en chile.

3.6.3 Pérdida de peso

Se realiza un seguimiento en la pérdida de peso en los chiles con y sin recubrimiento cada 5 días durante su almacenamiento de 20 días (0, 5, 10 15, 20) haciendo uso de una balanza digital a 25°C (figura 8).



Figura 8. Medición de peso en muestras de chile.

3.7 Determinaciones químicas

3.7.1 Sólidos solubles totales (SST)

Se evaluaron los chiles serranos por triplicado de cada grupo en base a los días de muestreo (0, 5, 10, 15, y 20 días). Para esta prueba se mezcló la muestra con agua destilada y se molieron en un mortero con mano hasta obtener una mezcla homogénea. Se realizó la lectura de SST haciendo uso de un refractómetro ATAGO (ATAGO, Bellevue, WA, U.S.A). Una gota de la muestra fue colocada en el prisma del refractómetro en forma directa. El resultado se expresó en °Brix.

3.7.2 Acidez titulable

Para esta prueba se tomaron 5 g de la muestra y se mezclaron en 10 mL de agua destilada para macerarlos con un mortero y se recolectó el líquido (5mL). Realizado esto se llevó a cabo la titulación con NaOH 0.01N y usando fenolftaleína como indicador (figura 9). Para determinar el Ácido cítrico se usó la siguiente fórmula.

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

Donde:

V= Volumen de NaOH gastados en mL

N= Normalidad de NaOH

Meq= Miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra.

Alicuota Valorada= Peso en g o volumen de la muestra en mL.



Figura 9. Muestras diluidas en el matraz de aforación.

3.7.3 Vitamina C

Para la prueba de vitamina C, se tomaron 10g con 5 mL de HCl 2% y se colocaron en un mortero y se trituraron hasta tener triturada completamente la muestra. Se homogenizo en 50 mL de agua destilada y se filtró la mezcla. El líquido filtrado se depositó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se tituló con el reactivo de Thielmann hasta obtener un cambio de coloración que permanezca alrededor de 20 seg (figura 10).

El contenido de vitamina C se calcula con la ecuación:

$$\text{Vitamina C } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}}\right) = \frac{\text{VRT} \times 0.088 \times \text{VT}}{\text{VA} \times \text{P}} \times 100$$

Dónde:

VRT= 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 total en mL de la alícuota valorada.

P= Peso de muestra en gramos.



Figura 10. Muestra titulada con reactivo de Thielmann.

3.7.4 Respiración

La respiración de las muestras se realizó con un analizador de gas de CO₂/O₂. La lectura se realiza cada 5 días durante los 20 días de almacenamiento. La prueba se hace cada 15 min durante 1 hora y las concentraciones de O₂ y CO₂ se obtienen en porcentaje.

Se colocaron 3 chiles en un frasco de vidrio con capacidad de 1L. Las lecturas de gas se realizan mediante la penetración de una aguja que estaba conectada al analizador de gas, a través de un septum colocada en la tapa del frasco.

La siguiente formula se usa para obtener la velocidad de respiración:

$$R_{CO_2} \left(\frac{mL}{Kg\ h} \right) = \frac{CO_2}{W \times t \times VL}$$

Donde:

R_{CO₂} = Velocidad de respiración de CO₂ (mL kg⁻¹h⁻¹).

W = Peso de la muestra (Kg)

t= Tiempo (h).

V_L= Volumen libre en respirómetro (mL)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Preparación de las formulaciones

Se prepararon 6 formulaciones en diferentes concentraciones de almidón, goma guar, glicerol y aceite esencial de clavo. El primer componente que se agrego fue el glicerol a una temperatura de 40 °C. Posteriormente agrego la goma guar y se mantuvo en agitación constante hasta obtener una mezcla homogénea.

El almidón y el aceite esencial de clavo se agregaron entre 55 y 60°C y cuando se dispersaron se elevó la temperatura a 90°C para que el almidón se disolviera completamente, ya que según Fannon y Bemiller (1993) los gránulos de almidón son hidrófilos y comienzan a hidratarse e hincharse cuando se calienta el agua. Esto ayudo a tener una mezcla más homogénea.

En pruebas anteriores donde la mezcla con el almidón no se calentaba a 90°C se observó que el resultado era una biopelícula blanca semejante a una hoja de papel, no se observaba transparencia y no tenía flexibilidad. Según Rodríguez-González, Ramsay y Favis (2003) el comportamiento del almidón cuando se calienta en agua revela la naturaleza compleja de la estructura de los gránulos y durante el calentamiento las cadenas de almidón dentro del granulo se vuelven más móviles a medida que se rompen los enlaces de hidrogeno entre la glucosa adyacente. Esto confirma que elevar la temperatura de la mezcla ayudo a obtener mejor flexibilidad en la película.

4.2 Formación de la película

Una vez realizadas las 6 pruebas se vertieron en cajas Petri y se pusieron en una estufa de secado por 24 horas a 50°C.

Cumpliendo el tiempo de secado se desprendieron las películas del recipiente y se realizaron diferentes pruebas físicas como grosor, color, permeabilidad, espectrofotometría, humedad y solubilidad. A los resultados se les realizó un análisis de medias usando Minitab 17.

4.3 Caracterización de las películas

4.3.1 Grosor (mm)

Los resultados se analizaron con el paquete estadístico Minitab 17, aplicando un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de Fisher para comparación de medias.

El análisis de varianza indicó que existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) en al menos una de las formulaciones. En la prueba de Fisher para la comparación de medias la muestra C presenta una diferencia significativa en comparación con las muestras A y B siendo la muestra C la que arroja una media más alta (figura 12, la diferencia es por la combinación de los sólidos bases empleados).

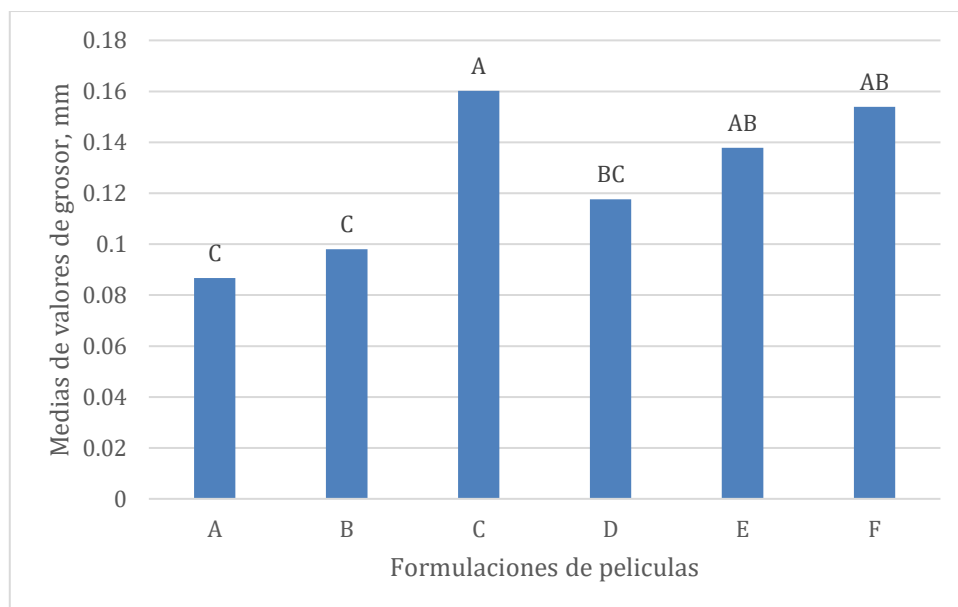


Figura 12. Análisis de medias de grosor.

4.3.2 Color

Se evaluó la colorimetría de las muestras para conocer los parámetros L^* , a^* , y b^* . En el parámetro L^* que mide la luminosidad no se encontraron diferencias significativas entre las muestras siendo las muestras A y B. las que tiene un mejor resultado para ser más luminosas es decir dejan pasar la luz con mayor facilidad (figura 13).

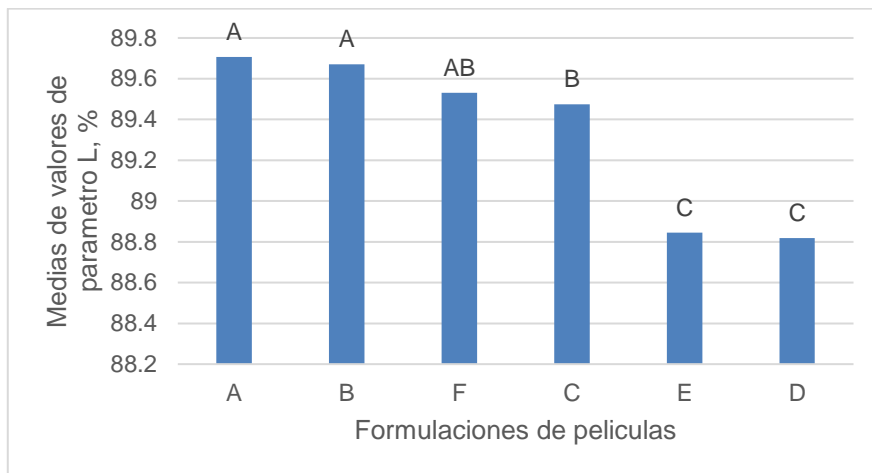


Figura 13. Análisis de medias de luminosidad de las muestras

La coordenada a^* mide la diferencia de color que existe entre el rojo (+ a) y el verde (- a). El resultado estadístico arroja que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras. Tomando en cuenta los resultados que se buscan en la película, la muestra D es la que presenta una media más favorable (figura 14). Ya que se busca que la película no influya en la en los aspectos visuales del producto. En este caso no afectaría la coloración.

