

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

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



**EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE
QUITOSANO-GOMA GUAR-ACEITE DE CANELA-EXTRACTO DE
BETABEL SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE MANZANA
RED DELICIOUS**

Por:

JENNIFER GUAJARDO REYES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

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

**EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE
QUITOSANO-GOMA GUAR-ACEITE DE CANELA-EXTRACTO DE
BETABEL SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE MANZANA
RED DELICIOUS**

Por:

JENNIFER GUAJARDO REYES

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

La cual fue revisada y aprobada por:



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Director



Dr. Antonio Flores Naveda

Codirector

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE QUITOSANO-GOMA GUAR-ACEITE DE CANELA-EXTRACTO DE BETABEL SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE MANZANA RED DELICIOUS

Por:

JENNIFER GUAJARDO REYES

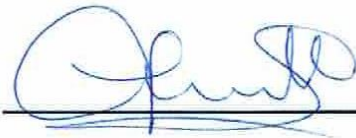
TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor Principal



Dr. Antonio Flores Naveda

Coasesor




Dr. Neymar Camposeco Montejo

Coasesor



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla



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



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE QUITOSANO-GOMA GUAR-ACEITE DE CANELA-EXTRACTO DE BETABEL SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE MANZANA RED DELICIOUS

Por:

JENNIFER GUAJARDO REYES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

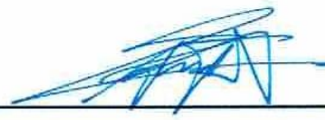
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO EXAMINADOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Presidente



Dr. Antonio Flores Naveda

Vocal



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por permitirme llegar hasta aquí, por poder concluir una meta más. Por la salud, sabiduría, paciencia y entendimiento que me brindo a lo largo de este trayecto. Guiándome con su luz.

Agradezco a mi familia por todo su apoyo incondicional, su motivación y ejemplo durante este trayecto.

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas y formarme con grandes conocimientos.

Agradezco infinitamente a la Doctora Xóchitl Ruelas Chacón por todas sus enseñanzas, por los consejos, por brindarme la oportunidad de poder trabajar este proyecto con ella. Por todas sus atenciones, por compartir sus experiencias, anécdotas y conocimientos durante este trayecto.

Agradezco a los asesores y jueces Dr. Antonio Flores Naveda, Neymar Camposeco Montejó y M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla por su valioso tiempo, sus aportaciones y su colaboración para finalizar en este importante proyecto.

A mis amigas que estuvieron presente en todo momento en este trayecto con su apoyo, sus risas, sus chistes para motivarnos hasta culminar el proyecto.

DEDICATORIA

A mis Padres

Arnulfo Guajardo Huerta y Rosa Angela Reyes Holguín por todo su apoyo incondicional, sus consejos, regaños, y sobre todo su ejemplo demostrándome que si se quiere algo, se puede tener luchando por ellos. Gracias por la educación que me brindaron que gracias a ello ahora soy esta persona. Gracias por inculcarme valores y sobre todo la enseñanza del estudio.

GRACIAS LOS AMO.

A mi hermana

Michelle Marilu Guajardo Reyes gracias por tu apoyo, tu motivación y por nunca dejarme sola. Eres demasiado importante te amo.

A mi team Guajardo

Faby, Angy , Karla, Yari, Mich, chicas gracias por su apoyo, por esas reuniones motivacionales, por brindarme su casa, por estar siempre cuando las necesito. Las quiero muchísimo.

A mi familia en general

A mis abuelitos, a mis abuelitas, tíos , tías, primos, sobrinos gracias por su apoyo que con una palabra, que nunca faltaban para motivarme.

A mi amiga

Michelle Santiago gracias por estar siempre desde el día uno, por ser equipo, por ser esa lucecita, por tus risas, por siempre estar ahí. Te quiero muchísimo.

A mi Jennifer

Por todo mi esfuerzo, dedicación, desvelos, por mis lloradas, por mis risas, por salir de casa para cumplir tus metas, por mi madurez y mi motivación. Me admiro.

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

La autora quien es la responsable directa, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

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

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

Pasante

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J Guajardo'.

Jennifer Guajardo Reyes

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	5
DEDICATORIA	6
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	14
CAPITULO I.....	16
1 INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Justificación.....	17
1.2 Hipótesis.....	18
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
CAPITULO II.....	20
2 REVISIÓN LITERARIA.....	20
2.1 Alimentos perecederos.....	20
2.2 Manzana.....	20
2.2.1 Tipos de manzana	21
2.2.2 Producción de manzana.....	21
2.2.3 Consumo de manzana	22
2.2.4 Postcosecha de la manzana	23
2.2.5 Perdida de manzana.....	23
2.2.6 Conservación de la manzana.....	24
2.3 Recubrimientos.....	25
2.3.1 Diferencia entre Recubrimientos Comestibles (RC) y Películas Comestibles (PR).....	25
2.3.2 Ventajas de los recubrimientos.....	25
2.3.3 Desventajas de los recubrimientos.....	26
2.3.4 Uso de PC y RC.....	26
2.3.5 Funciones de PC y RC	27
2.3.6 Propiedades de los recubrimientos	27
2.3.7 Elaboración de recubrimientos	28
2.3.8 Nuevos biopolímeros aplicados al desarrollo de PC Y RC.....	31

2.4	Quitosano	32
2.5	Goma guar	33
2.6	Aceites esenciales	34
2.6.1	Características generales.....	35
2.6.2	Composición	35
2.6.3	Obtención	36
2.7	Aceite de canela	36
2.7.1	Propiedades	36
2.8	Aceite de coco	37
2.8.1	Beneficios para la salud	37
2.9	Glicerol	37
2.9.1	Aplicaciones	38
2.10	Tween 80.....	38
2.11	Betabel	39
2.11.1	Beneficios del betabel	40
2.11.2	Producción de betabel.....	40
2.11.3	Desperdicios	41
2.12	Evaluación sensorial.....	41
2.12.1	Definición.....	41
2.12.2	Importancia de la evaluación sensorial	41
2.12.3	Campos de aplicación de la evaluación sensorial	42
2.12.4	Método de evaluación sensorial	42
2.12.5	Tipos de jueces.....	44
2.12.6	Criterios para escoger a los jueces	45
CAPITULO III.....		46
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1	Material y reactivos.....	46
3.1.1	Material vegetal.....	46
3.1.2	Reactivos.....	46
3.1.3	Material de laboratorio.....	47
3.1.4	Equipo de laboratorio	47
3.2	Metodología	48

3.2.1	Extracción de betabel	48
3.3	Formulaciones del recubrimiento.....	49
3.4	Aplicación del recubrimiento en manzanas Red Delicious	50
3.5	Evaluación parámetros de calidad postcosecha	51
3.5.1	Análisis de pérdida de peso	51
3.5.2	Determinación de color.....	51
3.5.3	Evaluación de firmeza	51
3.5.4	Análisis de sólidos solubles totales (SST)	51
3.5.5	Cálculos de acidez titulable.....	52
3.5.6	Obtención de Vitamina C	52
3.5.7	Evaluación de respiración	53
3.6	Análisis de componentes bioactivos y capacidad antioxidante	53
3.6.1	Polifenoles.....	53
3.6.2	Flavonoides.....	54
3.6.3	Capacidad antioxidante.....	54
3.7	Evaluación sensorial.....	54
Capítulo IV.	55
4	Resultados y Discusión.....	55
4.1	Parámetros de calidad Postcosecha.....	55
4.1.1	Peso.....	55
4.1.2	Color	56
4.1.3	Firmeza.....	58
4.1.4	Sólidos Solubles Totales	59
4.1.5	Acidez titulable.....	60
4.1.6	Vitamina C.....	61
4.1.7	Respiración	62
4.2	Componentes Bioactivos y capacidad antioxidante	63
4.2.1	Polifenoles.....	63
4.2.2	Flavonoides.....	64
4.2.3	Antocianinas.....	65
4.2.4	Actividad antioxidante.....	66
4.3	Evaluación sensorial.....	67

4.3.1	Apariencia Global.....	68
4.3.2	Color	68
4.3.3	Olor	69
4.3.4	Sabor	70
4.3.5	Aceptación Global.....	71
Capitulo V.	73
5	CONCLUSIONES.....	73
CAPÍTULO VI.	74
6	REFERENCIAS	74
ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Manzana Red Delicious	20
Figura 2. Estructura química de la Goma Guar	34
Figura 3. Estructura del glicerol.....	38
Figura 4. Betabel	40
Figura 5. Corteza de betabel	48
Figura 6. Ultrasonido.....	49
Figura 7. Aplicación de biopelículas.....	50
Figura 8. Medición de color.....	51
Figura 9. Titulación.....	52
Figura 10. Muestras y material para realizar evaluación sensorial.....	54
Figura 11. Porcentaje de la pérdida de peso.....	55
Figura 12. Análisis de medias de Luminosidad (L)	56
Figura 13. Análisis de varianza del parámetro a*	57
Figura 14. Análisis de varianza del parámetro b*	58
Figura 15. Análisis de varianza de la firmeza	59
Figura 16. Análisis de °Brix.....	60
Figura 17. Análisis de varianza de acidez titulable	61
Figura 18. Análisis de varianza de Vitamina C.....	62
Figura 19. Análisis de reparación.....	63
Figura 20. Análisis de Polifenoles mg GAE/100 g muestra	64
Figura 21. Análisis de Flavonoides mg ECT/100 g muestra.	65
Figura 22. Análisis de Antocianinas mg CAT/100 g muestra.	66
Figura 23. Análisis de Actividad Antioxidante $\mu\text{molTrolox/L}$	67
Figura 24. Comportamiento de la Aceptación Global	68
Figura 25. Comportamiento del parámetro Color.....	69
Figura 26. Comportamiento del parámetro olor.....	70
Figura 27. Comportamiento de parámetro Sabor.....	71
Figura 28. Comportamiento de Aceptación Global	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo anual por personas de frutas 2021	22
Cuadro 2. Producción y consumo de manzana.....	23
Cuadro 3. Estimación del desperdicio en alimentos escala mundial	24

RESUMEN

La postcosecha es una etapa del proceso agroindustrial desde el punto de cosecha del fruto hasta su consumo o su envejecimiento, sin embargo, algunos productos son perecederos, es decir tiene una corta vida de anaquel. Es el resultado de la alta tasa de respiración de los frutos después de la cosecha, además las condiciones de manejo, la temperatura y humedad relativa, lo que es el resultado de un ablandamiento en las paredes celulares y a su vez hace que del fruto un producto susceptible al daño mecánico y microbiológico. Dentro de diferentes técnicas utilizadas en los almacenamientos para los productos hortofrutícolas se encuentra el uso de bajas temperaturas, atmósferas controladas y atmósferas modificadas que ayudan a retardar el tiempo de maduración. Dentro de las alternativas para el almacenamiento de productos hortofrutícolas resalta el uso de recubrimientos comestibles elaborados a base de materiales renovables como lípidos, proteínas y polisacáridos.

Las tecnologías de conservación de los alimentos son esenciales para mantener una alimentación fundamental con conservaciones sanas y seguras a la hora de consumir. Las manzanas son frutos comestibles de forma redonda y de un sabor dulce sin embargo es una vida útil limitada a ser muy vulnerable a daños físicos y deterioro microbiológico por lo cual se realizó una investigación en recubrimientos comestibles (biopelículas) a base de quitosano-goma guar con extracto de betabel en una concentración de 15% (más aceite esencial de canela al 0.30%). Se realizó una evaluación durante 30 días, evaluando color, acidez titulable (AT), pérdida de peso, firmeza, vitamina C, sólidos solubles totales (SST), polifenoles, flavonoides, capacidad antioxidante y respiración realizando el muestreo cada 5 días.

Se realizó una evaluación sensorial a los tres tratamientos, empleando una prueba hedónica con la que se evaluó la apariencia global, el color, el sabor, y la aceptación global.

Se realizó un análisis estadístico por ANOVA donde se realizó un estudio de medias y una comparación por Fisher obteniendo con mejores resultados el tratamiento 3, se obtuvo mejor porcentaje en los °Brix, acidez titulable, vitamina C y respiración.

De acuerdo con los resultados de los componentes bioactivos también tuvo mejor porcentaje el tratamiento 3 obteniendo los mejores resultados sobre los demás tratamientos, es decir que el tratamiento 3 que consta de una manzana Red Delicious cubierta con una biopelícula, la cual contiene extracto de betabel, aceite de canela, goma xantana y quitosano.

En la evaluación sensorial los jueces dieron una tendencia de preferencia al tratamiento 3, obteniendo una mejor aceptación global, un color, olor y sabor mejor sobre los demás tratamientos. Y con mejores comentarios a su favor.

En cuestión el mejor tratamiento con el que se obtuvieron mejores resultados fue el tratamiento 3 el cual consistía en una biopelícula formada por quitosano, goma guar, aceite de canela y extracto de betabel.

Palabras claves: manzana Red Delicious, biorecubrimiento, vida de anaquel, evaluación sensorial, quitosano, goma guar, aceite de canela

Correos electrónicos: tesista Jennifer Guajardo Reyes jennyreyes08g@hotmail.com,
asesora principal Dra. Xochitl Ruelas Chacón xruelas@yahoo.com,
xochitl_ruelas@uaaan.edu.mx

CAPITULO I.

1 INTRODUCCIÓN

Gracias a los cambios en el estilo de vida de la gente se ha experimentado el aumento en el interés por el uso de material biodegradable que pueden ser utilizados para el desarrollo de recubrimientos comestibles debido a que cada vez es mayor la cantidad de residuos que se generan diariamente. A causa de esta problemática se desean desarrollar nuevas tecnologías que sean de ayuda hacia el medio ambiente. Los recubrimientos comestibles representan una buena solución de empaques que no perjudican al ambiente (García y col., 2011).

Aplicar recubrimientos comestibles en las frutas a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de estos que ayudan con la disminución del grado de respiración y pérdida de peso (Vázquez Briones y col., 2013).

Además de prolongar una vida útil durante más tiempo y de mantener la coloración más tiempo debido a que crean una barrera semipermeable a gases como O₂, CO₂, y vapor de agua. Esto retrasa el deterioro de la fruta (Vázquez Briones y col., 2013).

La aplicación de biopelículas es una tecnología que está ganando mayor importancia para conservar la calidad de las frutas ya que son un agente antimicrobiano natural que nos ayuda a mantener la seguridad alimentaria (Zamudio-Castellano, 2014)

Actualmente esta es una alternativa de gran investigación debido a la necesidad del consumo de alimentos más saludables como las frutas (Vázquez Briones y col., 2013).

Un recubrimiento comestible se define como una matriz transparente continua, comestible y delgada que se estructura alrededor de un alimento aplicado por inmersión de este en una solución formadora del recubrimiento con el fin de preservar la calidad (Fernández Valdés y col., 2015).

El uso de recubrimientos comestibles en frutas se basa en algunas características como costos, disponibilidad, atributos funcionales, su efecto frente a los gases,

resistencia estructural al agua y a microorganismos, así como su aceptabilidad sensorial (Vázquez Briones, 2013).

Los biopolímeros utilizados para los recubrimientos deben ser inocuos evitando causar daños a los consumidores. Las soluciones formadoras de recubrimientos comestibles pueden incluir polisacáridos, compuestos de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de estos mismos. Estos últimos permiten aprovechar las propiedades de cada compuesto y la colaboración entre ellos (Quintero, 2010).

Los polisacáridos derivados de celulosa, pectinas, derivados de almidón, quitosano y gomas, son capaces de construir una matriz estructural permitiendo obtener recubrimientos comestibles transparentes y homogéneos (Carrasco Brocal, 2019).

Las gomas son polisacáridos de alto peso molecular poseen propiedades coloidales, se dispersan en agua fría o caliente produciendo mezclas con alta viscosidad. El alginato obtenido de algas marinas tiene la capacidad de formar geles y soluciones viscosas a partir de las cuales forman recubrimientos bastante frágiles con poca resistencia al agua (Vázquez Briones y col., 2013).

El quitosano es un polímero natural derivado de la desnaturalización de la quitina, componente principal de las cosechas de los crustáceos, polisacárido catiónico de alto peso molecular que exhibe propiedades antibacterianas y actividad antifúngica (Djioua, 2010).

Es fundamental alargar la vida de anaquel de las hortalizas para tener una mayor reserva de estas para poder dar abasto y así poder contribuir a tener por más tiempo productos en buen estado, favoreciendo al ambiente y a la vez favoreciéndonos como consumidores.

