

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE
A PARTIR DE GOMA DE TARA (*Caesalpinia spinosa
Molina Kuntze*) PARA PROLONGAR LA VIDA UTIL DE
ROCOTO Y TOMATE DE ARBOL**

Autor: Bach. Roger Antonio Malquichagua Carrion

Asesor: M.Sc. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Co-asesor: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS-PERU

2022

DATOS DEL ASESOR

M.Sc. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

DNI N° 44011631

Registro ORCID: 0000-0002-0946-3445

<https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>

**Campo de la Investigación y el Desarrollo OCDE según la organización para la
Cooperación y el Desarrollo Económico**

2.11.00- -otras ingenierías, otras tecnologías

2.11.01- -alimentos y bebidas

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la vida, ayudarme a ser una persona de bien, cuidarme en mi camino y darme fuerzas para vencer todos los obstáculos que se presentaron en mi vida.

A MIS PADRES: ROSA Y TEODOMIRO

Por su amor y apoyo incondicional día tras día, por no defraudarme y estar siempre ahí para mí cuando más lo necesitaba, por inculcarme el deseo de superación, por darme la mejor herencia que un padre podría dar a sus hijos, la educación, por apoyarme aún más cuando solía equivocarme, por darme todo lo que estuvo en sus posibilidades para poder cumplir mis sueños, aunque el destino no quiso que viviéramos juntos padre mío siempre estuviste a mi lado, nunca me soltaste para sacarme adelante, siempre con tu apoyo incondicional, a mi madre, que sin ella no sería lo que soy, estoy más que agradecido con ustedes pues este trabajo es suyo.

A MIS HERMANOS:

Víctor Daniel López Carrión y Jefferson Encina Carrión por su amistad, respaldo, creer en mí y ser bendecido por tenerlos como hermanos, los quiero.

A MIS AMULETOS DE LA SUERTE:

Skrappy, Blue, Akira y Firu por demostrarme el amor más puro y desinteresado hacia mi persona, por enseñarme a ser responsable con Uds. Demostrándome que son seres capaces de sentir y entender lo que pasa a su alrededor brindándome su compañía, ladridos, lambidas y travesuras, sé que no hubiera logrado ser la persona que soy hoy en día si ustedes no hubieran llegado a mi vida, quiero decirles que mientras yo viva les daré lo mejor y no dejare que nada les pase sé que no soy su padre, pero ustedes si son mis hijos. Blue y Skrappy que hoy ya no me acompañan físicamente quiero decirles que los recuerdo siempre con dolor en mi corazón, pero con alegría inmensa de haber dado todo para que fueran los más felices de esta tierra sé que algún día nos volveremos a encontrar para nunca más separarnos, Akira y Firu, mis malcriados como los suelo llamar, las palabras me quedan cortas para decirles lo mucho que los amo hacen que mis días grises encuentren luz exigiéndome siempre a ser el mejor, para todos ustedes este humilde trabajo.

ROGER ANTONIO MALQUICHAGUA CARRION

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por cuidarme y guiar mi destino, por ser una persona de bien, brindarme fuerza y levantarme después de cada caída para seguir adelante y poder lograr todo lo que quiero un día no muy lejano.

A mi familia por ser la base de todos mis sueños, apoyo continuo en mi vida y más aún durante mis años de arduo estudio en mi carrera profesional, en definitiva, a mi madre por nunca dejarme caer, por su apoyo sobre todas las cosas, por corregirme cuando equivoque, por reprenderme cuando le falle y sobre todo por jamás dejar que pierda el rumbo de mi destino. A mi padre por su apoyo desde que inicié mi carrera, por sus grandes consejos de superación, por sacrificarse día a día en su trabajo para darme lo mejor y por nunca negarme nada a pesar de las circunstancias. De igual manera a todos mis amigos que con su granito de arena apoyaron en mi formación.

A mi casa superior de estudios de la cual me siento muy orgulloso de pertenecer, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza, por el conocimiento y el valor que me inculcaron durante todo el tiempo de mi formación profesional, a mis docentes, asesor M.Sc. Segundo Grimaldo Chávez Quintana, co asesor Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz Director ejecutivo INDES-CES y al investigador del proyecto ing. Alcides Román Peña, por su apoyo incondicional, consejos y palabras de sabiduría desinteresada.

Al instituto de investigación para el desarrollo sustentable de ceja de selva INDES-CES, donde se viene desarrollando el proyecto “Recubrimiento comestible natural a base de goma de tara (*Caesalpinia spinosa* Kuntze) para prolongar la vida útil de frutas nativas y hortalizas comerciales” BIOPOLIMERO de Contrato N°124-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE el cual enmarca esta investigación y apoyo financiero. Quienes me brindaron la oportunidad de poder realizar mi proyecto de tesis mediante apoyo logístico, asesoramiento teórico y económico. Mediante los encargados de sus laboratorios que me permitieron realizar mis análisis pertinentes.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrector de Investigación

Ing. Mg. Sc. Armstrong Bernard Fernandez Jeri

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COHESIBLE A PARTIR DE EDMA DE TARA (Caesalpinia spinosa Molina Kurtze) PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE ROCOTO Y TOMATE DE ARBOL ; del egresado ROGER ANTONIO MALQUICHAGUA CARRION de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS , Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 31 de Marzo del 2022

.....
Firma y nombre completo del Asesor

M. Sc. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A PARTIR DE GOMA DE TARA (Caesalpinia spirosa Molina Kuntze) PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE RODIZOS Y TOMATE DE ARBOL; del egresado ROGER ANTONIO MALQUICHAGUA CARRION de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 31 de Marzo del 2022

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr.. MEREGILDO SILVA RAMIREZ

Presidente



Ms. ROBERTO CARLOS MORI ZABARBURU

Secretario



Ms. EFRAIN MANUELITO CASTRO ALAYO

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A PARTIR DE GOMA DE TARA (Caesalpinia espinosa Molina Kuntze) PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE ROCÍO Y TOMATE DE ÁRBOL.

presentada por el estudiante () egresado (x) Bach. Roger Antonio Malquichagua Carrión

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

con correo electrónico institucional 4844819041@untrm.edu.pe

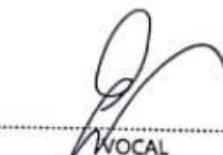
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor () / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 09 de MAYO del 2022


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 24 de mayo del año 2022, siendo las 11:00 horas, el aspirante: Roger Antonio Malquichagua Carrion, defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de goma de tara (Caesalpinia espinoza Molina Kuntze) para prolongar la vida útil de rocoto y tomate de arbol, teniendo como asesor a Mr. Segundo Grimaldo Chávez Quintana para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Mr. Meregildo Silva Ramirez

Secretario: Mr. Roberto Carlos Mori Zabarburú

Vocal: Mr. Efram Manuelito Castro Alayo

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:10 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

DATOS DEL ASESOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS.....	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	ix
ACTA DE EVALUACION DE SUSTENTACION DE TESIS	x
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y METODOS.....	19
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACION.....	19
2.2. MATERIALES	19
2.3. METODOS	20
2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL 2:.....	21
2.5. IMPLEMENTACION DE EXPERIMENTO 1	22
2.6. IMPLEMENTACION EXPERIMENTO 2	26
2.7. ANALISIS DE DATOS	28
III. RESULTADOS	29
3.1. Caracterización fisicoquímica del recubrimiento comestible, tomate de árbol y rocoto.....	29
3.2. Análisis de la vida útil del rocoto y tomate de árbol después de aplicar el recubrimiento comestible.....	39
IV. DISCUSIÓN.....	61
V. CONCLUSIONES	65
VI. REFERENCIAS BLIBLIOGRAFICAS	66
ANEXOS	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de proporciones expresadas en porcentaje.....	20
Tabla 2.Diseño de mezclas de las formulaciones	21
Tabla 3.Diseño experimental con y sin tratamiento (controles positivo y negativo).....	22
Tabla 4.Caracterización fisicoquímica del tomate de árbol y rocoto.....	29
Tabla 5.Formulación optima.....	38
Tabla 6.Criterios microbiológicos	45
Tabla 7.Análisis de varianza para HUMEDAD % (proporciones del componente)	71
Tabla 8.Coeficientes de regresión estimados para HUMEDAD % (cantidades del componente).....	71
Tabla 9.Análisis de varianza para SOLUBILIDAD % (proporciones del componente)	72
Tabla 10.Coeficientes de regresión estimados para SOLUBILIDAD % (cantidades del componente).....	72
Tabla 11.Análisis de varianza para OPACIDAD mm-1 (proporciones del componente)	73
Tabla 12.Coeficientes de regresión estimados para OPACIDAD mm-1 (cantidades del componente).....	73
Tabla 13.Análisis de varianza para ESPESOR mm (proporciones del componente).....	74
Tabla 14.Coeficientes de regresión estimados para ESPESOR mm (cantidades del componente).....	74
Tabla 15.Análisis de varianza para GRAMAJE gr/cm ² (proporciones del componente)	75
Tabla 16.Coeficientes de regresión estimados para GRAMAJE gr/cm ² (cantidades del componente).....	75
Tabla 17.Pruebas de efectos inter-sujetos.....	76
Tabla 18.Pruebas de efectos inter-sujetos.....	77

INDICE DE FIGURAS

figura 1.Humedad según porcentaje de goma de tara, cera de abeja y glicerol.....	30
figura 2.Concentraciones optimas de los componentes para minimizar humedad (%)	31
figura 3.Solubilidad según concentración de goma de tara, cera de abeja y glicerol	31
figura 4. Concentración óptima para minimizar la solubilidad (%).....	32
figura 5.Opacidad según porcentaje de goma de tara, cera de abeja y glicerol	33
<i>figura 6. Porcentajes óptimos para minimizar opacidad (mm-1).....</i>	<i>34</i>
figura 7.Porcentajes óptimos para el máximo gramaje (gr/cm ²)	34
figura 8. Porcentajes óptimos para maximizar el espesor del recubrimiento comestible .	35
figura 9. Espesor según porcentajes de goma de tara, cera de abeja y glicerol (gr/cm ²)..	36
figura 10. Porcentajes óptimos para el máximo gramaje (gr/cm ²)	37
figura 11 Peso específico según porcentajes de goma de tara, cera de abeja y glicerol ...	38
Figura 12. Porcentajes óptimos para minimizar el peso específico (gr/cm ³).....	38
Figura 13 Variación del pH a lo largo del tiempo de almacenamiento.....	39
Figura 14. Solidos solubles totales a lo largo del tiempo de almacenamiento.....	40
Figura 15. Porcentaje de acidez a lo largo del almacenamiento	41
figura 16 Textura a lo largo del almacenamiento.....	42
figura 17. Pérdida de peso a lo largo del almacenamiento	43
figura 18. Índice de deterioro a lo largo del almacenamiento	44
figura 19. Crecimiento de mohos a lo largo del almacenamiento	45
figura 20. Crecimiento de levaduras a lo largo del almacenamiento	46
figura 21. Índice de color a lo largo del almacenamiento	47
figura 22. Atributo de apariencia en el análisis sensorial del rocoto.....	48
figura 23. Atributo de color en el análisis sensorial del rocoto	49
figura 24. Atributo de textura en análisis sensorial	50
figura 25. Atributo de olor en el análisis sensorial	51
Figura 26. Ph a lo largo del tiempo de almacenamiento.....	52
figura 27. Solidos solubles totales a lo largo del almacenamiento	53
figura 28. Acidez a lo largo del tiempo de almacenamiento	54
figura 29. Textura a lo largo de los días de almacenamiento.....	55
figura 30. Pérdida de peso a lo largo de los días de almacenamiento	56
figura 31. <i>Índice de deterioro a lo largo de los días de almacenamiento</i>	<i>57</i>
figura 32. Índice de color a lo largo del almacenamiento	58

figura 33. Crecimiento de mohos a lo largo del almacenamiento recubrimiento comestible	59
figura 34. Crecimiento de levaduras a lo largo del almacenamiento	59
figura 35. Análisis sensorial al final del almacenamiento del tomate de árbol.....	60
figura 36. preparación de muestras para análisis sensorial y vista de recubrimiento comestible después del proceso de secado	79
figura 37. análisis sensorial de muestras de rocoto y tomate de árbol, con recubrimiento y patrón, inmersión de muestras de rocoto en recubrimiento comestible	80
figura 38. Estado de muestras de rocoto al día 20 de almacenamiento, con recubrimiento, patrón y escurrido de muestras.....	81
Figura 39. Preparación de muestras para análisis sensorial y vista de recubrimiento comestible después del proceso de secado	82
figura 40. Recuento de microorganismos, lectura de color y medición de la opacidad en espectrofotómetro	83
figura 41. desarrollo de recubrimiento comestible de goma de tara.....	84

RESUMEN

El objetivo del estudio es desarrollar un recubrimiento comestible a partir de goma de tara *C. spinosa* para prolongar la vida útil de *C. pubescens* y *C. betacea*. En una primera etapa se optimizó la elaboración del recubrimiento comestible y se comparó su efecto protector-conservante en tomate de árbol y rocoto. Se empleó un diseño de mezclas en el que se ejecutaron 11 formulaciones de goma de tara, cera de abeja y glicerol. Estas formulaciones fueron caracterizadas: espesor, humedad, opacidad, gramaje, peso específico y solubilidad. Posteriormente, se recubrieron por inmersión las frutas de tomate de árbol y rocoto con la formulación optimizada, con recubrimiento comercial y se almacenaron durante 25 y 30 días, respectivamente. Se evaluaron las características fisicoquímicas (pérdida de peso, pH, °Brix, acidez titulable, índice de deterioro, índice de color, textura), se realizó un análisis microbiológico y sensorial al final del almacenamiento. Los resultados mostraron que la aplicación del recubrimiento comestible optimo ayuda a controlar las propiedades fisicoquímicas y es microbiológicamente segura, el análisis sensorial mostró que la formulación 6 fue mejor aceptada que las muestras patrón y mejor que las muestras comercialmente recubiertas, según la prueba de tukey al 95 %. Esta formulación no modifica las propiedades organolépticas, retarda la maduración, el deterioro, conserva sus propiedades organolépticas y nutricionales. Se concluyó que el recubrimiento optimo conserva las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los frutos de tomate de árbol, rocoto.

Palabras Claves: goma de tara, cera de abeja, glicerol, recubrimiento comestible, vida útil

ABSTRACT

The objective of the study is to develop an edible coating from *C. spinosa* tara gum to prolong the shelf life of *C. pubescens* and *C. betacea*. In a first stage, the elaboration of the edible coating was optimized and its protective-preservative effect on tree tomato and rocoto was compared. A mixture design was used in which 11 formulations of tara gum, beeswax and glycerol were executed. These formulations were characterized: thickness, humidity, opacity, grammage, specific weight and solubility. Subsequently, tree tomato and rocoto fruit were dipped with the optimized formulation, commercially coated, and stored for 25 and 30 days, respectively. Physicochemical characteristics (weight loss, pH, °Brix, titratable acidity, deterioration index, color index, texture) were evaluated, and a microbiological and sensory analysis was performed at the end of storage. The results showed that the application of the optimal edible coating helps to control the physicochemical properties and is microbiologically safe, the sensory analysis showed that formulation 6 was better accepted than the standard samples and better than the commercially coated samples, according to the Tukey al test. 95%. This formulation does not modify the organoleptic properties, delays maturation, deterioration, preserves its organoleptic and nutritional properties. It was concluded that the optimal coating preserves the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of the tree tomato fruits, rocoto.

Keywords: tara gum, beeswax, glycerol, edible coating, shelf life

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol, el rocoto, son frutas y hortalizas respectivamente, dichos alimentos tienen una tendencia a ser perecederos esto debido a su alta humedad superficial, produce una rápida deshidratación y el crecimiento de microorganismos potencialmente variables, incluso patógenos. Además de la pérdida de calidad relacionada con sus propiedades fisicoquímicas. Andrade et al. (2014) La alternativa más rentable y eficaz para la empresa en la cadena de distribución es aumentar la vida útil o vida útil, lo que sugiere que debemos prolongar las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de los productos en el tiempo y sean aceptados por los consumidores. (Hernández-Muñoz et al., 2008). Actualmente, los recubrimientos alimentarios más utilizados son los definidos como materiales o compuestos sintéticos (constan de una mezcla de hidrocoloides y lípidos), que otorgan las ventajas funcionales de cada componente (Bourtoom, 2008a). Los componentes que se usan en cantidades más pequeñas para recubrimientos suelen incluir polioles (como el glicerol) que plastifican, refinan y mejoran las propiedades mecánicas del recubrimiento. (Vargas et al., 2006). La goma de tara es uno de los ingredientes clave con gran potencial para el desarrollo de recubrimientos comestibles, se trata de un hidrocoloide obtenido del endospermo de las semillas del árbol de tara, especie originaria del país. (Goycochea., 2010). Es un producto de origen natural, lo que significa que es una oportunidad sumamente importante para el desarrollo de un plan de trabajo rural ya que se utiliza en un número cada vez mayor de industrias, debido a que tiene muchas Existen diferentes formas de utilizarlo como espesante, emulsionante, gelificante, estabilizador, etc. Sin embargo, no se ha realizado ningún tipo de investigación sobre su efecto en la aplicación de recubrimientos comestibles a la fruta.

Vargas. (2015) En su investigación de películas y recubrimientos comestibles elaborados a base de goma de tara con otros insumos como cera de abeja, glicerol, evaluó el efecto de los recubrimientos sobre las propiedades químicas, al final del análisis determinó que los recubrimientos no modificaban las propiedades pero sí redujo la tasa de respiración, mantuvo la textura y ganó 3 días adicionales de vida útil del cortador. Por otro lado Andrade et al. (2014) investigaron la cera de mosca como recubrimiento comestible para prolongar la vida útil de *C. betacea*, realizaron análisis sensoriales y fisicoquímicos donde concluyeron que se reduce el peso, se reduce la frecuencia respiratoria, se mantiene la calidad organoléptica,

se aprovecha el 25% de la vida útil del fruto y se controla la textura. Ramírez Y Troyes. (2019) tuvo como objetivo desarrollar un recubrimiento comestible a partir del uso de mucílago de café y su aplicación en la conservación de manzanas Red Delicious. Para ver el efecto se analizaron las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas al final del período de almacenamiento. Los resultados muestran que la aplicación del recubrimiento comestible en sus diversas formulaciones ayuda a controlar las propiedades fisicoquímicas y que su aplicación es microbiológicamente segura. Por lo mencionado en los párrafos anteriores, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar un recubrimiento comestible a base de goma de tara para prolongar la vida útil de las plantas de tomate y rocoto, a la vez que se crea literatura científica con posibles soluciones para la conservación de Frutas y Hortalizas.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1. LOCALIZACION DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se realizó en el Laboratorio De Fisiología y Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva INDES-CES órgano desconcentrado de la Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

2.2. MATERIALES

MATERIAL BIOLOGICO

Todo el material biológico fue adquirido en la provincia de Chachapoyas, región Amazonas. Se empleó goma de tara natural recolectada en la zona de Achamaqui, este insumo de mucha importancia fue seleccionado por las características de espesante que presentó según ya estudios realizados, dicho insumo fue recolectado de manera manual teniendo en cuenta el estado de madurez de las vainas, luego en el mismo lugar aplicando golpes a los costales con vainas de tara se sacaron las semillas, las cuales fueron transportadas a los laboratorios para seguir con sus análisis, una vez puesta en laboratorio se realizó el tostado por 5 minutos de las semillas para luego de manera manual sacar el endospermo de la semilla y sacar la goma de tara, esta goma se llevó a un pulverizador de granos y así obtuvimos la harina de tara, la cera de abeja se compró a un productor de miel de abeja de la zona de Huancas, esta cera de abeja presentó todos los requerimientos para el desarrollo de recubrimientos comestibles, el suero de leche se obtuvo del establo de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, por pasar por procesos térmicos que permitieron tener un suero acorde a lo solicitado para la investigación, el aceite de Sacha, tomate de árbol y ají rocoto fueron recolectados en zonas productoras de molino pampa y Izcuchaca.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Guantes quirúrgicos
- Vasos de precipitación de 500 ml y 50 ml
- Pinzas
- Tubos de ensayo
- placas Petri
- bandejas plásticas
- cuchillo
- Agua destilada

- Fenolftaleína
- Agua alcalina
- Agar saboraud
- Hidróxido de sodio al 0,1 N

2.3. METODOS

2.3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL 1

Se trabajó con 11 formulaciones y 5 réplicas para corrección de error de las mezclas donde GT fue goma de tara, CA cera de abeja y GL glicerol donde los límites de las proporciones de las mezclas se detallan en la siguiente tabla 1.