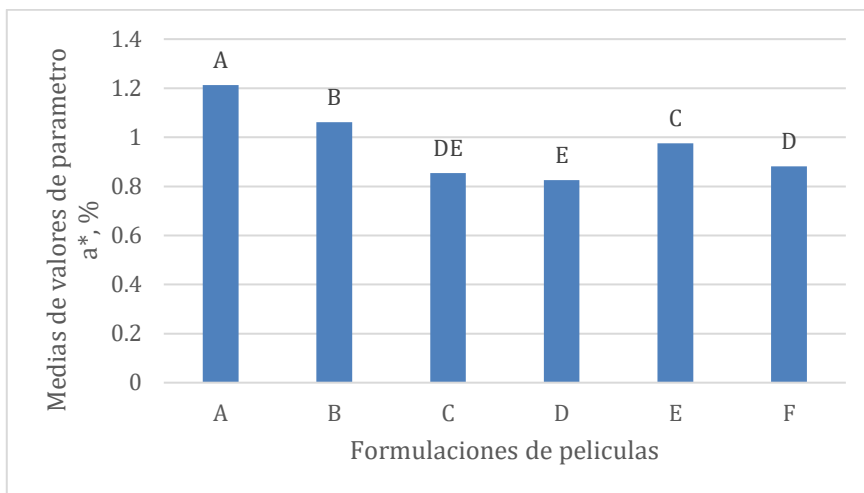


Figura 14. Análisis de medias de coordenada a* de las muestras.

La coordenada b* indica la diferencia de colores entre el amarillo (+b) y el azul (-b). Para la coordenada b* es resultado estadístico indico una diferencia significativa para las muestras ($P < 0.05$) siendo la muestra C la que tiene una media más favorable, lo que indica que aporta una coloración más neutra (figura 15).

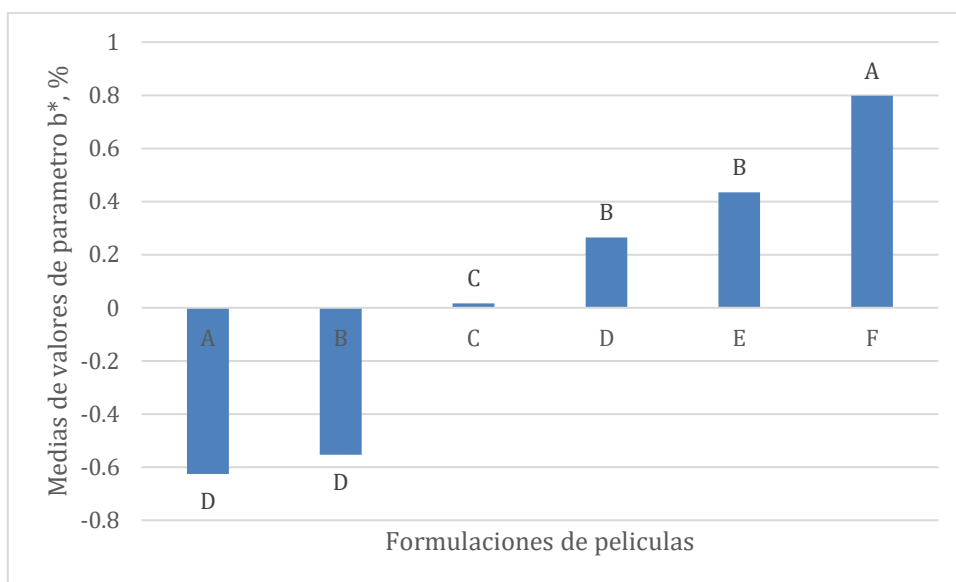


Figura 15. Análisis de medias de coordenada b* de las muestras.

4.3.3 Permeabilidad al vapor de agua

El análisis estadístico indico que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la permeabilidad al vapor de agua al 100% de humedad en cada una de las muestras. La finalidad de cuidar la permeabilidad al vapor de agua es disminuir el intercambio de gases y agua entre el fruto y el medio ambiente y así disminuir la respiración y la pérdida de peso, conservando las características de calidad del fruto por mayor tiempo siendo la muestra C la que presento menor permeabilidad (figura 16).

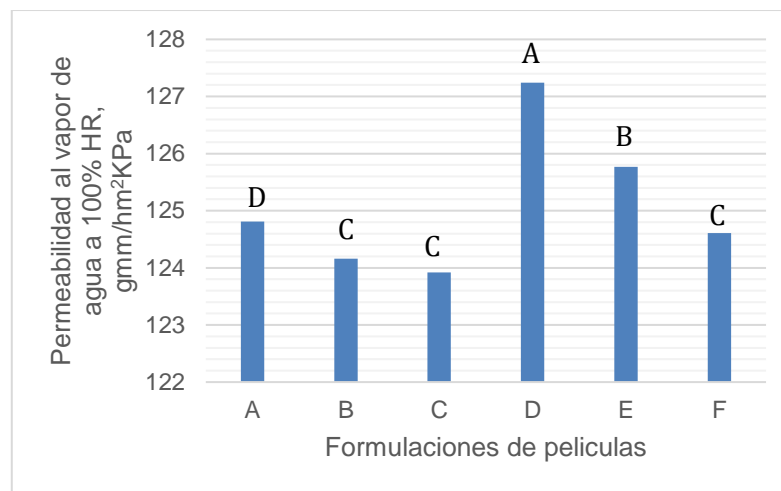


Figura 16. Análisis de medias de permeabilidad al vapor de agua.

4.3.4 Opacidad

Los valores de opacidad mostraron una diferencia significativa entre las muestras ($P < 0.05$), siendo la muestra C la que presento una mayor opacidad, seguida por E, B, D, F, y la menos opaca fue la A (figura 17).

Las propiedades ópticas son factores muy importantes en las películas comestibles utilizadas para recubrir alimentos, ya que afectan directamente la preferencia de un consumidor al elegir un producto (Forde, 2018).

Santacruz *et al.*, (2015) en su trabajo sobre películas comestibles a base de almidón y quitosano mostraron que las películas con 1% (p/p) de almidón mostraban menores valores de opacidad (5.38%) en comparación con

películas 0.5% de almidón cuyo valor de opacidad fue mayor (6.75%). Siendo estos valores mucho mayores comparados a los de las formulaciones que analizamos debido a las concentraciones de almidón utilizadas.

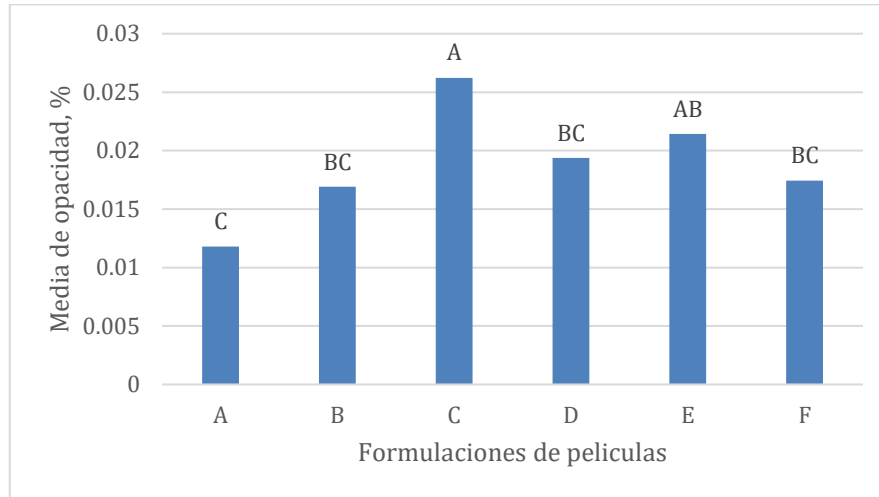


Figura 17. Análisis de opacidad

4.3.5 Humedad

En la mayoría de las investigaciones se concluye que la humedad de películas depende de la cantidad del plastificante. Si las películas se forman únicamente a partir de ingredientes poliméricos estos tienden a ser frágiles y quebradizos, especialmente bajo condiciones de baja humedad. Es por ello la importancia de la adición de plastificantes a la matriz polimérica. No solo los polioles de bajo peso molecular como el glicerol, sorbitol o xilitol (Han & Gennadios, 2005).

El análisis estadístico correspondiente a la humedad de las muestras indica que no hay una diferencia significativa con una ($P < 0.05$) y mostrando una similitud entre las medias de las muestras (figura 18).