1.1 Justificación

En la actualidad se puede observar como el encontrar desechos en cualquier lugar es muy común ya que no se tiene una responsabilidad o por no saber qué hacer con ellos. Es por ello que se han tratado de implementar acciones con las cuales se pueda ayudar a dar una segunda vida útil a los desechos y así tener un mayor control y a la vez beneficiarnos con sus aportaciones funcionales.

Es entonces donde se habla de la recuperación de compuestos funcionales (antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos entre otros), de subproductos de

desechos de la industria alimentaria, ya una vez extraídos pueden ser utilizados como aditivos o ingredientes para mejorar las propiedades de los alimentos.

Es por ello que los extractos recuperados son añadidos a recubrimientos comestibles que ayudan a alargar la vida de anaquel de las frutas y vegetales. Por qué benefician tanto la parte externa como interna ya que a beneficiaran al producto con sus propiedades (Beléndez-Pascual y col., 2017).

Dado lo anterior planteamos la siguiente hipótesis.

1.2 Hipótesis

Ho: El recubrimiento de quitosano-goma guar-aceite de canela, ayuda a que la manzana Red Delicious mantenga las propiedades de calidad postcosecha por mayor tiempo, y al añadir el extracto de residuos de betabel al recubrimiento le da un aporte funcional.

Ha: El recubrimiento de quitosano-goma guar-aceite de canela, ayuda a que la manzana Red Delicious mantenga las propiedades de calidad postcosecha por mayor tiempo, y al añadir el extracto de residuos de betabel al recubrimiento no le aporta funcionalidad.

Para poder aceptar y comprobar cuál de las siguientes hipótesis es la significativa, se han planteado los siguientes objetivos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Investigar el efecto de la biopelícula a base de quitosano-goma guar-extracto de betabel y con aceite de canela sobre las características de calidad postcosecha de la manzana Red Delicious.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir la técnica de extracción de los residuos de betabel de los comportamientos bioactivos y antioxidantes mediante el método de agitación-calentamiento y ultrasonido.

- Establecer la metodología de elaboración de las formulaciones, y evaluar propiedades o parámetros de las formulaciones desarrolladas para seleccionar la formulación con mejores propiedades fisicoquímicas.
- Definir la mejor formulación para ser aplicada en la matriz alimentaria que será la manzana Red Delicious.
- Evaluar los parámetros de calidad (fisicoquímicos, funcionales, antioxidantes y sensoriales) y vida de anaquel de la manzana Red Delicious durante 30 días (muestreando cada 5 días) a temperatura ambiente.

CAPITULO II.

2 REVISIÓN LITERARIA

2.1 Alimentos perecederos

La perecibilidad es el tiempo en que tarda un alimento en comenzar a desgastarse perdiendo sus propiedades nutrimentales, o también conocido como caducidad (Ayuntamiento Jaén, 2023).

Los alimentos perecederos son aquellos que tiene una duración corta y se descomponen rápidamente influenciados por diversos factores como la temperatura, humedad y presión a la que son sometidos durante su comercialización, transporte y almacenamiento (Rina, 2021).

Con el paso de los días, las proteínas y vitaminas que contienen los alimentos se comienzan a perder, cuando factores como la luz, humedad, temperatura y sequedad hacen su efecto (Rina, 2021).

2.2 Manzana

Es una fruta pomácea de forma redonda y sabor dulce, se da en el manzano, árbol de la familia de las rosáceas, esta familia incluye más de 2000 especies de plantas distribuidas en todo el mundo (Fig. 1).

Hablando del punto de vista natural la manzana es una de las frutas más completas y enriquecidas en la dieta. Un 85% de su composición es agua, por lo que resulta muy refrescante e hidratante, en los azúcares en mayor cantidad la fructuosa y en menor cantidad la glucosa y sacarosa, de rápida asimilación en el organismo. Es rica en fibra, que mejora el tránsito intestinal. Contiene vitamina E, vitamina C y aporta cantidades importantes de flavonoides (Colaboradores de Wikipedia, 2022).



Figura 1. Manzana Red Delicious

2.2.1 Tipos de manzana

En el mercado existen diferentes tipos de manzana y con diferentes usos algunos de ellos

Manzana Fuji: proviene de dos cruces de dos variedades estadounidenses Ralls Genet y Red Delicious, su color varío entre rojo y rosa, su sabor es dulce, textura jugosa y crujiente. Es perfecta para comer cruda por su sabor dulce.

Manzana Gala o Royal Gala: su nombre viene de la realeza y este puesto en honor a la Reina Isabel II de Inglaterra, tiene una piel brillante a rayas rojas-anaranjadas sobre una base de color amarillenta, su forma es redonda con textura crujiente, jugosa y sabrosa.

Manzana Golden: tiene un piel brillante y dorada, destaca por su sabor ácido desaparece cuando madura. Es crujiente, es buena para elaborar hartas y biscochos.

Manzana Red Delicious: es bastante grande con un color rojo intenso de piel brillante, un dulzor medio, aromática y una carne jugosa. Se utiliza para ensaladas

Manzana Pink Lady: el color es rosado con tono amarillo verdoso, su sabor es ácido y textura dura y crujiente, es utilizada para ensaladas y cocinar.

Manzana Granny Smith: es de color rojo sobre fondo verde. Sabor muy ácido y textura dura y crujiente. Su pulpa es verdosa, muy densa y crujiente (Vázquez, 2023).

2.2.2 Producción de manzana

La producción de manzana en México alcanzo un volumen de 714mil 203.20 toneladas en 2020, estimando que se podría registrar un crecimiento de hasta el 14% en el cierre del ciclo agrícola 2021, así lo menciona la secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. La dependencia federal señalo que la producción de este fruto es considerada de mayor consumo mundial aumentando una tasa anual del 8.4% (De Agricultura y Desarrollo Rural, S. 2021b).

Los principales estados productores son Chihuahua con un volumen de 594 mil, 711 toneladas, Coahuila con 44 mil 748 toneladas y Puebla con una producción de 34 mil 454 toneladas (De Agricultura y Desarrollo Rural, S. 2021a).

Son diez variedades de manzanas las que se producen en territorio nacional, de las cuales se destacan por su numerosa cosecha:

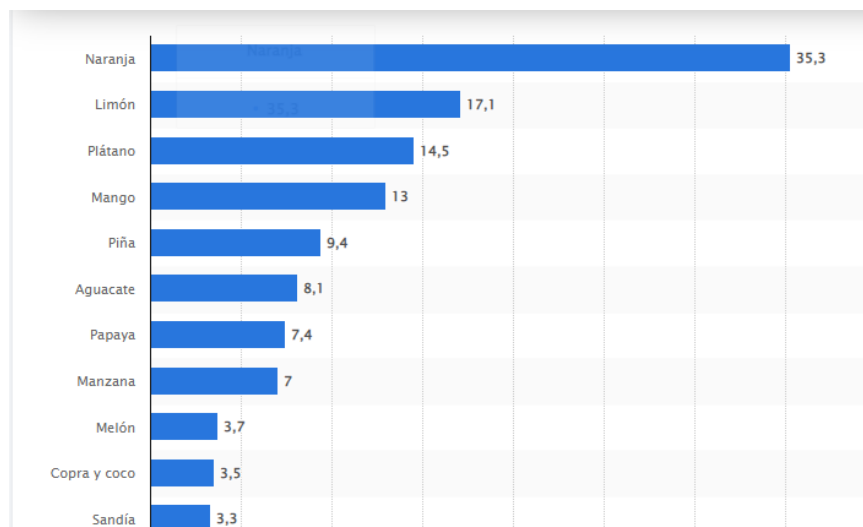
- Golden Delicious se producen 456 mil toneladas
- Red Delicious con una producción de más de 214 mil toneladas
- Manzana Criolla con 37 mil toneladas

Además, se producen manzana Anna, manzana Gala, manzana Red Chef, manzana Rome Beauty, manzana Starking, manzana Starking Delicious y manzana Top Red (De Agricultura y Desarrollo Rural, S. 2021a).

2.2.3 Consumo de manzana

En promedio, los mexicanos comemos 8 kilos de manzana por año (Cuadro 1) y se hace generalmente cruda, pero también cocinada en postre, jugos, néctares, vinagre, deshidratada y licores (De Agricultura y Desarrollo Rural, S. 2021a)

Cuadro 1. Consumo anual por personas de frutas 2021



Fuente: Statista, 2023

La producción de manzana a nivel nacional, así como el consumo se puede estimar considerando el crecimiento acumulado, dando valores importantes a nivel económico (cuadro 2).

Cuadro 2. Producción y consumo de manzana

AÑO/PERIODO	ESTIMACIONES**				CRECIMIENTO ACUMULADO**				CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL**	
	2016	2018	2024	2030	2003-2016	2016-2018	2016-2024	2016-2030	2003-2016	2016-2030
Producción potencial*** (miles de toneladas)	716.93	758.33	882.53	1,006.73	44.77%	5.77%	16.38%	40.42%	2.89%	2.45%
Consumo nacional (miles de toneladas)	927.95	950.28	1,020.52	1,095.95	37.27%	2.41%	7.39%	18.10%	2.47%	1.20%

Fuente: Planeación Agrícola Nacional 2017–2030.

En cuanto a variedades las manzanas más consumidas por los mexicanos son Red Delicious y la Gala, las cuales abarcan el 70% de preferencia de los compradores (Garduño, 2020).

2.2.4 Postcosecha de la manzana

La postcosecha es el proceso que sigue la fruta desde la cosecha hasta la llegada a los consumidores o el mercado.

El procesamiento con la selección y embalaje es muy importante es muy importante para llegar al mercado con fruta de calidad y bien presentada. La presentación puede significar la mitad del precio del producto. La primera vez la gente compra por la presentación y vuelve por la calidad del fruto (Gutiérrez Rico, 2017).

Gran parte el cultivo de manzana está destinado al frigo conservación para garantizar así un suministro continuó durante todo un año. Sin embargo, la conservación de la manzana en postcosecha está condicionada por diferentes factores que pueden causar mermas. Los principales problemas que se pueden dar en la post-recolección son:

- Pérdida de peso por deshidratación
- Perdida causada por diferentes enfermedades
- Perdidas a consecuencias de fisuras

Por eso se realizan diferentes tratamientos para alargar la vida comercial de las manzanas como fungicidas, ceras, recubrimientos entre otras soluciones como desinfectantes o productos pre-cosecha (Decco, 2018).

2.2.5 Pérdida de manzana

Se estima un desperdicio de alimentos de 931 millones de toneladas, obteniendo un 61% de hogares, 26% de servicios de alimentos y 13% de comercio minorista

(supermercados o pequeños almacenes) (Cuadro 3), de acuerdo a lo publicado en PNUMA (2019).

Cuadro 3. Estimación del desperdicio en alimentos escala mundial

Estimaciones del desperdicio de alimentos a escala mundial, por sector		
Sector	Promedio mundial del desperdicio de alimentos (kg/cápita/año)	Total de 2019 (millones de toneladas)
Hogares	74	569 (61%)
Servicios de alimentación	32	244 (26%)
Venta al por menor	15	118 (13%)
Total	121	931

Fuente: Gobierno de México, 2022.

Las causas generales que generan esta descomposición y desecho de alimentos son las siguientes:

- Deterioro de alimentos
- Preparación excesiva
- Mala planeación
- Confusión en la etiqueta de fecha
- Compra excesiva

En México se desperdician más de 10 mil toneladas de alimentos al año, según una metodología sólida que se desglosa de la siguiente manera:

24% de frijol, 46% de arroz, 37% de leche, 39% de carne de pollo, 40% de carne de cerdo, 54% de mariscos y pescado, entre frutas y verduras tenemos como un 54% de aguacate, 28.8% de jitomate, 32% de la cebolla, 41% de melón, 54% de mango y 49% de manzana (Aguilar-Durán, 2020).

2.2.6 Conservación de la manzana

Como sabe la manzana es un fruto demasiado consumible, es por eso que nunca falta en los hogares de las familias algunas recomendaciones para consérvalas e en buen estado son: mantenerlas en refrigeración en una bolsa separadas de más

frutas y vegetales, envolver en periódico, humectar con aceite de oliva virgen, otras formas de conservar es convertirlas en un producto como jugo, mermelada o en conserva (Aguilar Funes, 2021).

En la actualidad ya se ha buscado conservar las manzanas desde la postcosecha por medio de películas comestibles como recubrimientos que las protejan desde factores externos que incrementan su rápido deterioro (Tech, 2019).

2.3 Recubrimientos

Los recubrimientos son productos elaborados de material polimérico comestible que se aplican a frutas y hortalizas para retrasar el proceso de senescencia y puedan ser consumidos junto con el alimento, además pueden proporcionar esterilidad superficial y prevenir pérdida de otros componentes ayudando a mejorar su aspecto con una mejor apariencia para ser aceptable por el consumidor (Mora Palma y col. 2021).

2.3.1 Diferencia entre Recubrimientos Comestibles (RC) y Películas Comestibles (PR)

Un recubrimiento comestible (RC) es definido como una capa delgada de material comestible formado como una envoltura sobre el alimento, mientras que la película comestible (PR) es una capa preformada y delgada elaborada con material comestible la cual una vez elaborada puede ser colocada sobre el alimento (Vázquez Briones y col., 2013).

2.3.2 Ventajas de los recubrimientos

Las ventajas del uso de recubrimientos comestibles en la protección y conservación de frutas, por ejemplo: crean una atmósfera modificada entre la película y la superficie de estas, prolongan la degradación de pigmentos debido a la ausencia de CO₂ y como consecuencia el desarrollo de colores indeseables (Pérez Guzmán y col.,1999). Los recubrimientos forman una barrera en la superficie del fruto, modificando la composición gaseosa interna, lo cual disminuye la tasa de respiración y por lo tanto, prolongan la vida postcosecha del producto (Pérez y Báez, 2019), son biodegradables por lo que reducen el impacto al medio ambiente, los biopolímeros utilizados en las formulaciones pueden ser acarreadores de diferentes aditivos, tales como antimicrobianos, antioxidantes, nutraceuticos y agentes

aromatizantes obtenidos de productos naturales (Campos, 2011), proporcionan a la fruta mayor estabilidad durante el transporte y almacenamiento, pueden ser consumidos con la fruta ya que se elaboran utilizando materiales considerados GRAS, controlan el desarrollo microbiano, cambios fisiológicos y fisicoquímicos extendiendo la vida útil del fruto entero o con un mínimo de procesamiento (Vázquez Briones y col., 2013).

2.3.3 Desventajas de los recubrimientos

Algunas desventajas que se presentan en los recubrimientos comestibles son: el espesor, cuando es muy grueso, puede llevar al desarrollo de sabores desagradables (Silva, Lins, Cabrini, Brasileiro y Salomão, 2012); la modificación de la atmósfera interna del fruto, la cual puede incrementar desórdenes asociados con una alta concentración de CO₂ o una baja de O₂, afectando parámetros sensoriales en la fruta. Además, pueden inducir indirectamente cambios del sabor de la fruta debido al retraso de la maduración. otra desventaja es el grosor de los recubrimientos restringiendo el intercambio de gases (Vázquez Briones y col., 2014).

Algunas desventajas se destacan las limitaciones técnicas durante su procesamiento, una vida útil más corta del material y una menor resistencia a ciertos factores ambientales, además en algunos recubrimientos puede tener altos costos de producción, ya que los procesos y las tecnologías de fabricación no están optimizadas completamente (López, 2023).

2.3.4 Uso de PC y RC

El uso en aplicaciones alimentarias y en especial en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como el costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrero frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz

estructural, condiciones bajo las cuales se preforman las películas y el tipo y concentración de aditivos (Quintero, Falguera, Muñoz, Aldemar, 2010).

2.3.5 Funciones de PC y RC

Las PC y RC pueden emplearse como barrera de gases y vapor de agua para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento como es el caso en el recubrimiento de frutas y hortalizas frescas, en donde la función primordial es la de restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente y reducir la absorción del oxígeno por la fruta para disminuir la tasa de la actividad respiratoria (Bósquez Molina y col., 2005).