Tabla 1

Límites de proporciones expresadas en porcentaje

Ingredientes principales	Límites de las restricciones expresadas cómo %	Límites de las restricciones expresadas como proporciones
Goma de tara	$0,1\% \leq X_1 \leq 0,6\%$	$0,05 \leq X_1 \leq 0,3$
Cera de abeja	$0,0\% \leq X_1 \leq 0,5\%$	$0,0 \leq X_1 \leq 0,25$
Glicerol	$0,9\% \leq X_1 \leq 1,9\%$	$0,45 \leq X_1 \leq 0,95$

Tabla 2*Diseño de mezclas de las formulaciones*

Formulación	Goma de tara (GT) %	Cera de abeja CA%	Glicerol GL%	Total % GT+CA+GL
F1	0,10	0,08	1,83	2
F2	0,26	0,50	1,24	2
F3	0,60	0,18	1,23	2
F4	0,60	0,18	1,23	2
F5	0,42	0,00	1,58	2
F6	0,52	0,50	0,98	2
F7	0,60	0,00	1,40	2
F8	0,10	0,50	1,40	2
F9	0,24	0,14	1,62	2
F10	0,10	0,08	1,83	2
F11	0,31	0,29	1,41	2
F12	0,42	0,00	1,58	2
F13	0,52	0,50	0,98	2
F14	0,46	0,38	1,17	2
F15	0,31	0,29	1,41	2
F16	0,10	0,33	1,57	2

2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL 2:

Características del experimento

Se trabajó con un diseño estadístico DCA. Implementado por 3 tratamientos, diseño experimental con tratamiento (controles positivo y negativo) y sin tratamiento (testigo), un diseño de mediciones repetidas para las variables (índice de deterioro, textura instrumental, sólidos solubles totales, pH, acidez, análisis microbiológico, análisis sensorial, pérdida de peso) a lo largo del tiempo de análisis. El tratamiento 0 fue el patrón sin recubrimiento comestible, el T1 fue el tratamiento óptimo encontrado en la primera etapa de la investigación, T2 fue el tratamiento con recubrimiento comestible a base de tara comercial, para la comparación de los

tratamientos; con tres repeticiones por cada tratamiento, que formaran 18 unidades experimentales por especie de estudio y día de análisis, este diseño fue considerado para cada especie de fruta y hortaliza

Tabla 3

<Diseño experimental con y sin tratamiento (controles positivo y negativo)

Tratamientos	U. experimentales						Total, U.E.
	Repeticiones			Repeticiones			
	Tomate de árbol			Rocoto			
T0 (patrón)	T0.t1	T0.t1	T0.t1	T0.r0	T0.r0	T0.r0	
T1 (recubrimiento optimo)	T1.t:	T1.t:	T1.t:	T1.r1	T1.r1	T1.r1	18
T2 (recubrimiento comercial)	T2.t:	T2.t:	T2.t:	T2.r2	T2.r2	T2.r2	

2.5. IMPLEMENTACION DE EXPERIMENTO 1

2.5.1. Caracterización fisicoquímica de rocoto y tomate de árbol

Acidez

Se determinó mediante titulación con NaOH al 0.1N que se expresó por formula en porcentaje usemos el método 942.15 de la Official Methods of Analysis A.O.A.C. (2007)

Sólidos solubles totales

El método que se empleó para determinar el contenido de solidos solubles fue el descrito en el Método 932.12 de la A.O.A.C. (2007), se empleó un refractómetro digital.

Firmeza

Se determinó utilizando un penetrometro (GY-4) de frutas y se representó como la máxima fuerza de penetración (kilogramos fuerza) alcanzada durante la rotura del tejido. Método aceptado por Hernández et al. (2008).

Potencial de hidrogeno (pH)

Se realizó usando un potenciómetro de vidrio empleando el método 981.12 de la A.O.A.C. (2007)

2.5.2. Elaboración de los recubrimientos comestibles de goma de tara

Para determinar la composición de las formulaciones y hacer cumplir el diseño de la mezcla, se determinaron restricciones mínimas y máximas para la goma de tara, la cera de abejas y el glicerol. En cuanto al uso de la goma de tara, la dosis máxima utilizada en los alimentos está determinada por las buenas prácticas de fabricación (Codex Alimentarios, 1995). En la práctica, se considera el 0,6% como límite de uso, ya que concentraciones más altas hacen que las soluciones sean demasiado viscosas según estudios y pruebas realizadas previamente, ya que inhiben los componentes restantes disueltos durante la preparación del recubrimiento. Para la cera de abejas, se utilizó un rango de 0 a 0,5 % (p/p) para estudiar el efecto de la composición lipídica en la composición del recubrimiento. Se observa que, según las pruebas preliminares realizadas, valores superiores al 0,5% dan recubrimientos muy translúcidos y blancos. En el caso de los límites de glicerol, estos límites se ajustaron con base en estudios previos citados por Cerqueira *et al.*, (2009) mostró que se necesitaba un máximo de 2% de glicerol; mientras que valores por debajo del 0,5% dan recubrimientos muy quebradizos. Se usó Tween 80® a una tasa constante (0.1%) en todas las formulaciones para reducir la tensión superficial del recubrimiento y mejorar su humectación en la superficie de la muestra, como se hizo con mucha (Ribeiro *et al.*, 2007) y Considerando los mayores porcentajes de masa y las limitaciones identificadas en la tabla 1, se utilizó la versión 11,1,2,0 del software estadístico design expertr®, de esta forma el grupo mixto considerado en la encuesta fue de 16, Tabla 2, (11 mezclas y 5 repeticiones). Las mezclas repetidas F5, F10, F12, F13 y F15 sirven para estimar mejor la varianza del ensayo error. Una vez diseñada la mezcla, se aplicó el recubrimiento comestible según el método descrito por Escalante. (2015) con algunas modificaciones, retuvo como matriz soporte de goma la tara, cera de abeja, glicerol y en concentración constante los demás insumos (0,5% aceite de sachá inchi, 3% suero de leche, 9 , % agua). Las soluciones se prepararon disolviendo goma de tara en polvo en agua destilada (80°C). Luego se agregó glicerol y la solución se agitó con un agitador magnético calentado hasta alcanzar los 90 °C; es la temperatura que asegura que la cera se derrita por completo. A esta temperatura, se añadió cera de

abejas y finalmente se homogeneizó el tensioactivo Tween 80® (0,1 %) agitando el sistema durante una hora. Luego se guarda en el refrigerador hasta su uso.

2.5.3. Caracterización fisicoquímica del recubrimiento comestible

Consideraremos las características fisicoquímicas descritas por Calero y Yunga. (2020) que son las siguientes:

Espesor

El espesor del revestimiento se mide con una regla o calibre profesional. Tomamos tres medidas del revestimiento según sus respectivas formulaciones, expresando los espesores como la media de las tres medidas tomadas.

Humedad

Utilizamos el método descrito por Galus y Kadzińska. (2016) con alguna modificación, la pérdida de masa del recubrimiento expresada como porcentaje (%) cada recubrimiento se analizó por triplicado, se cortaron del recubrimiento trozos de 3 cm x 2 cm de ancho, se realizó el primer pesaje (M_i), se dejó secar en un horno a 105°C durante 2 h. Luego, se retiraron las muestras secas y se realizó un nuevo pesaje (M_f), finalmente las sustituimos en la fórmula.

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

Gramaje

Cortamos tres muestras para cada formulación del mismo tamaño (largo * ancho = 2 cm * cm), pesamos las secciones de recubrimiento y calculamos la media de las tres muestras expresada en g/cm²

$$G = \frac{P}{A}$$

Dónde: G es gramaje (g/cm²) P es peso medio (g) y A es área de la muestra (cm²)

Peso específico aparente

Esto se calcula a partir del gramaje y el grosor, que se ha calculado antes y usamos la siguiente fórmula

$$Pe = \frac{G}{E}$$

Donde Pe es peso específico (g/cm³) y G es gramaje (g/cm²) y E es espesor de la muestra (mm)

Solubilidad

El porcentaje de solubilidad se determinó de acuerdo con el método descrito por Rubilar et al. (2013) Esto incluye mostrar la materia seca disuelta: cortar piezas de 6 cm² de recubrimiento comestible, luego se secó en un horno a 105 °C durante 2 h, pesar el recubrimiento seco (Mi), luego sumergir el recubrimiento seco en 50 ml de agua destilada durante 2 horas. h, mantener agitación constante en un agitador orbital a temperatura ambiente, filtrar y secar nuevamente en estufa a 105 °C por 2 h, luego pesar el recubrimiento comestible seco sin diluir (Mf) y finalmente formular la siguiente ecuación.

$$\%solubilidad\ en\ agua = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100$$

Donde Mi es el extracto seco inicial y Mf es extracto seco final.

Opacidad

La opacidad se determinó por el método descrito por Santacruz *et al.* (2015), Se cortaron piezas de 3 cm x 1 cm y se colocaron en una cubeta de cuarzo. Las muestras se analizaron utilizando un espectrofotómetro UVTE 2100 Unico, USA a 600 nm de absorbancia, los resultados de este análisis se calcularon de acuerdo a la siguiente ecuación.:

$$opacidad = \frac{Abs600}{X}$$

Donde Abs es la absorbancia medida a 600 nm y X es el espesor del recubrimiento en mm.

2.6. IMPLEMENTACION EXPERIMENTO 2

2.6.1. Determinación del recubrimiento óptimo

Para la determinación del recubrimiento óptimo, se realizó la optimización simultánea de respuestas siguiendo la metodología de la “deseabilidad global”, descrita por Derringer y Suich, (1980). El objetivo de esta optimización es encontrar la mezcla que mejor responda a las variables de respuesta, en base a los resultados de la caracterización del recubrimiento: humedad (minimización, d_1), solubilidad (minimización, d_2), opacidad (maximización, d_3), espesor (maximización, d_4), gramaje (maximización, d_5), peso específico (minimización d_6). La llamada deseabilidad global (D) representa la media geométrica de los valores de deseabilidad individuales, es decir:

$$D = (d_1 \times d_2 \times d_3 \times d_4 \times d_5 \times d_6)^{\frac{1}{6}}$$

La formulación del recubrimiento que se seleccionó como óptima fue aquella que presento el mayor valor de D, o la que como señala Cornell, (2011). Aunque tiene un valor D más bajo, representa una buena alternativa cuando se consideran factores adicionales. El recubrimiento obtenido con esta formulación se denomina "recubrimiento óptimo".

2.6.2. Aplicación del recubrimiento comestible en el rocoto y tomate de árbol

Se empleó el método de inmersión individual descrito por González et al. (2016) con algunas modificaciones, el rocoto y tomate de árbol fueron previamente lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0,05 % durante 5 minutos antes de ser recubiertas, luego se esperó que la formulación del recubrimiento disminuya su temperatura hasta los 15°C para luego realizar la inmersión durante un minuto. Se escurren en una bandeja para eliminar el exceso de cobertura las muestras recubiertas se colocaron en una bandeja de aluminio esterilizada y limpia. para evitar que otros microorganismos contaminen la muestra, posteriormente se colocaron a secar en estufa a 20°C durante una hora para compactar el recubrimiento finalmente se llevará las muestras a las áreas donde se hará el seguimiento para su evaluación de acuerdo a lo recomendado por Ouattara et al. (2002).

2.6.3. Análisis la vida útil del rocoto y tomate de árbol después de aplicar el recubrimiento comestible

La vida útil se determinó mediante observación directa sobre las variables respuesta, para ello se evaluaron a los grupos experimentales durante 25 días para el tomate de árbol y 20 días para el rocoto, se realizaron evaluaciones cada 5 días de: sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, pérdida de peso, índice de deterioro, textura instrumental, carga microbiana (mohos y levaduras) y características sensoriales (apariencia, color, textura, brillo y sabor) igualmente para sus respectivos testigos después de la aplicación de los recubrimientos comestibles de goma de tara (Ruelas-Chacón et al., 2013).

Medición de sólidos solubles totales y acidez titulable

Para realizar el análisis de sólidos disueltos se utilizó un refractómetro digital (Atago, Japón), indicando brix, AOAC. (1990). La acidez del titulante se determinará por titulación con NaOH 0,1 N, AOAC. (198), da el porcentaje de ácido cítrico.

Pérdida de peso

La pérdida de peso se determinó mediante el método propuesto por Gonzales et al. (2009) se realizarían análisis cada 8 h durante el seguimiento, se utilizó una balanza digital (Sartorius TE6101, Alemania). Los resultados se expresan como porcentaje de pérdida de peso en comparación con el peso original.

$$\text{perdida de peso}\% = \frac{\text{peso inicial (Mi)} - \text{peso final (Mf)}}{\text{peso inicial (Mi)}} \times 100$$

Ph

Se empleó el método 981.12 de la A.O.A.C. (2007), el pH fue evaluado con un pH-metro de vidrio.

Índice de deterioro

El método fue descrito por Gonzales et al. (2009) con modificaciones. Se tomaron tres muestras de control y cada tratamiento se evaluó individualmente los días 0, 5, 10, 15, 20, 25 de seguimiento para signos de deterioro, utilizando una escala hedónica de 6 puntos.

Parámetros de color

El color de la superficie de las muestras se midió con un colorímetro tomando 3 medidas a lo largo del ecuador de la muestra. La colorimetría se expresa como parámetros de luminancia y croma. A partir de estos parámetros se calcularon los índices de color, se realizaron por triplicado. El método descrito en el trabajo de Chiumarelli *et al.* (2011).

Textura instrumental

Se determina utilizando un probador de penetración de frutas (GY) y se expresa como la fuerza de penetración máxima (gramos. Fuerza) alcanzada durante la ruptura del tejido. Este método fue adaptado de (Hernández-Muñoz et al., 2008).

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó mediante recuento de siembra para mohos y levaduras se empleó agua alcalina y el agar sabouraud, recomendado por salmonella ICMSF (1985) considerando los límites permitidos de la RM 591-2008-MINSA.

Análisis sensorial

se realizó la evaluación a las muestras recubiertas y testigos. Al final del seguimiento de evaluación, en el análisis sensorial empleamos pruebas afectivas (con el apoyo de 20 panelistas, prueba de aceptación.) donde el panelista no entrenado nos expresó su agrado, aceptación y preferencia del producto cada panelista estuvo sujeto a una escala hedónica de 5 puntos (Watts & International Development Research Centre (Canada), 1992).

2.7. ANALISIS DE DATOS

En el presente trabajo de investigación los resultados obtenidos de los experimentos y siguiendo cada uno de los diseños estadísticos, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) al 5% de significancia, así mismo, se realizó la prueba de comparación de media y optimización de las superficies de respuesta con 3 repeticiones por tratamiento, lo cual permitió evaluar y encontrar el mejor tratamiento, los experimentos fueron procesados por el software estadístico IBM SPSS Statistics Base 22.0, Minitab 19 y Excel 2013.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización fisicoquímica del recubrimiento comestible, tomate de árbol y rocoto

Esta parte del trabajo contiene los resultados de la primera etapa de la investigación y tiene como finalidad abordar y dar cumplimiento a los objetivos específicos número uno y dos, a través de analizar fisicoquímicamente a los frutos de tomate de árbol y hortaliza rocoto, elaboración y caracterización de los recubrimientos comestibles

3.1.1. Caracterización fisicoquímica del tomate de árbol y rocoto

Tabla 4

Caracterización fisicoquímica del tomate de árbol y rocoto

Tipo de fruta	PH	SST (Brix°)	Firmeza	Acidez (%)
<i>S. betaceum.</i>	3,62±0,14	11,2±1,16	3,16±0,32	1,08±0,19
<i>C. pubescens</i>	4,61±0,10	6,18±0,54	2,14±0,36	0,55±0,1

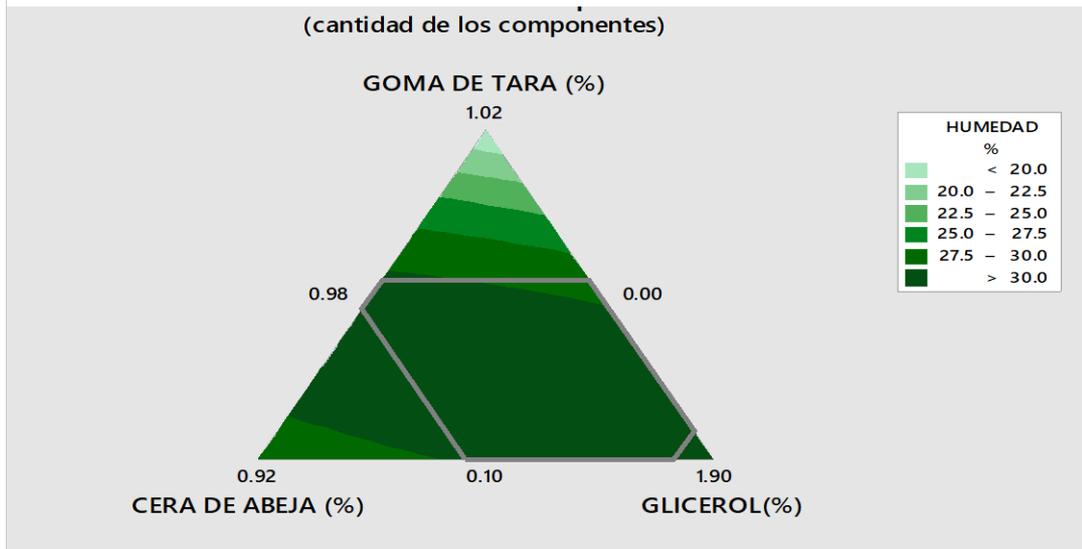
En la tabla número 4 se muestra los resultados de la caracterización fisicoquímica del fruto y hortaliza, los valores mostrados son referentes a muestras frescas, se observa un PH del tomate de árbol de 3,62 más una desviación estándar de 0,14, este valor se encuentra en rango para frutas, su brix está en 11.2 más una desviación de 1,16, este valor indica que la fruta es dulce y que presenta un estado de madurez óptimo para consumo, la firmeza es de 3,16 más su desviación de 0,32, este dato demuestra que la fruta se encuentra fresca y sin pérdida de atributos de dureza, su contenido de ácido cítrico es de 1,08 % más su desviación de 0,19 mostrando encontrarse con acidez optima según rangos para frutas. Para los datos de rocoto el potencial de hidrogeno, los sólidos solubles totales, la dureza y el contenido de ácido cítrico, entre los parámetros que cumplen para una hortaliza fresca y óptimo para consumo, libre de cualquier daño mecánico, microbiológico y fisicoquímico.

3.1.2. Caracterización fisicoquímica del recubrimiento comestible de goma de tara

Humedad (%)

figura 1

Humedad según porcentaje de goma de tara, cera de abeja y glicerol

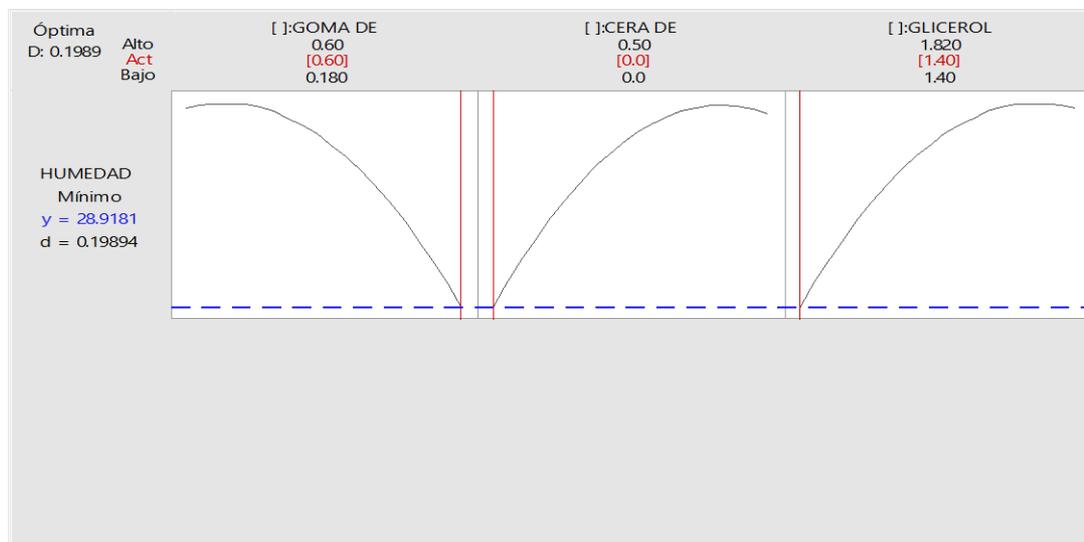


En la Figura 1 se indica que los tratamientos con mayor contenido de humedad se ubicaron en la región central (verde) de la parcela de sobre mixto, a diferencia de los tratamientos que se encontraron en la parte extrema de la parcela (en azul pálido) fueron los tratamientos con la menor cantidad de humedad, esta disminución en el contenido de humedad se debió a dos factores, la alta cantidad de goma de tara y la alta concentración de glicerol (plastificante), lo cual se atribuye a que favorece la adsorción de agua debido a su naturaleza hidrofílica, retención de agua y generación de hidrógeno. asociación en la matriz de superposición. El contenido de humedad de los recubrimientos varía del 20% al 30%, esto se debe a la concentración de entrada de goma de tara y cera de abeja, ya que, si se aumenta la concentración de goma de tara y cera de abeja, el porcentaje de goma de tara y cera de abeja disminuirá. humedad. Debido a que el factor de espesamiento maximiza la densidad de interacción de la matriz polimérica, altera la red con enlaces de hidrógeno, lo que reduce la humectabilidad del recubrimiento. Como resultado se trató de minimizar al máximo el contenido de humedad del recubrimiento, el cual fue influenciado

ignificativamente por los factores glicerol * goma de tara * (Figura 2) según análisis de varianza (Figura 2) $p = (0.038)$

figura 2

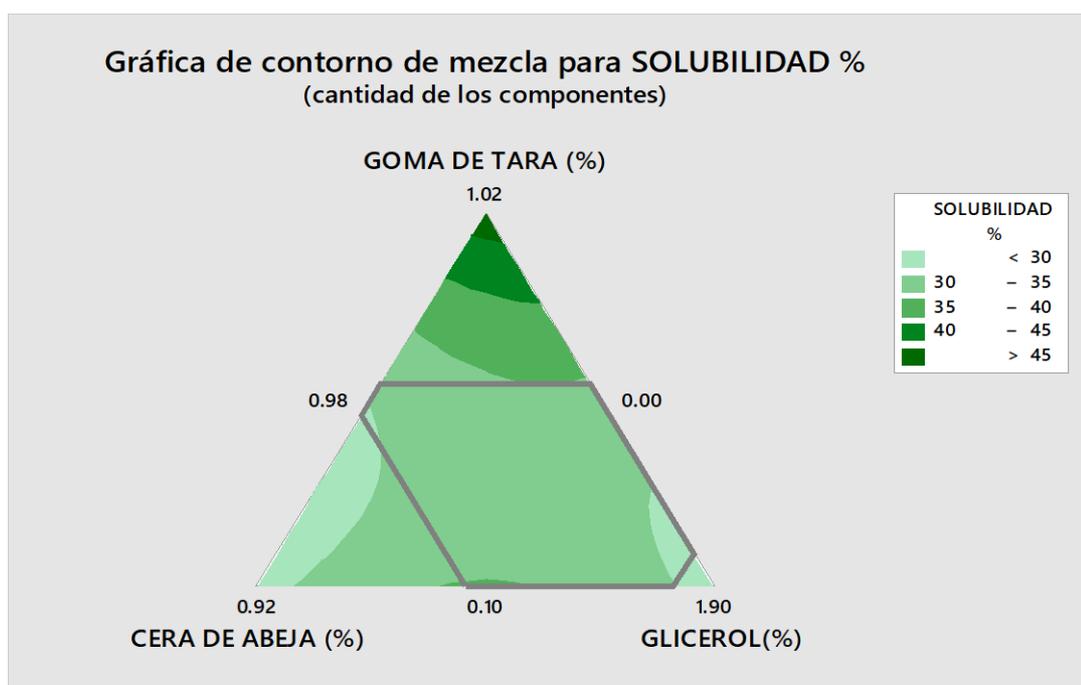
Concentraciones optimas de los componentes para minimizar humedad (%)