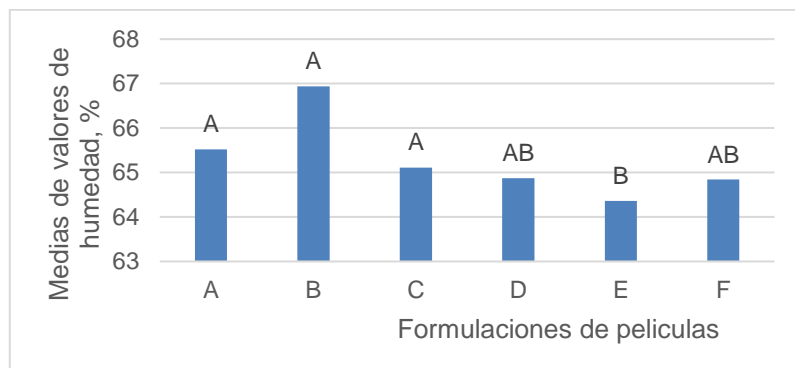


Figura 18. Análisis de medias de contenido de humedad de las muestras.

4.3.6 Solubilidad

Pérez (1999) menciona que si se desea que la película proporcione resistencia a la humedad e integridad al alimento se preferirá que la película comestible sea insoluble y que una película soluble se requiere sobre todo si contiene algún ingrediente específico.

Santacruz *et al.*, (2015), en su trabajo de investigación analizaron el índice de solubilidad en almidón de papa y yuca encontrando valores de 40.42% y 33.20% de solubilidad, respectivamente.

El análisis estadístico indica que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto a la solubilidad de cada una de las muestras (figura 19). Siendo la muestra D la que presentó menor solubilidad (22.27%) seguida de la E, C, A, B y la que presentó mayor solubilidad fue la F (34.47%).

Mayor solubilidad indica menor resistencia al agua, por lo que esta propiedad afecta la aplicación de los recubrimientos (Roblejo, 2009).

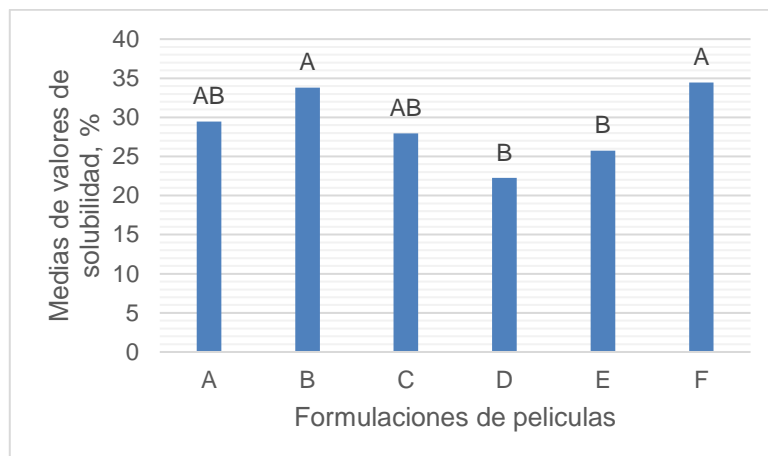


Figura 19. Análisis de las medias de solubilidad de las muestras

4.4 PRUEBAS DE POSTCOSECHA

4.4.1 PRUEBAS FÍSICAS EN LOS CHILES CON RECUBRIMIENTO

4.4.1.1 Color

Una de las pruebas físicas que se evaluaron fue la coloración en chiles para obtener los parámetros (L^* , a^* , b^*). Las pruebas se realizaron cada 5 días, excepto la última prueba que se hizo dos días después de la prueba de los 20 días.

El parámetro de luminosidad (L^*) nos indica que a valores más altos (+) mayor luminosidad (Brillo) y a valores más bajos (-) mayor opacidad (oscuridad). Los resultados estadísticos arrojaron que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto a los parámetros de L en los días de almacenamiento. En la figura (20) podemos observar que los chiles con tratamiento presentaron mayor luminosidad los días 1, 5, 10 y 20 mientras que los chiles control tuvieron mayor luminosidad los días 15 y 22 siendo las muestras con recubrimiento las que presentaron mejor desempeño durante el tiempo de almacenamiento (figura 20).

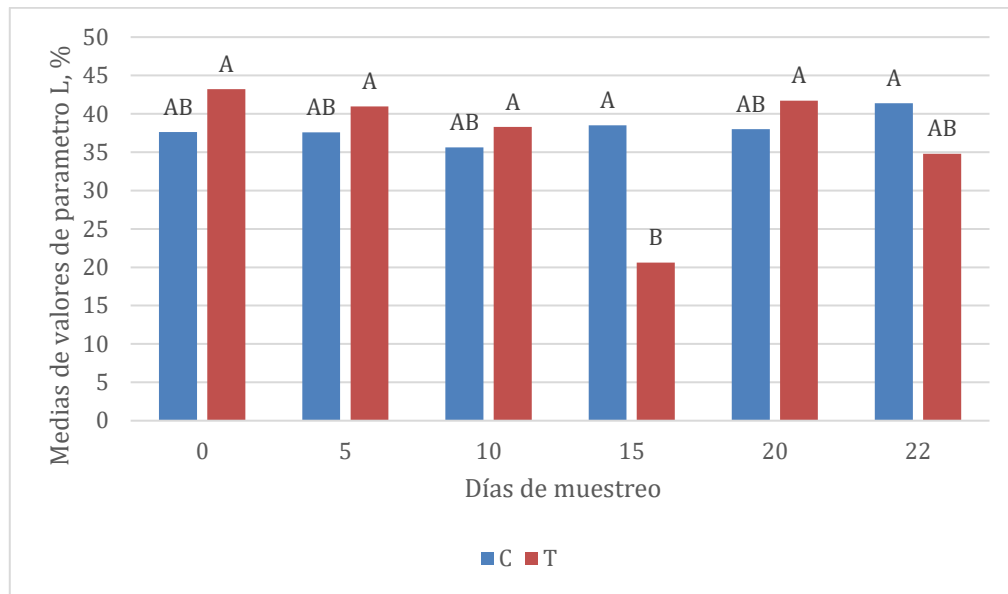


Figura 20. Análisis de medias de luminosidad en chiles cada 5 días.

Los valores de la coordenada a^* indican que los valores más altos (+) reflejan un color rojo mientras que los valores más bajos (-) reflejan color verde. Los resultados estadísticos mostraron una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras testigo y las muestras control durante el tiempo de almacenamiento. En el transcurso del tiempo se observó que el valor de las muestras fue ascendiendo, indicando coloración roja en ambas muestras, pero mostrando mayor coloración en las muestras control lo que indica mayor deterioro (figura 21).

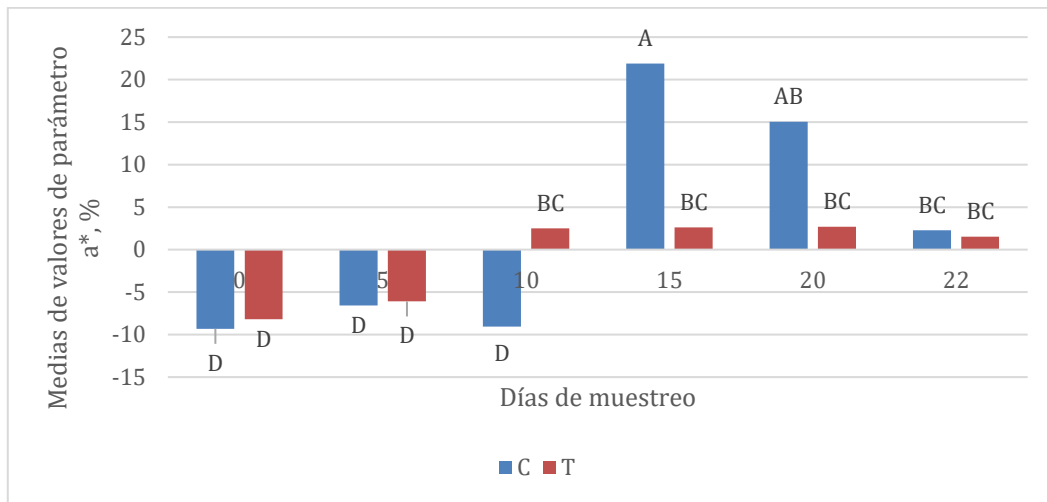


Figura 21. Análisis de medias de coordenada a* en chiles por día.

En el caso de la coordenada (b*) hubo una diferencia significativa entre las muestras con una ($P < 0.05$). En la figura 22 podemos observar que los valores en ambas muestras fueron decreciendo, pero las muestras con recubrimiento tuvieron valores más altos indicando mayor resistencia al cambio de coloración a lo largo del tiempo de almacenamiento.