2.3.6 Propiedades de los recubrimientos

Las propiedades que presentará el recubrimiento comestible dependerán del tipo de material utilizado en la formulación de la solución para elaborar el recubrimiento, de las condiciones de formación del recubrimiento, del tipo de plastificante, de la naturaleza del disolvente, de la velocidad de evaporación del disolvente y de su espesor. En la mayoría de los casos la efectividad depende fundamentalmente de la permeabilidad al vapor de agua ya los gases, así como a sus adecuadas propiedades mecánicas, biodegradables, no son tóxicos y son amigables con el ambiente (Vázquez Briones y col., 2017).

Algunas propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos son la barrera de gases, esta depende de las condiciones de humedad relativa que rodea al recubrimiento el cual busca controlar el intercambio de O_2 , CO_2 y vapor del agua. La permeabilidad al vapor de agua es otra propiedad esta es una medida de la facilidad con la que el vapor de agua puede penetrar en un material. La barrera contra la luz, pérdida de color y opacidad es otra propiedad importante, esta está relacionada con el color y la opacidad es decir el brillo es una característica deseable el cual buscan obtener un equilibrio entre la calidad sensorial y nutrimental para ayudar a esto se han utilizado extractos de plantas que dan color y opacidad a los recubrimientos los cuales actúan como barrera de luz. Otra propiedad es la resistencia a la tensión, elongación y al rompimiento, esta está relacionada con la estructura química del recubrimiento la resistencia a la tensión es la máxima

resistencia al estiramiento mientras que la elongación al rompimiento (Solando Doblado y col., 2020).

2.3.7 Elaboración de recubrimientos

Los recubrimientos comestibles pueden ser elaborados por una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o combinados para aprovechar las ventajas de cada grupo (Mora y col., 2021).

2.3.7.1 Polisacáridos

Los polisacáridos son cadenas largas lineales o ramificadas formadas por unidades glucosídicas, además poseen grupos de hidroxilos. Los polisacáridos tienen excelentes propiedades de barrera de oxígeno, tiene como desventaja que son hidrofílicos y por lo tanto constituyen a una pobre barrera a la pérdida de humedad, son incoloros, tienen una apariencia libre de grasa y un contenido calórico menor. Estos compuestos no son tóxicos y se encuentran ampliamente distribuidos, utilizados en la industria alimentaria. Dentro de los polímeros más utilizados son pectinas, celulosa y derivados, el alginato, quitosano, dextrina y las gomas entre otros (Mora y col., 2021).

2.3.7.2 Ejemplos de polisacáridos

Existen diversos polisacáridos que poseen características relevantes que hacen posible su utilidad como base para la elaboración de películas y/o recubrimientos, dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes:

Celulosa: polisacárido que forman recubrimientos mecánicamente resistentes debido a su estructura lineal, son flexibles, totalmente transparentes, sólidas y resistente a los aceites y a la mayoría de los solventes no polares. Se emplean para controlar la difusión de O₂ y CO₂, a fin de retrasar el proceso de maduración en frutas y vegetales (Parzanese, 2022).

La celulosa es un polisacárido formado por glucosas unidad por enlaces de tipo β (1,4), tiene un grado de polimerización elevado (Battaner Arias, 2020).

Es el polisacárido de los vegetales con los que constituye la pared celular, la materia orgánica de la biosfera es celulosa. Es un polímero lineal de celobiosa, sus glucosas

se unen en puentes de hidrogeno dando microfibrillas que se unen para dar fibras visibles (Aula Virtual de Biología , 2021).

Almidón: estos son ricos en amilosa que forma recubrimientos con propiedades mecánicas adecuadas, ya que son polímeros biodegradables, comestibles y sus fuentes son abundantes, renovables y de bajo costo. Su funcionalidad es principalmente servir como barrera al O₂ y a los lípidos, también como mejorar la textura, sin embargo, debido al proceso de retrogradación puede ser afectada esta propiedad (Ramos-García, 2018).

El almidón es un polisacárido de reserva de la mayoría de las plantas se encuentra ampliamente en la naturaleza y se usa comúnmente como hidrocoloide alimentario, esto se debe a la amplia gama de propiedades funcionales que puede proporcionar en sus formas naturales y modificadas y en parte debido a sus bajos costos en relación con las alternativas. Se puede obtener de diferentes restos de cosecha e industrialización de materias primas. Los almidones son polímeros que se encuentran naturalmente en una variedad de fuentes botánicas, como cebada, trigo, guisantes, arroz, papas y tapioca (Escobar Guadarrama, 2020).

Es un polisacárido de reserva de vegetales, es un polímero de glucosa formado por dos tipos de moleculares amilosa y amilopectina. Se encuentra en semilla, legumbre y cereales, patatas y frutos (bellotas y castañas) (Moca, 2021).

Gomas: son polisacáridos de alto peso molecular, poseen propiedades coloidales, se dispersan en agua fría o caliente produciendo soluciones o mezclas con alta viscosidad (Vázquez Briones & Guerrero Beltrán, 2013).

Alginato: este es obtenido de algas marinas. Tienen la capacidad de formar geles y soluciones viscosas (Vázquez Briones, 2013).

Los alginatos, aislados de algas pardas, son sales de ácido algínico, un copolímero lineal de monómeros de ácido D-manurónico y L-gulurónico, dispuestos en un patrón de bloques a lo largo de la cadena, con regiones homopoliméricas de ácido manurónico y residuos de ácido gulurónico intercalados con regiones de secuencias alternas. Las películas se pueden formar evaporando agua de un gel alginato o mediante un procedimiento de dos pasos que implica el secado de la solución de

alginato seguido del tratamiento con una solución de sal de calcio para inducir la reticulación (Mederos Torres y col., 2020).

Carragenina: son polisacáridos naturales presentes en algas rojas como *Chondurus* y *Gigarina*, se obtiene películas transparentes incoloras, viscosos o geles medios acuosos, con un ligero sabor salado, por lo que ha sido estudiadas en el área de alimentos como recubrimientos comestibles mezclándolas con compuestos que inhiben el pardeamiento enzimático presentando una barrera semipermeable contra el aire para controlar la tasa de respiración inicial en frutas mínimamente procesadas (Mederos Torres y col., 2020).

2.3.7.3 Proteínas

Las proteínas proveen una barrera de gases como el O₂ y el CO₂, pero con una barrera más débil al vapor de agua, tienen una gran susceptibilidad a los cambios de pH, tienen buena adherencia y pueden proporcionar un valor nutricional adicional (Mora y col., 2021).

La capacidad de diferentes proteínas para formar recubrimientos depende de su peso molecular, conformaciones, propiedades eléctricas y estabilidad térmica. Las proteínas de leche son la fuente más común para obtener recubrimientos (León Leyva, 2018).

Los recubrimientos comestibles a base de proteínas combinados con otros ingredientes pueden mejorar para preservar la calidad del producto recubierto.

Las proteínas utilizadas para la formación de películas y recubrimientos son derivadas de diferentes fuentes de animales y plantas, tales como tejidos de animales, leche, huevo, granos y oleaginosas). Las proteínas más comunes para elaborar PC y RC son caseínas, colágeno, gelatina (gernetina), proteínas de leche y derivadas de cereales, entre otras (Mora Palma y col, 2021).

2.3.7.4 Lípidos

Los lípidos son eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad y presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua. Son más frágiles y gruesos debido a su hidrofobicidad. Los lípidos mezclados con proteínas y polisacáridos producen recubrimientos con mayor resistencia mecánica y de

barrera, además pueden dar mayor permeabilidad a la humedad en comparación a las elaboradas con puros lípidos (Mora y col., 2021).

2.3.8 Nuevos biopolímeros aplicados al desarrollo de PC Y RC.

2.3.8.1 Quitosano

Es un biopolímero que ofrece un amplio potencial que puede ser aplicado a la industria alimentaria debido a sus propiedades fisicoquímicas particulares, tales como biodegradabilidad, biocompatibilidad con, los tejidos humanos, el no ser tóxico y sus propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Además, se han evaluado y cuantificado sus propiedades mecánicas, térmicas y de permeabilidad a los gases (O₂, CO₂) (Quintero y col., 2010).

2.3.8.2 Goma policaju

A partir de la goma exudada del árbol de marañón (*Anacardium occidentale* L.) se han generado nuevas matrices de recubrimientos y películas comestibles a base de goma policaju. Estas han sido en cuenta su opacidad, fuerza tensil, porcentaje de elongación a la rotura y permeabilidad al vapor de agua. Además, propiedades tales como humectabilidad y tensión superficial fueron cuantificadas mediante su uso como recubrimiento en manzanas cv. Golden. Como resultados se pudo determinar que concentraciones menores a 1.5% w/v de goma policaju crearían películas frágiles, la adición de Tween 80, aditivo que cumple funciones como surfactante, redujo las fuerzas de cohesión por lo tanto se disminuyó la tensión superficial, aumentando la humectabilidad de la solución de recubrimientos y mejorando de ese modo la compatibilidad de RC con la superficie de la fruta. Se han obtenido resultados de los recubrimientos comestibles a base de goma polijacu que actúan como una barrera frente al transporte de masa al reducir la pérdida de peso (Rodríguez-Guillermo, 2019).

2.3.8.3 Galactomananos

Son hidrocoloides que generan intereses por su capacidad para estructurar matrices. Se encuentran almacenados como polisacáridos de reserva, son extraídos de semillas, y su estructura polimérica se encuentra influenciada principalmente por la proporción de unidades de manosa/galactosa y la distribución de los residuos de galactosa en la cadena principal. Diferentes proporciones de

galactomananos, colágeno y glicerol fueron preparados y puestos a prueba con el fin de diseñar posibles mezclas con un alto grado de humectabilidad, es decir que tengan la capacidad de adherirse y distribuirse homogénea y fácilmente en frutos de mango y manzana recubiertos. Según estudios se pudo determinar que las mejores mezclas para mango y manzana son: 0.5% de galactomanano de *Apavoninva*, 1.5% de colágeno sin adición de glicerol. Un menor consumo (28%) de O₂ y menos producción de CO₂ fue aproximadamente un 50 % más bajo en presencia del RC. Estos resultados sugieren que los recubrimientos compuestos a base de galactomananos pueden reducir la transferencia de gases y de esta manera llegar a convertirse en útiles herramientas para extender el periodo de vida de dichas frutas (Quintero y col., 2010).

2.3.8.4 Aloe vera

El gel extraído de la pulpa de *Aloe barbandenesis Miller* ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento, su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee, 2000) y el hecho de que genera 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos, a concentraciones de gel a 250 ml/L (Quintero y col., 2010).

El Aloe vera es una de las 250 especies de aloe conocida en el mundo que habita principalmente en zonas desérticas o semidesérticas donde se da un clima más adecuado para su crecimiento. Está formada por un grupo de hojas que parten de un tronco y del que salen ocasionalmente dos o tres veces al año, un tallo con flores amarillas (Staff- Imagen global, 2021).

Aloe vera es una xerofita con metabolismo de crasuláceas (MAC), se ha señalado como una planta tolerante a la salinidad, además se encontró que su metabolismo del nitrógeno no se ve afectado en plantas irrigadas con agua de mar (García Rodríguez y col., 2014).

2.4 Quitosano

Es un biopolímero natural que se obtiene de la quitina, sustancia que se encuentra en los caparazones de todos los crustáceos (jaibas, langostas, camarones, y calamares).

Está compuesto de cadenas distribuidas aleatoriamente de β -(1-4) D-glucosamina (unidades deacetiladas) y N-acetil-D-glucosamina 5 (unidad acetil atada).

Es un adhesivo biocompatible y biodegradable, las cualidades de los quitosanos están disponibles en aplicaciones biomédicas, no es de esperar que dañe al organismo ni animales (Romero-Serrano, 2020).

Sus principales aplicaciones son:

Agricultura: recubrimiento de semillas de quitosano para su conservación en almacenamiento, agentes bactericidas y fungicidas para la protección de plántulas.

Medicina: producción de suturas quirúrgicas, producción de gasas y vendajes, cremas bactericidas para el tratamiento de quemaduras.

Cosméticos: fabricación de capsulas para adelgazar, aditivo bacteriano en jabones, cremas para la piel (Lozano Navarro, 2012).

2.5 Goma guar

Es una fibra comestible y soluble que se obtiene por prensado de las semillas de la planta leguminosa *Cyamopsis tetragonoloba*, originaria del continente asiático. Es utilizada en la industria alimentaria como agente espesante natural y gelificante, además conserva los sabores del alimento, mejora la sensación del producto en la boca y permite que se pueda congelar y descongelar con éxito (Castellar, 2017).

La goma guar es un polvo fino y blanco que se obtiene a partir de las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonoloba* o guar, perteneciente a la categoría de las leguminosas y se encuentra principalmente en regiones como India o Pakistán. Respecto a la planta, esta tiene un tallo leñoso que pueden alcanzar hasta 1.5 metros de altura, así como flores de color morado o rosa claro. Por otro lado, la goma guar en cuestión se obtiene a partir de las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonoloba*, que son trituradas hasta conseguir un polvo grueso (Sánchez, 2022). Este producto finalmente es utilizado como agente espesante y estabilizante en una amplia variedad de alimentos desde hace años en la industria alimentaria (Sánchez, 2022).

Ha sido un polisacárido con amplias aplicaciones industriales, debido a su capacidad para formar puentes de hidrogeno con agua, lo que lo hace posible la formación de hidrogeles (Castañeda Ovando y col., 2019). En alimentos se utiliza a

bajas concentraciones ya que presenta una alta viscosidad, lo que limita su uso en productos más fluidos (Roberts, 2011). La goma guar forma parte de la fibra dietética, por lo que se ha reportado que tiene muchos beneficios en la salud, sobre todo en el control de diabetes, movimientos intestinales, problemas cardiacos y cáncer de colon (Castañeda Ovando y col., 2019).

La goma guar, al ser una estructura polimérica de carácter no iónica (Fig. 2) es compatible con otros sistemas coloidales, específicamente con hidrocoloides de tipo vegetal como los alginatos, pectinas, gomas tragacanto, goma arábiga, carragenatos, algunos ácidos urónicos, derivados de la celulosa e incluso con almidones modificados, almidones crudos, proteínas hidrosolubles. En las distintas aplicaciones en la industria de alimentos se encuentra en forma solitaria en el sistema donde hará efecto, pero también puede ir acompañada de las sustancias antes mencionadas para mejorar la funcionalidad de ambas partes y poseer una mayor estabilidad (Castañeda Ovando y col., 2019).

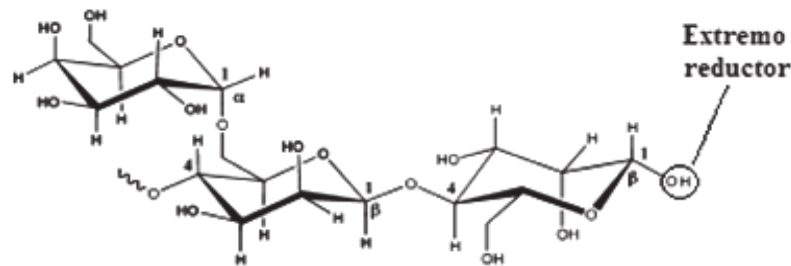


Figura 2. Estructura química de la Goma Guar
Fuente: Modificada de Harris y Sabhapondit, 2009

2.6 Aceites esenciales

Son una mezcla compleja de sustancias aromáticas responsables de fragancias. Poseen numerosas acciones farmacológicas porque lo constituyen la base de la aromaterapia, pero además son ampliamente utilizados en perfumería y cosmética, en la industria farmacéutica y en la industria de la alimentación, licorería y confitería (López Luegon, 2008).

Se declara un interés en la aplicación de aceites esenciales para el control de patógenos pre y pos cosecha se ha incrementado en los últimos años recientes

debido a que poseen características especiales y presentan un gran potencial en la conservación de alimentos. Los aceites esenciales son líquidos aceitosos aromáticos producidos en determinadas partes de las plantas (flores, tallos, raíces, hojas, frutos y semillas), proporcionando su aroma característico (Chasiloa Suarez, 2019).

Son intensamente aromáticos, no grasos y volátiles, han sido evaluados por su capacidad antifúngica y algunos de los componentes terpénicos responsables de esta actividad han sido identificados, entre ellos destacan el carvacrol, el p-anisaldehído, la carvona, el eugenol o la d-limolina. La actividad antifúngica de los aceites esenciales ya está documentada y comprobada (Oregel Zamudio, 2013).