Solubilidad (%)

figura 3

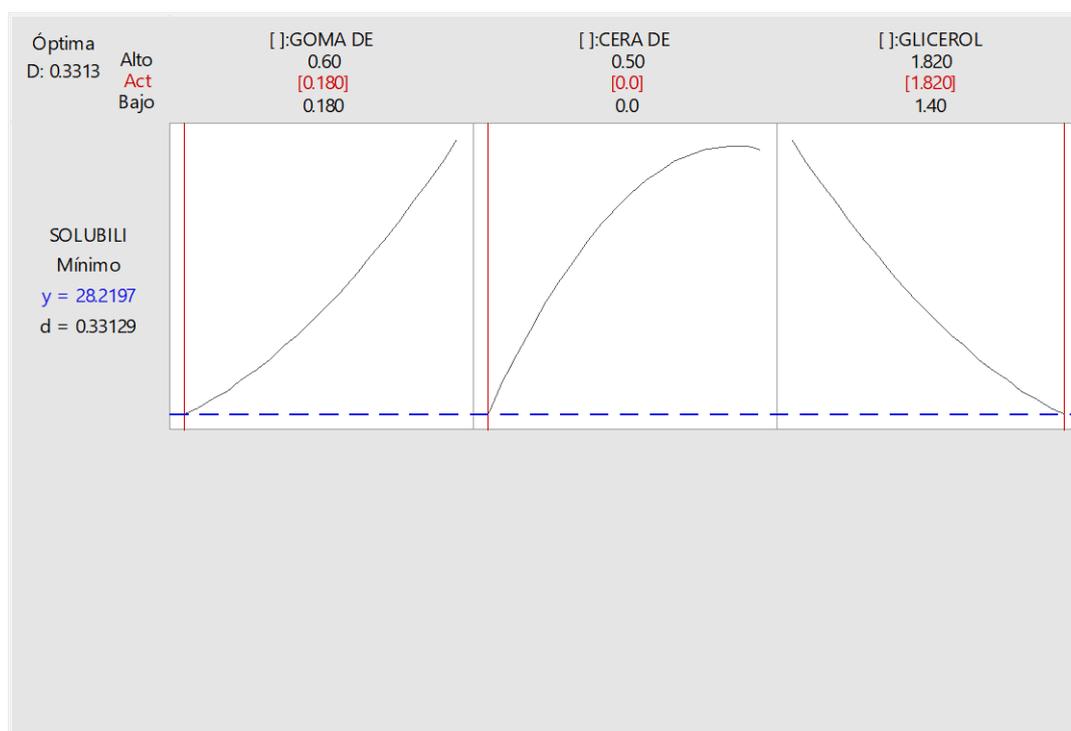
Solubilidad según concentración de goma de tara, cera de abeja y glicerol



En la Figura 3, se encontró que los tratamientos tenían un color azul claro en el gráfico de contorno mixto que indica un bajo contenido de soluto (solubilidad), posiblemente para alimentos que requieren mayor protección contra la humedad, por otro lado, la fórmula está en el área verde de la gráfico envolvente de mezclas con alto contenido de solutos (solubilidad), por lo que será visible si el recubrimiento se consume con los alimentos o si se disuelve en el proceso de cocción, significa que son aplicables a alimentos con un contenido de solutos (solubilidad) mayor que el contenido de humedad o si el ambiente de almacenamiento tiene una humedad relativa alta. De acuerdo a los resultados presentados en la presente investigación se minimiza la solubilidad por esta, los factores que influyen son la goma de tara y el glicerol, esto se verifica mediante análisis de varianza ($p=0.0297$) (Figura 4)

figura 4

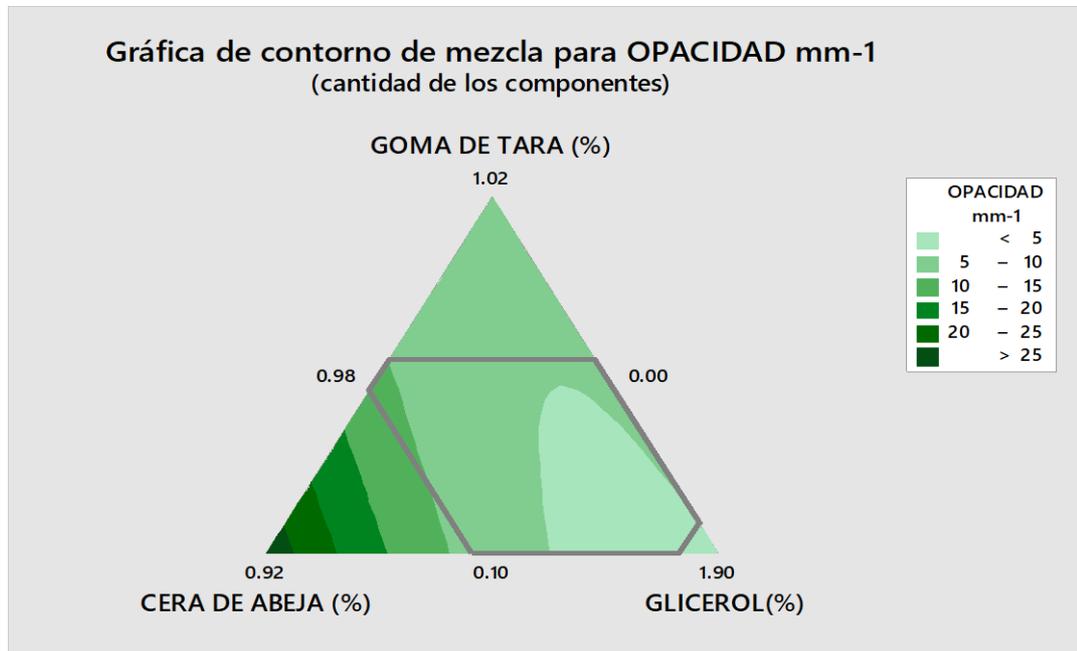
Concentración óptima para minimizar la solubilidad (%)



Opacidad (mm-1)

figura 5

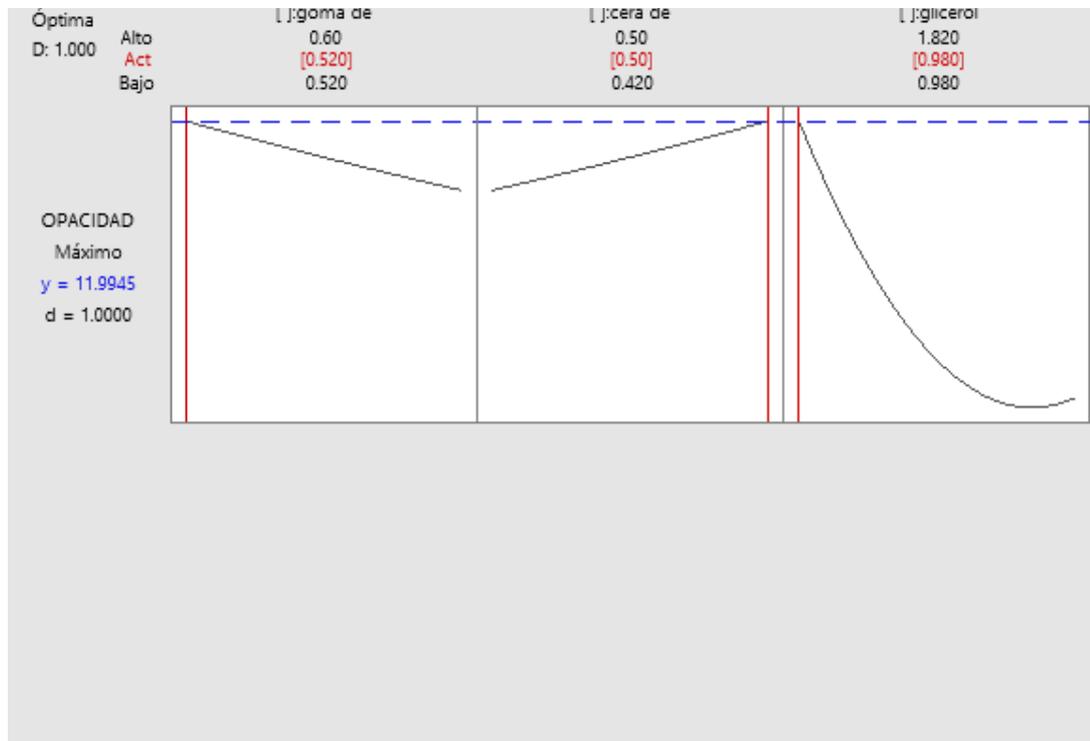
Opacidad según porcentaje de goma de tara, cera de abeja y glicerol



En la figura 5 se observa los resultados obtenidos de opacidad que oscilan entre menores a 5mm-1 para los tratamientos que se encuentran en la zona de color celeste en la gráfica de contorno de mezclas y 25 mm-1 para los tratamientos que se encuentran en la zona verde de la gráfica, según estos resultados hay probabilidad de que esto ocurre cuando se trabaja con almidones que contienen altas concentraciones de amilosa, lo que obstruye la penetración de la luz de transmitancia. Para esta parte de la investigación se buscó maximizar la opacidad para evitar el ingreso directo de la luz hacia los alimentos recubiertos para ello los factores que intervinieron fueron la goma de tara, cera de abeja y glicerol los cuales presentan diferencia significativa según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (figura 6)

figura 6

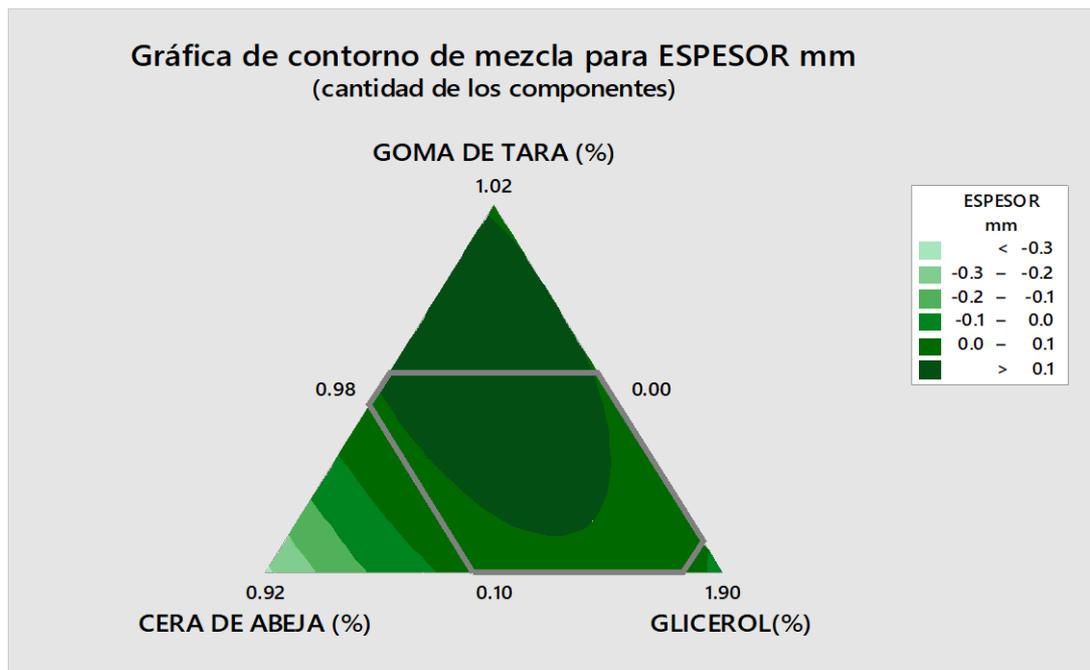
Porcentajes óptimos para minimizar opacidad (mm-1)



Espesor (mm)

figura 7

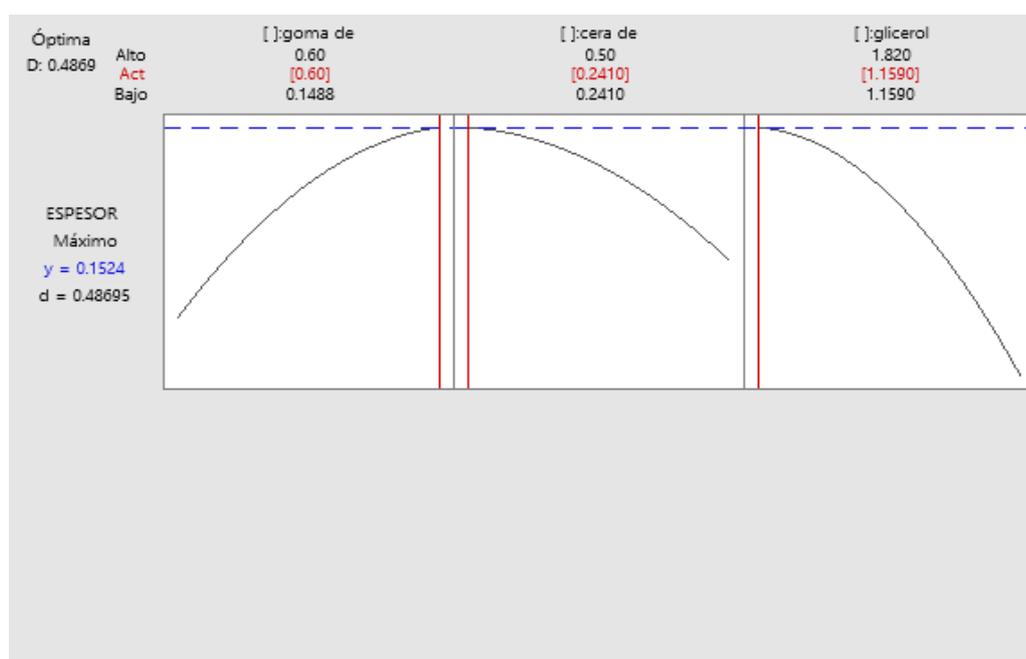
Espesor según porcentaje de goma de tara, cera de abeja y glicerol



En la figura 7 se observa que los tratamientos con mayor variación de espesor, como se muestra en la gráfica de contorno de mezclas, los tratamientos ubicados en la región azul claro tienen menor espesor, a excepción de los tratamientos que se muestran en la Fig. que se encuentran en las regiones verdes, presentan un espesor mucho mayor, esto se debe a la naturaleza hidrofílica del plastificante (glicerina), que permite la retención de agua en el sustrato y posiblemente también debido a que aprende el secado de la cubierta comestible, por lo que aumenta su espesor. El valor del espesor del revestimiento varía entre $y < -0,3$ mm a $y > 0,1$ mm, hubo diferencias significativas en los resultados para los componentes de goma de tara, cera de abejas y glicerol ($P < 0,05$). (Figura 8)

figura 8

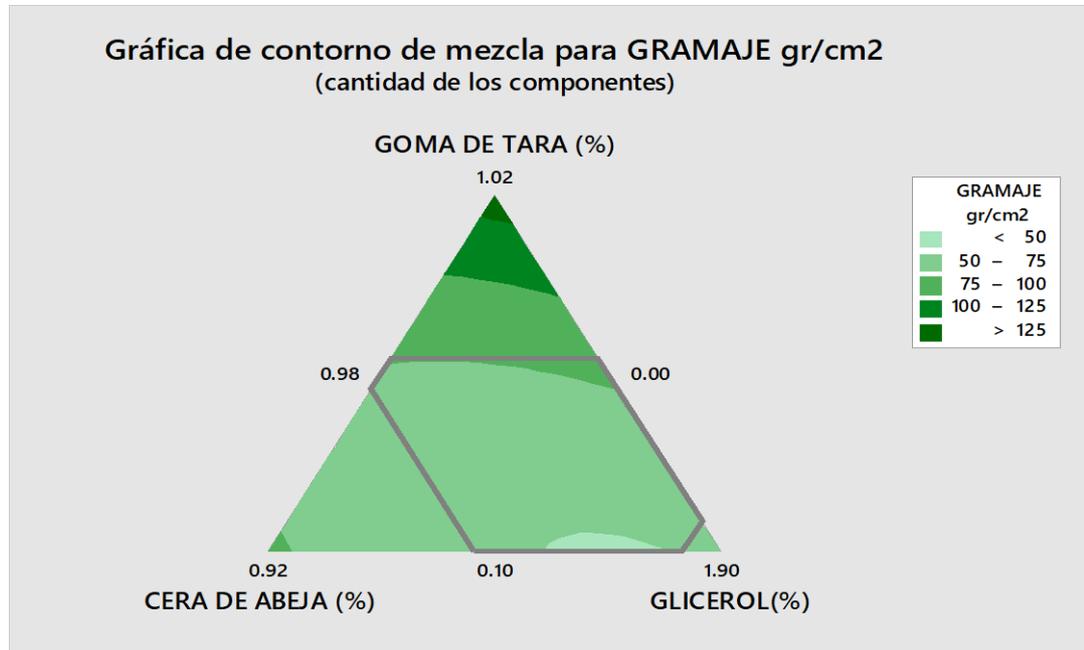
Porcentajes óptimos para maximizar el espesor del recubrimiento comestible



Gramaje

figura 9

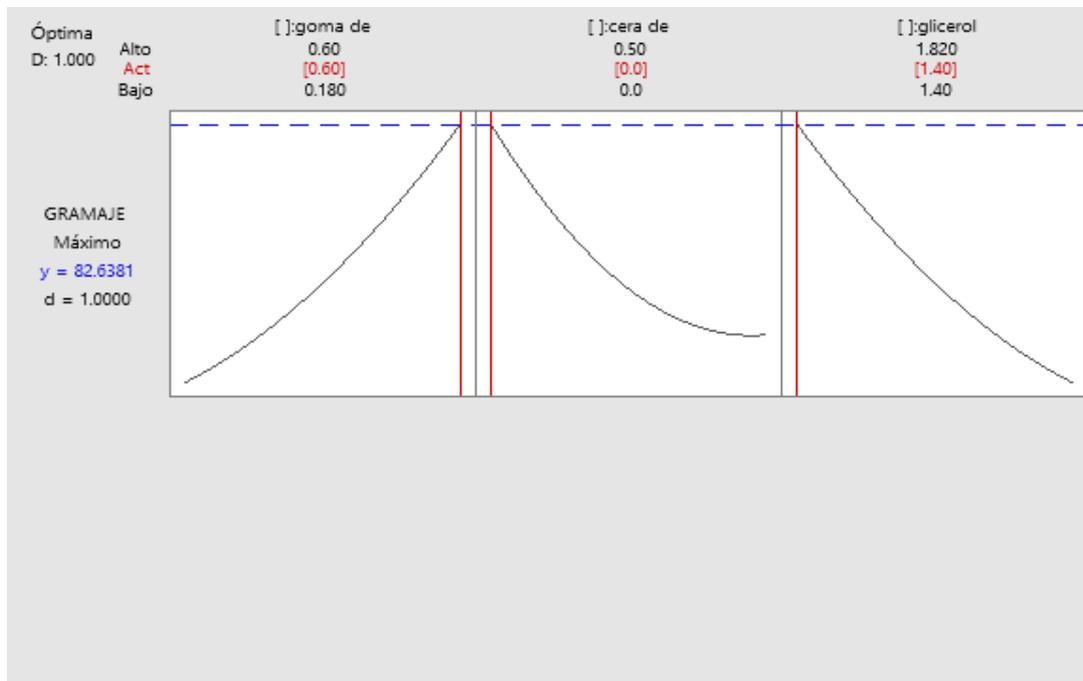
Espesor según porcentajes de goma de tara, cera de abeja y glicerol (gr/cm²)