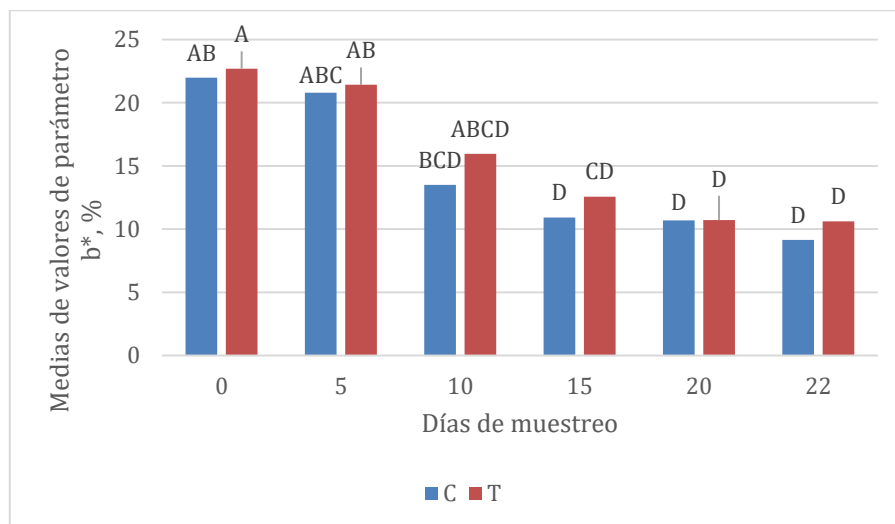


Figura 22. Análisis de medias de coordenada b* en chiles por día.

Al evaluar los tres parámetros de colorimetría podemos indicar que la película comestible que se está evaluando en este proyecto es favorable en para la conservación del color en los chiles mejorando sus atributos de calidad.

4.4.1.2 Firmeza

Para la firmeza, los resultados estadísticos arrojaron que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras a lo largo el tiempo. En la figura 23 podemos observar que las muestras con recubrimiento comestible presentaron mejor firmeza el día 0 y a partir del día 10 lo que demuestra que la película comestible que evalúa este proyecto ayuda a conservar la firmeza del chile serrano.

Según Yaman y Bayoindirli (2022) los ambientes con atmosfera modificada reducen la actividad enzimática causante de la degradación de las paredes celulares, permitiendo así la retención de la firmeza en frutas y verduras.

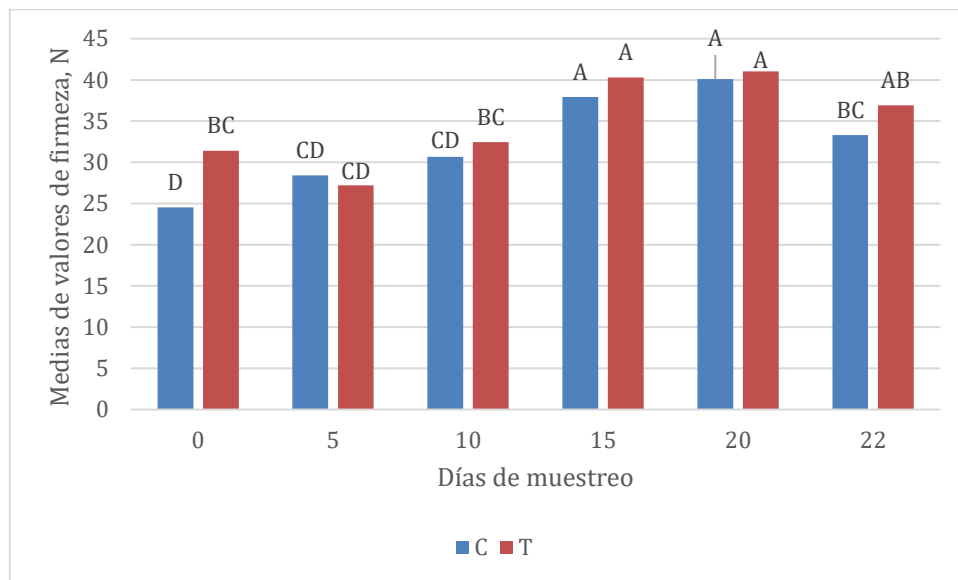


Figura 23. Análisis de medias de firmeza en chiles cada 5 días.

4.4.1.3 Peso

La causa principal pérdida de peso en frutas y vegetales es por la pérdida de agua en ellos, ya sea por transpiración o por ser sometidos a temperaturas elevadas. Los resultados estadísticos arrojaron que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras. En la figura 24 podemos observar que las muestras con la película comestible presentaron mayor oposición a la pérdida de peso, siendo las muestras control las que registraron mayor pérdida de peso ya que según León et al. (2021) la pérdida de peso se debe principalmente a la pérdida de agua en las frutas o vegetales causada por los procesos de respiración y transpiración.

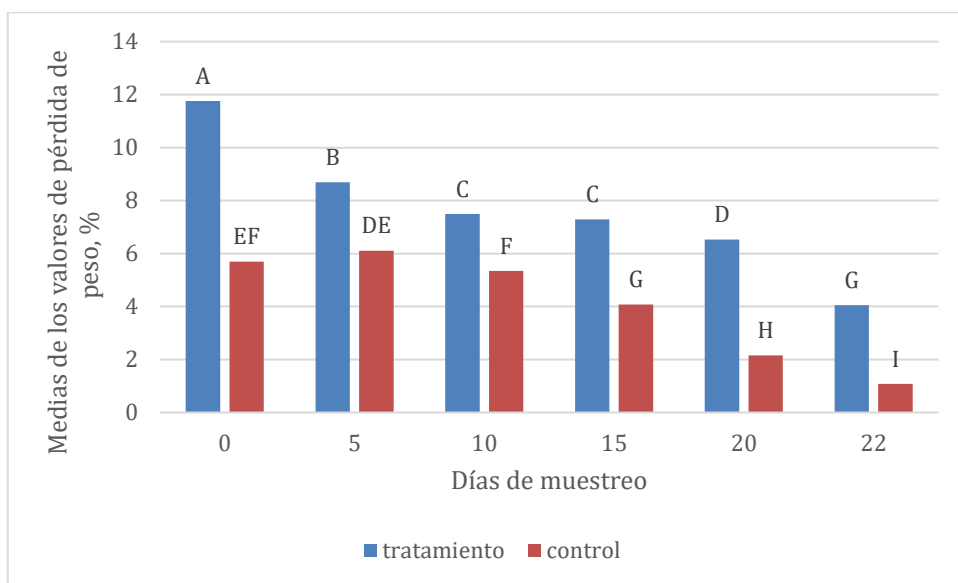


Figura 24. Análisis de media de pérdida de peso en chiles cada 5 días.

4.5 Determinaciones químicas

4.5.1 Sólidos solubles totales

En el transcurso del tiempo y con la pérdida de agua los sólidos totales tienden a aumentar. En el análisis estadístico se encontró que existe una diferencia

significativa ($P < 0.05$) entre las muestras a lo del tiempo de almacenamiento (figura 25).

Según Lyon, Senter, y Payne, (1992) Los procesos metabólicos relacionados con el avance de la maduración influyen directamente en los niveles de SST, donde las frutas en un estado avanzado de maduración presentan niveles más altos de SST.

Los sólidos totales incrementaron en el transcurso del tiempo tanto la muestra control como el tratamiento, siendo la muestra con película comestible la que presento mejor desempeño.

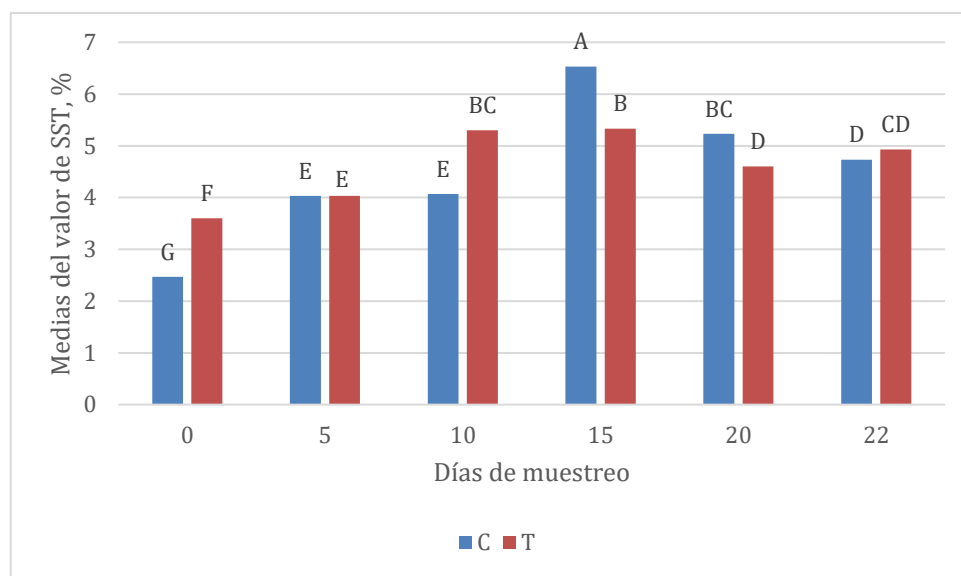


Figura 25. Análisis de medias de contenido de SST en chiles cada 5 días.