En los estudios realizados han demostrado que los aceites esenciales presentan actividad fungicida contra un amplio intervalo de patógenos en la postcosecha. Una característica importante de los aceites esenciales es su hidrofobicidad, característica que permite unirse a los lípidos de la membrana celular desestabilizando su estructura y aumentando su permeabilidad, generando la salida de iones, metabolitos y demás moléculas que pueden conllevar la muerte de los microorganismos (Chasiloa Suarez, 2019).

2.6.1 Características generales

- Constituyen del 0,1 al 1% del peso seco de la planta
- Son líquidos con escasa solubilidad al agua, solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos.
- Cuando están frescos, a temperatura ambiente, son incoloros ya que al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento oscuro.
- La mayoría de los aceites son muy densos que con el agua y con un alto índice de refracción.

2.6.2 Composición

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles producto del metabolismo secundario de las plantas en cuya composición se encuentran los terpenos, sesquiterpenos y posiblemente diterpenos los cuales a su vez contiene

diferentes grupos de hidrocarburos, ácidos, alcoholes, aldehídos, ésteres, éteres y cetonas (Chasiloa Suarez, 2019).

2.6.3 Obtención

Se obtienen a partir de las plantas que los producen, normalmente plantas aromáticas o especias, mediante diferentes tecnologías de extracción. Algunos métodos de extracción de aceites esenciales es la destilación por arrastre de vapores es el método industrial más utilizado, le siguen la extracción de disolventes, la extracción por fluidos supercríticos y por el medio del uso de microondas a pesar de los métodos convencionales requieren de tiempos de extracción prolongados; mientras que los métodos alternativos (fluidos supercríticos y uso de microondas) no solo requieren menos tiempo sino que también consumen energía pero un costo más elevado (Chasiloa Suarez, 2019).

2.7 Aceite de canela

Es una sustancia aceitosa extraído de la corteza y hojas del árbol, que contiene todos los principios activos de la planta (Gutiérrez, 2018).

Con su aroma dulce y picante, es un gran aceite para el difusor e incluso puede ayudar a repeler insectos de forma natural. Junto con sus usos y beneficios internos y externos, el aceite esencial de canela se ha utilizado durante mucho tiempo por su capacidad para mejorar el sabor de bebidas, panes, postres y platos principales (Druni.blog, 2023).

2.7.1 Propiedades

Existen muchas propiedades dentro de la canela, las cuales hacen que sea más beneficiosa y relevante, como se presentan a continuación:

Anti-infeccioso: ayuda a luchar contra las infecciones intestinales, urinarias, bucales, cutáneas, incluso tropicales.

Antiviral, antifúngico y antibacteriano: sus principios activos son capaces de eliminar una amplia variedad de patógenos.

Antiséptico del ambiente: usado en difusión, ayuda a mantener un entorno de libre de patógenos.

Antiparasitario: útil en la erradicación de parásitos intestinales.

2.8 Aceite de coco

Es un aceite comestible extraído de la semilla de cocos maduros, recolectados de las palmas de coco. Podemos encontrar un aceite refinado, blanqueado y desodorizado (usado en la industria alimentaria), y también se puede encontrar como virgen extra (Cuídate plus, 2021).

Es un aceite vegetal con un alto contenido en grasa saturada, es lento para oxidarse, resistente para enranciamiento, con una duración de hasta seis meses a una temperatura de 24°C (Cuídate plus, 2021).

2.8.1 Beneficios para la salud

Los mayores beneficios son los que dan la relevancia al aceite de coco, a continuación, se mencionan algunos de ellos.

- Fortalece al sistema inmune
- Mejora los niveles de colesterol
- Favorece la digestión y la circulación intestinal
- Cuidado del pelo
- Cuidado de la piel
- Ayuda a la salud del cerebro
- Promueve la salud dental

(Funes, 2021)

2.9 Glicerol

El glicerol también es conocido como glicerina, es un compuesto alcohólico con tres grupos hidroxilo (Fig. 3) Es un compuesto orgánico, líquido incoloro y de sabor dulce. Tiene la propiedad de ser altamente higroscópico, es decir, absorbe agua fácilmente del ambiente. Tiene un punto de ebullición alto, es resistente a la congelación, pero se cristaliza a baja temperatura. Es muy soluble en agua y en alcohol, pero insoluble en solventes orgánicos.

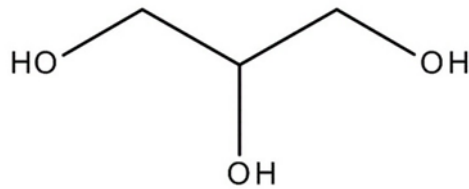


Figura 3. Estructura del glicerol

Fuente: Merck KGaA, 2023.

2.9.1 Aplicaciones

El glicerol es un compuesto no tóxico por lo que puede usarse en la industria cosmética, por tener propiedades suavizantes y humectantes, es un excelente disolvente en productos cosméticos para el cuidado de la piel y el cabello.

Se usa en lubricantes para la maquinaria para la extracción del petróleo por su inocuidad se usa para lubricación de maquinaria en la industria alimentaria. El glicerol es de alta pureza y en la cantidad adecuada puede agregarse como ingrediente en la formulación de alimentos procesados como emulsionante. En la industria farmacéutica es usado como excipiente en medicamentos como: jarabes, grajeas, capsulas, supositorios, entre otros (Grupo Pochteca, 2014).

2.10 Tween 80

Los Tween o polisorbatos son ésteres de polioxietileno sorbitano (sorbitol y sus anhidridos copolimerizados con 4, 5 o 20 moles de óxido de etileno) parcialmente esterificados con ácidos grasos superiores (Acofarma, 2022).

Es un líquido de color amarillo a ámbar. Tensioactivo no iónico. El Tween 80 es un surfactante hidrofílico. Se utiliza para la emulsión de aceite en agua (O/W), dispersión o solubilización de aceites. Soluble en agua y etanol. Insoluble en aceite mineral y propilenglicol. Su almacenamiento requiere que este bien cerrado el frasco, en lugar fresco y seco (Cosmo Tienda, 2023).

El tween 80 o polisorbato 80, líquido oleoso límpido o ligeramente opalescente, incoloro o amarillo pardusco. Dispersable en agua, etanol anhidrido, acetato de etileno y metanol. Prácticamente insoluble en aceites grasos y en parafina líquida.

Tiene una densidad 1.06-1.09 g/ml. HLB: 15.0, con formula molecular $C_{64}H_{124}O_{26}$, y peso molecular 1309.7 (Acofarma, 2022).

Propiedades y usos:

El tween 80 es quizás el más usado en formulación magistral. Tiene acción protectora y emoliente. Es un agente humectante en la formulación de suspensiones orales y parentales, y un detergente y acondicionador en champús. Aumenta la capacidad de retener agua de los ungüentos, es muy bien tolerado y no es irritante para la piel y mucosas (Acofarma, 2022)

2.11 Betabel

Conocido también como remolacha, es un tubérculo de raíz gruesa y comestible, pertenece a la familia de las Quenopodiáceas, que es una subfamilia de las amarantáceas (Fig. 4) su color puede ser rojo o morado debido a la betanina que es un pigmento que posee nitrógeno y propiedades antioxidantes. Posee un sabor dulce que se aprovecha para la obtención de azúcar y su pulpa que es utilizada para la producción de colorantes. Es una raíz rica en vitamina C, betalina, carotenoides y flavonoides (García, 2019).

El consumo de 100 gramos de betabel aporta:

- 43 calorías
- 9.56 gramos de carbohidratos
- 1.61 gramos de proteína
- 0.17 gramos de grasas
- 2.8 gramos de fibra

(Bautista , 2022).



Figura 4. Betabel

2.11.1 Beneficios del betabel

El betabel es fuente única de bentaína, es por eso que ofrece múltiples beneficios como se muestra a continuación:

- ∇ Disminuir la presión arterial
- ∇ Fortalece el sistema inmunológico
- ∇ Prevenir y combatir la anemia
- ∇ Mantener la salud muscular
- ∇ Proteger el sistema muscular
- ∇ Controlar el colesterol y proteger el corazón
- ∇ Prevenir el cáncer

El betabel puede ser consumido cocido, crudo en ensaladas o jugos para obtener los beneficios que este aporta (Leal, 2024).

2.11.2 Producción de betabel

En 2020 la producción de betabel en México fue de 23, 381 toneladas (+11.5% en comparación con el 2019), las cuales fueron obtenidas de 1,187 hectáreas cosechadas (+13.3%), por lo que el rendimiento promedio nacional quedo en 19.7 toneladas por hectáreas (-1.6%) (Bastida-Cañada, 2023).

2.11.3 Desperdicios

En México se desperdicia el 37% de los alimentos que se producen: 10 millones 431 mil toneladas de alimentos del año.

2.12 Evaluación sensorial

2.12.1 Definición

La evaluación sensorial se ha definido como la disciplina utilizada para evocar, medir analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Severiano Pérez, 2021).

La evaluación sensorial es una ciencia y presta atención a la precepción, exactitud y reproductibilidad de sus metodologías, pero también considera y analiza la relación entre un estímulo físico dado y la respuesta de sujeto, el resultado a menudo se considera como un proceso de un solo paso. de hecho, hay al menos tres pasos en el proceso: el estímulo interactúa como el órgano sensorial y se convierte en una señal nerviosa que viaja al cerebro, el cerebro interpreta, organiza e integra las sensaciones entrantes en las percepciones y finalmente se formula una respuesta basada en la percepción del sujeto (Severiano Pérez, 2021).

Se trata de un método científico capaz de proporcionar información objetiva acerca de la experiencia que tienen los consumidores en su relación con los productos. La analítica sensorial ha demostrado ser útil en todo tipo de sectores ya que se ha utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar los resultados de los materiales que se perciben mediante los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Wanatop, 2021)

2.12.2 Importancia de la evaluación sensorial

Resulta hoy imprescindible para evaluar y analizar la calidad sensorial de los alimentos. El hombre desde su infancia y de forma más o menos consiente acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con la sensación que experimenta al observar o ingerirlos. Es ese aspecto de calidad de los alimentos, el que índice directamente en la reacción del consumidor, es lo que se denomina calidad sensorial.

Su importancia tecnológica y económica es evidente, ya que es última instancia puede condicionar el éxito o el fracaso de los avances e innovaciones que se producen en la tecnología de los alimentos (Cruz, 2020).

La importancia de un análisis sensorial responde a múltiples facetas, ya que no solo puede utilizarse para garantizar el control de calidad, sino también para determinar la vida útil, evaluar el nuevo producto y asegurar su éxito. Del mismo modo, el análisis sensorial de alimentos es esencial para elaborar perfiles de sabor e identificar los atributos que determinen las preferencias del consumidor. Además, es importante porque pueden tomar decisiones importantes acerca de los alimentos y permiten identificar problemas o defectos concretos utilizando ensayos típicos de la ingeniería alimentaria y ni pueden ser determinados por otras técnicas (Wanatop, 2021)

2.12.3 Campos de aplicación de la evaluación sensorial

- Determinación de normas
- Control de calidad
- Estudios de vida útil
- Desarrollo de nuevos productos
- Correlación con medidas químicas, físicas o instrumentales.
- Percepción humana – afectiva
- Percepción humana – discriminativas
- Percepción humana – fisiología/comportamiento

La secuencia de percepción que tiene un consumidor hacia un alimento es en primer lugar hacia el color, posteriormente el olor, sintiendo la textura percibida por el tacto, luego el sabor y por último el sonido al ser masticado e ingerido (Quintero y col., 2014).

2.12.4 Método de evaluación sensorial

2.12.4.1 Pruebas analíticas

Son pruebas sensitivas, cuantitativas y cualitativas, las cuales se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio y jueces entrenados (Solis Montiel, 2008). Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Es el más completo, para la primera etapa tratamos de ver que nos recuerda y como se describe cada olor (Calí, 2023).

2.12.4.1.1 Tipos de pruebas analíticas

- Perfil de sabor: analizar el sabor de un producto, así como sus atributos individuales y la relación que guardan entre ellos
- Perfil por dilución: obtener un aserie de términos descriptivos que servirán en pruebas definitivas para perfilar los estímulos
- Perfil de textura: da la complejidad de la textura de un alimento en términos de sus características mecánicas, geométricas, etc.
- Análisis descriptivo cuantitativo (QDA): identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto.
- Análisis descriptivo comparativo: es un método que genera una terminología específica para describir y cuantificar los parámetros de un producto en relación con una referencia.

2.12.4.2 Pruebas afectivas

Estas pruebas se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no les sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio (Solis Montiel, 2008). Es utilizado para comparar si hay diferencia entre productos y la consulta al panel es cuanto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos, se hace un juico global (Cali, 2023).

2.12.4.2.1 Tipos de pruebas afectivas

- Aceptación: evaluar si la muestra es aceptable o rechazable para su consumo

- Preferencia: ordenar un par o una serie de muestras de acuerdo con su preferencia
- Nivel de agrado: localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica.

2.12.5 Tipos de jueces

El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida depende del tipo de jueces que vaya a ser empleado. Existen cuatro tipos de jueces: el juez experto, el juez entrenado, el juez semientrenado, de laboratorio y el juez consumidor (Solís Montiel, 2008).

2.12.5.1 Juez Experto

Es el que tiene gran experiencia en probar un determinado alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar entre las características del alimento. Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúan solo es necesario contar con su respuesta.

2.12.5.2 Juez Entrenado

Es una persona que posee bastantes habilidades de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba.

2.12.5.3 Juez Semientrenado o de Laboratorio

Son personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen cierta habilidad pero que generalmente solo participan en pruebas discriminativas sencillas.

2.12.5.4 Juez Consumidor

Son personas tomadas al azar, que se emplean solamente para pruebas afectivas o de preferencia. Es importante conseguir jueces que sean consumidores habituales del producto a probar o en el caso de productos completamente nuevos que sea los consumidores potenciales de dicho alimento. Las pruebas con jueces consumidores generalmente se llevan a cabo en lugares tales como tiendas, escuelas o en la calle.

2.12.6 Criterios para escoger a los jueces

- Habilidades
- Disponibilidad
- Interés
- Funcionamiento
- Salud y hábitos personales

CAPITULO III.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental se llevó a cabo en la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Saltillo, Coahuila, México, en el Laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Los materiales y reactivos que se utilizaron para realizar la investigación se mencionan a continuación:

El betabel fue adquirido en una tienda de supermercado en la ciudad de Saltillo, Coah, el quitosano y la goma guar fueron adquiridos en una tienda de materias primas de la ciudad de Saltillo, Coah+.

La manzana Red Delicious fue adquirida en el mercado de abasto de la ciudad de Monterey N.L.

3.1 Material y reactivos

3.1.1 Material vegetal

- Betabel (Central de abastos, Saltillo, Coahuila)
- Manzana Red Delicious (Central de abastos, Saltillo, Coahuila)

3.1.2 Reactivos

- Acetona
- Aceite de canela
- Aceite de coco
- Ácido acético
- Ácido Clorhídrico 3 N
- Agua destilada
- Buffer acetato de pH 5
- Fenolftaleína
- Glicerol
- Gomas guar Merck
- Hidróxido de cloro

- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Metanol al 80%
- Peróxido de hidrogeno 30%
- Quitosano Sigma -Aldrich
- Reactivo Thielmann
- Reactivo Férrico
- Solución Folin Ciocalteu
- Solución Carbonato de sodio 0.01N
- Solución extractora antocianinas
- Solución Radical ABTS
- Terbutanol
- Tween-80

3.1.3 Material de laboratorio

- Bandeja de plástico
- Brocha
- Bureta 25 mL
- Embudo
- Magnetos
- Matraz de aforación 100 mL
- Matraz Erlenmeyer 125mL
- Mortero
- Papel aluminio
- Pissetas 10mg
- Probeta 100mL
- Reactores
- Tubos de ensayó
- Vasos de precipitado 500mL, 100mL, 50mL, 25mL

3.1.4 Equipo de laboratorio

- Balanza analítica
- Baño de calentamiento CIVEQ THERMOSTAT WATER BATH HH-2

- Centrifuga
- Colorímetro FRU
- Espectrofotómetro GENESYS 5
- Estufa
- Medidor de respiración Check Mate II
- Placa de calentamiento y agitación
- Penetrómetro
- Refractómetro
- Ultrasonido VWR MODEL 50 T

3.2 Metodología

3.2.1 Extracción de betabel

Se realizó la extracción de componentes bioactivos de la cáscara de betabel por medio de ultrasonido.