En la figura 9, se observa que los valores del gramaje varían, desde valores menores a 50 gr/cm² a mayor de 125 gr/cm², los tratamientos con menor gramaje se encontraron en la zona de color celeste y los tratamientos con mayor gramaje en la zona verde como se aprecia en la gráfica, los componentes que afectan significativamente el gramaje según el análisis de varianza ($p < 0,05$) fueron la goma de tara, cera de abeja y glicerol, sin embargo, para obtener un gramaje óptimo los factores que intervienen solo son la goma de tara y glicerol (figura 10), Con los resultados obtenidos se puede decir que el gramaje está directamente relacionada con la resistencia y transmitancia lumínica del material, mientras que una mejor gramática otorga mejor resistencia mecánica y buena protección a la transmisión lumínica que poder mantener el color de los alimentos. y apariencia.

figura 10

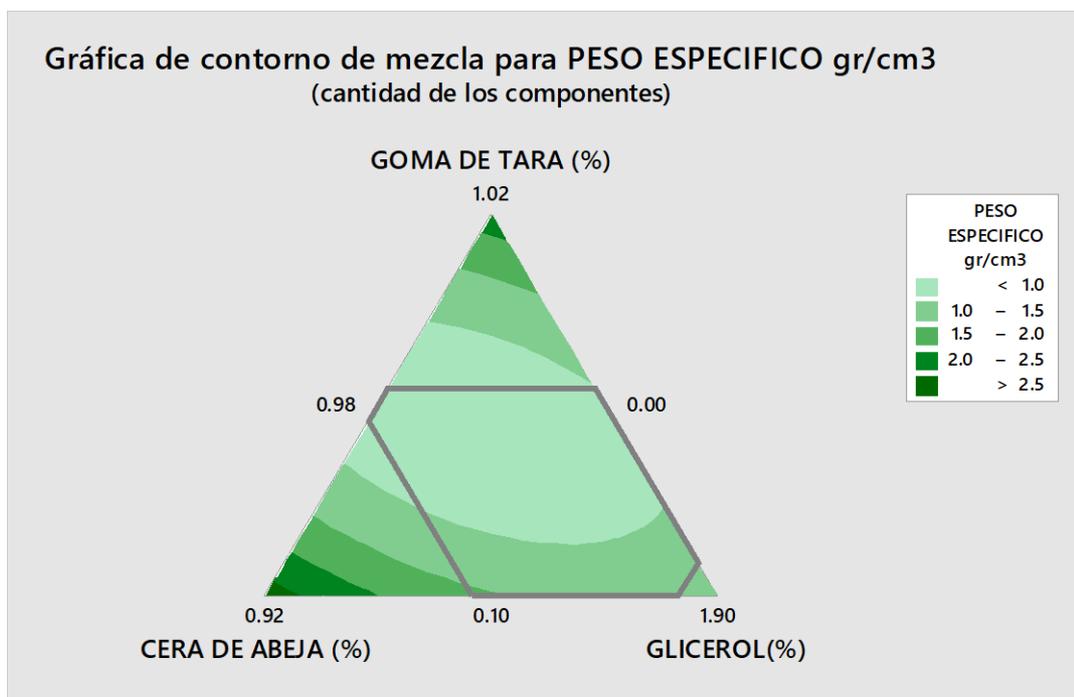
Porcentajes óptimos para el máximo gramaje (gr/cm2)



Peso específico

figura 11

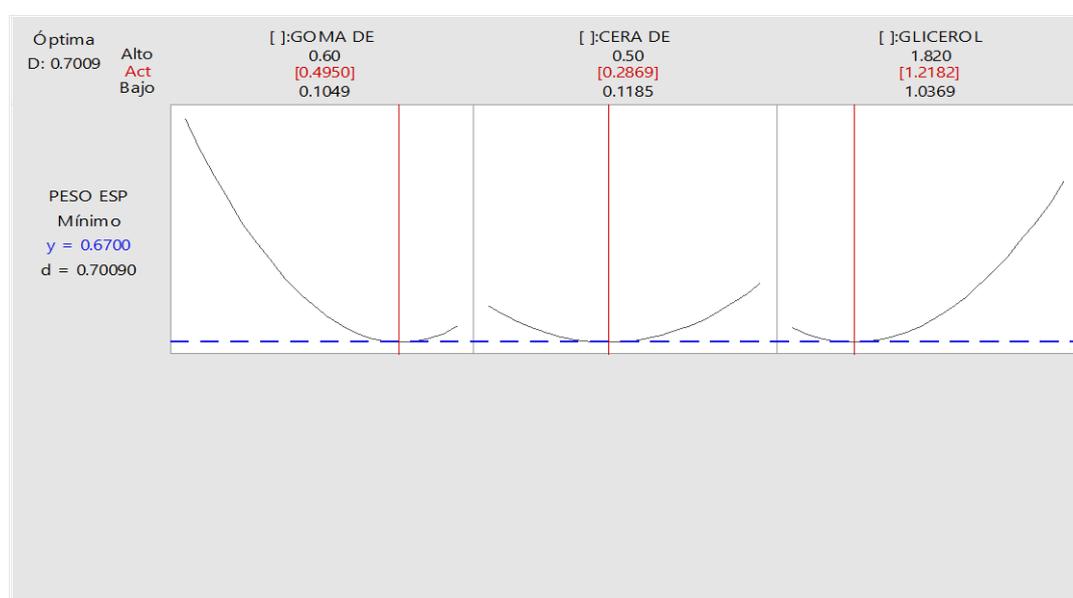
Peso específico según porcentajes de goma de tara, cera de abeja y glicerol



En la figura 11, se observa el peso específico, este es la relación del gramaje y su espesor, de la gráfica observamos que los valores de peso específico oscilan de datos menores a 1 gr/cm³ a mayores a 2,5 gr/cm³ para las zonas celeste y verde respectivamente, según los resultados para obtener un peso específico del recubrimiento óptimo se debe tener en cuenta los factores como las cantidades de goma de tara, Cera de abeja y glicerol (figura12), según el análisis de varianza no encontró diferencias significativas ($p < 0,05$)

figura 12

Porcentajes óptimos para minimizar el peso específico (gr/cm³)



Recubrimiento óptimo

Tabla 5

Formulación óptima

Formulación	Composición			Deseabilidad global (D) mayor	Numero de formulación según el diseño de mezcla
	goma de tara (%)	cera de abeja (%)	glicerol (%)		
Formulación óptima	0,52	0,5	0,98	1	F6

3.2. Análisis de la vida útil del rocoto y tomate de árbol después de aplicar el recubrimiento comestible.

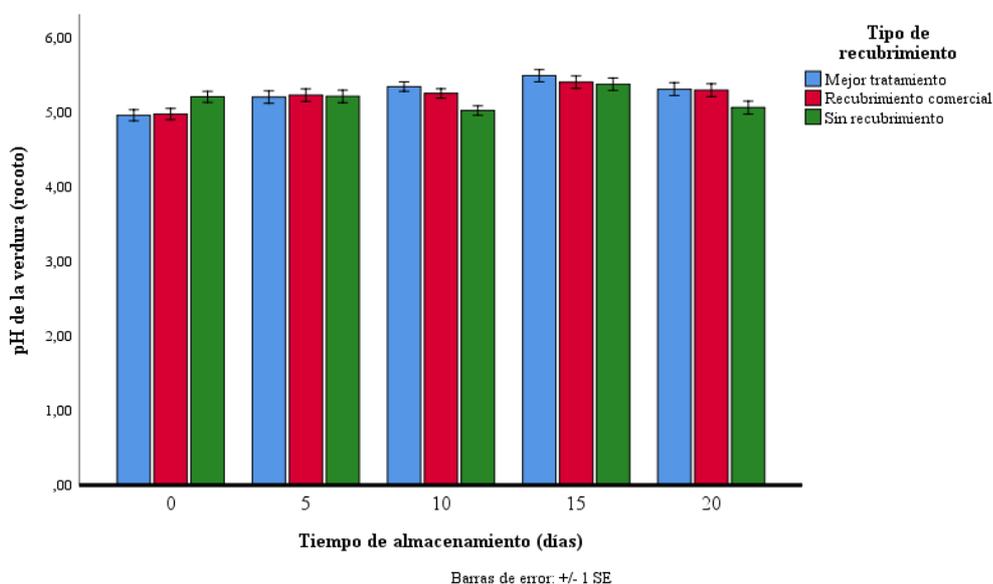
En este subcapítulo del trabajo contiene los resultados de la segunda etapa de la investigación, cumpliremos con lo detallado en el objetivo específico número tres, mediante la aplicación y análisis de las muestras de tomate de árbol y rocoto para prolongar su vida útil después de aplicar el recubrimiento comestible.

3.2.1. Características fisicoquímicas del rocoto con recubrimiento comestible

PH

figura 13

Variación del pH a lo largo del tiempo de almacenamiento

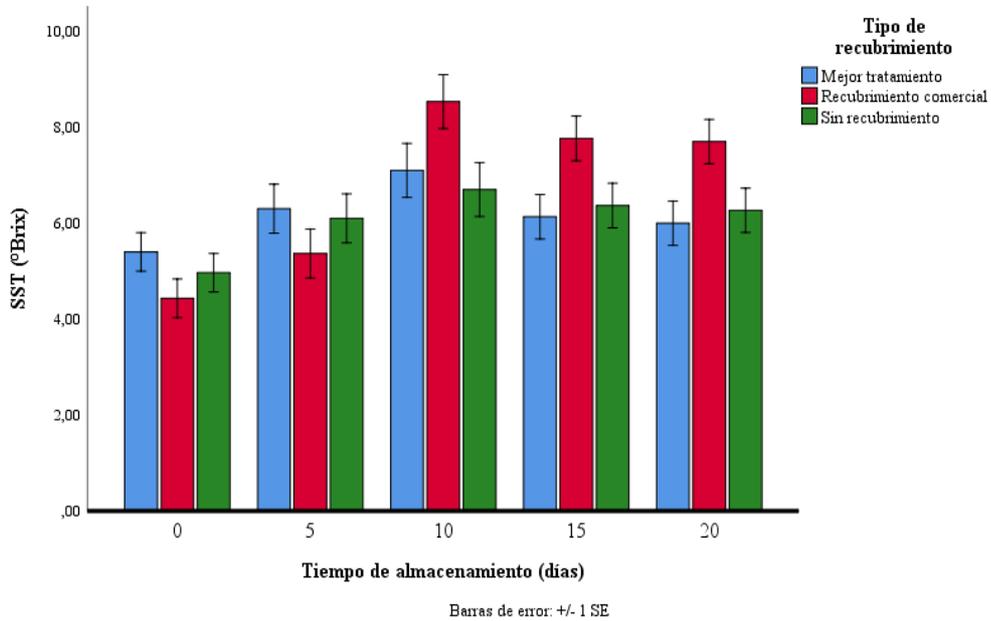


La Figura 13 muestra los resultados por análisis de varianza (ANOVA) para el pH de muestras de rocoto recubiertas, recubrimiento óptimo aplicado tratamientos comerciales recubiertos y sin recubrir, almacenadas durante 20 días a temperatura ambiente, mostró que no se le dio significación estadística al valor de significancia ($pvalue = 0.16$) fue superior a 0,05 (5%). Esto demuestra que el pH de la muestra de chile no se ve afectado por el efecto combinado de los factores. Esta constancia probablemente se atribuya a la maduración del rocoto, es decir, que su maduración sea lo más uniforme posible, o que responda de la misma forma a diferentes tratamientos. Como resultado de esta evaluación se encontró que el pH del rocoto con los tratamientos no cambió.

Sólidos solubles totales (SST)

figura 14

Sólidos solubles totales a lo largo del tiempo de almacenamiento

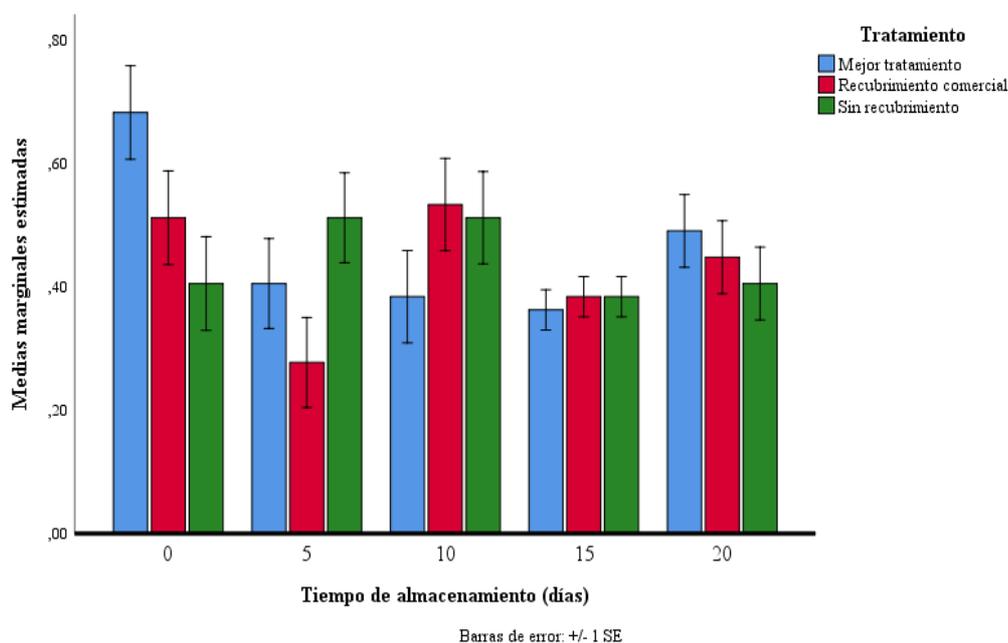


La Figura 14 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para sólidos disueltos (°Brix) de muestras de chile rocoto recubiertas con diferentes tratamientos, con concentraciones de goma de tara, cera de abeja, glicerol y el tratamiento sin recubrimiento, almacenadas por 20 días en ambiente temperatura, indicó que no hubo significación estadística para la interacción goma de tara * cera de abeja * glicerol, ni para los tratamientos sin recubrimiento alimentario, debido a que el valor de significancia (p-value = 0.235) es mayor a 0.05 (5%). Esto indica que los sólidos solubles (° Brix) de las muestras de pimiento picante no se vieron afectados por el efecto combinado de los factores. Esta invariancia puede deberse al estado de maduración de los rocotos, es decir, su maduración es uniforme, o responden de manera similar a diferentes tratamientos. Como resultado de esta evaluación se encontró que los sólidos solubles (°Brix) del rocoto con tratamientos no fueron diferentes.

Acidez

Figura 15

Porcentaje de acidez a lo largo del almacenamiento

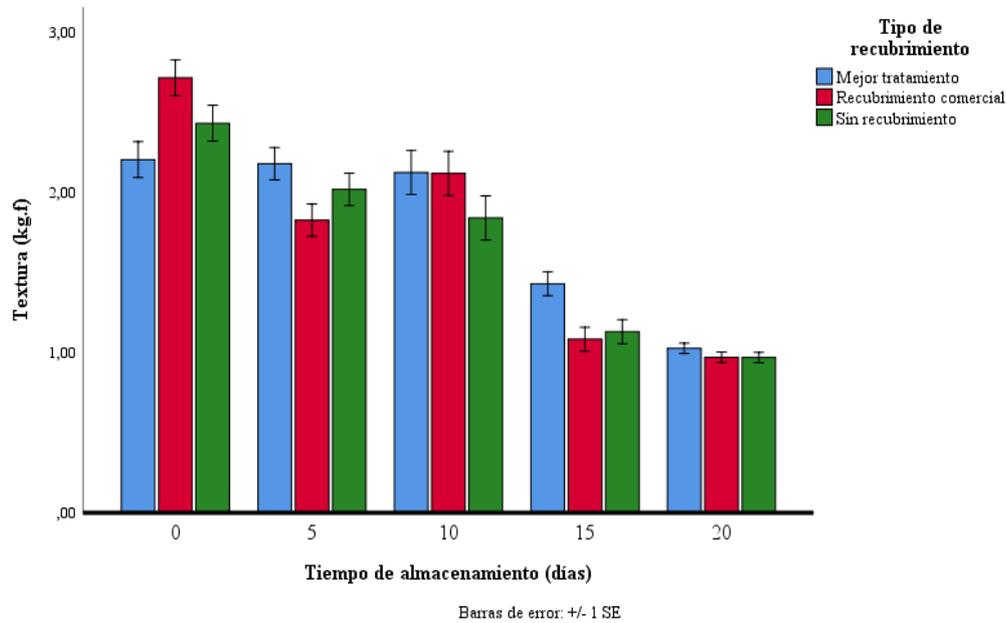


La Figura 15 muestra los resultados por análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulada (% ácido cítrico) de chile rocoto rebozado con diferentes tratamientos y concentraciones de goma de tara, cera de abeja y glicerol, almacenado por 20 días a temperatura ambiente, no mostró resultados estadísticos. significancia para goma de tara, cera de abejas y glicerol, ni para el tratamiento sin recubrimiento, debido a que el valor de significancia para ambos casos es superior a 0,05 (5%). Estos resultados indican que los factores en estudio no afectan el contenido de ácido titulable de las muestras de chile. Por la interacción de los elementos de goma tara * cera de abejas * glicerol. Esto muestra que la acidez valorada (% ácido cítrico) no se ve afectada por el efecto combinado de los factores, es decir, los recubrimientos no cambian el resultado de la acidez valorada (% ácido cítrico).

Textura

Figura 16

Textura a lo largo del almacenamiento

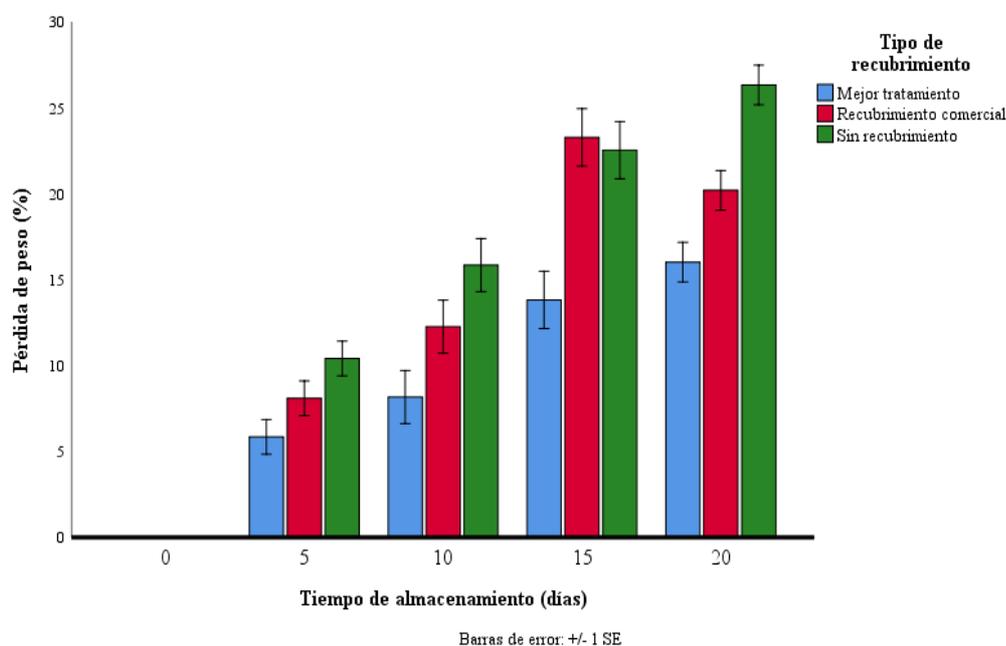


En el Figura 16, se presenta la variación de la textura durante los 20 días de almacenamiento, en donde se observa que los rocotos registraron datos de menor firmeza a los 15 días de almacenamiento con el tratamiento con recubrimiento comercial y el Testigo (sin recubrimiento). Así mismo al día 20 de almacenamiento, los tratamientos con recubrimiento comercial y testigo (sin recubrimiento), han sido analizados en un estado de inicio de descomposición de las muestras de rocoto por lo cual la lectura de textura registrada por el penetrómetro fue la más mínima. Estos resultados posiblemente se deben a que la pérdida de peso va acompañada de la pérdida de humedad y como resultado también la textura, generando cambios negativos en la calidad de los rocotos, Según el análisis de varianza ($p < 0.05$) no muestra diferencia significativa ($p = 0.308$), para ninguno de los tres tratamientos, por lo tanto, indican que la textura no está afectada por el efecto conjunto de los factores, es decir, que los recubrimientos no alteran la textura de las muestras de rocoto.