4.5.2 Acidez titulable

El análisis estadístico para los resultados de la acidez titulable arrojo una diferencia significativa ($P < 0.05$). Ortiz (2013), al trabajar con pimiento reportó

que la acidez titulable expresada como ácido cítrico presentó una tendencia a incrementarse en los frutos de pimiento durante su almacenamiento.

La acidez de las muestras tendió a incrementarse a partir del día 5 donde podemos observar que las muestras con tratamiento tuvieron un promedio de media de 0.12 mientras que en las muestras control incremento el promedio de las medias a 0.14 unidades siendo las muestras control las que presentaron mayor acides durante los días 5, 10, 15 y 20 días (figura 26).

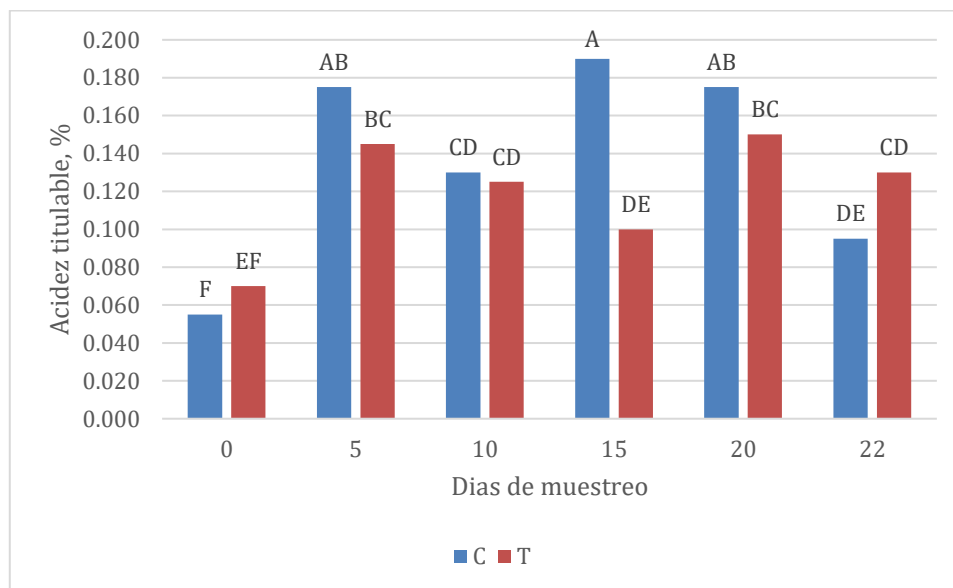


Figura 26. Análisis de medias de AT en chiles cada 5 días.

4.5.4 Vitamina C

El chile contiene grandes cantidades de vitamina C. En fresco contiene más del doble que el limón y la naranja y casi seis veces más que la toronja es por eso que es importante conservar este nutriente durante su almacenamiento. El análisis estadístico demostró que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras a lo largo de la investigación con una disminución significativa entre las muestras testigo y las muestras con recubrimiento siendo

las muestras con recubrimiento las que presentaron menor disminución en los valores desde el día 1 al día 22 (figura 27).

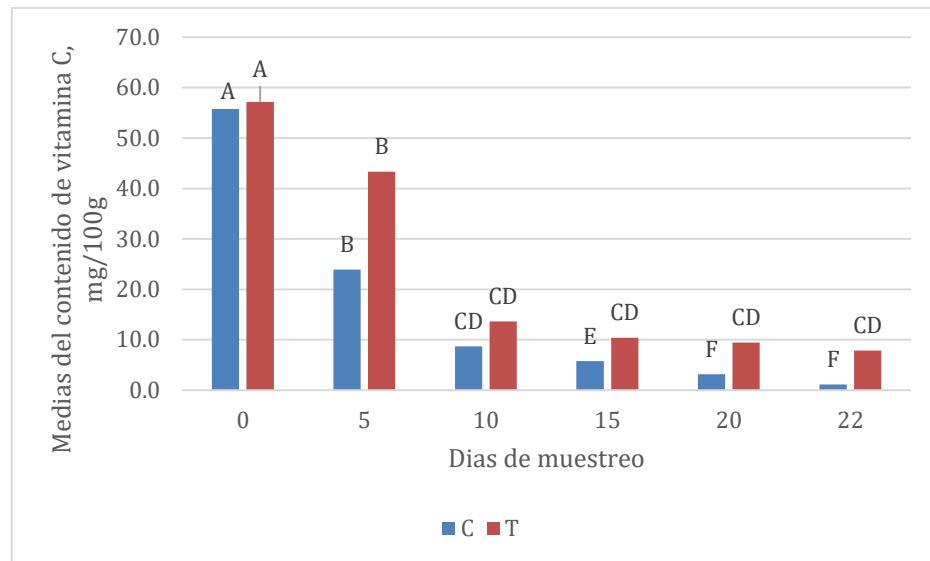


Figura 27. Análisis de medias de vitamina C en chiles cada 5 días.

4.5.5 Respiración

Para poder alargar la vida de anaquel de frutas o vegetales, la respiración es uno de los principales procesos fisiológicos que se buscan controlar durante su almacenamiento. La relación superficie-volumen de una fruta también puede afectar la tasa de respiración. Además, las hortalizas o frutas revestidas con ceras naturales u otro recubrimiento, tienen tasas de respiración más bajas que las frutas sin esas barreras protectoras (Phan et al., 1975).

Las cubiertas comestibles modifican el intercambio de gases como el etileno, O₂, CO₂ y vapor de agua entre la atmósfera y el fruto, según la permeabilidad de cada recubrimiento lo que las hace una excelente alternativa para alargar la vida de anaquel de frutas y vegetales.

En el análisis estadístico se obtuvo una diferencia significativa ($P < 0.05$) de las muestras respecto al tiempo de almacenamiento. En la figura 28 podemos

observar que en el día 0 la muestra control presenta una media más baja pero a partir del día 5 hasta el día 22 las medias de las muestras tratamiento fueron más bajas indicando un proceso de respiración menor debido a la influencia del recubrimiento y favoreciendo retardar la pérdida de la calidad de los chiles serranos.

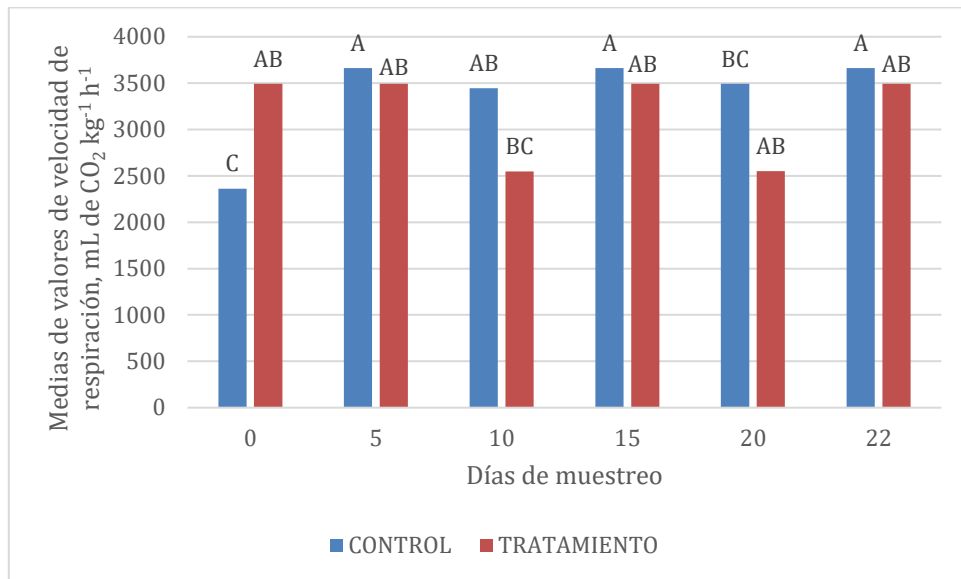


Figura 28. Análisis de medias de respiración en chiles cada 5 días.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES

Se evaluaron las propiedades físicas de las películas para estandarizar la formulación más favorable, siendo la formulación C (almidón 2%, goma guar 0.5%, Glicerol 30%, y aceite de clavo 2.5%) la que presento mejores valores en grosor, y menor permeabilidad al vapor de agua.

Los parámetros de calidad postcosecha resultaron favorecidos con la aplicación a manera de recubrimiento de la formulación seleccionada. En base a los resultados la aplicación de la película en el chile serrano ayudo a conservar los aspectos visibles en los chiles conservando los parámetros de colorimetría (brillo y color) respecto a la muestra control.

Así mismo la pérdida de peso fue mayor en las muestras controles comparado con los recubiertos. La firmeza se vio influenciada por la presencia del recubrimiento permitiendo que los chiles recubiertos mantuvieran la firmeza más que los controles. Con los parámetros de acidez titulable, solidos soluble totales y velocidad de respiración se observó que la aplicación del recubrimiento actúa como una atmosfera modificada, ya que redujo la producción de CO₂ permitiendo mantener los niveles de calidad postcosecha por un mayor periodo que los chiles controles lo cual ayuda a alargar la vida de anaquel almacenados a temperatura ambiente.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adeodato Viera, M.G., Altenhofen da Silva, M., Oliviera dos Santos, L., & Beppu, M.M. 2011. Natural-based plasticizers and biopolymer films: a review. *European Polymer Journal*, 47, 254-263.