Método de ultrasonido con agua destilada: ácido cítrico. Se emplearon 3% de la corteza de betabel (Fig. 5), limpios y desinfectados en un reactor enchaquetado, al cual se le añadió 50 mL de ácido cítrico al 1.5 % y 50 mL de agua destilada.



Figura 5. Corteza de betabel

El reactor se colocó en el ultrasonido (Fig. 6) que será alimentado de agua caliente por medio de una bomba colocada en un baño de calentamiento para que el interior

del reactor estuviera a la temperatura de 50°C. El proceso de extracción por ultrasonido tuvo una duración de 30 minutos.



Figura 6. Ultrasonido

Una vez obtenido los extractos recuperados por cada método se cuantificaron polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu, flavonoides por la técnica ácido clorhídrico-terbutanol, antocianinas y capacidad antioxidante por ABTS. Todo se analizó por triplicado para cada tratamiento. El resto del extracto se colocaron durante 24 horas en refrigeración y protegidos de la luz (Ruiz-Ruíz, 2021).

3.3 Formulaciones del recubrimiento

Para esta etapa de la metodología se consideró la preparación de dos formulaciones: Formulación T1 (sin extracto de betabel) y formulación T2 (con extracto de betabel). Y para la investigación se tuvo un tratamiento control, TC, manzanas sin recubrimiento.

Preparación del tratamiento 1 (sin extracto de betabel)

Se preparó una formulación compuesta al mezclar las dos formulaciones que se prepararon por separado de Goma guar y de Quitosano.

Se prepararon dos formulaciones: una solución de goma guar (1%), glicerol (25%), aceite de coco (25%), aceite de canela (0.30%), y tween-80 (0.15%), y la otra de

quitosano (1.5%), solución de ácido acético (1.0%), aceite de coco (25%), glicerol (25%), y tween-80 (0.15%), todo disuelto en agua destilada.

Preparación tratamiento 2 (con extracto de betabel)

Se siguió el procedimiento 1.3.5.2.1. solo que en lugar de emplear 100% de agua destilada para la preparación, en la preparación de esta formulación se utilizó 50% de agua destilada y 50% del extracto de betabel como solvente.

3.4 Aplicación del recubrimiento en manzanas Red Delicious

Las manzanas Red Delicious se lavaron y se desinfectaron con una solución de hipoclorito al 5%, y se dejaron secar al aire a una temperatura ambiente por una hora.

Posteriormente se realizó la aplicación de los recubrimientos (T1 y T2) con la ayuda de una brocha sobre la superficie de las manzanas (Fig. 7), colocándolas en bandejas para su secado y ser almacenadas a temperatura ambiente. Se separaron en los grupos para los diferentes análisis durante 30 días, muestreando cada 5 días.



Figura 7. Aplicación de biopelículas

3.5 Evaluación parámetros de calidad postcosecha

Las variables de estudio fueron: pérdida de peso, color, firmeza, vitamina C, acidez titulable (AT), sólidos solubles totales (SST), polifenoles, flavonoides, antocianinas, capacidad antioxidante y respiración.

3.5.1 Análisis de pérdida de peso

La pérdida de peso de las muestras de manzana se determinó con una balanza analítica obteniendo resultados en gramos cada 5 días.

3.5.2 Determinación de color

El color de las muestras de manzana se determinó con un colorímetro por triplicado obteniendo los parámetros L^* , a^* y b^* (Fig. 8).



Figura 8. Medición de color

3.5.3 Evaluación de firmeza

La firmeza se evaluó con un penetrómetro por triplicado en diferentes zonas en las muestras de cada tratamiento de manzanas obteniendo resultados en Newtons (N).

3.5.4 Análisis de sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles totales se analizaron primero obteniendo el jugo de las muestras, colocamos una gota de jugo en el refractómetro y tomamos lectura obteniendo resultados en °Brix.

3.5.5 Cálculos de acidez titulable

La acidez titulable se calculó primero obteniendo el jugo de las muestras, filtrado, añadiendo fenolftaleína y titular con Hidróxido de Sodio al 0.1 N (NaOH 0.1 N) (Fig. 9) hasta obtener un viraje rosa, se realiza por triplicado de cada muestra. Para obtener el porcentaje de ácido presente utilizamos la siguiente formula:

$$\% \text{ acido} = \frac{V * N * \text{Meg} * 100}{\text{Alicuota Valorada}}$$

Donde:

V = Volumen de NaOH gastado en mL

N = Normalidad del NaOH

Meg: miliequivalente de ácido en que se encuentra en mayor proporción de la muestra: 0.64 para el ácido cítrico. 0.67 para el ácido málico y 0.075 para el ácido tartárico.

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



Figura 9. Titulación

3.5.6 Obtención de Vitamina C

La vitamina C se obtuvo triturando en un mortero las muestras con HCl al 2%, agregamos 100 mL de agua destilada y homogenizamos, se filtra y de esto tomar

10 mL y titular con reactivo Thielmann hasta obtener una coloración rosa. Para calcular el contenido de vitamina C utilizamos la siguiente formula:

$$\frac{Mg}{100g} \text{ de vitamina C} = \frac{VTR * 0.088 * VT * 100}{VA * P}$$

Donde:

VTR = volumen gastado en mL del reactivo Thielmann

0.088 = miligramos de ácido ascórbico equivalente a 1 mL de reactivo de Thielman

VT = Volumen Total en mL de filtrado de vitamina C en HCl

VA = volumen en mL del alícuota valorada

P = peso de muestra en gramos

3.5.7 Evaluación de respiración

La respiración de los frutos se realizó colocando los frutos en las cámaras de respiración y con el equipo infrarrojo se cuantificó el porcentaje de CO₂ y O₂ en el interior de cada cámara (Fig. 10), se realizó el cálculo de CO₂ mediante la siguiente formula:

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

Donde:

% CO₂ = porcentaje de los porcentajes de CO₂

W = peso de la muestra en gramos

T = tiempo (h)

V = Volumen libre del frasco en mL (volumen total del frasco es 1.850 mL)

3.6 Análisis de componentes bioactivos y capacidad antioxidante

3.6.1 Polifenoles

La determinación del contenido en polifenoles por método Folin–Ciocalteu se realizó según la metodología descrita por Medina–Morales et al. (2012) y Fuentes – Lara (2020).

3.6.2 Flavonoides

La determinación del contenido en flavonoides o taninos condensados por la técnica HCL-butanol se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al., (2012) y Fuentes-Lara (2020).

3.6.3 Capacidad antioxidante

La determinación del contenido en la capacidad antioxidantes por método ABTS se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al., (2012) y Fuentes-Lara (2020).

3.7 Evaluación sensorial

Se realizó en el laboratorio de Evaluación Sensorial del departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En el estudio participaron 10 jueces entrenados. Se evaluaron los tres tratamientos aplicados a las manzanas Red Delicious, tratamiento control (TC), tratamiento 1 (T1) y tratamiento 2 (T2) (Fig. 10). Las características o variables del estudio fueron: la apariencia global, el color, el olor, el sabor y la aceptación global, se aplicó la prueba hedónica con una escala de 5 puntos (5= me gusta, y 1= me disgusta), además de registrar los comentarios sobre su calificación.

Se prepararon las charolas con las muestras, y el material necesario para que los panelistas realizarán las evaluaciones, además de proporcionarles la hoja de evaluación.

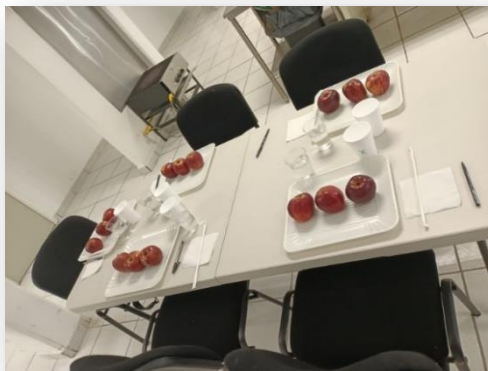


Figura 10. Muestras y material para realizar evaluación sensorial.

Capítulo IV.

4 Resultados y Discusión

Se realizó el análisis de los parámetros de calidad postcosecha, evaluando el comportamiento de los tratamientos. Los datos obtenidos se analizaron por medio del análisis de varianza (ANOVA), aplicando una comparación de medias LSD de Fisher a un nivel de significancia $\alpha=0.05$ por, medio del estadístico InfoStat.

4.1 Parámetros de calidad Postcosecha

4.1.1 Peso

El peso es fundamental en frutas y verduras, ya que la mayoría están constituidos de un mayor porcentaje de agua, es por eso por lo que existe una pérdida por lo que el control de este parámetro es uno de los principales objetivos de la tecnología de los RC's. El análisis demostró una mayor pérdida de peso en el tratamiento control (TC) con un 34.74% y el tratamiento que presentó la menor pérdida de peso durante el periodo de estudio que fue de 30 días fue el T3 con una pérdida de 32.06% como se muestra en la Fig. 11. Las películas que se adhieren sobre las superficies de las matrices alimentarias ayudan como barrera para la difusión del agua de vapor, esto ayuda a mantener su peso, aunque pasen los días, y este efecto se aprecia en el estudio actual. Solís y col. (2019) realizó un estudio sobre películas aplicadas a manzanas Golden mínimamente procesadas donde se observó el mismo efecto que el que se encontró en el presente.

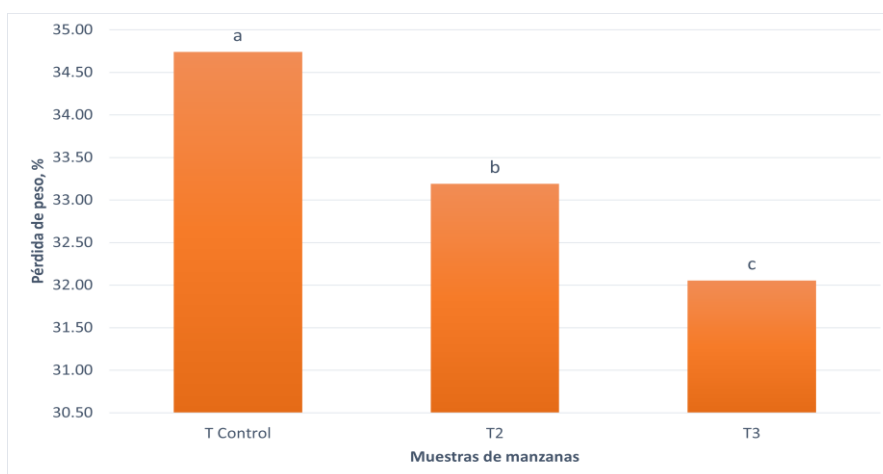


Figura 11. Porcentaje de la pérdida de peso

4.1.2 Color

El color es un atributo de mucha importancia, ya que es el principal atractivo dentro de las frutas que atrae a las personas para adquirirlas y consumirlas. Después de la postcosecha se ven diferentes cambios en su color debió al cambio de maduración que sufren. Los cambios de color se deben a cambios de pH, debido a la fuga de ácidos orgánicos al exterior, a los procesos oxidativos responsables de la síntesis de carotenoides y la acción de las clorofilas (Fomesa, 2023).

4.1.2.1 Luminosidad (L)

De acuerdo con el análisis estadístico realizado se obtuvieron los resultados de la luminosidad (L) se muestra en la figura 12. De acuerdo con el estudio de medias no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Los tres tratamientos poseen valor de luminosidad estadísticamente similares. Pereira y col. (2018) también evaluaron la aplicación de recubrimientos en manzana observando que las manzanas con recubrimiento se veían más brillantes que las manzanas sin recubrimiento a lo largo del estudio, siendo esto atribuible a los componentes de las formulaciones de los recubrimientos.

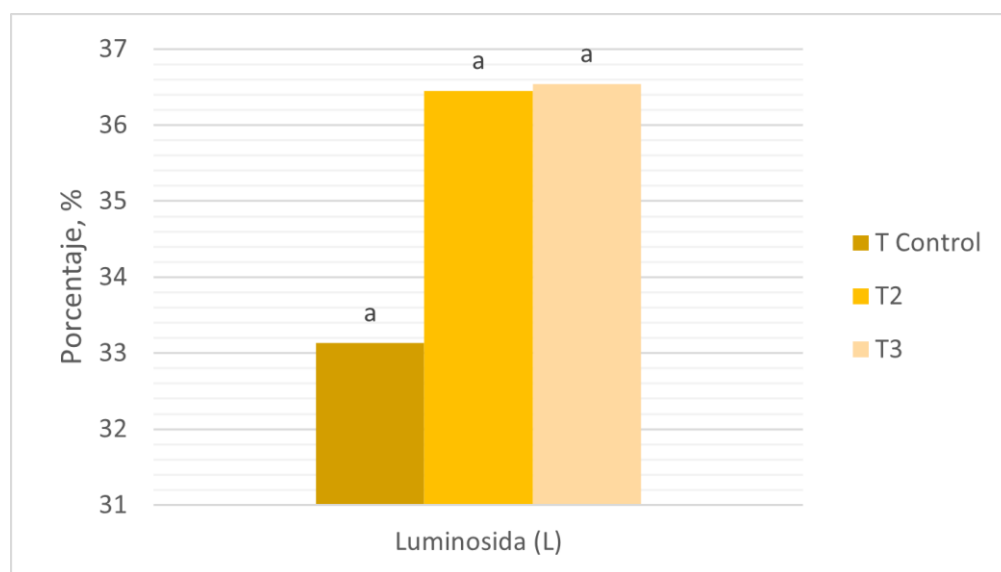


Figura 12. Análisis de medias de Luminosidad (L)

4.1.2.2 Coordenada a*

De acuerdo con el estudio de medias los tres tratamientos no mostraron diferencia significativa a una ($p > 0.05$), los valores obtenidos se ven representados en la figura 13. La coordenada “a” comprende los colores de tonalidades verdes (-a) a tonalidades rojas (+a), y por lo valores del parámetro las muestras están ubicados en la zona de las tonalidades rojas de la gráfica de color CIELab (anexos). En el estudio realizado por Pereira y col. (2018) observaron que las manzanas sin recubrimiento mostraban un color rojo más intenso en comparación con las manzanas recubiertas durante el período de estudio. El efecto reportado por Pereira y col. (2018) es similar a lo que encontramos en la presente investigación, ya que el TC mostro niveles significativamente mayores que T2 y T3 sobre el parámetro a*.

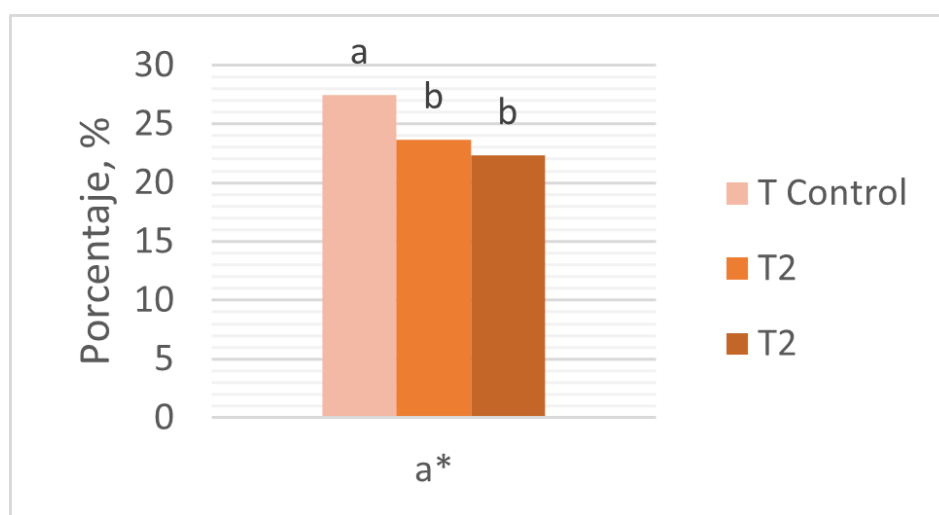


Figura 13. Análisis de varianza del parámetro a*

4.1.2.3 Coordenada b*

En la figura 14 se observan los datos obtenidos de la coordenada b* por medio del análisis de varianza de los tratamientos aplicados, y de acuerdo con el análisis los tratamientos no fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$). El parámetro b* corresponde a tonalidades que van de azul (-b) a tonalidades amarillas (+b), y los valores de las muestras de los tratamientos evaluados en esta investigación están ubicados en la porción central del grafico de CIELab considerado dentro de tonalidades neutrales (Anexo). Otros autores han reportados diferencias entre los

tratamientos evaluados como lo reporta Pereira y col. (2018) así como Solis y col. (2019).