Pérdida de peso (%)

Figura 17

Pérdida de peso a lo largo del almacenamiento

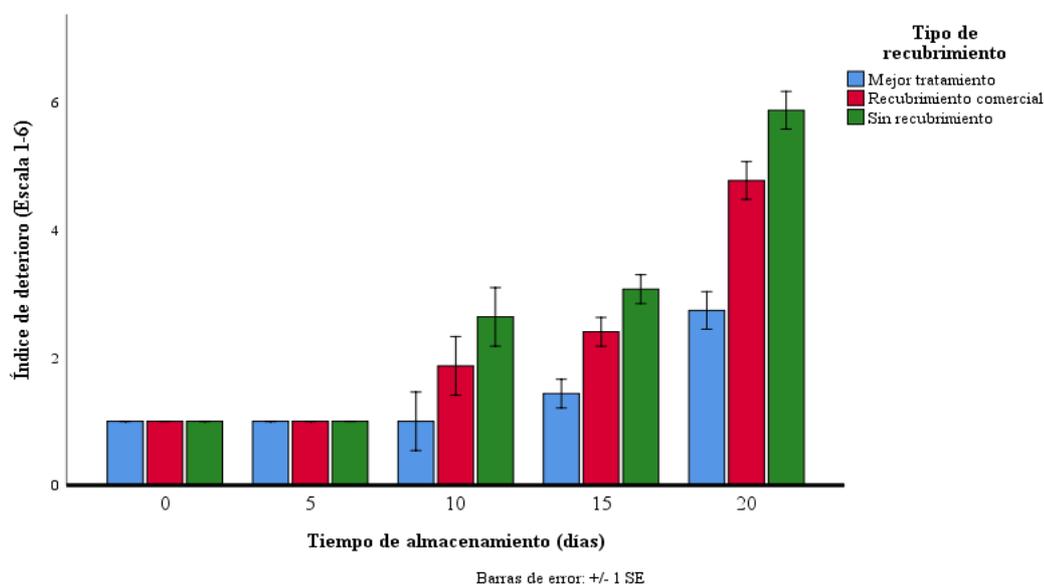


En la Figura 17, se presenta el porcentaje (%) de pérdida de peso durante los 20 días de almacenamiento, en donde se observa que el tratamiento testigo (sin recubrimiento) tuvo el mayor porcentaje de pérdida de peso a comparación de los tratamientos con recubrimiento comercial y mejor tratamiento que pérdida de peso fue menor. Asimismo el mejor tratamiento a temperatura ambiente alcanzó un tiempo de 15 días manteniendo sus características óptimas de calidad con, 5 días más que el tratamiento testigo (sin recubrimiento) y tratamiento con recubrimiento comercial los cuales perdieron completamente su calidad comercial, por lo tanto, estos tratamientos fueron desechados al 100%, también se distingue que los tratamientos con recubrimiento comercial y testigo (sin recubrimiento) tienen datos de pérdida de peso estadísticamente parecidos. Se observa también que el testigo, es altamente significativa con respecto a los tratamientos con recubrimiento óptimo y recubrimiento comercial además de que el mejor tratamiento es el que registra menor porcentaje de pérdida de peso respecto a los demás tratamientos. Según el análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso del rocoto recubierto con diferentes tratamientos y sin recubrimiento indican que existe diferencia significativa para la goma de tara*cera de abeja*glicerol, dado que, el valor de significación (pvalor =0.000) es menor al 0.05 (5%).

Índice de deterioro

Figura 18

Índice de deterioro a lo largo del almacenamiento 18



Los datos de la figura 18, muestran los resultados del índice de deterioro a lo largo de los 20 días de almacenamiento, observándose una diferencia significativa según el análisis de varianza ($p=0,000$). El gráfico de barras demuestra que las muestras de rocoto tuvieron un índice de deterioro de ninguno los 5 primeros días para los tres tratamientos, el día 10 el mejor tratamiento mantuvo su índice de deterioro en ninguno en cambio el tratamiento testigo (sin recubrimiento) y tratamiento con recubrimiento ya mostraban ligeramente presencia, el día 15 de igual manera el mejor tratamiento mostro un índice de deterioro de presencia y los tratamientos testigo y recubrimiento comercial presentaban deterioros entre ligeros a moderados, al llegar a los 20 días de almacenamiento el mejor tratamiento presento un deterioro ligero, pero los tratamientos testigo y recubrimiento comercial alcanzaron un deterioro grave y muy grave. Una disminución en el Índice de Calidad Global se asoció positivamente con la pérdida de peso. Lo más destacado en este estudio es que los factores microbiológicos de las muestras de chile también afectan en gran medida el proceso de degradación de la fruta, en este estudio se puede encontrar que aplicando la concentración óptima de goma de tara * cera de abejas * Glicerol en el recubrimiento se reduce la tasa de deterioro, por lo que el rocoto conserva su calidad.

Análisis microbiológico

Los resultados se compararon de acuerdo a la norma de higiene N° 00798SA que establece criterios microbiológicos para la calidad, inocuidad e higiene de los alimentos y bebidas para consumo humano: en este estudio se determinaron los criterios microbiológicos para consumo humano que para alimentación humana se define como “Verduras frescas (lavadas, pasteurizadas, peladas, troceadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas, miel, jalea real y otros ingredientes similares”.

Tabla 6

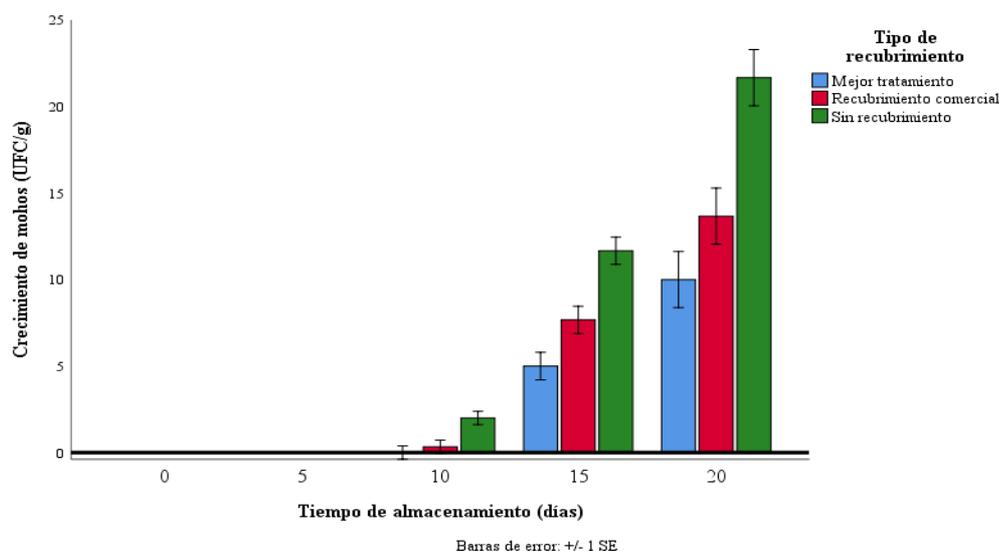
Criterios microbiológicos

Agente Microbiano	Categoría	Clase	N	C	Limite por g.	
					m	M
Aerobios Mesofilos (30°C)	2	3	5	2	10 ⁴	10 ⁶
<i>Escherichia coli</i>	6	3	5	1	10	10 ²
Mohos	8	3	5	1	<10	10
Levaduras	5	3	5	2	<50	50
<i>Salmonella</i>	10	2	5	0	Aus.25.g	----

Mohos

Figura 19

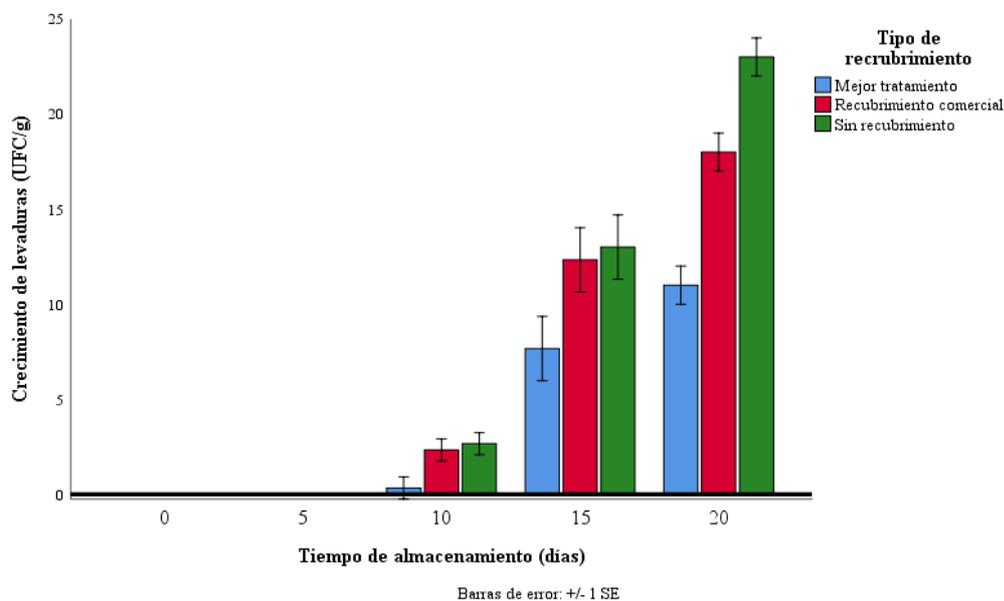
Crecimiento de mohos a lo largo del almacenamiento



Levaduras

Figura 20

Crecimiento de levaduras a lo largo del almacenamiento



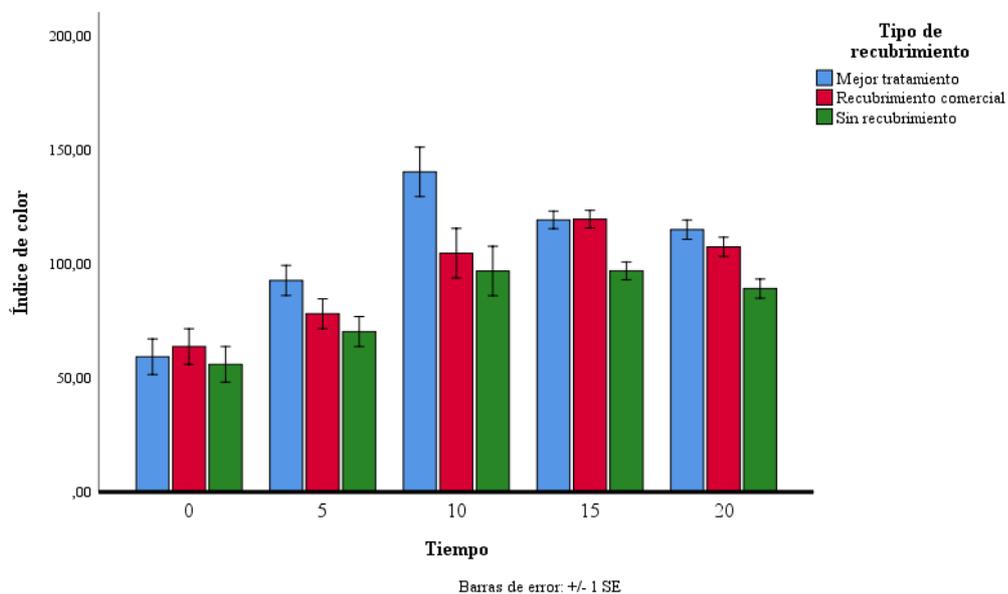
Las figuras 19 y 20 muestran el efecto de los tratamientos, recubrimiento optimo, recubrimiento comercial y testigo (sin recubrimiento) en el crecimiento de mohos y levaduras en las muestras de rocoto almacenados durante 20 días a temperatura ambiente. Los resultados demuestran diferencia significativa ($p=0.002$) tanto para mohos y levaduras, entre los tratamientos, recubrimiento optimo, recubrimiento comercial y el tratamiento testigo (sin recubrimiento), de los cuales el recubrimiento optimo y recubrimiento comercial fueron los más efectivos en la inhibición del crecimiento de hongos y levaduras pasando de $0.0 \log \text{CFU g}^{-1}$, para el día 0 y 5 de almacenamiento, llegando a un valor de $0.07 \log \text{CFU g}^{-1}$ para mohos y $0.22 \log \text{CFU g}^{-1}$ para levaduras al día 20 de almacenamiento, para el tratamiento testigo (sin recubrimiento) se evidenció un aumento considerable, las muestras de rocoto tratadas pasaron de $0.0 \log \text{CFU g}^{-1}$ de los días 0 y 5 de almacenamiento, llegando a un valor de $0.16 \log \text{CFU g}^{-1}$ para mohos y $0.31 \log \text{CFU g}^{-1}$ para levaduras en el día 20 de almacenamiento siendo este el tratamiento que presento los resultados más altos al llegar al final del almacenamiento. según los resultados a medida que se aplica los recubrimientos comestibles se reduce la carga microbiana presente en las muestras de rocoto ya que estos recubrimientos contienen aceite esencial de sacha inchi que es un

excelente inhibidor microbiológico. Se podría mencionar también que la presencia de una elevada carga microbiana en los rocotos tratados sin recubrimiento comestible puede ser atribuida a la alta contaminación a la que está expuesta el rocoto, ya que el almacenamiento se dio en un ambiente donde no existió ningún tipo de control de la atmosfera. El recubrimiento comestible de goma de tara * cera de abejas * glicerol en este estudio demostró actividad antibacteriana al reducir el crecimiento microbiano, su poder inhibidor es adecuado para controlar hongos y levaduras.

Índice de color

figura 21

Índice de color a lo largo del almacenamiento



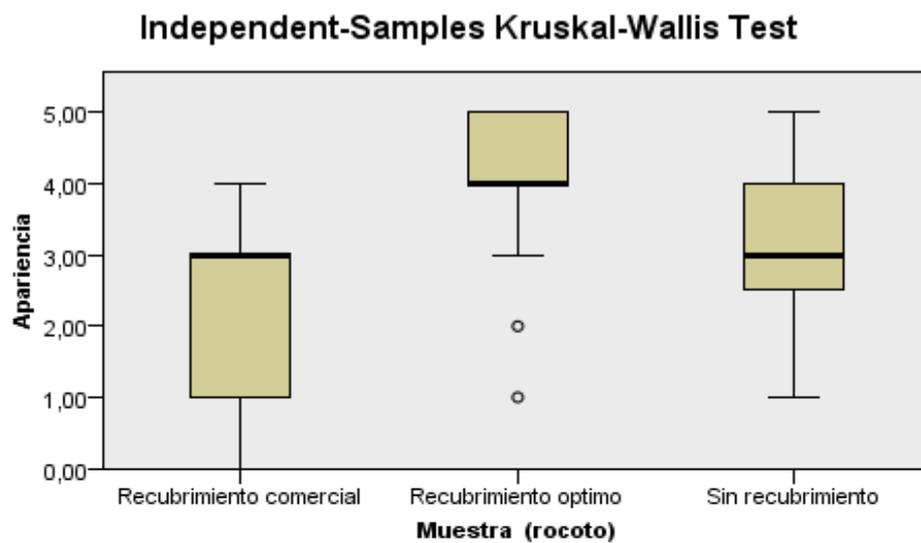
Los resultados de la figura 21 corresponden al análisis cuantitativo del experimento en los cuáles se comprueba estadísticamente (Nivel de significancia del 5%) que los tratamientos tienen efectos en la variable color ($p=0,002$). Observando la figura 21 se deduce que el color varío a lo largo de los 20 días de almacenamiento, quiere decir que para cualquier tratamiento el color tiende a mantenerse o cambiar, el valor del color aumenta o disminuye según los cambios que la muestra sufra por efectos que sigue con sus metabolismos químicos o por la luz y temperatura a la cual se está almacenando. Según los resultados se puede decir que a temperatura ambiente aplicando cualquier tratamiento con recubrimiento o testigo (sin recubrimiento) alcanza una tonalidad máxima que corresponde a un color naranja o rojos profundos y a menor tonalidad se le atribuye colores amarillo, verde, entonces la aplicación del

recubrimiento con un contenido óptimo de goma de tara, cera de abeja y glicerol o recubrimiento comercial aporta a la obtención de tonalidad verde amarillo, retardando el cambio de su tonalidad, durante el almacenamiento de rocoto. De los resultados se puede decir que los recubrimientos mantienen estable el color del rocoto almacenados a temperatura ambiente a lo largo de 20 días de almacenamiento, también se puede decir que retarda el cambio de tonalidad.

Análisis sensorial

figura 22

Atributo de apariencia en el análisis sensorial del rocoto



Total N	60
Test Statistic	18,690
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,000

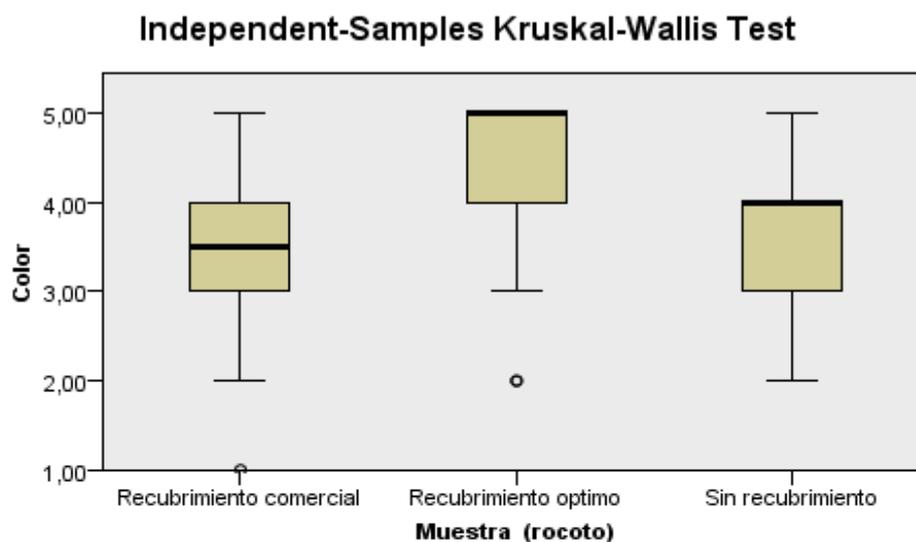
1. The test statistic is adjusted for ties.

En la figura 22 se observa el análisis sensorial de la muestra de rocoto en el atributo apariencia, lo que muestra que los tratamientos influyeron en su apariencia según el análisis de varianza ($p < 0,055$), según los resultados mostrados de los 30 panelistas que participaron en el análisis sensorial se observa que el tratamiento con recubrimiento óptimo fue el que mejor apariencia presentó según la calificación marcada en las fichas

de evaluación (VER ANEXO 01) y los tratamientos de recubrimiento comercial y sin recubrimiento mostraron una calificación menor. Debido a que no presentaron ningún tipo de recubrimiento que sirviera como capa para evitar la pérdida de agua, inhibidor para crecimiento de mohos y levaduras por lo cual el rocoto siguió d manera normal su proceso de maduración.

figura 23

Atributo de color en el análisis sensorial del rocoto.



Total N	60
Test Statistic	9,956
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,007

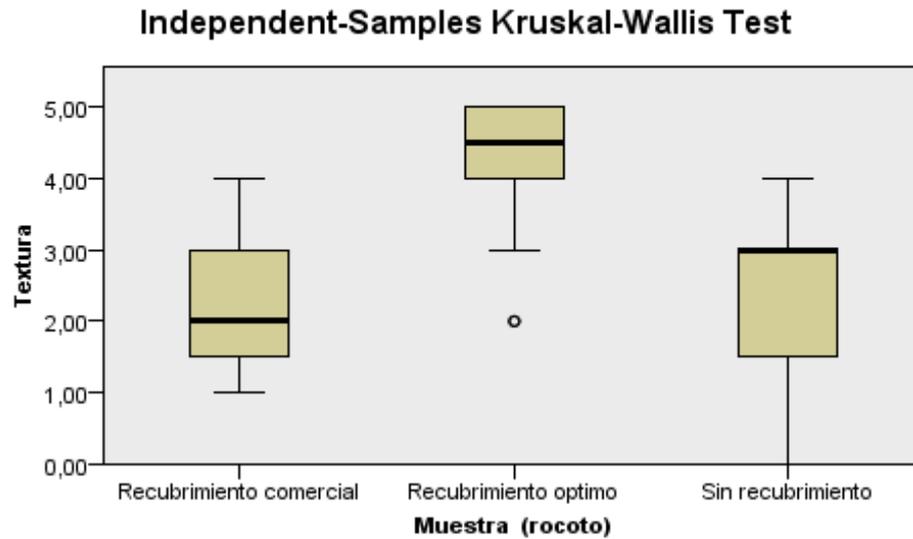
1. The test statistic is adjusted for ties.