Aguilar Gonzales, A., & López Malo, A. 2013. Extractos y aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos. 36-38.

Ah Ho, Y.; Ji Oh, Y.; Young Song, A.; Sung Wong, J.; Bin Song, K. & Min. S.C. 2017. Comparison of effectiveness of edible coating using emulsions containing lemongrass oil of different size doplets on grape berry safety and preservation. *LWT-Food Science and Technology* 75: 742-750.

Atarés, L. & Chiralt, A. 2016. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology* 48: 51-62.

Bautista-Baños S., Hernández-López M., Guillén-Sánchez D., Alía-Tejacal I. 2006. Influencia del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento en la calidad postcosecha y niveles de infección en la ciruela mexicana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7 (2): 114-121.

Bagher Hashemi, S.M.; Khaneghah, A.M.; Ghahfarrokhi, M. G. & Es, I. 2017. Basil-seed gum containing *Origanum vulgare* subsp. *viride* essential oil as edible coating for fresh cut apricots. *Postharvest Biology and Technology* 125: 26-34.

Bahareh, S., Rahul, T., Vuonga, Q., Chockchaisawasdeea, S., Golding, J., Scarlett, C., & Stathopoulos, C. 2016. Optimization of physical and optical properties of biodegradable. *Industrial Crops and Products*, 2.

Beatriz, A., Araújo, Y., & Pires de Lima, D. 2010. Glicerol: Um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Química para un mundo mejor*, 2.

Bennet, D. J.; Kirby, G. W. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. *Journal of the Chemical Society (C)*: 442-446.

Choi, W. S.; Singh, S. & Lee Y.S. 2016. Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of Fomosa plum (*Prunus salicina L.*). *LWT-Food Science and Technology* 70: 213-222.

Casas-Alencáster, N., & Pardo-García, D. 2004. Análisis de perfil de textura y propiedades de relajación de geles. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3.

Debeaufort, F.; Quezada-Gallo, J. A. y Volley, G. 1998, Edible Films and Coatings Tomorrow's Packagings: A Review. *Critical Review in Food Science*, 299-313

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

Drake, SR., Kupfeman, E.M., Fellman, J., 1988. Bin sweet cherry (*Prunus avium L.*) Quality as influenced by wax coatings and storage temperature. *Journal of Food Science*, Pp. 124-126

El Ghaouth, A. 2006. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science* 56(6):1618-1620.

Embuscado M. y Huber K., 2009. Películas y recubrimientos comestibles para aplicaciones alimentarias. Nueva York: Springer-Verlag, p.403.

Espinoza, N. A. 2015. Tesis de nivel licenciatura. Efecto de un recubrimiento comestible a base de Goma Guar sobre la calidad postcosecha de guayaba. Obtenido de repositorio.uaaan.mx: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6703/63392%20ANGEL%20ESPINOZA,%20NORMA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Falguera V., Quintero. P., Jiménez A., Muñoz J. A., Ibarz A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* 22:292-303.

Fannon, J. E., & Bemiller, J. N. 1993. Structure of corn starch paste and granule remnants revealed by low-temperature scanning electron microscopy after cryopreparation. *Cereal Chemistry*, 69, 456-460.

FAOSTAT. 2008. Datos estadísticos sobre producción mundial de alimentos. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

FAOSTAT. 2022. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Estadísticas sobre cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Forde, C. G. 2018. From perception to ingestion; the role of sensory properties in energy selection, eating behaviour and food intake. *Food Quality and Preference*, 66, 171–177. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.010>

Flores, S. 2007. Estudios básicos y aplicados tendientes al desarrollo de películas comestibles que sean soporte del antimicrobiano sorbato de potasio. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Gontard, N.; Guilbert, S.; Cuq, J.I. Water and glicerol las plastificaciones afectadas por el efecto mecánico y el vapor de vapor de las propiedades de una editable de trigo gluten film. *Revista de Food Science*, Chicago, v.58, n.1: 206-211, 1993.

Han, J. H., & Gennadios, A. 2005. Edible films and coatings: A review. *Innovations in Food Packaging*, 239, 262.

Jo, W., Song, H., Song, N., Lee, J., Min, S. & Song, K. 2014. Quality and microbial safety of “Fuji” apples coated with carnauba-shellac wax containing lemongrass oil. *LWT-Food Science and Technology* 55:490-497.

Kader, A. 2005. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*. 40:99.

Kester, J. y Fennema, O., 1986. Edible Films and Coatings: a review. *Food Technology*, Pp. 47-59.

Lin, D. y Zhao, Y., 2007. Innovaciones en el desarrollo y aplicación de recubrimientos comestibles para frutas y verduras frescas y mínimamente procesadas. En: *Revisiones completas en ciencia de los alimentos y seguridad alimentaria*, 6(3), págs.60–75.

León, E. G.; Janampa C.; Cáceres, C.; Glu, C.; Ruíz, P.; Challcoo, M.; Casas, A. & Malnati, M. Efecto de recubrimientos comestibles en la calidad del ají

jalapeño (*Capsicum annuum*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 2021, 22(2): 201-211. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. México.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81369610007>

Lucera A., Costa C., Mastromatteo M., Conte A., Del Nobile M. A., 2011. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Curcubita pepo*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **11**: 361-368.

Mali, S., Grossmann, Mve, García, Ma, Martino, MM; Zaritzky, Ne. Barrier, mechanical y las propiedades óptimas de plastificado yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, Barking, v.56, p.129-135, 2004

Martin, M., Mauguin, C., Voilley, A., 1992. Hydrophobic film and their efficiency against moisture transfer, influence of the film preparation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Pp. 40, 2007-412.

Miller, K., Krochta, J., 1997, Oxygen and aroma barrier properties of edible films. *Trends Food Science Technology*.

Momo, J., Kumar, A., Islam, K., Ahmad, I., Rawoof, A., & Ramchiary, N. 2022. A comprehensive update on *Capsicum* proteomics: Advances and future prospects. *Journal of Proteomics*, 261, 104578.
<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104578>

Morillon, V., Debeaudort, F., Bond, G., Capelle, M., Volley, A. 2002. Factors acting the moisture permeability o lipid based edible films: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. PP.67-89.

Nisperos-Carriedo, M. 2002. Changes in volatile flavor components of pineapple and orange juice as influenced by the application of lipid and composite films. *Journal of Agriculture & Food Chemistry*. 38:1382.

Nuez F., O. R. Gil, J. Costa. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi.Prensa. Madrid.

Ortiz, H.G. 2013. Efectos de acolchado plástico y la fertilización química y biológica sobre la calidad y vida de anaquel de pimiento, asistida con recubrimiento biodegradable de poliacetato de vinilo – alcohol polivinílico. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura. CIQA. Saltillo, Coah, Mexico. Pág. 73 -105.

Park, J., Testin, R., Park, H., Vergano, P., Weller, C., 1994. Fatty acid concentration effect on tensile strength, elongation, and water vapor permeability of laminated edible films. *Journal of Food Science*, Pp. 916-919.

Pineda-Gómez, P., Coral, D., Arciniegas, M., Rosales-Rivera, A., & Rodríguez García, M. 2010. Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría. *Ingeniería y Ciencia*, 5.

Ramírez, M.M. 2006. Coloso y Centauro, Híbridos de chile Serrano para las regiones productoras de México. Desplegable para productores No. 3. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales y Pecuarias.

Ramírez-Sucre, M. O., & Baigts-Allende, D. K. 2016. Efecto del tratamiento térmico en el comportamiento. *Agrociencia*, 3.

Randazzo, W.; Jimenez-Belenguer, A.; Settanni, L.; Perdonés, A.; Moschetti, M.; Palazzolo, E.; Guarrasi, V.; Vargas, A.; Germaná, M.A.; Palazzolo, E.; Guarrasi, V.; Vargas, M.; Germaná, M.A.; & Moschetti, G. 2016. Antilisterial effect of citrus essential oils and their performance in edible film formulations. *Food Control* 59: 750-758.

Rao, M.S., Kanatt, S.R., Chawla, S.P., Sharma, A. 2010. Chitosan and guar gum composite films Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydr. Polym.* 82, 1243-1247.

Rahnama, M., Najimi y Ali, S. 2012. Antibacterial effects of *Myristica fragrans*, *Zataria multiflora* Boiss. *Syzygium aromaticum*, and *Zingiber officinale* Rosci essential oils, alone and in combination with nisin on *Listeria monocytogenes*. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 1313-1316.

Rincón, S. y Zavala, G. F. 2000. Recursos filogenéticos de México para la agricultura. Informe Nacional. SNICS y SOMEFI A. C. Chapingo, Estado de México. 16-21 pp.

Romero-Bastida C. A., Martín-Polo M. O., Velázquez G., Torres J. A. 2004. Effect of plasticizer, pH and hydration on the mechanical and barrier properties of zein and ethylcellulose films. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 4 (4):251-256.