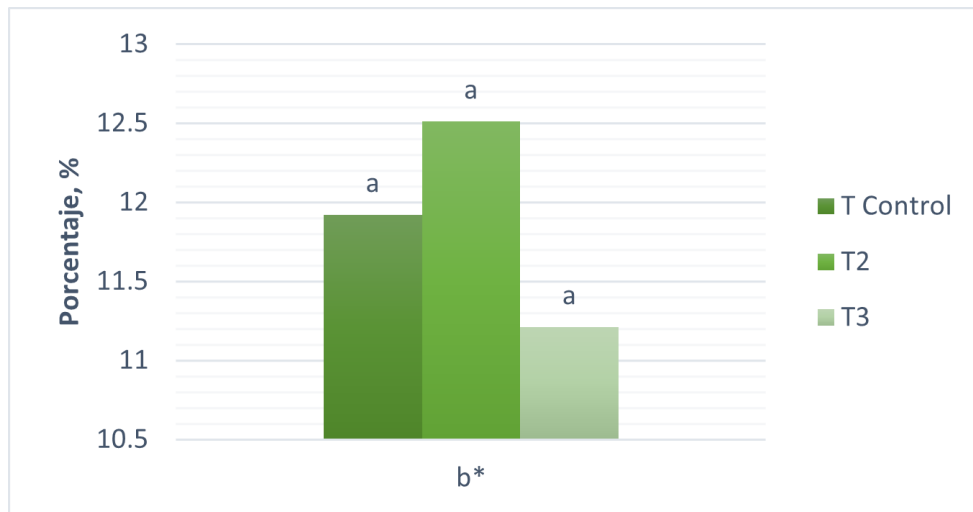


Figura 14. Análisis de varianza del parámetro b*

4.1.3 Firmeza

Otro factor importante para la calidad de las frutas es la firmeza. La pérdida de firmeza o ablandamiento o viceversa es debido a los procesos enzimáticos, pérdida de agua (por procesos respiratorios) y daño estructural al tejido debido al desarrollo microbiano (Treviño-Garza, 2016). En la figura 15 podemos observar que la aplicación o no del recubrimiento funcional presento una diferencia significativa ($p < 0.05$), ya que el TC presento una firmeza de 18.54 N estadísticamente menor que T2 y T3 (19.21 y 19.03, respectivamente). Existen estudios realizados por otros investigadores como el De los Santos (2020), donde se aplicó un recubrimiento y se encontró que en todos los tratamientos la firmeza disminuyó debido a la degradación de componentes de las paredes celulares provocando una mayor cantidad de agua libre. En el estudio de Pereira y col. (2018) también observaron que la aplicación de recubrimientos en manzanas conservó la firmeza en las muestras en comparación con las muestras sin recubrimiento.



Figura 15. Análisis de varianza de la firmeza (N)

4.1.4 Sólidos Solubles Totales

Los sólidos solubles totales se miden en °Brix, los cuales se emplean para determinar el total de azúcar disuelta en un líquido. En algunos casos sucede la disminución de °Brix en las frutas con recubrimientos, esto está relacionado con la menor tasa de respiración exhibida, afectando la síntesis y la degradación de compuestos de reserva el cual son los azúcares y ácidos orgánicos (Achipiz, 2013). En los resultados mostrados en la figura 16, podemos observar que el mayor valor lo presento el T Control (no tiene recubrimiento), mientras que T2 y T3 tienen valores casi iguales (tienen recubrimiento), mostrando que el recubrimiento aplicado en esta investigación a las manzanas ayudo a disminuir la concentración de grados Brix. En cambio, en el estudio de uva elaborado por Gaspar (2020) obtuvo resultados contrarios a los nuestros porque su tratamiento 3 fue el más eficaz debido a que la cera de abeja disminuye la respiración del fruto y de esta manera retarda la oxidación enzimática.

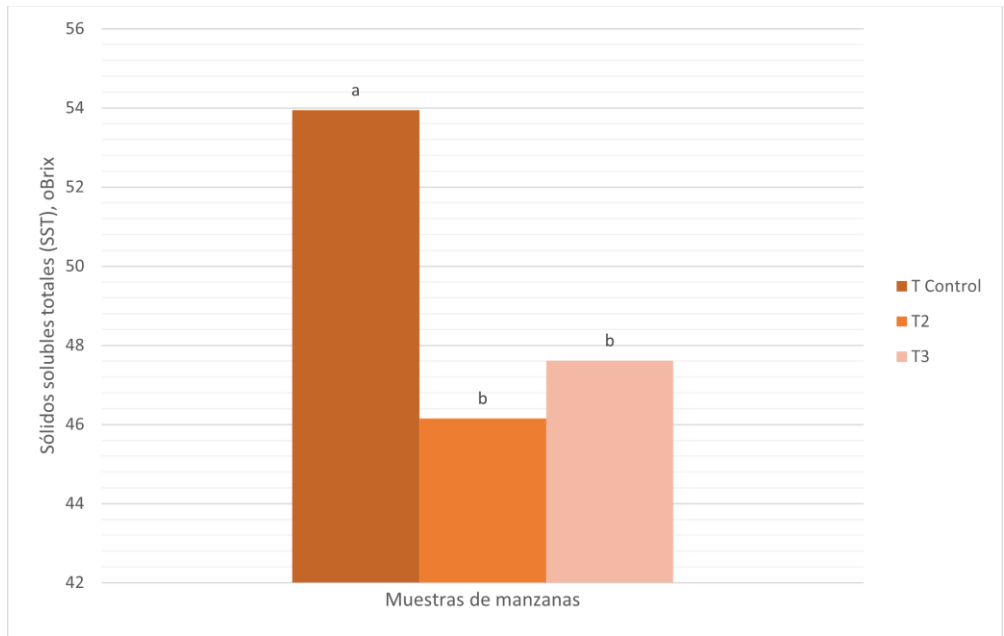


Figura 16. Análisis de SST

4.1.5 Acidez titulable

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y estabilidad de estos. En la figura 17 se observan los resultados obtenidos por el análisis de medias, donde se demuestra que en los tres tratamientos no se encontró una diferencia significativa ($p > 0.05$). Resultados diferentes se observaron el estudio realizado por Dussán Sariá (2014) con un recubrimiento aplicado a la manzana mínimamente procesado en el cual se observaron que todos los tratamientos presentaron el mismo valor de acidez titulable al finalizar los días de estudio.

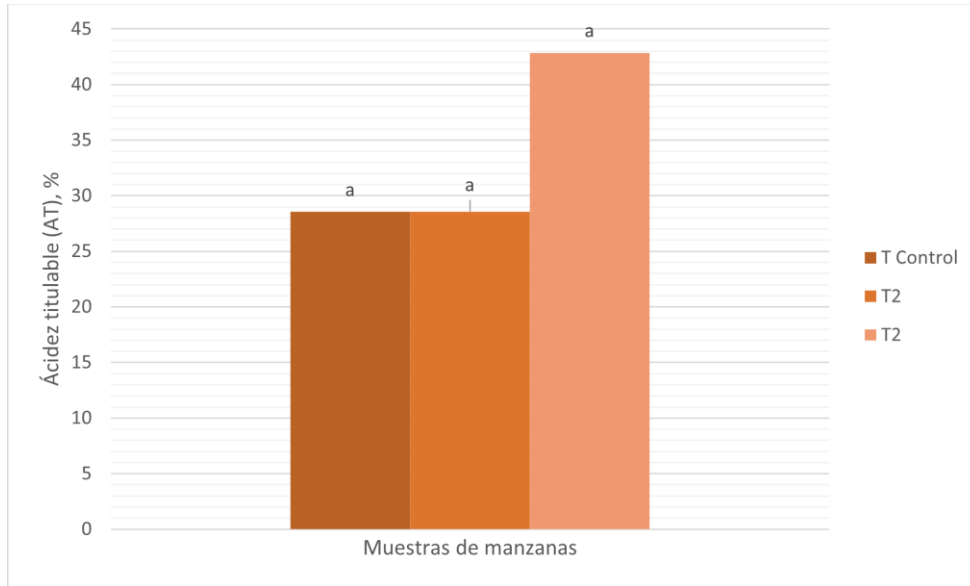


Figura 17. Análisis de varianza de acidez titulable

4.1.6 Vitamina C

La vitamina C se logra perder por contacto con el oxígeno, calor y luz. En los resultados obtenidos si hubo una diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos (Fig. 18), donde el T3 conservo más vitamina C, seguido por el T2, y el TC mostró la menor cantidad de los tres. En la investigación de De los Santos (2020) la concentración de vitamina C presento incremento en los frutos con recubrimientos y en los frutos sin recubrimiento presentaron una disminución, efecto que otros autores también reportan.



Figura 18. Análisis de varianza de Vitamina C

4.1.7 Respiración

Las frutas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la mantención de la vida, respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono. Durante la respiración la energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos. Una vez cosechado el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen será un valor de gran importancia en la vida postcosecha del fruto, es aquí donde entra en función las biopelículas formando una barrera en la superficie del fruto modificando la composición gaseosa y disminuyendo la respiración (FAO, 2023).

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 19, tenemos a T3 con un valor de 15.08 mL CO₂/kg*h, seguido por T2 con un valor de 15.62 mL CO₂/kg*h y por último se tiene a T Control con 19.44 mL CO₂/kg*h, lo que nos indica que de acuerdo con los valores de respiración hubo una diferencia significativamente ($p > 0.05$) entre los tratamientos estudiados. Pereira y col. (2018) reportaron efectos similares entre sus tratamientos que incluían muestras de manzanas con y sin recubrimiento, y los que mencionamos en esta investigación.

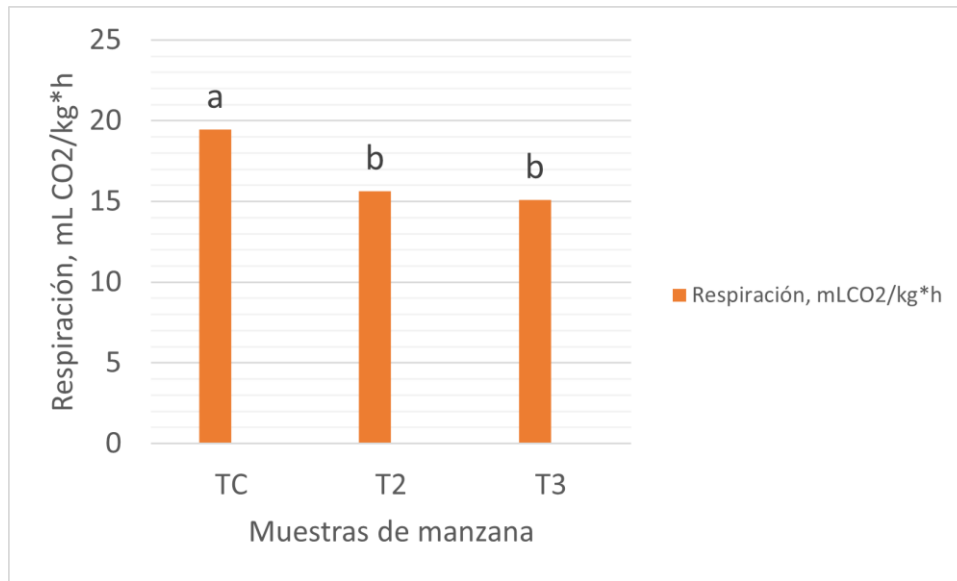


Figura 19. Análisis de respiración

4.2 Componentes Bioactivos y capacidad antioxidante

4.2.1 Polifenoles

Los polifenoles son moléculas producidas naturalmente por los procesos metabólicos de las plantas como barrera de defensa contra los ataques de patógenos externos. Su principal característica es la capacidad para combatir radicales libre, las moléculas que dañan nuestro metabolismo son potentes antioxidantes que previene el daño celular y tiene un efecto antiinflamatorio (CAPEQ, 2022). En la figura 20 se muestra con un alto valor en polifenoles fue el T3 con 259.83 mg, seguido por T2 con 237.60 mg y con menor fue el TC con 234.12 mg obteniendo una diferencia significativa de $p > 0.05$. Los valores obtenidos fueron menores que los que Gaspar y col. (2020) mencionan, ellos mostraron resultados diferentes en las uvas verdes aumento la cantidad de polifenoles obteniendo como mayor valor 907.05 mg, sin embargo, en las uvas roja tuvo una disminución de polifenoles.

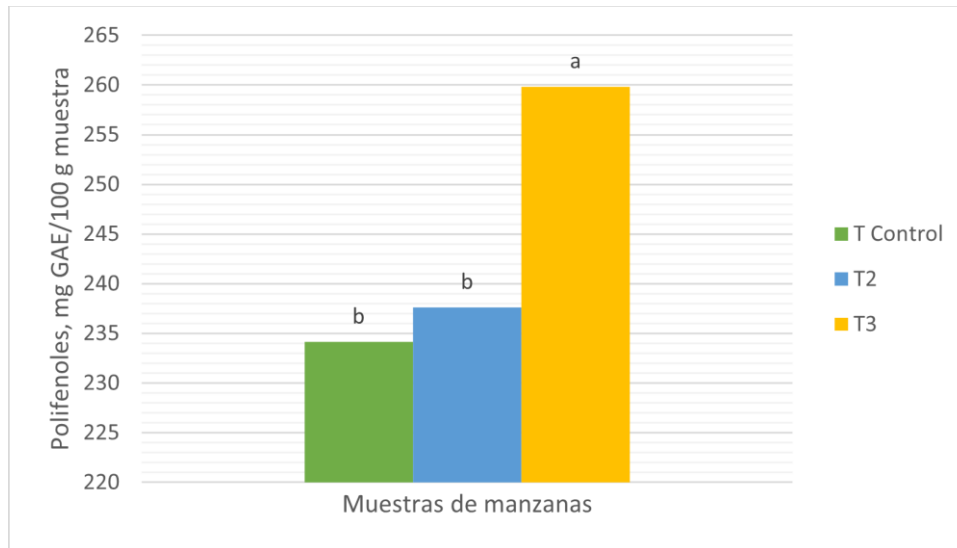


Figura 20. Análisis de Polifenoles mg GAE/100 g muestra

4.2.2 Flavonoides

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la contaminación ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos (Martínez, 2022). Los datos obtenidos nos indican que el T3 contenía 157.34 mg ECT/100 g muestra, seguido por T Control con un valor de 157.1 mg ECT/100 g muestra, y finalmente tenemos a T2 con 127.16 mg ECT/100 g muestra, valores que estadísticamente no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) (Fig. 21). De acuerdo con el estudio de Miguel de los Santos (2022) con las guanábanas obtuvo resultados diferentes entre los tratamientos, ya que los tratamientos almacenados a 22°C presentaron un incremento de flavonoides debido a que, durante el proceso de maduración, el almidón es hidrolizado a azúcares de manera rápida y esto favorece a los ácidos precursores de los flavonoides. Lo contrario pasó en sus tratamientos almacenados a 15°C, ya que disminuyó la concentración de flavonoides esto debido a la temperatura de almacenamiento. En comparación con los resultados de esta investigación observamos que hay diferencias posiblemente a la diferencia del tipo de fruto y las temperaturas de almacenamiento.

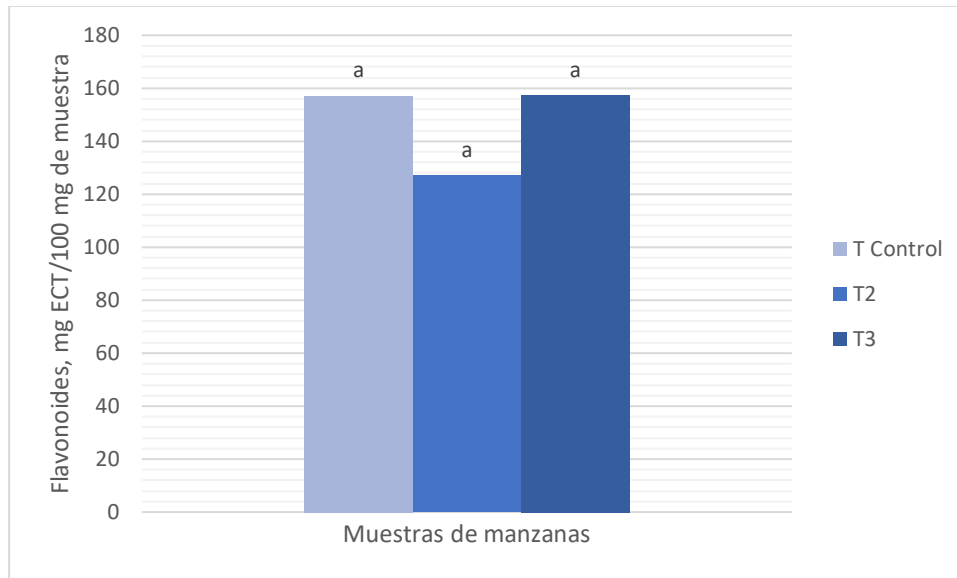


Figura 21. Análisis de Flavonoides mg ECT/100 g muestra.