En la figura 23, se observa que los tratamientos tuvieron efecto significativo según el análisis de varianza ($p < 0,005$), los resultados de los 30 panelistas empleados que en el análisis sensorial nos muestran que el tratamiento que mejor conservo el color y el que mayor aceptación presento fue el recubrimiento optimo por encima de los tratamientos con recubrimiento comercial y sin recubrimiento. Lo que significa que lo rocotos con recubrimiento no perdieron en lo absoluto su calidad comercial. A diferencia del

tratamiento sin recubrimiento (patrón) el cual los panelistas los calificaron de bajo según la escala hedónica.

figura 24

Atributo de textura en análisis sensorial



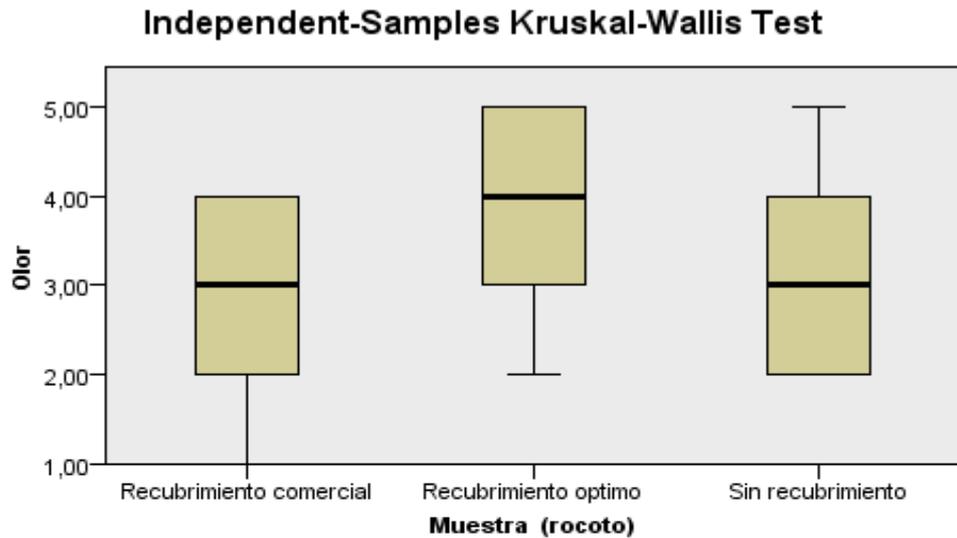
Total N	60
Test Statistic	24,644
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,000

1. The test statistic is adjusted for ties.

En la Figura 24, se observa los resultados para el atributo de la textura durante el análisis sensorial al final del almacenamiento. En el tratamiento con recubrimiento óptimo observamos que la mayoría de los 30 panelistas calificó como buena textura y por otro lado los tratamientos con recubrimiento comercial y sin recubrimiento recibieron calificaciones menores califica, lo que significa que, durante el periodo de almacenamiento, las texturas del rocoto recubiertos no fueron afectadas. Estos resultados se confirman con el análisis de varianza que indica que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) Figura 25. Atributo de color en el análisis sensorial

figura 25

Atributo de olor en el análisis sensorial



Total N	60
Test Statistic	8,161
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,017

1. The test statistic is adjusted for ties.

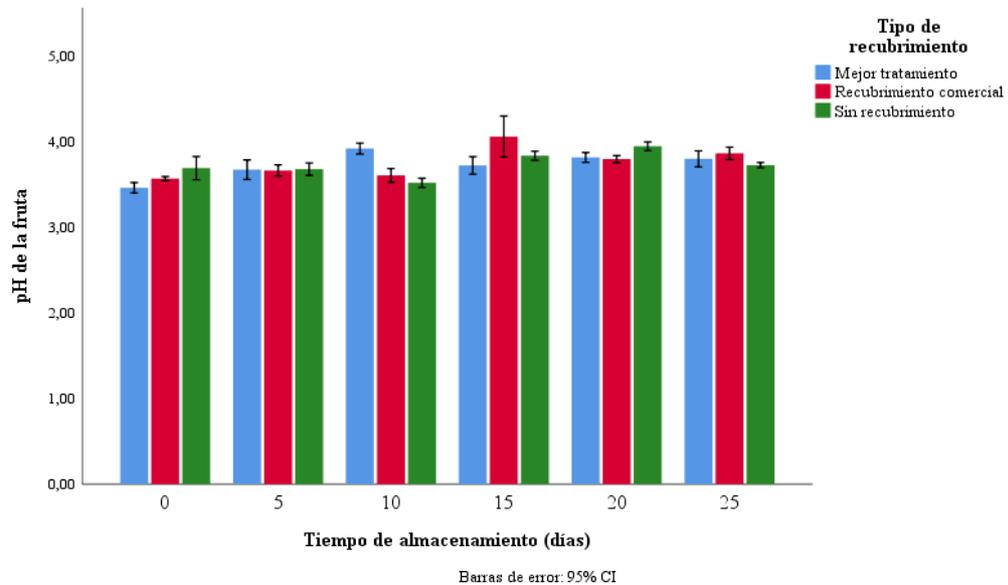
En la figura 25, se observa los resultados para el atributo del olor durante el análisis sensorial al final del almacenamiento. En el tratamiento con recubrimiento comestible optimo fue el que mejor calificación obtuvo según la escala hedónica por parte de los panelistas, para el olor, por otra parte, los tratamientos con recubrimiento comestible comercial y sin recubrimiento obtuvieron menor calificación. Esto significa que el tratamiento con recubrimiento optimo mantuvo los olores característicos durante el periodo de almacenamiento, resultado de la aplicación del recubrimiento ya que retardo su metabolismo de maduración a diferencia del tratamiento sin recubrimiento que al no presentar ningún tipo de recubrimiento su metabolismo de maduración prosiguió de manera normal por lo tanto la intensidad del aroma se incrementó durante su proceso de maduración.

3.2.2. Caracterización fisicoquímica del tomate de árbol con recubrimiento comestible

PH

figura 26

.Ph a lo largo del tiempo de almacenamiento

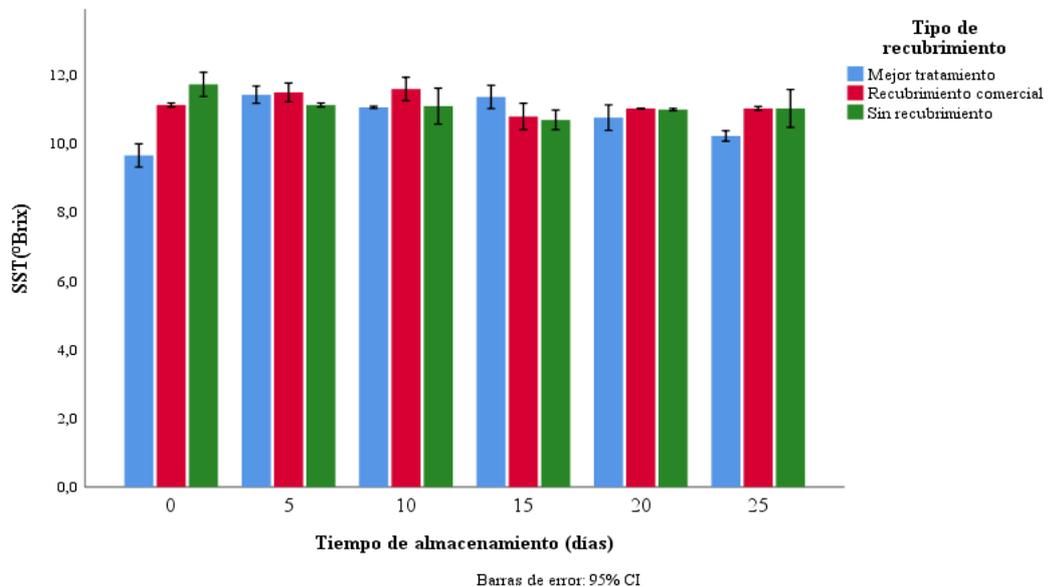


En la figura 26, se observa que no existe diferencia significativa ($p=0,353$) en los tomate de árbol tratados con los diferentes tratamientos, a lo largo de los días de almacenamiento hay un aumento mínimo en Ph, cuyos valores se encontraron en el rango de 3 a 4 durante los 25 días de almacenamiento, yendo a analizar cada tratamiento los tomate de árbol sin recubrimiento (control) y los tomates de árbol recubiertos con recubrimiento comercial presentaron un leve aumento de su pH, En cuanto al método de tratamiento óptimo, siguieron una tendencia algo similar, reportando un aumento en el pH a lo largo del período de estudio. Estos resultados muestran que las plantas de tomate tratadas con el recubrimiento mantienen una tendencia al pH ácido, se podría argumentar que esto se debe a la presencia de ácido acético en la solución de suero lácteo, y esto ayudará a mantener un pH ácido por lo que también puede afectar a los microbios. Inhibición.

Sólidos solubles totales (sst)

figura 27

Sólidos solubles totales a lo largo del almacenamiento

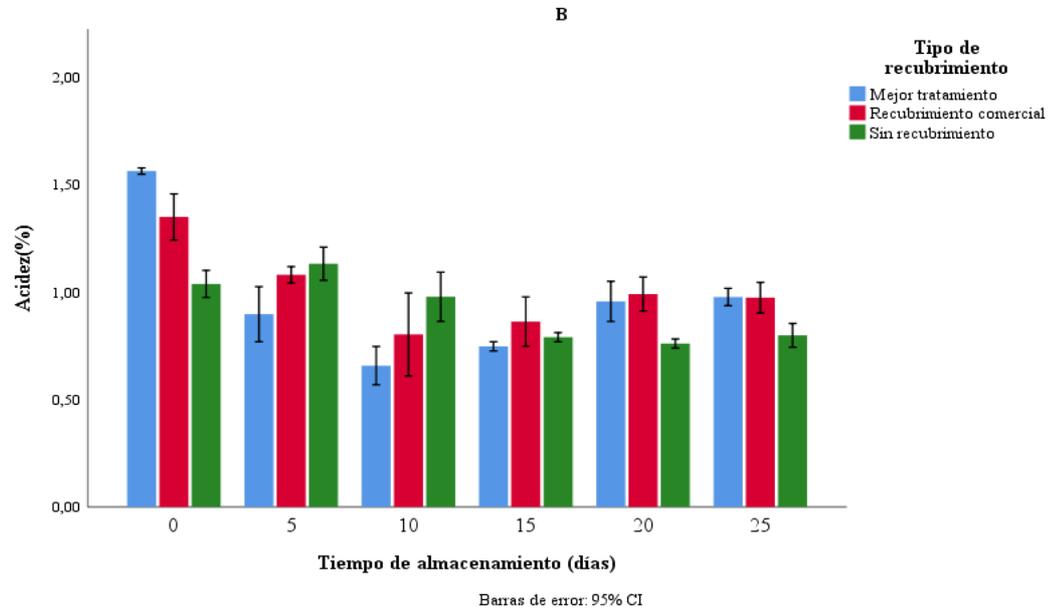


En la figura 27, se observa los resultados y según el análisis de varianza (ANOVA) no existe diferencia significativa ($p=0,060$) para los Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix) de las muestras de tomate de árbol los cuales fueron recubiertos con diferentes tratamientos y un control durante 25 días a temperatura ambiente, esto se debe a que los recubrimientos evitaron que el tomate de árbol siga su proceso de maduración evitando producción de más azúcares, el tratamiento control tuvo un leve aumento de sus grados brix esto es un proceso normal ya que al no contar con recubrimiento continuo con su proceso de maduración y producción de almidón el cual pasa a ser azúcar y afecta los sólidos solubles totales. Esta variación probablemente sea consecuencia del estado de madurez de la planta de tomate, es decir, su madurez es lo más uniforme posible, o bien responden de la misma forma a diferentes tratamientos. Como resultado de esta evaluación se encontró que los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) de las plantas de tomate en los diferentes tratamientos fueron muy pequeños.

Acidez (%)

Figura 28

Acidez a lo largo del tiempo de almacenamiento

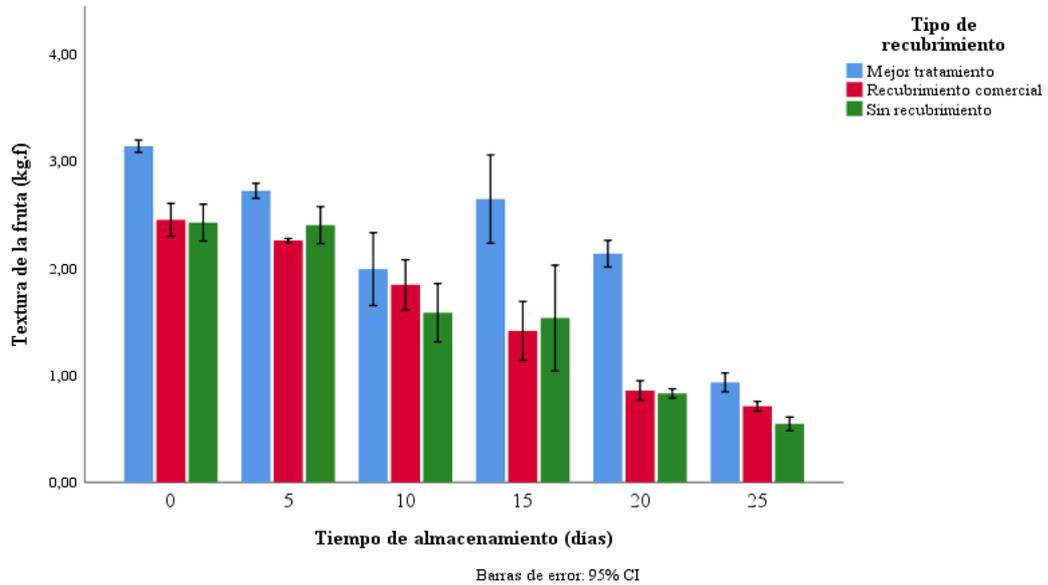


En la figura 28, se observa los resultados y según el análisis de varianza (ANOVA) no existe diferencia significativa ($p=0,760$), además se observa que desde el día 0 el tratamiento con recubrimiento óptimo tuvo un leve deceso en su acidez y se mantuvo con valores similares a lo largo de los 25 días de almacenamiento, de igual manera se observan los valores del tratamiento control y con recubrimiento comercial aplicados al tomate de árbol, donde la acidez disminuyo, pero a partir de los 5 días de almacenamiento la acidez no tuvo una variación considerable, de lo contrario, se mantuvo similar para los tres tratamientos, se podría decir que esto fue debido a que el tomate de árbol estuvo en estado óptimo de madurez por lo tanto no continuo con sus actividades bioquímicas y fisiológicas en el cual involucran; el ablandamiento, como cambios en la firmeza y en la velocidad de respiración, entre otros. Se podría afirmar que se retrasó o logro disminuir su velocidad de madurez con la aplicación de los recubrimientos comestibles de goma de tara, se puede llegar a la conclusión que al realizar la aplicación de recubrimientos comestibles ayuda a retraer la disminución de la acidez en el tomate de árbol, al aplicar cualquiera de estos dos tratamientos con recubrimiento comestible, se debe analizar otras características fisicoquímicas y realizar la prueba de aceptabilidad sensorial para elegir el mejor tratamiento.

Textura

figura 29

Textura a lo largo de los días de almacenamiento

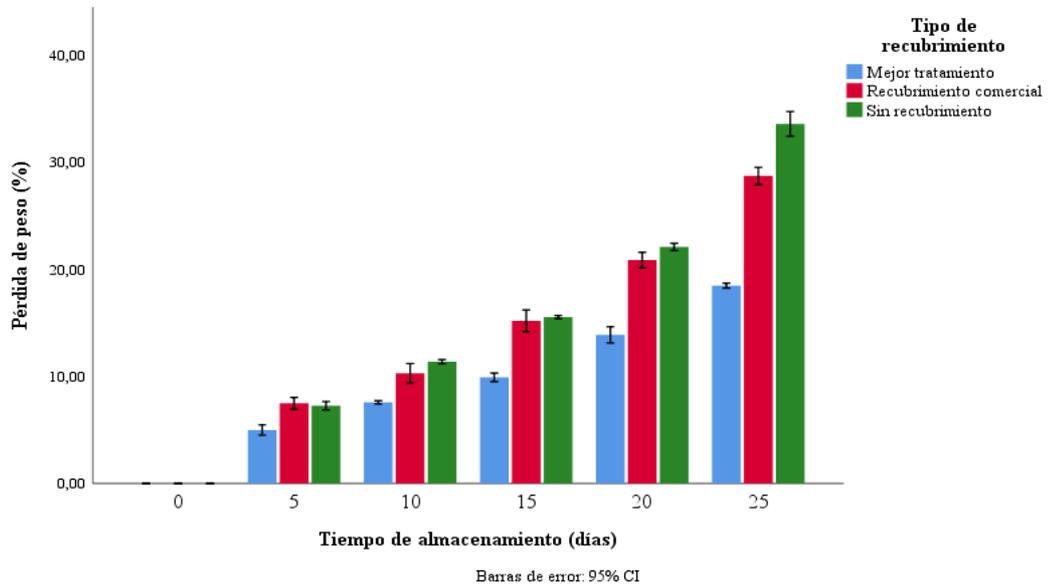


En la figura 29, donde se observa que existe un efecto significativo ($p=0,035$) para los tres tratamientos, tratamiento óptimo, tratamiento con recubrimiento comercial y tratamiento control, los cuales produjeron cambios de dureza en las muestras de tomate de árbol almacenadas a temperatura ambiente a lo largo de 25 días. Los efectos sufridos en pérdida de firmeza fueron más evidentes en el tratamiento control que pasaron de 2,42 (kg. f) en el día 0 a 0,55 (kg. f) el último día de almacenamiento, día 25, cambio, los tratados con recubrimientos comestibles mantuvieron mejor la dureza de las muestras, tanto óptimo como comercial, para el día 0 presentaron una textura de 3,14 (kg. f) y 2,45 (kg. f) respectivamente, pasaron a tener valores de 0,93 (kg. f) y 0,71 (kg. f) el día 25 de almacenamiento. Se observó que esos tratamientos presentaron un valor de firmeza mayor, entonces se puede afirmar que los recubrimientos comestibles conservan mejor al tomate de árbol impidiendo que esta sufra el hidrolisis, pérdida de agua, manteniendo su temperatura a lo largo del almacenamiento, se observa también que el tratamiento óptimo es el que mejor mantuvo la firmeza del tomate de árbol, podría ser por la capa que formó la goma de tara natural ayudando a mejorar el índice de dureza de las muestras.

Pérdida de peso (%)

figura 30

Pérdida de peso a lo largo de los días de almacenamiento

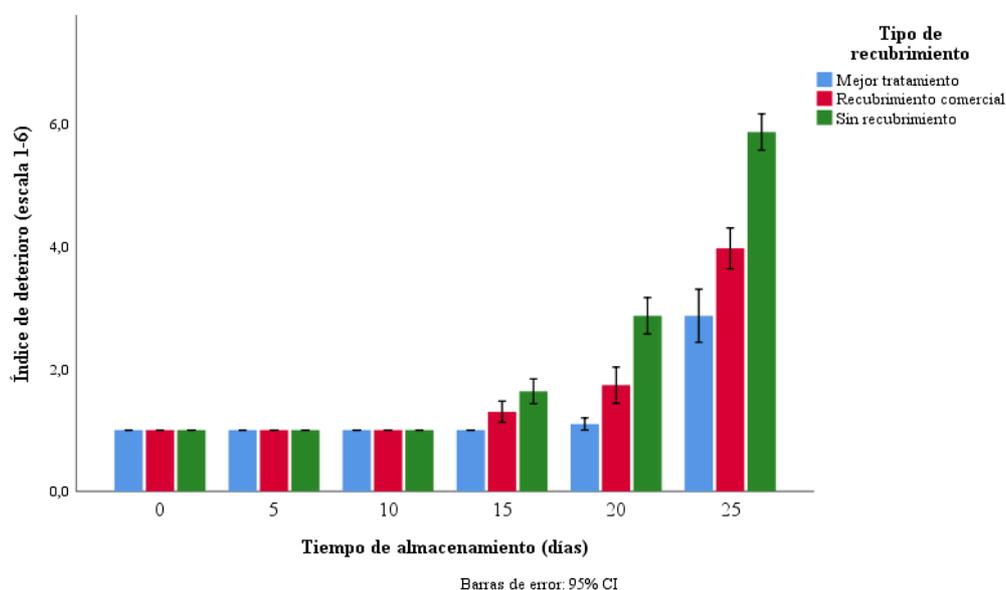


En la figura 30, se muestra que existe diferencia significativa ($p=0,005$) en la pérdida de peso de las muestras de tomate de árbol a lo largos de los 25 días de almacenamiento a temperatura ambiente, la diferencia significativa nos muestra que los tratamientos tienen efecto sobre las muestras, siendo el tratamiento control el que mayor porcentaje de pérdida de peso obtuvo ya que en el día 0 de almacenamiento tenía 0% de pérdida de peso, pero el último día de almacenamiento presentó un valor de 33,54%, los tomates de árbol recubiertos con el tratamiento óptimo y tratamiento con recubrimiento comercial presentaron valores de 0%, ambos, hasta un valor de 18,45% a 28,68% respectivamente, estos datos nos indican que los recubrimientos comestibles ayudan a la pérdida de peso, pero el que mejor resultado presenta es el tratamiento óptimo, se sabe que la pérdida de peso se da por la deshidratación está a causa de la respiración que tiene el tomate de árbol. La disminución de la pérdida de peso del tomate de árbol podría ser atribuida a la barrera creada por la goma de tara, al formar una capa que a su vez contribuye a la reducción en el intercambio de gases

Índice de deterioro (escala 1-6)

figura 31

Índice de deterioro a lo largo de los días de almacenamiento

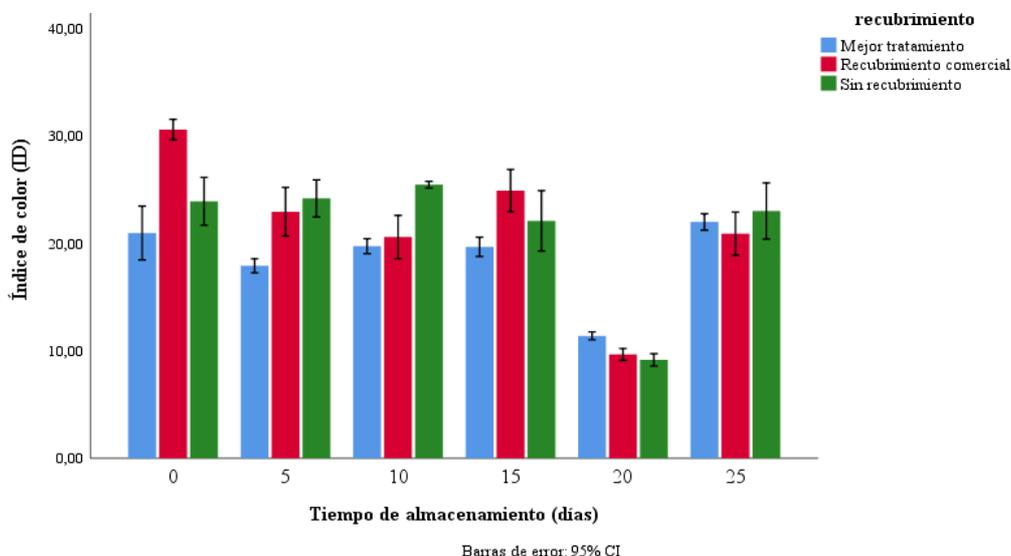


En la figura 31, se observa que los tratamientos tienen efecto sobre el tomate de árbol a lo largo del almacenamiento de 25 días a temperatura ambiente según el análisis de varianza ($p=0,015$). La figura indica que los primeros días entre los días 0 y 10 de almacenamiento el índice de deterioro fue de uno, que según la escala significa ninguna presencia de deterioro, pero en los días siguientes de almacenamiento, el tratamiento control es el que más aumento su índice de deterioro con un valor de 5,87 (grave) al día 25, los tratamientos con recubrimientos comestibles, tanto optimo, como comercial, su índice de deterioro fue menor, con valores de 2,87 (ligeramente) y 3,97 (moderado) respectivamente, además el que menos aumento el índice de deterioro fue el mejor tratamiento, quiere decir que su calidad general estuvo relacionada positivamente con sus atributos de textura y pérdida de peso. todo esto es evidenciado por la capa que forma el recubrimiento impidiendo los procesos de degradación de los tomates de árbol.