Rodríguez-González, F. J., Ramsay, B. A., & Favis, B. D. 2003. High performance LDPE/ thermoplastic starch blends: A sustainable alternative to pure polyethylene. *Polymer*, 44, 1517-1526.

Rosa, A.; Deiana, M.; Casu, V.; Paccagnini, S.; Appendino, G.; Ballero, M.; Assunta, D. M. 2002. Antioxidant activity of capsinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7396-7401.

SAGARPA. 2016. Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola. En línea [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261009/Agenda_de_Investigacion_2016-2022.pdf.]

Saberi, B., Thakur, R., V. Vuonga, Q., Chockchaisawasdeea, S., Goldinga, J., Scarlett, C., & Stathopoulos, C. 2016. Optimization of physical and optical properties of biodegradable. *Industrial Crops and Products*, 2.

Sánchez, L. G. 2013. *cdigital.uv.mx*. Obtenido de [cdigital.uv.mx](https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/46807/2/MendozaSanchezLiliana.pdf): <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/46807/2/MendozaSanchezLiliana.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. Producción agrícola de chiles verdes. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Sethi, S., Dutta, A., Gupta B.I. y Gupta S. 2013. Antimicrobial activity of spices against isolated food borne pathogens. *Internacional Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5(1), 260,261.

SIAP–SAGARPA. 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Producción Agrícola Cíclicos y Perennes 2009.

Tetlow, I. J., M. K. Morell, and M. J. Emes. 2004. Recent developments in understanding the regulation of starch metabolism in higher plants. *J. Exp. Bot.* 55: 2131-2145.

Yilmaz, A.; Bozkurt, F.; Kubra Cicek, P.; Dertli, E.; Zeki Durak, M. & Tahsin Yilmaz, M. 2016. A novel antifungal surface-coating application to limit postharvest decay on coated apples: molecular, thermal and morphological properties of electrospun zein-nanofiber mats loaded with curcumin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 37: 74-83.

Youssef, K., Ligorio, A., Nigro, F. & Ippolito, A. 2012. Activity of salts incorporated in wax in controlling postharvest diseases of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 65:39-43.

Zheng, G.Q., Kenney, P.M. y Lam, L.K. 1992. Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllolata*) as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Natural Products*, 55. 999-1003.

ANEXOS

Grosor

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Muestra	5	0.013433	0.002687	6.11	0.005
Error	12	0.005273	0.000439		
Total	17	0.018706			

Means

Muestra	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	0.08673	0.00378	(0.06036, 0.11310)
b	3	0.09807	0.00375	(0.07170, 0.12444)
c	3	0.1602	0.0486	(0.1338, 0.1866)
d	3	0.11760	0.00752	(0.09123, 0.14397)
e	3	0.13780	0.00741	(0.11143, 0.16417)
f	3	0.15387	0.01179	(0.12750, 0.18024)

Pooled StDev = 0.0209622

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Muestra	N	Mean	Grouping
c	3	0.1602	A
f	3	0.15387	A B
e	3	0.13780	A B
d	3	0.11760	B C
b	3	0.09807	C
A	3	0.08673	C

Luminosidad de película

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	5	12.23	2.447	1.69	0.147
Error	84	121.87	1.451		
Total	89	134.10			

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
A	15	89.707	0.697	(89.088, 90.325)
B	15	89.671	0.398	(89.052, 90.289)
C	15	89.4753	0.2953	(88.8569, 90.0938)
D	15	88.818	2.741	(88.200, 89.437)
E	15	88.845	0.629	(88.227, 89.464)
F	15	89.5304	0.2552	(88.9120, 90.1489)

Pooled StDev = 1.20451

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
A	15	89.707	A
B	15	89.671	A B
F	15	89.5304	A B
C	15	89.4753	A B
E	15	88.845	A B
D	15	88.818	B

Coordenada a*

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	5	1.6416	0.328310	60.00	0.000
Error	84	0.4596	0.005472		
Total	89	2.1012			

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
A	15	1.2127	0.0569	(1.1747, 1.2506)
B	15	1.0611	0.0533	(1.0231, 1.0991)
C	15	0.8542	0.0929	(0.8162, 0.8922)
D	15	0.8253	0.1000	(0.7874, 0.8633)
E	15	0.9756	0.0608	(0.9376, 1.0135)
F	15	0.8811	0.0666	(0.8431, 0.9191)

Pooled StDev = 0.0739717

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
A	15	1.2127	A
B	15	1.0611	B
E	15	0.9756	C
F	15	0.8811	D
C	15	0.8542	D E
D	15	0.8253	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Coordenada b*

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	5	23.631	4.72610	47.90	0.000
Error	84	8.288	0.09867		
Total	89	31.919			

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
A	15	-0.6260	0.2459	(-0.7873, -0.4647)
B	15	-0.5531	0.1627	(-0.7144, -0.3918)
C	15	0.0167	0.3248	(-0.1446, 0.1780)
D	15	0.265	0.473	(0.104, 0.426)
E	15	0.4347	0.3161	(0.2734, 0.5960)
F	15	0.7980	0.2763	(0.6367, 0.9593)

Pooled StDev = 0.314121

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
F	15	0.7980	A
E	15	0.4347	B
D	15	0.265	B
C	15	0.0167	C
B	15	-0.5531	D
A	15	-0.6260	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Opacidad

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	5	0.000350	0.000070	5.59	0.007
Error	12	0.000151	0.000013		
Total	17	0.000501			

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	0.01180	0.00184	(0.00734, 0.01626)
B	3	0.01690	0.00222	(0.01244, 0.02136)
C	3	0.02623	0.00485	(0.02177, 0.03068)
D	3	0.01937	0.00294	(0.01491, 0.02383)
E	3	0.02142	0.00577	(0.01697, 0.02588)
F	3	0.017424	0.001240	(0.012967, 0.021880)

Pooled StDev = 0.00354260

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
C	3	0.02623	A
E	3	0.02142	A B
D	3	0.01937	B
F	3	0.017424	B C
B	3	0.01690	B C
A	3	0.01180	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Colorimetría en chiles: Coordenada a*

```
Analysis of Variance

Source   DF   Adj SS   Adj MS   F-Value   P-Value
MUESTRA 11    6462    587.4    2.76     0.011
Error    36    7662    212.8
Total    47    14124

Means

MUESTRA  N     Mean   StDev   95% CI
C1        4   -9.322   1.209   (-24.116, 5.471)
C10       4   -9.057   1.626   (-23.851, 5.736)
C15       4    21.9    23.6    ( 7.1, 36.7)
C20       4    15.05   19.73   ( 0.26, 29.84)
C22       4    28.29   9.20    ( 13.50, 43.09)
C5        4     4.0     23.2    (-10.8, 18.8)
T1        4    -5.90   4.56    (-20.70, 8.89)
T10       4     2.5    20.8    (-12.3, 17.3)
T15       4     2.61   19.18   (-12.18, 17.40)
T20       4     2.68   11.11   (-12.12, 17.47)
T22       4    -1.52   4.80    (-16.32, 13.27)
T5        4    -6.10   3.74    (-20.89, 8.69)

Pooled StDev = 14.5888
```

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
C22	4	28.29	A
C15	4	21.9	A B
C20	4	15.05	A B C
C5	4	4.0	B C D
T20	4	2.68	B C D
T15	4	2.61	B C D
T10	4	2.5	B C D
T22	4	-1.52	C D
T1	4	-5.90	D
T5	4	-6.10	D
C10	4	-9.057	D
C1	4	-9.322	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Luminosidad en chiles

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	11	1502	136.5	0.93	0.526
Error	36	5303	147.3		
Total	47	6805			

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
C1	4	37.640	0.940	(25.332, 49.948)
C10	4	35.62	2.71	(23.31, 47.93)
C15	4	38.51	2.07	(26.20, 50.82)
C20	4	38.01	3.26	(25.70, 50.31)
C22	4	41.40	4.46	(29.09, 53.71)
C5	4	37.60	3.81	(25.29, 49.91)
T1	4	43.230	1.866	(30.922, 55.538)
T10	4	38.28	7.64	(25.97, 50.59)
T15	4	20.6	40.0	(8.3, 32.9)
T20	4	41.70	2.09	(29.39, 54.01)
T22	4	34.81	4.38	(22.51, 47.12)
T5	4	40.97	4.85	(28.66, 53.28)

Pooled StDev = 12.1371

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
T1	4	43.230	A
T20	4	41.70	A
C22	4	41.40	A
T5	4	40.97	A
C15	4	38.51	A
T10	4	38.28	A
C20	4	38.01	A B
C1	4	37.640	A B
C5	4	37.60	A B
C10	4	35.62	A B
T22	4	34.81	A B
T15	4	20.6	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Colorimetría en chiles: Coordenada b*

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	11	1194	108.58	2.29	0.030
Error	36	1703	47.32		
Total	47	2898			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6.87877	41.22%	23.25%	0.00%