4.2.3 Antocianinas

Las antocianinas son un tipo de flavonoide natural que se encuentra en la mayoría de las frutas y verduras de color azul, rojo y morado, ellas con las causantes de provocar estos colores tan característicos. Son antioxidantes naturales extraordinarios que ayuda a contrarrestar la degeneración celular. Los resultados obtenidos muestran un mayor porcentaje en el tratamiento T3 con 164.24 mg CAT/100 g muestra, seguido por T2 con 158.72 mg CAT/100 g muestra y finalmente por T Control con 150.22 mg CAT/100 g muestra, como se observa en la figura 22 obteniendo una diferencia significativa de $p > 0.05$. El resultado mayoritario se debe a que este tratamiento contiene extracto de betabel y es debido a que contiene antocianinas (Pereira y col., 2018).



Figura 22. Análisis de Antocianinas mg CAT/100 g muestra.

4.2.4 Actividad antioxidante

En la figura 23 observamos los resultados del análisis de varianza de la actividad antioxidante de los tratamientos existiendo diferencia significativa entre tratamientos ($p > 0.05$), con mayor valor tenemos al T3 con 0.63, $\mu\text{mol Trolox/L}$ seguido por T2 con 0.62 $\mu\text{mol Trolox/L}$ y finalmente a T Control con 0.56 $\mu\text{mol Trolox/L}$. En la guanábana los resultados muestran una disminución durante los días, dando como resultado final 0.47 $\mu\text{mol Trolox/L}$. Los resultados obtenidos en esta investigación no son similares a los resultados de la guanábana debido a la diferencia del fruto, los componentes de los recubrimientos y temperatura almacenada (Santos, 2022).

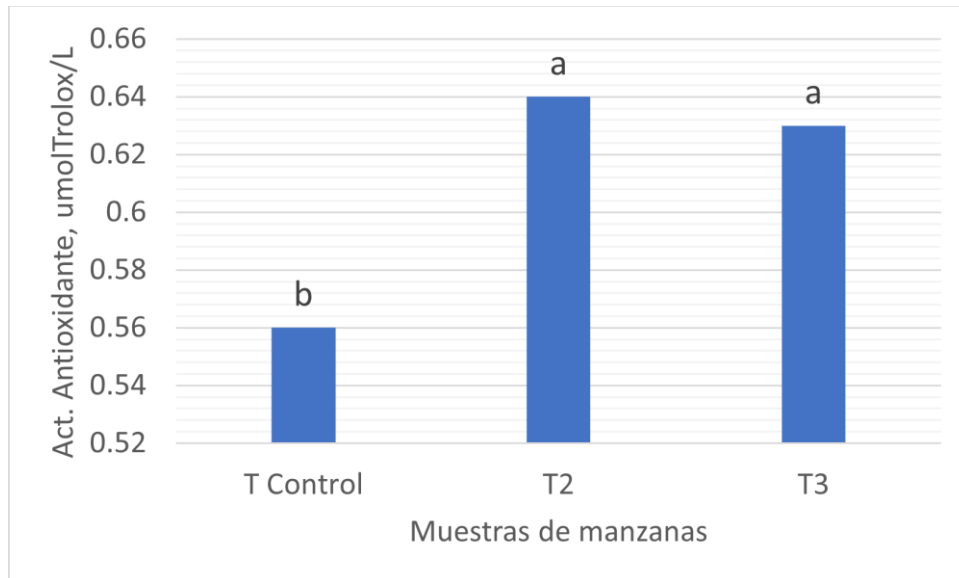


Figura 23. Análisis de Actividad Antioxidante $\mu\text{molTrolox/L}$

4.3 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con 10 jueces entrenados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en las instalaciones del laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

La prueba que se aplicó fue una prueba hedónica con una escala de cinco puntos. El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico Infostat versión 2018 aplicando un análisis de varianza con una $p > 0.05$, y en caso de existir diferencia significativa se realizó un LSD de Fisher para comparación de medias.

De acuerdo con el estudio sensorial los jueces entrenados encontraron diferencias entre el control y los tratamientos en los atributos de apariencia global, color, sabor y aceptación global. En el atributo olor no encontraron diferencias a una $p > 0.05$ entre las tres muestras de manzanas evaluadas.

Las muestras T2 y T3, manzanas con recubrimiento, mostraron las calificaciones más altas en comparación con la muestra control, inclusive los comentarios de los jueces refieren que la T2 y T3 muestran mejor brillo, color, inclusive al probarlas el sabor es más intenso y agradable al compararlas con la muestra control.

Considerando el atributo de aceptación global los jueces evaluaron con la calificación más alta a la muestra tratamiento T3, es decir la manzana con recubrimiento y extracto de betabel.

4.3.1 Apariencia Global

En el análisis de varianza se observó que no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) (Fig. 24), en cambio con los comentarios de los panelistas se demostró una preferencia por la muestra T3 (manzana con recubrimiento y extracto de betabel). La apariencia fue positiva con una nota sensorial alta desde el día 4 hasta el 15, favoreciendo a la piña con recubrimientos así lo dio a conocer Dussán (2023). Los resultados mostrados en esta investigación son similares a los de Dussán, ya que los dos favorecen a los frutos con recubrimientos.

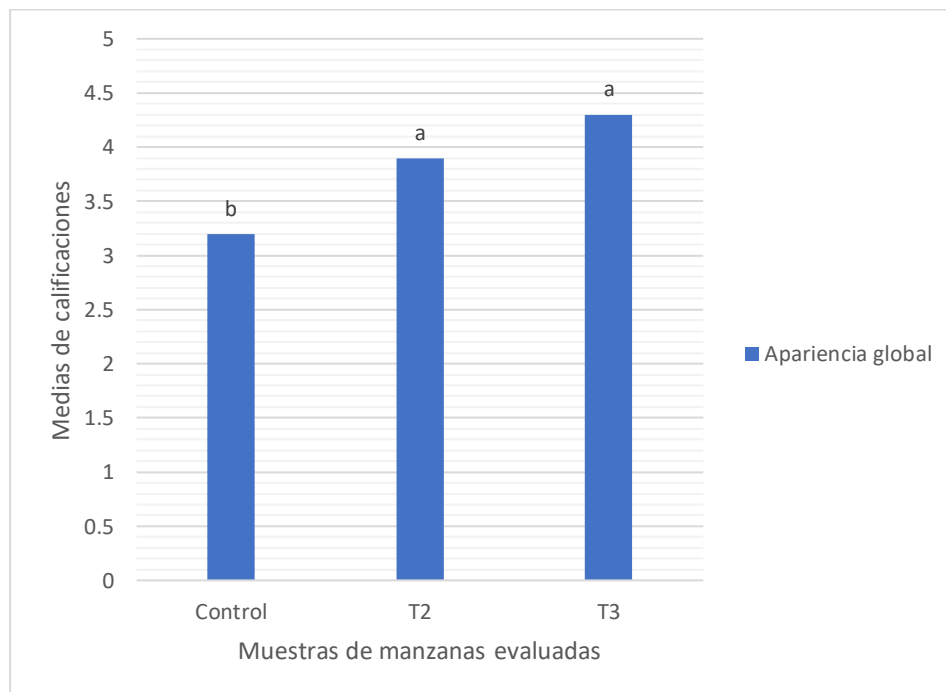


Figura 24. Comportamiento de la apariencia global

4.3.2 Color

El análisis estadístico del atributo del color demostró que no hubo una diferencia significativa ($p < 0.05$). En la figura 15 se muestra una preferencia por la muestra T3

(manzana con recubrimiento y extracto de betabel). En comparación con el estudio de Zambrano (2017) se obtuvieron resultados similares ya que los panelistas dieron preferencia a los frutos con recubrimiento, ya que este aporta frescura y calidad al fruto.

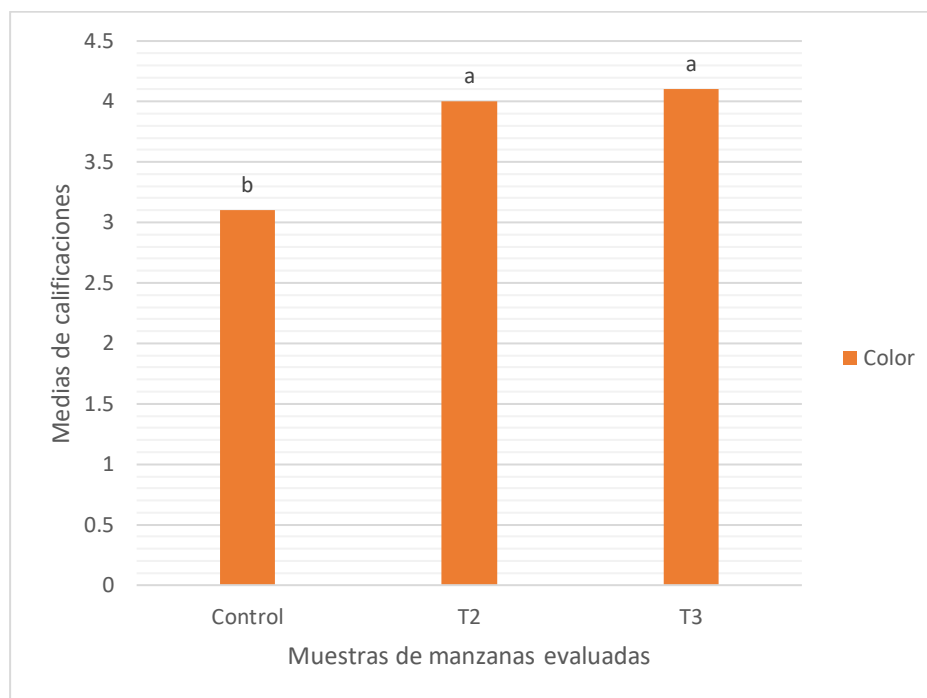


Figura 25. Comportamiento del atributo de color

4.3.3 Olor

El atributo del olor estadísticamente no es significativamente diferente ($p > 0.05$), en la figura 26 se observa que las panelistas dieron mayor calificación a la muestra T2 (manzana con recubrimiento sin extracto). El estudio de Dussán (2023), mostro un olor característico en la piña control a partir del día 9 de almacenamiento, mientras que con la piña con recubrimiento el olor se percibió hasta el día 12, los resultados son similares esto debido a que los recubrimientos disminuyen el deterioro de los frutos y evita malos olores.

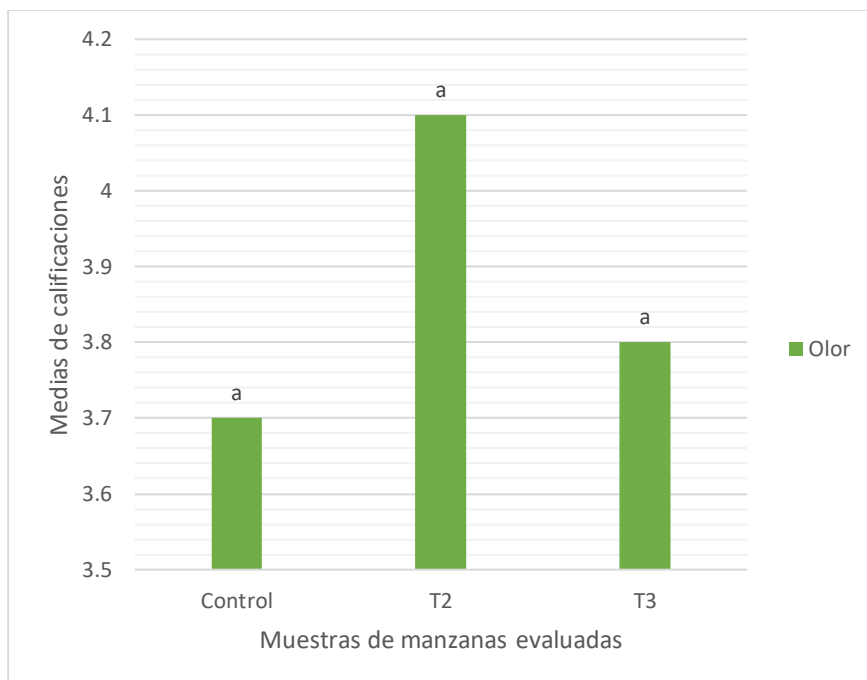


Figura 26. Comportamiento del atributo de olor

4.3.4 Sabor

En la figura 27 se observa que estadísticamente no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), en cambio los panelistas mostraron una tendencia más hacia la muestra T3 (manzana con recubrimiento y extracto de betabel). Los resultados mostrados en el estudio de Gaspar (2020) son diferentes, ya que el obtuvo un 40 % de aceptación por sus panelistas a favor de la uva verde sin recubrimiento.

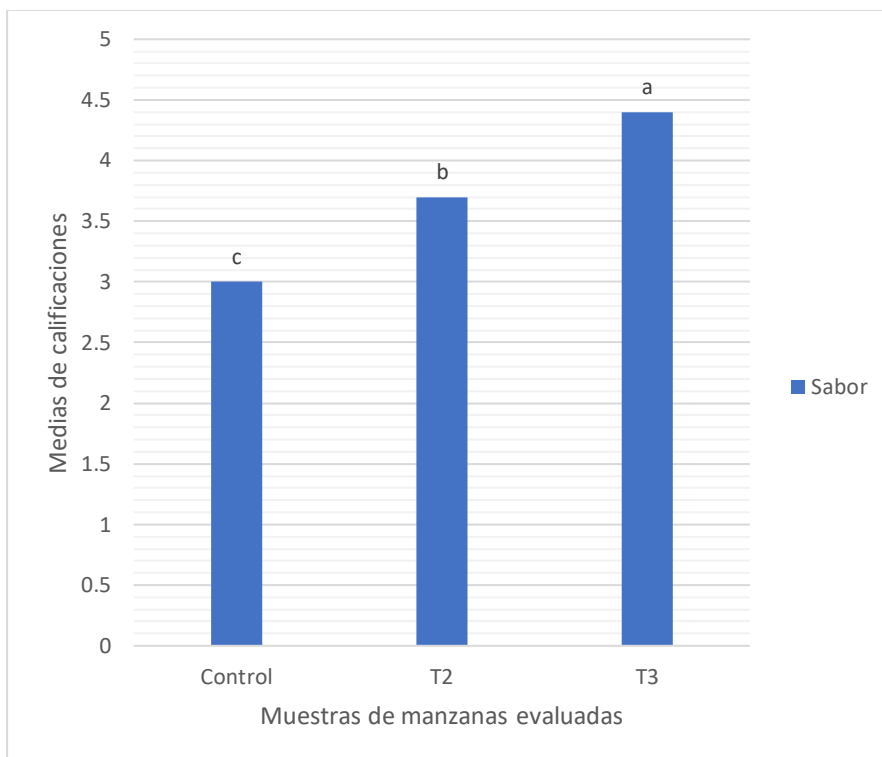


Figura 27. Comportamiento de atributo de sabor

4.3.5 Aceptación Global

El análisis de varianza de aceptación global demostró que no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). En la figura 28 podemos observar que los penalistas tuvieron un mayor agrado por la muestra T3 (manzana con extracto de betabel y recubrimiento). Garrigues (2017), mencionó la aceptación en las aceitunas con los recubrimientos en comparación con el control, mostrando una pequeña diferencia por los aceites esenciales aplicados.