Índice de color

figura 32

Índice de color a lo largo del almacenamiento



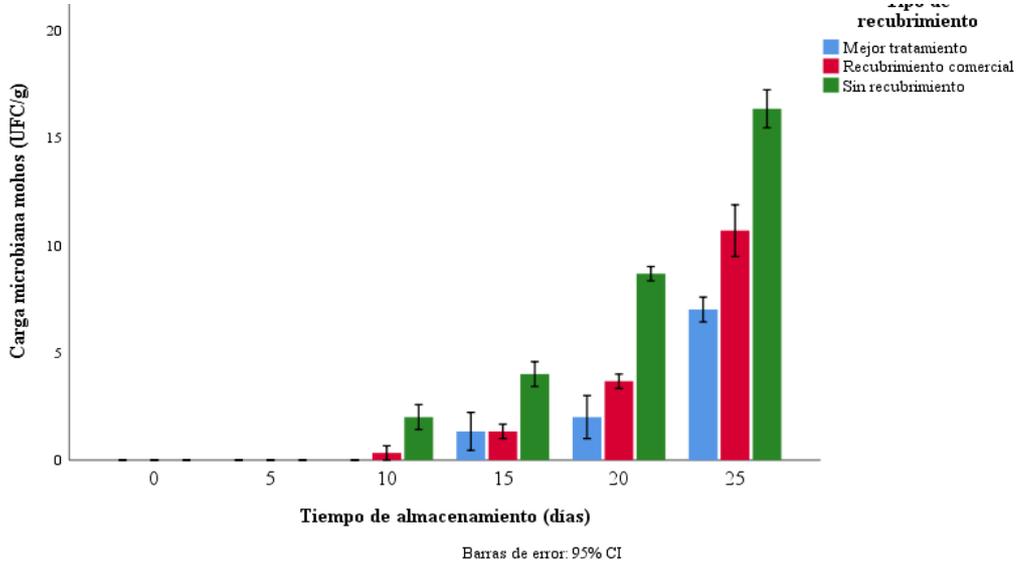
En la figura 32, se observa según el análisis de varianza ($p < 0,05$) no existe diferencia significativa ($P = 0,155$), esto indica que los tratamientos no influyen en el índice de color de las muestras de tomate de árbol a lo largo del almacenamiento, se observa que los valores de índices de color se encontraron en un rango de 20 y 30 el cual indica que los colores van desde un verde-amarillo a un rojo intenso, también de un naranja intenso a rojo, con los resultados que muestra la figura se podría afirmar que los frutos de tomate de árbol mantuvieron sus colores por el estado de madurez de las muestras, diríamos que la recolección de las muestras de tomate de árbol fue lo más homogéneo, además que la temperatura y la atmosfera donde se almacenaron las muestras estuvieron libre de humedad o expuestos a contaminación lo cual evito que exista un cambio de color en los tomates de árbol.

Análisis microbiológico

Mohos

Figura 33

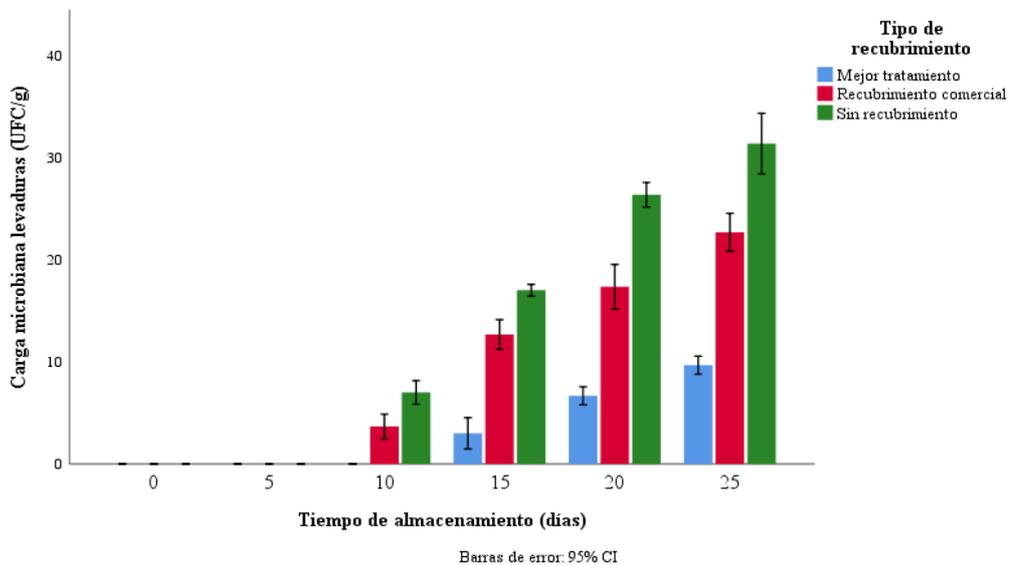
Crecimiento de mohos a lo largo del almacenamiento



Levaduras

figura 34

Crecimiento de levaduras a lo largo del almacenamiento



En las figuras 33 y 34, se observa el efecto de los tratamientos sobre las muestras de tomate de árbol a lo largo del almacenamiento de 25 días a temperatura ambiente, según los análisis de varianza existe diferencia significativa, tanto para mohos ($p=0,002$) y levaduras ($p=0,001$), entre los días 0 y 5 el crecimiento de mohos y levaduras fue de 0 ufc/g, para los días 10, hasta los 25 hubo incremento para mohos y

levaduras en todos los tratamientos, siendo el que más elevó su crecimiento el tratamiento control, se puede afirmar que esto sucedió por que las muestras de tomate de árbol sin recubrimiento no presentaron ninguna barrera hacia el medio ambiente, donde se contaminó, además la fruta se deshidrató y perdió agua, continuando con su proceso de maduración hasta el fin de su vida útil, por otro lado los tratamientos con recubrimientos fueron lo que menos incremento mostraron, en especial el tratamiento óptimo que al día 10 aun no presentaba presencia de mohos y levaduras, se puede concluir que esto se debió al aceite de sacha inchi que se agregó a los recubrimientos comestibles que actuó como un inhibidor microbiológico, así se controló el crecimiento de colonias de mohos y levaduras llegando a los valores de 7 ufc/g para mohos y 10 ufc/g para levaduras, al final del día 25 de almacenamiento, que según norma estarían en el rango para poder consumir y no causar daños.

Análisis sensorial

figura 35

Análisis sensorial al final del almacenamiento del tomate de árbol

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Grado de aceptación por sabor is the same across categories of Muestra (tomate de árbol).	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,827	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of Grado de aceptación por textura is the same across categories of Muestra (tomate de árbol).	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,565	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of Grado de aceptación por color is the same across categories of Muestra (tomate de árbol).	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,522	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of Grado de aceptación por Olor is the same across categories of Muestra (tomate de árbol).	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,423	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

En la figura 35, según el análisis de varianza no existe diferencia significativa para ninguno de los atributos de sabor, textura, color, y olor, por lo que según estos resultados los tratamientos no tuvieron efecto sobre el tomate de árbol y los 30 panelistas que realizaron el análisis sensorial dieron el mismo resultado para todas las muestras, control y con recubrimientos comestible

IV. DISCUSIÓN

El desarrollo de recubrimiento comestible a partir de goma de tara (*caesalpinia spinosa molina Kuntze*) para prolongar la vida útil de rocoto y tomate de árbol fue diseñado con 16 formulaciones. El estudio realizó una caracterización fisicoquímica previo a la aplicación de los tratamientos tanto para los frutos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum.*). En los frutos de rocoto se obtuvo valores similares a los encontrados por Cerna, (2015) (pH: 4,644, brix: 6,52, acidez: 0,2650, textura: 2,88) y levemente mayor a los de Caballero et al. (2017) (pH: $4,35\pm 0,43$, brix: $5,64\pm 0,75$, acidez: $5,66\pm 0,93$, textura: $2,31\pm 0,44$) y en los frutos de tomate de árbol se obtuvo valores similares a los encontrados por Suarez et al. (2021) (pH: 5,2, brix: 11,1, acidez: 1,5%, textura: 4,21 kg. f), pero valores superiores en comparación con Contreras et al. (2007), la variación de los datos en las diferentes investigaciones y la de este estudio pudo radicar en el estado de madurez de las frutas y hortalizas, también influiría las zonas de producción, manejo agronómico entre otros factores. en la figura 1 los resultados encontrados para la humedad de los recubrimientos comestibles fueron entre el 20%-30% estos resultados fueron mayores a los de Ramires y Troyes, (2019) que obtuvieron valores entre 9.7 % -11.3%, pero valores similares a los reportados en el trabajo de Calero y Yunga (2020) 31.51%- 33.393% este cambio de humedad se dio por el porcentaje de glicerol empleado en la investigación como agente plastificante, aumentando sus sólidos solubles y grosor de los recubrimientos, en la figura 3 el porcentaje de solubilidad que se encontró en la investigación fueron entre 30%-45 % porcentajes similares a los de Saberi et al., (2016) 31.5%-42.27%, pero mayores a los que se reportaron en el trabajo de Shen et al., (2010) El 28,82% de esto se atribuyó al hecho de que a medida que aumentaban las concentraciones de goma de tara y surfactante twen 90, aumentaba el porcentaje de solubilidad del recubrimiento, ya que la densidad del surfactante disminuía La interacción del polímero matriz altera la red con enlaces de hidrógeno, aumentando así la solubilidad en agua del recubrimiento, son valiosos los datos de opacidad encontrados en la investigación presentada en la figura 5. Los valores van desde 5 mm¹ hasta 25 mm¹ dentro del rango de valores reportados por Santacruz et al., (2015) en películas comestibles a base de almidón y quitosano, con valores de 5.64 mm⁻¹ y 9.44 mm⁻¹, así mismo estos valores fueron mayores a los encontrados por de Calero & Yunga, (2020) 4.472mm⁻¹-6.552mm⁻¹, esto ocurre cuando se trabajan

con almidones y es por eso que los resultados de esta investigación varían ya que se trabajó con goma de tara que no es un almidón si no un espesante natural el cual contiene más cantidad de amilosa el cual impide el pase de la luz de transmitancia, para las propiedades mecánicas, la figura 7 muestra los resultados de espesor de los recubrimientos que se encuentran entre -0.3mm - 0.1mm valores diferentes a los reportados por Anchundia et al. (2016) que presento un espesor de 0.17mm y a lo expuesto por Santacruz et al., (2015) y Calero y Yunga (2020) que analizaron films comestibles a base de almidón y yuca, el cambio de espesor se debe a la naturaleza hidrofílica del plastificante (glicerol), que permite la retención de agua en el sustrato, y también puede deberse a la cinética de secado del recubrimiento comestible, aumentando así su espesor. La figura 9 muestra los datos de peso, cuyos valores son aproximadamente 50 gr/cm^2 - 125gr/cm^2 superiores a los reportados por Ramires y Troyes. (2019) cuyos valores de gramaje fueron $7,5\text{gr/cm}^2$ - $27,75\text{gr/cm}^2$ esto atribuye a que el gramaje está relacionado directamente con la resistencia e intensidad de transmisión de luz de los materiales. En la figura 11 se muestran los datos del peso específico de los recubrimientos, valores entre 1.0 gr/cm^3 - $2,5\text{gr/cm}^3$ que están por debajo de los reportados en el trabajo de Ramires & Troyes, (2019) cuyos valores son atribuidos a la relación del gramaje y el espesor, por el cual la variación de los resultados en la presente investigación. En la siguiente etapa de la investigación se analizó los resultados de la aplicación del recubrimiento comestible en tomate de árbol y rocoto, atreves de una caracterización fisicoquímica, en la figura 13 y 26 se muestran datos de pH para la muestras recubiertas cuyos valores son similares a los encontrados por Castro García, (2014) que oscilan entre 5-7 pH trabajados en arilos de rambután, a diferencia de los presentados por Eduardo Palomino, (2016) 2,2-2,14 pH en su trabajo de efecto de recubrimientos comestibles en carambola entera, se atribuye a estos resultados el análisis estadístico de la investigación que mostro que los recubrimientos comestibles no afectan el pH de las muestras, en las figuras 14 y 27 se muestran los datos de solidos solubles totales, que varió según la especie de estudio, para tomate de árbol los valores oscilan de 8-12 °brix, en cuanto para rocoto oscilan de 4-8 °brix valores diferentes a los presentados por García Chalán, (2019) en su trabajo efecto de recubrimientos comestibles a base de proteína de soya y yuca en la conservación 4-7 brix°, así mismo los resultados fueron similares a los encontrados por Santacruz Terán, (2021) 9-10 brix°, la diferencia de resultados se atribuye a la diferencia del

material de estudio, pero en todo ciclo natural de frutas o hortalizas se conoce que el proceso respiratorio que implica un mayor consumo de sustrato orgánico, es decir azúcares, por lo que en el trabajo de (Restrepo F & Aristizábal T, 2010) presentaron resultados similares 7-11 brix°. Las figuras 15 y 28 muestran datos de acidez similares a los presentados por (Vasco et al., 2020) 0,2-1,4% en su trabajo, empleo de recubrimientos comestibles como preservantes de calidad para zanahorias, así mismo los datos de la investigación fueron diferentes a los de (Castillo Silva et al., 2018) 0,1-1,5%, de estos resultados se dice que el porcentaje de acidez estuvo en rango de un fruto o hortaliza maduros de característica. Las figuras 16 y 29 nos muestran datos de textura diferentes a los presentados por (Escalante, 2015) 4-6 kg.f, en su trabajo titulado efecto de recubrimiento comestible a base goma de tara para prolongar la vida útil de fresas, así mismo con los datos de (Rojas Ciprian, 2018) en su trabajo de recubrimientos comestibles aplicados a aguay manto, los datos ya presentados son diferentes por la naturaleza de las muestras tratadas, pero las texturas se encuentran en rangos que indican que los atributos de calidad se mantienen, al aplicar los recubrimientos, por la barrera que esta forma alrededor, inhibiendo la pérdida de agua, la respiración y continuación de su proceso metabólico normal. En las figuras 17 y 30 se presentan datos de pérdida de peso similares a los de (Castro García, 2014) 0-25%, pero diferentes a los reportados por (Herrera Sanchez, 2018) En su trabajo de investigación titulado Efecto de la aplicación de recubrimiento comestible a base de goma de tara para prolongar la vida útil de los aguacates, los resultados mostraron que el recubrimiento comestible redujo gradualmente el peso del volumen del aguacate al reducir la transmisión de vapor de agua, además de sellar grietas en los tejidos. alguna forma. Las Figuras 18 y 31 muestran los resultados del índice de deterioro de las muestras, con ligeras diferencias con los encontrados por (Castro García, 2014) quienes emplearon la misma escala 1-6, pero su tiempo de análisis fue menor 12 días, pero superiores a los presentados por (García et al., 2017) que evaluaron durante 20 días en muestras de pera, sobre los resultados mostrados los recubrimientos mostraron ser importantes con los atributos de calidad a lo largo de los días, por evitar la pérdida de peso y mantener su textura como también el control de la respiración de la fruta, evitando el deterioro de las muestras. En las figuras 19 y 33 se registran los datos de recuento de microorganismos como son los mohos, diferentes a los presentados en el trabajo de (García et al., 2017), al igual que los datos de (Escalante, 2015),

por tratarse de muestras distintas el recuento de mohos estuvo afectado por el aceite de sachá inchi empleado en las formulaciones de los recubrimientos, el cual actuó como inhibidor del crecimiento de microorganismos, así mismo al estar con la capa del recubrimiento evito el contacto con el medio ambiente. En las figuras 20-34 presentan datos de levaduras, menores a los presentados por Ramírez Q et al. (2013) que realizaron trabajos en moras aplicando recubrimiento comestible, las levaduras fueron afectadas por la capacidad de inhibición de los recubrimientos comestibles específicamente del aceite de sachá inchi, así mismo presento datos distintos a los de Pérez T et al. (2016). En las figuras 21 y 32 se presentan los datos de índice de color, mayores a los encontrados por Dussán-Sarria et al. (2014), al igual que los de Figueroa et al., (2011), el color no se vio afectado por el recubrimiento comestible aplicado, esto se puede atribuir al estado de madurez de las muestras, ya que fueron los más homogéneos. En las figuras 22 y 35 son los datos del análisis sensorial de aceptación donde para los resultados de rocoto existió una preferencia por sus atributos de parte de los panelistas por existir una diferencia significativa para los tratamientos, en cambio para los atributos del tomate de árbol no se presentaron diferencias por que cualquier tratamiento fue igual, distintos a los datos de González et al., (2016), así mismo por lo reportado en el trabajo de Garcés Villacís. (2018).