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
C1	4	10.712	1.652	(3.737, 17.688)
C10	4	10.69	3.13	(3.72, 17.67)
C15	4	21.42	2.95	(14.44, 28.40)
C20	4	21.98	5.84	(15.00, 28.95)
C22	4	22.70	8.69	(15.72, 29.67)
C5	4	10.93	5.52	(3.96, 17.91)
T1	4	9.15	2.43	(2.18, 16.13)
T10	4	13.50	10.81	(6.53, 20.48)
T15	4	15.97	11.40	(8.99, 22.94)
T20	4	20.79	8.03	(13.81, 27.77)
T22	4	10.61	5.26	(3.63, 17.58)
T5	4	12.57	7.86	(5.60, 19.55)

Pooled StDev = 6.87877

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
C22	4	22.70	A
C20	4	21.98	A B
C15	4	21.42	A B
T20	4	20.79	A B C
T15	4	15.97	A B C D
T10	4	13.50	A B C D
T5	4	12.57	B C D
C5	4	10.93	C D
C1	4	10.712	D
C10	4	10.69	D
T22	4	10.61	D
T1	4	9.15	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Firmeza

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MIUESTRA	11	1425.2	129.57	6.91	0.000
Error	36	675.3	18.76		
Total	47	2100.5			

Means

MIUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
C1	4	24.52	2.01	(20.13, 28.92)
C10	4	30.67	3.23	(26.27, 35.06)
C15	4	39.92	6.99	(35.53, 44.31)
C20	4	41.03	3.65	(36.64, 45.42)
C22	4	33.31	2.70	(28.92, 37.70)
C5	4	28.43	4.02	(24.04, 32.83)
T1	4	31.42	4.69	(27.03, 35.82)
T10	4	32.46	3.39	(28.07, 36.85)
T15	4	40.30	3.65	(35.91, 44.70)
T20	4	40.01	4.12	(35.62, 44.40)
T22	4	36.92	7.40	(32.52, 41.31)
T5	4	27.19	2.55	(22.80, 31.58)

Pooled StDev = 4.33107

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MIUESTRA	N	Mean	Grouping
C20	4	41.03	A
T15	4	40.30	A
T20	4	40.01	A
C15	4	39.92	A
T22	4	36.92	A B
C22	4	33.31	B C
T10	4	32.46	B C
T1	4	31.42	B C
C10	4	30.67	C D
C5	4	28.43	C D
T5	4	27.19	C D
C1	4	24.52	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Pérdida de peso

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Muestra	11	274.046	24.9133	126.01	0.000
Error	24	4.745	0.1977		
Total	35	278.791			

Means

Muestra	N	Mean	StDev	95% CI
C1	3	5.690	0.462	(5.160, 6.220)
C10	3	5.340	0.000	(4.810, 5.870)
C15	3	4.080	0.000	(3.550, 4.610)
C20	3	2.150	0.000	(1.620, 2.680)
C22	3	1.080	0.000	(0.550, 1.610)
C5	3	6.110	0.000	(5.580, 6.640)
T1	3	11.757	1.469	(11.227, 12.287)
T10	3	7.490	0.000	(6.960, 8.020)
T15	3	7.290	0.000	(6.760, 7.820)
T20	3	6.530	0.000	(6.000, 7.060)
T22	3	4.050	0.000	(3.520, 4.580)
T5	3	8.690	0.000	(8.160, 9.220)

Pooled StDev = 0.444647

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Muestra	N	Mean	Grouping
T1	3	11.757	A
T5	3	8.690	B
T10	3	7.490	C
T15	3	7.290	C
T20	3	6.530	D
C5	3	6.110	D E
C1	3	5.690	E F
C10	3	5.340	F
C15	3	4.080	G
T22	3	4.050	G
C20	3	2.150	H
C22	3	1.080	I

Means that do not share a letter are significantly different.

Solidos solubles totales (SST)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	11	35.292	3.20838	62.10	0.000
Error	24	1.240	0.05167		
Total	35	36.532			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.227303	96.61%	95.05%	92.36%

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
C1	3	2.4667	0.0577	(2.1958, 2.7375)
C10	3	4.067	0.351	(3.796, 4.338)
C15	3	6.533	0.306	(6.262, 6.804)
C20	3	5.2333	0.1155	(4.9625, 5.5042)
C22	3	4.733	0.252	(4.462, 5.004)
C5	3	4.0333	0.0577	(3.7625, 4.3042)
T1	3	3.600	0.200	(3.329, 3.871)
T10	3	5.300	0.200	(5.029, 5.571)
T15	3	5.333	0.321	(5.062, 5.604)
T20	3	4.6000	0.1000	(4.3291, 4.8709)
T22	3	4.933	0.321	(4.662, 5.204)
T5	3	4.0333	0.1528	(3.7625, 4.3042)

Pooled StDev = 0.227303

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
C15	3	6.533	A
T15	3	5.333	B
T10	3	5.300	B C
C20	3	5.2333	B C
T22	3	4.933	C D
C22	3	4.733	D
T20	3	4.6000	D
C10	3	4.067	E
T5	3	4.0333	E
C5	3	4.0333	E
T1	3	3.600	F
C1	3	2.4667	G

Means that do not share a letter are significantly different.

Acidez titulable

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Mestra	11	0.040681	0.003698	14.12	0.000
Error	12	0.003142	0.000262		
Total	23	0.043824			

Means

Mestra	N	Mean	StDev	95% CI
C1	2	0.05760	0.00905	(0.03267, 0.08253)
C10	2	0.1280	0.0181	(0.1031, 0.1529)
C15	2	0.1920	0.0181	(0.1671, 0.2169)
C20	2	0.1792	0.0362	(0.1543, 0.2041)
C22	2	0.09600	0.00905	(0.07107, 0.12093)
C5	2	0.17536	0.00543	(0.15043, 0.20029)
T1	2	0.07040	0.00905	(0.04547, 0.09533)
T10	2	0.12160	0.00905	(0.09667, 0.14653)
T15	2	0.0960	0.0272	(0.0711, 0.1209)
T20	2	0.1536	0.0000	(0.1287, 0.1785)
T22	2	0.1280	0.0000	(0.1031, 0.1529)
T5	2	0.14720	0.00905	(0.12227, 0.17213)

Pooled StDev = 0.0161824

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Mestra	N	Mean	Grouping
C15	2	0.1920	A
C20	2	0.1792	A B
C5	2	0.17536	A B
T20	2	0.1536	B C
T5	2	0.14720	B C
T22	2	0.1280	C D
C10	2	0.1280	C D
T10	2	0.12160	C D
T15	2	0.0960	D E
C22	2	0.09600	D E
T1	2	0.07040	E F
C1	2	0.05760	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Vitamina C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Muestra	11	1267.30	115.209	102.76	0.000
Error	12	13.45	1.121		
Total	23	1280.75			

Means

Muestra	N	Mean	StDev	95% CI
C1	2	55.794	0.342	(12.163, 15.425)
C10	2	8.662	0.000	(1.031, 4.293)
C15	2	5.795	0.317	(0.164, 3.427)
C20	2	3.151	0.159	(2.520, 5.783)
C22	2	1.157	0.856	(6.234, 9.496)
C5	2	23.932	0.691	(22.300, 25.563)
T1	2	57.182	0.240	(15.551, 18.813)
T10	2	13.630	0.342	(1.999, 5.261)
T15	2	10.410	0.156	(1.779, 5.041)
T20	2	9.452	0.000	(-0.179, 3.083)
T22	2	7.859	0.176	(1.228, 4.490)
T5	2	43.318	0.242	(14.82, 18.09)

Pooled StDev = 1.05886

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Muestra	N	Mean	Grouping
C5	2	23.932	A
T1	2	57.182	B
T5	2	43.318	B
C1	2	55.794	C
C22	2	1.157	D
C20	2	3.151	E
T10	2	13.630	E F
T15	2	10.410	E F
T22	2	7.859	E F
C10	2	8.662	E F
C15	2	5.795	F
T20	2	9.452	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Respiración

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MUESTRA	11	22959975	2087270	1.94	0.045
Error	84	90391712	1076092		
Total	95	113351687			

Means

MUESTRA	N	Mean	StDev	95% CI
C0	10	2363	1020	(1711, 3016)
C10	10	3445	1312	(2793, 4097)
C15	10	3663	1140	(3011, 4316)
C20	10	2551	551	(1899, 3203)
C22	10	3663	1140	(3011, 4316)
C5	10	3663	1140	(3011, 4316)
T0	6	3492	791	(2650, 4334)
T10	6	2546	1553	(1704, 3389)
T15	6	3492	791	(2650, 4334)
T20	6	3492	791	(2650, 4334)
T22	6	3492	791	(2650, 4334)
T5	6	3492	791	(2650, 4334)

Pooled StDev = 1037.35

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

MUESTRA	N	Mean	Grouping
C15	10	3663	A
C22	10	3663	A
C5	10	3663	A
T0	6	3492	A B
T15	6	3492	A B
T20	6	3492	A B
T5	6	3492	A B
T22	6	3492	A B
C10	10	3445	A B
C20	10	2551	B C
T10	6	2546	B C
C0	10	2363	C

Means that do not share a letter are significantly different.