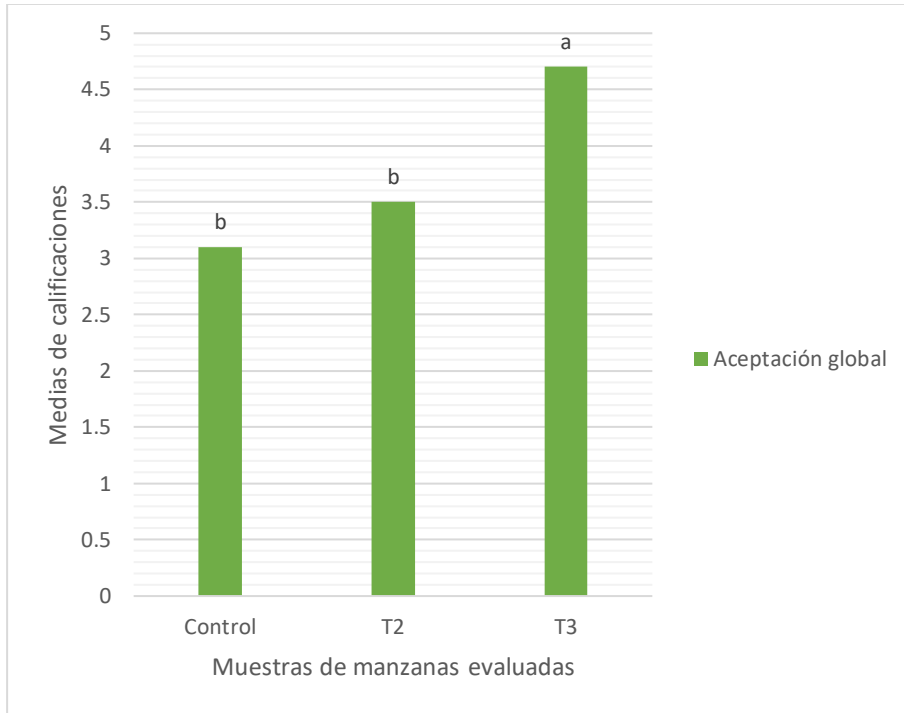


Figura 28. Comportamiento de aceptación global

Capítulo V.

5 CONCLUSIONES

- Se obtuvo un efecto favorable de los recubrimientos evaluados, el que mejor favoreció a la manzana Red Delicious fue el T3, este tratamiento es un recubrimiento que contiene extracto de betabel, aceite de canela, quitosano y goma guar.
- En cuanto a los componentes bioactivos el tratamiento que más favoreció a la manzana Red Delicious fue el T3, el cual es el recubrimiento con extracto de betabel.
- De acuerdo con la evaluación sensorial el tratamiento con mayor nivel de agrado en la mayoría de los atributos evaluados (apariencia global, sabor y aceptación global) por los panelistas fue el T3.
- Por lo anterior podemos sugerir la aplicación del recubrimiento bioactivo a base de quitosano-goma guar, aceite de canela y extracto de betabel no solo alarga la vida de anaquel de la manzana Red Delicious, sino que aporta componentes bioactivos a la calidad nutrimental y mejora los atributos sensoriales de la matriz alimentaria.

CAPÍTULO VI.

6 REFERENCIAS

Acofarma. 2022. Tween. Fichas de información técnica. Recuperado en <https://www.sefh.es/fichadjuntos/TWEEN80.pdf>

Aguilar-Duran, J.A., García-León, I., Quiroz-Velásquez, J. 2020. Alargamiento de la vida de anaquel de las frutas por su uso de biopelículas. Revista Boliviana de Química, 37(1): 40 – 45.

Aguilar-Funes, A. 2021. 6 trucos efectivos para conservar las manzanas frescas por más tiempo. Gastrolab. <https://www.gastrolabweb.com/tips/2021/10/12/trucos-efectivos-para-conservar-las-manzanas-frescas-por-mas-tiempo-16114.html>

Aula Virtual de Biología. 2021. <https://www.um.es/molecula/gluci05.htm#:~:text=El%2050%20%25%20de%20la%20Materia,su%20vez%20producen%20fibras%20visibles>

Ayuntamiento Jaén 2023. Portal web https://www.aytojaen.es/portal/p_20_contenedor1.jsp?seccion=s_fdes_d1_v1.jsp&contenido=31467&tipo=6&nivel=1400&layout=p_20_contenedor1.jsp&codResi=1&language=es&codMenu=206&codMenuPN=4&codMenuSN=100&codMenuTN=197

Bastida-Cañada, O.L. 2023. Estadísticas de producción de betabel en México. Blog Agricultura. <https://blogagricultura.com/estadisticas-betabel-mexico/>

Battener-Arias, E. 2020. Biomoléculas. Una introducción estructural a la bioquímica. pp 29-519.

Bautista, M. 2022. 5 beneficio del betabel. Agrégalo a tus jugos. Hurom. Hurom México. El mejor extractor de jugos prensado en frío. <https://hurom.com.mx/5-beneficios-del-betabel-agregalo-a-tus-jugos/>

Beléndez-Pascual, A. 2017. Aplicación de diferentes recubrimientos comestibles para la conservación postcosecha de manzana. Monografía. Universidad Politécnica de Valencia. pp 2-19

Bósquez-Molina, E., Vernon-Carter, E. J. 2005. Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4(2), 157-162.

Cali, M. 2023. Análisis sensorial de los alimentos. Entrevista a Nora Barda. *Revista Fruticultura y Diversificación* pp 34- 37

Campo-Vera, Y., Gálvez-Ordoñez, V.M., Ayala-Aponte, A. 2018. Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16 (1). ISSN-1909-3561. ISSN-1909-9959. <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.628>

Carrasco Brocal, Carmen. 2019. Conservación de piezas de frutas mediante recubrimientos alimentario. Monografía. Universidad de Jaén. pp 8-58.

Castañeda-Ovando, A., Gonzales-Aguilar., L.A., Granados-Delgadillo, M.A. Chavez-Gomez, U.J. 2019. Goma Guar: Un aliado en la industria Alimentaria. *Publicación semestral Padi* vol No. 14 pp 107-111.

Castro-Miranda, A.G. 2014. Efecto del procedimiento térmico sobre el contenido de betalinas y la actividad antioxidante del betabel (*Beta vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. pp 6-84.

Castellar E. 2017. Goma Guar. *Farmacéutica y naturópata*. Enorganic. <https://www.ecorganicweb.com/goma-guar/>

Colaboradores de Wikipedia 2022. Manzana. *Wikipedia la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Manzana>

Cosmo Tienda. 2023. Tween 80 . <https://www.cosmotienda.com/tienda/tween-kgr-p-3632.htm>

Cuídate Plus R. 2021. Aceite de coco. *Cuídate Plus*. <https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/diccionario/aceite-coco.html#:~:text=%E2%80%9CEs%20un%20aceite%20comestible%20extra%20de%20la%20palma%20del%20coco>.

Chasiloa-Suarez, P.L. 2019. Evaluación de recubrimientos comestibles a base de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum verum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en la conservación de mora de castilla. Tesis-230 *Ingeniería Agronómica* pp 15-57.

Cruz, A. 2020. *Análisis sensorial para control de calidad de los alimentos*. Incap.int. Recuperado el 20 de enero de 2024, de <https://www.incap.int/index.php/es/noticias/201-analisis-sensorial-para-control-de-calidad-de-los-alimentos>

De Agricultura y Desarrollo Rural, S. 2021a. Dulce sabor de la manzana. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/dulce-sabor-de-la-manzana>

De Agricultura y Desarrollo Rural, S. 2021b. Estima Agricultura crecimiento de dos dígitos en producción nacional de manzanas al cierre del ciclo agrícola 2021. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-crecimiento-de-dos-digitos-en-produccion-nacional-de-manzanas-al-cierre-del-ciclo-agricola-2021>

De los Santos-Santos, M.A. 2020. Aplicación y evaluación de biopelículas con base a mucilago y almidón en frutos de guanábana (*Annona Murcica L.*) Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. pp 5-104

DECCO Ibérica 2018. Bienvenido More.Beautiful.Fresh. <https://www.deccopostharvest.com/es>

Druni.blog. 2023. ¿Para qué sirve el aceite de canela? Recuperado en marzo del 2022 en <https://www.druni.es/blog/aceites-esenciales/canela/para-que-sirve/>

Escobar Guadarrama, J.A. 2020. Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano adicionadas con partículas de almidón. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 8-53.

Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., Falcon Rodríguez, A., 2015. Película y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación de postcosecha de frutas y hortaliza. Revista Ciencia Técnicas Agropecuarias, 24 (3). ISSN 2017-0054.

Funes, A. 2021. Para que sirve el aceite de coco: conoce sus beneficios, propiedades y usos. El español. <https://www.elespanol.com/curiosidades/cuerpo-humano/para-que-sirve->

[aceite-coco-usos-propiedades-beneficios-salud-utilidades/486951546_0.amp.html](https://www.repositorio.cebs.br/bitstream/handle/123456789/10000/1/aceite-coco-usos-propiedades-beneficios-salud-utilidades/486951546_0.amp.html)

García, K. 2019. El poder de... el betabel – El poder del consumidor. <https://elpoderdelconsumidor.org/2019/01/el-poder-de-el-betabel/>

García, M., Ventosa, M., Diaz, R., Casariego, A. 2011. Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con ale vera en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. Instituto de farmacia y alimentos. Universidad de La Habana. ISSN 0864-4497, pp 62-67.

García-Rodríguez, M.E., Franco-Salazar, V.A., Veliz, J. 2014. Crecimiento y contenido icónico de Aloe Vera (L). Brum. F. (sábila) bajo diferentes concentraciones de NaCl. SABER Revista multidisciplinaria del consejo de investigación de la Universidad de Oriente, 26 (4): 385-394

Garduño, M. 2020. Manzana verde, la llave de Washington para elevar sus envíos a México. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/negocios-manzana-verde-llave-washington-envios-mexico/>

Gobierno de México. 2022. Evita el desperdicio de alimentos. Procuraduría Federal del Consumidor. Recuperado en el 2023 en <https://www.gob.mx/profeco/documentos/evita-el-desperdicio-de-alimentos>

Grupo Pochteca. 2023. Glicerol, usos y beneficios. Grupo Pochteca. Grupo pochteca. Venta de materias primas para la industria. <https://mexico.pochteca.net/glicerina-o-glicerol/#:~:text=El%20glicerol%20es%20un%20compuesto,casi%20en%20su%20totalidad%20glicerol.>

Gutiérrez, M. 2018. Aceite de canela: Contraindicaciones, Beneficios y propiedades. Unismia.com UNISIMA. <https://unisima.com/salud/aceite-canela/>

Gutiérrez Rico, V. 2017. Cosecha, postcosecha y comercialización de la manzana. Asociación de mujeres fruticultoras “Las Rositas”. pp 3-24.

Leal, K. 2024. 12 beneficio del betabel, propiedades(y como consumirlo). Tua saúde. <https://www.tuasaude.com/es/betabel/>

León- Leyva, A.P. 2018. Desarrollo de películas comestibles a base de almidón acetilado y gelatina y su aplicación en un fruto modelo. Tesis. Universidad Autónoma de Sinaloa. pp. 15-126.

López, J. 2023. Películas y películas comestibles: ¿reemplazo al plástico tradicional?. Noticia. Universidad de Chile. <https://uchile.cl/noticias/205882/recubrimientos-y-peliculas-comestibles-reemplazo-al-plastico>

López-Luengo, M.T. 2008. Plantas medicinales. Los aceites esenciales ampliación farmacológica, cosmética y alimentaria. Offarm: Farmacia y sociedad Issn 0212-047X Vol. 23 núm. 7 pp 88-91.

Lozano-Navarro, J.I. 2012. Evaluación del efecto biocida en películas de quitosano-almidón con antioxidantes naturales. Tesis maestría. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. pp 3-114

Mederos-Torres, Y., Bernabé-Galloway, P., Ramírez-Arrebató, M. A., 2020. Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. Cultivos Tropicales. Cultrop, 14 (3).

Merck KGaA. 2023. Glicerol cas 56-81-5/104057. https://www.merckmillipore.com/MX/es/product/Glycerol,MDA_CHEM-104057

Mora-Palma, R. M., Feregrino-Pérez, A. A., Contreras-Padilla, M. 2021. Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. Ciencia Latina Revista Multidisciplinar, 5(4). ISSN-2707-2207/ISSN-2707-2215. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4

Oregel-Zamudio, E., 2013. Aplicación de cubiertas comestibles formadas con cera de candelillas para la conservación de fresa. Tesis Instituto Politécnico Nacional. Producción agrícola sustentable.

Parzanese, M. 2022. Películas y recubrimientos comestibles. Tecnología para la industria alimentaria, Ficha 7 pp 1-10. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_07_PeliculaComestible.pdf

Planeación Agrícola 2017- 2030 . 2017. Manzana mexicana. SAGARPA pp 3-13.

Quintero, J., Falguera, V., Muñoz, A. 2010. Películas y Recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga, 5: 93- 118.

Quintero, C., Maldonado, Y., Caballero, L.A., Rivera, M. 2014. Entrenamiento de jueces para la evaluación del color de la avena instantánea sabor fresa y crema con arroz sabor arequipe. *Revistas Científicas de la Universidad de Pamplona*, 12 (1): 93 – 100. ISSN 1692–7125.

Ramos-García, M.L., Romero-Bastida, C., Bautista-Baños, S. 2018. Almidón modificado: propiedades y uso como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de tecnología Postcosecha*, Vol 19 núm. 1.

Rina. 2021. Alimentos perecederos y no perecederos. Recuperado de <https://prezi.com/p/uc8k0mtgvudq/alimentos-perecederos-y-no-perecederos/>.

Rodríguez-Guillermo M.C. 2019. Evaluación comparativa de la calidad microbiológica de biorecubrimientos funcionales sobre la vida de anaquel de manzana Golden mínimamente procesada. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 12-77.

Romero-Serrano, A., Pereira, J. 2020. Estado del arte: quitosano, un biomaterial versátil. Estado del arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones. *Revista Ingeniería UC*. Vol 27 pp 118-135.

Ruíz Ruíz, A. A. 2022. Desarrollo de un yogurt a base de leche de soya con microencapsulado de compuestos bioactivos de subproductos de betabel. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Sánchez, M. 2022. Goma Guar: que es, usos y efectos de este aditivo alimentario. Web Consultas. <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/higiene-alimentaria/goma-guar-que-es-usos-y-efectos-de-este-aditivo-alimentario>.

Severiano-Pérez, P. 2021. ¿Qué es y cómo se utiliza le evaluación sensorial? *Interdisciplina*, 7 (19): 49. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-57052019000300004

Solis-Montiel, Y.L. 2008. Evaluación sensorial: selección de jueces. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. Recuperado en https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14639/1/EVALUACION%20SENSORIAL_SELECCION%20DE%20JUECES%20P.pdf

Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L. Jiménez-Martínez, C. 2020. Películas y recubrimientos comestibles funcionales. Consejo. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. TIP, 21(2).

Staff- Imagen global. 2021. Aloe Vera. Recuperado de <https://imagenglobal.org/2021/03/05/aloe-vera/>

Statista Research Department. 2023. México: consumo anual por persona de frutas 2021. Recuperado <https://es.statista.com/estadisticas/592534/valor-de-la-produccion-de-los-distintos-cultivos-perennes-mexico/>

Tech, R. T. F. 2019. Buscan aumentar la vida de anaquel de las frutas. The Food Tech. - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas. <https://thefoodtech.com/historico/buscan-aumentar-la-vida-de-anaquel-de-las-frutas/>

Treviño-Garza, M.Z. 2016. Evaluación y comparación de recubrimientos comestibles a base de mucílago, quitosán y pululano en la calidad y vida de anaquel de la piña fresca cortada. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/13699/1/1080238064.pdf>

Vázquez, A. 2023. 13 tipos de manzana que no conocías. Blog Mentta. <https://www.mentta.com/blog/tipos-de-manzanas/>

Vázquez-Briones, M.C., Guerrero-Beltrán, J.A. 2013. Recubrimientos de Frutas con Biopelículas. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 7(2): 5-14.

Wanatot, S. 2022. Análisis sensorial y su utilidad para la mejora de productos. INFINITA Industria Consulting. <https://www.infinitaresearch.com/noticias/analisis.sensorial-y-su-utilidad-para-la-mejora-de-productos/>

Zamudio-Castellano, G.A. 2014. Aplicación de las biopelículas comestibles en la industria alimenticia. Tesis. Universidad del Valle – Cali , Valle del Cauca. Escuela de ingeniería de Alimentos. pp 7-72.

ANEXOS

Gráfica de color CIELab