V. CONCLUSIONES

- Se desarrolló 16 fórmulas de recubrimiento comestible que tuvo diferentes concentraciones en base a los tres ingredientes principales: goma de tara, cera de abeja y glicerol las cuales fueron caracterizadas de manera fisicoquímica (espesor, opacidad, humedad, peso específico, gramaje, solubilidad)
- Las muestras de plantas de tomate de árbol y ají rocoto se caracterizaron organoléptica y fisicoquímicamente, obteniendo resultados comercialmente aceptables, para el cual se tomó en cuenta para la aplicación de recubrimiento comestible óptimo.
- La formulación óptima del recubrimiento comestible, tuvo la siguiente composición en base a los tres ingredientes principales 0.52% de goma de tara, 0.5 de cera de abeja y 0.98 de glicerol
- La evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial de tomate de árbol y rocoto con recubrimiento comestible óptimo, recubrimiento comestible comercial y sin recubrimiento, durante el almacenamiento tuvieron resultados que indicaron que las aplicaciones de recubrimientos comestibles reducen la pérdida de peso, mantienen la textura, controlan su deterioro, controlan el aumento del °Brix, PH y ayudan al control de la acidez titulable. En cuanto al nivel microbiológico, los dos recubrimientos comestibles presentaron criterios microbiológicos dentro de los rangos establecidos por las normas sanitarias por lo que ayuda a aumentar su vida útil
- La goma de tara debe usarse más en aplicación como recubrimiento comestible para conservar frutas y verduras, debido a su valor nutricional y propiedades.
- Además, se debe continuar la investigación sobre recubrimientos comestibles que utilizan otros insumos, específicos para cada región.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

01. Bourtoom, T.pdf. (s. f.).

- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista chilena de nutrición*, 43(4), 394-399. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400009>
- Andrade, J. C., Acosta, D. L., Bucheli, M. A., & Osorio, O. (2014). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.). *Información tecnológica*, 25(6), 57-66. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600008>
- Caballero, B. L., Márquez, C. J., & Betancur, M. I. (2017). Efecto de la liofilización sobre las características físico-químicas del ají rocoto (*Capsicum pubescens* R & P) con o sin semilla. *Bioagro*, 29(3), 225-234. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-33612017000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Calero, M. A., & Yunga, A. G. (2020). *DISEÑO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ALMIDÓN MODIFICADO DE FRUTA PAN (ARTOCARPUS ALTILIS)* [Tesis pregrado, Univeridad Tecnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15490>
- Castillo Silva, D. A., Salazar Anacona, K., Mosquera Sánchez, S. A., Rengifo Canizales, E., Castillo Silva, D. A., Salazar Anacona, K., Mosquera Sánchez, S. A., & Rengifo Canizales, E. (2018). EFECTO DE RECUBRIMIENTOS DE ALMIDÓN MODIFICADO DE YUCA, PROTEINA AISLADA DE SOYA Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO APLICADOS A LA PAPAYA. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 71-80. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.664>
- Castro García, M. R. (2014). *ESTUDIO PARA LA CONSERVACIÓN DE ARILOS DE RAMBUTÁN (NEPHELIUM LAPPACEUM) APLICANDO RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE QUITOSANO Y ALOE VERA*. [Thesis]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/339>
- Cerna, J. R. S. (2015). *Relacion del Color y Características Fisiologicas y Fisicoquimicas del Rocoto (capsicum pubescens)*. 31.
- Cerqueira, M. A., Lima, Á. M., Teixeira, J. A., Moreira, R. A., & Vicente, A. A. (2009). Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. *Journal*

- of *Food Engineering*, 94(3-4), 372-378.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.003>
- Contreras, J., Gamba, H., & Fischer, G. (2007). Características fisicoquímicas y organolépticas de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) a dos temperaturas de almacenamiento y tipos de cera. *Ciencia y Agricultura*, 5(2), 39-49. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/311
- Cornell, J. A. (2011). *Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data*. John Wiley & Sons.
- Derringer, G., & Suich, R. (1980). Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality Technology*, 12(4), 214-219. <https://doi.org/10.1080/00224065.1980.11980968>
- Dussán-Sarria, S., Torres-León, C., & Hleap-Zapata, J. I. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y de Diferentes Empaques durante el Almacenamiento Refrigerado de Mango Tommy Atkins Mínimamente Procesado. *Información tecnológica*, 25(4), 123-130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400014>
- Eduardo Palomino, J. E. (2016). Evaluacion del gel de Sabila(*Aloe vera*) como recubrimiento comestible y asu aplicacion en la conservacion de Carambola (*Averrhoa Carambola* L.)entera y minimamente procesada. *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3551>
- Escalante, A., V. (2015). “*APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE GOMA DE TARA (Caesalpinia spinosa Molina Kuntze) SOBRE FRESAS (Fragaria ananassa cv. Aromas) PARA PROLONGAR SU CONSERVACIÓN*” [Tesis magistral, universidad nacional agraria la molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1854>
- Figueroa, J., Salcedo, J., Aguas, Y., Olivero, R., & Narvaez, G. (2011). Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulacion. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 3(2), 386-400. <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.414>
- Galus, S., & Kadzińska, J. (2016). Moisture Sensitivity, Optical, Mechanical and Structural Properties of Whey Protein-Based Edible Films Incorporated with Rapeseed Oil. *Food Technology and Biotechnology*, 54(1). <https://doi.org/10.17113/ftb.54.01.16.3889>

- Garcés Villacís, A. F. (2018). *Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche con Lactobacillus rhamnosus y aplicado en chocolates*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8608>
- García Chalán, R. M. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles a base de proteína de soya y almidón de yuca en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.). *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3670>
- García, M. R. C., Posligua, V. G. E., Mantuano, M. H. L., Basurto, R. M., Montes, Y. M. G., & Delgado, E. G. L. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis* L. cv. "Bosc"). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 42-53. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.970
- Gonzales, G. A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez-Téllez, M. A., Villegas-Ochoa, M. A., Monroy-García, I. N., & Ayala-Zavala, J. F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 15-23. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3405>
- González, R., Cervantes, Y., & Caraballo, L. (2016). Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario. *Temas Agrarios*, 21(1), 54-64. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i1.891>
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria×ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2), 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>
- Herrera Sanchez, S. E. (2018). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de goma de tara y goma xantan en la calidad de postcosecha de palta (*Persea americana* Mill)". *Repositorio institucional – UNAC*. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2299>
- Ouattara, B., Sabato, S. F., & Lacroix, M. (2002). Use of gamma-irradiation technology in combination with edible coating to produce shelf-stable foods. *Radiation Physics and Chemistry*, 63(3-6), 305-310. [https://doi.org/10.1016/S0969-806X\(01\)00517-5](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00517-5)
- Pérez T, A. F., Aristizábal T, I. D., & Restrepo F, J. I. (2016). CONSERVACIÓN DE MANGO TOMMY ATKINS MÍNIMAMENTE PROCESADO MEDIANTE LA

- APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO DE ALOE VERA (*Aloe barbadensis* MILLER). *Vitae*, 23(1), 65-77. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n1a07>
- Ramires, M. E., & Troyes, W. (2019). “*RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A PARTIR DEL MUCÍLAGO DEL CAFÉ (Coffea Arábica) PARA LA CONSERVACIÓN DE MANZANAS*” [Tesis pregrado, Universidad Nacional De Jaen]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/205>
- Ramírez Q, J. D., Aristizábal T, I. D., & Restrepo F, J. I. (2013). CONSERVACIÓN DE MORA DE CASTILLA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE GEL DE MUCÍLAGO DE PENCA DE SÁBILA. *Vitae*, 20(3), 172-183. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-40042013000300003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Restrepo F, J. I., & Aristizábal T, I. D. (2010). CONSERVACIÓN DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE GEL MUCILAGINOSO DE PENCA SÁBILA (*Aloe barbadensis* Miller) Y CERA DE CARNAÚBA. *Vitae*, 17(3), 252-263. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-40042010000300003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A., & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.015>
- Rojas Ciprian, E. (2018). “Evaluación del efecto del tiempo, temperatura y recubrimiento comestible, en la calidad comercial del aguaymanto (*Physalis peruviana*L.)”. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3389>
- Rubilar, J. F., Cruz, R. M. S., Silva, H. D., Vicente, A. A., Khmelinskii, I., & Vieira, M. C. (2013). Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 466-474. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.009>
- Ruelas-Chacón, X., Montañez-Saenz, J. C., Aguilera-Carbó, A. F., Darío, R., & Rodríguez, P.-. (2013). *Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles*. 9, 7.
- Saberi, B., Thakur, R., Vuong, Q. V., Chockchaisawasdee, S., Golding, J. B., Scarlett, C. J., & Stathopoulos, C. E. (2016). Optimization of physical and optical properties

- of biodegradable edible films based on pea starch and guar gum. *Industrial Crops and Products*, 86, 342-352. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.015>
- Santacruz, S., Rivadeneira, C., & Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>
- Santacruz Terán, S., & Santacruz Terán, S. (2021). Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(1), 9461-9469. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n1.83837>
- Shen, X. L., Wu, J. M., Chen, Y., & Zhao, G. (2010). Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. *Food Hydrocolloids*, 24(4), 285-290. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.10.003>
- Suarez, E. H., Paccotico, R. Q., Mamani, J. J. P., Colque, J. A. C., Mamanchura, M. N. A., Mamani, L. C., & Ayamamani, C. C. (2021). Propiedades físicas y químicas del Tomate de Arbol (*Solanum betaceum*) durante el almacenamiento. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.137>
- vargas. (2015). *Uso potencial de la goma de tara (Caesalpinia spinosa) para el desarrollo de nuevas películas y recubrimientos comestibles compuestos*. 174.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.016>
- Vasco, F., Gamboa, J., & Campañone, L. A. (2020). *Empleo de recubrimientos comestibles como preservantes de la calidad de zanahorias mínimamente procesadas*. XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos - CyTAL®-ALACCTA 2019 (Buenos Aires, 20 al 22 de noviembre de 2019). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/121731>
- Watts, B. M. & International Development Research Centre (Canada). (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. International Development Centre.

ANEXOS

6.1. Tablas de resultados de análisis estadísticos

Tabla 7

Análisis de varianza para HUMEDAD % (proporciones del componente)

Fuente	G L	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	39.252	39.252	7.8504	1.67	0.162
Lineal	2	10.350	25.109	12.5543	2.68	0.081
Cuadrático	3	28.902	28.902	9.6341	2.05	0.121
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	1	10.880	21.470	21.4698	4.58	0.038
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	1	17.388	17.789	17.7888	3.79	0.058
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	1	0.634	0.634	0.6342	0.14	0.715
Error residual	42	197.09	197.091	4.6926		
		1				
Falta de ajuste	5	38.904	38.904	7.7809	1.82	0.133
Error puro	37	158.18	158.187	4.2753		
		7				
Total	47	236.34				
		3				

Tabla 8

.Coeficientes de regresión estimados para HUMEDAD % (cantidades del componente)

Término	Coef
GOMA DE TARA (%)	-20.6870
CERA DE ABEJA (%)	4.9331
GLICEROL(%)	15.3162
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	39.4542
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	23.6757
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	4.4967

Tabla 9*Análisis de varianza para SOLUBILIDAD % (proporciones del componente)*

Fuente	G L	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	185.71 8	185.72	37.14	3.63	0.008
Lineal	2	0.917	45.80	22.90	2.24	0.119
Cuadrático	3	184.80 1	184.80	61.60	6.03	0.002
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	1	129.93 4	17.67	17.67	1.73	0.196
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	1	14.905	11.41	11.41	1.12	0.297
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	1	39.962	39.96	39.96	3.91	0.055
Error residual	42	429.26 1	429.26	10.22		
Falta de ajuste	5	53.334	53.33	10.67	1.05	0.403
Error puro	37	375.92 7	375.93	10.16		
Total	47	614.97 9				

Tabla 10*Coefficientes de regresión estimados para SOLUBILIDAD % (cantidades del componente)*

Término	Coef
GOMA DE TARA (%)	52.2991
CERA DE ABEJA (%)	-19.5442
GLICEROL(%)	13.7460
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	-35.7884
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	-18.9614
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	35.6961

Tabla 11*Análisis de varianza para OPACIDAD mm-1 (proporciones del componente)*

Fuente	G L	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	317.57 1	317.571	63.5142	4.42	0.003
Lineal	2	252.55 5	75.717	37.8586	2.63	0.084
Cuadrático	3	65.016	65.016	21.6718	1.51	0.226
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	1	3.389	13.260	13.2603	0.92	0.342
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	1	0.288	0.002	0.0024	0.00	0.990
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	1	61.338	61.338	61.3382	4.27	0.045
Error residual	42	603.70 0	603.700	14.3738		
Falta de ajuste	5	88.532	88.532	17.7063	1.27	0.297
Error puro	37	515.16 8	515.168	13.9235		
Total	47	921.27 0				

Tabla 12*Coefficientes de regresión estimados para OPACIDAD mm-1 (cantidades del componente)*

Término	Coef
GOMA DE TARA (%)	4.0714
CERA DE ABEJA (%)	74.7230
GLICEROL(%)	2.3828
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	-31.0068
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	-0.2763
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	-44.2244

Tabla 13*Análisis de varianza para ESPESOR mm (proporciones del componente)*

Fuente	G L	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	0.07134 7	0.07134 7	0.01426 9	2.57	0.041
Lineal	2	0.03500 4	0.02968 0	0.01484 0	2.67	0.081
Cuadrático	3	0.03634 3	0.03634 3	0.01211 4	2.18	0.105
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	1	0.00081 3	0.01455 4	0.01455 4	2.62	0.113
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	1	0.00108 5	0.00218 1	0.00218 1	0.39	0.534
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	1	0.03444 5	0.03444 5	0.03444 5	6.20	0.017
Error residual	4 2	0.23345 1	0.23345 1	0.00555 8		
Falta de ajuste	5	0.04087 7	0.04087 7	0.00817 5	1.57	0.192
Error puro	3 7	0.19257 4	0.19257 4	0.00520 5		
Total	4 7	0.30479 8				

Tabla 14*Coefficientes de regresión estimados para ESPESOR mm (cantidades del componente)*

Término	Coef
GOMA DE TARA (%)	-0.14222
CERA DE ABEJA (%)	-1.46036
GLICEROL(%)	-0.02899
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	1.02724
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	0.26216
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	1.04799

Tabla 15*Análisis de varianza para GRAMAJE gr/cm² (proporciones del componente)*

Fuente	G L	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	5317.9 8	5317.98	1063.60	88.10	0.000
Lineal	2	4955.1 7	573.24	286.62	23.74	0.000
Cuadrático	3	362.80	362.80	120.93	10.02	0.000
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	1	83.15	360.47	360.47	29.86	0.000
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	1	149.87	170.52	170.52	14.13	0.001
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	1	129.78	129.78	129.78	10.75	0.002
Error residual	42	507.02	507.02	12.07		
Falta de ajuste	5	456.95	456.95	91.39	67.53	0.000
Error puro	37	50.08	50.08	1.35		
Total	47	5825.0 0				

Tabla 16*Coefficientes de regresión estimados para GRAMAJE gr/cm² (cantidades del componente)*

Término	Coef
GOMA DE TARA (%)	181.029
CERA DE ABEJA (%)	126.287
GLICEROL(%)	25.442
GOMA DE TARA (%)*CERA DE ABEJA (%)	-161.665
GOMA DE TARA (%)*GLICEROL(%)	-73.303
CERA DE ABEJA (%)*GLICEROL(%)	-64.329

Tabla 17*.Pruebas de efectos inter-sujetos*

Variable transformada:	Promedio	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Origen						
Intersección	pH	1227.745	1	1227.745	45075.061	0.000
	SST	1810.070	1	1810.070	1679.793	0.000
	Acidez	8.974	1	8.974	801.593	0.000
	Textura	136.012	1	136.012	3956.356	0.000
	Peso	6681.155	1	6681.155	2235.511	0.000
	Ideterioro	201.824	1	201.824	2421.891	0.000
	Moho	1036.800	1	1036.800	333.257	0.000
	Levadura	1632.022	1	1632.022	513.573	0.000
	Icolor	397720.054	1	397720.054	4091.737	0.000
Tratamiento	pH	0.055	2	0.028	1.018	0.416
	SST	4.012	2	2.006	1.862	0.235
	Acidez	0.009	2	0.004	0.398	0.688
	Textura	0.099	2	0.050	1.443	0.308
	Peso	300.776	2	150.388	50.320	0.000
	Ideterioro	12.466	2	6.233	74.795	0.000
	Moho	128.933	2	64.467	20.721	0.002
	Levadura	121.911	2	60.956	19.182	0.002
	Icolor	4144.309	2	2072.154	21.318	0.002
Error	pH	0.163	6	0.027		
	SST	6.465	6	1.078		
	Acidez	0.067	6	0.011		
	Textura	0.206	6	0.034		
	Peso	17.932	6	2.989		
	Ideterioro	0.500	6	0.083		
	Moho	18.667	6	3.111		
	Levadura	19.067	6	3.178		
	Icolor	583.205	6	97.201		

Tabla

Tabla 18*Pruebas de efectos inter-sujetos*

Variable transformada:	Promedio	Tipo III de sumas de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro sin centralidad	Potencia observada
Origen	pH	562.382	1	562.382	35911.047	0.000	35911.047	1.000
	SST	4937.695	1	4937.695	105337.500	0.000	105337.500	1.000
	Acidez	37.936	1	37.936	375.851	0.000	375.851	1.000
	Textura	138.486	1	138.486	541.663	0.000	541.663	1.000
	Peso	6313.789	1	6313.789	1483.822	0.000	1483.822	1.000
	Deterioro	116.663	1	116.663	827.151	0.000	827.151	1.000
	Mohos	385.031	1	385.031	450.768	0.000	450.768	1.000
	Levaduras	3113.920	1	3113.920	537.011	0.000	537.011	1.000
	Color	16786.504	1	16786.504	1214.743	0.000	1214.743	1.000
Tratamiento	pH	0.043	2	0.021	1.367	0.353	2.733	0.164
	SST	0.575	2	0.288	6.137	0.060	12.274	0.549
	Acidez	0.059	2	0.030	0.294	0.760	0.587	0.073
	Textura	4.480	2	2.240	8.761	0.035	17.521	0.700
	Peso	234.030	2	117.015	27.500	0.005	55.000	0.990
	Deterioro	4.105	2	2.053	14.554	0.015	29.107	0.888
	Mohos	81.060	2	40.530	47.449	0.002	94.899	1.000
	Levaduras	745.948	2	372.974	64.321	0.001	128.643	1.000
	Color	85.040	2	42.520	3.077	0.155	6.154	0.314
Error	pH	0.063	4	0.016				

SST	0.188	4	0.047				
Acidez	0.404	4	0.101				
Textura	1.023	4	0.256				
Peso	17.020	4	4.255				
Deterioro	0.564	4	0.141				
Mohos	3.417	4	0.854				
Levaduras	23.194	4	5.799				
Color	55.276	4	13.819				

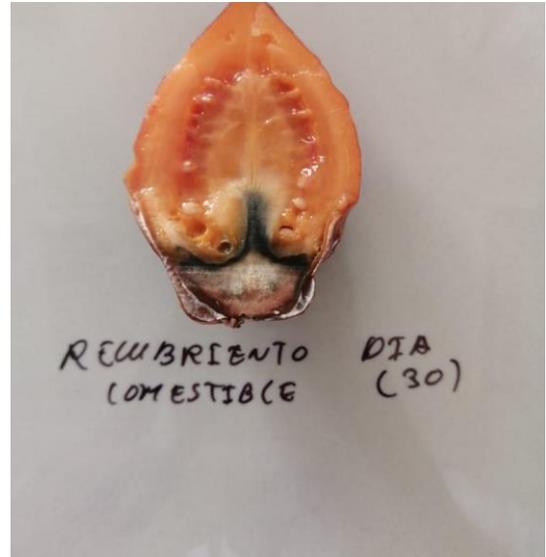
6.2. Panel fotográfico

figura 36

Estado del tomate de árbol con recubrimiento, del patrón y elaboración de recubrimiento comestible



Estado del tomate de árbol con recubrimiento comestible optimo al día 30 de almacenamiento



Estado del tomate de árbol con recubrimiento comestible comercial al día 30 de almacenamiento



Elaboración de recubrimiento comestible en agitador magnético



Estado del tomate de árbol con sin recubrimiento comestible al día 30 de análisis

figura 37

análisis sensorial de muestras de rocoto y tomate de árbol, con recubrimiento y patrón, inmersión de muestras de rocoto en recubrimiento comestible



Muestras de tomate de árbol y rocoto en almacenamiento a temperatura ambiente



Análisis sensorial de muestras de rocoto y tomate de árbol



Inmersión de muestras de tomate de árbol en recubrimiento comestible



Panelistas en el análisis sensorial de muestras de rocoto y tomate de árbol

Figura 38

Estado de muestras de rocoto al día 20 de almacenamiento, con recubrimiento, patrón y escurrido de muestras



Muestras de rocoto en la etapa de escurrido del recubrimiento comestible



Estado de rocoto al día 20 de análisis sin recubrimiento comestible



Estado de rocoto al día 20 de análisis con recubrimiento comercial



Estado de rocoto al día 20 de análisis con recubrimiento optimo

figura 39

Preparación de muestras para análisis sensorial y vista de recubrimiento comestible después del proceso de secado



Desarrollo de recubrimiento comestible



Inmersión de muestras de rocoto en recubrimiento comestible



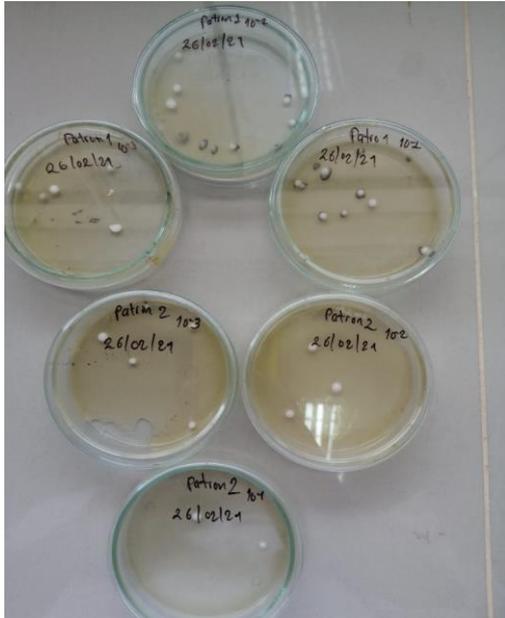
Muestras de rocoto y tomate de árbol para análisis sensorial



Muestras de rocoto con recubrimiento comestible, listos para análisis

figura 40

Recuento de microorganismos, lectura de color y medición de la opacidad en espectrofotómetro



Recuento microbiológico de levaduras



Lectura del espesor de los recubrimientos con vernier digital



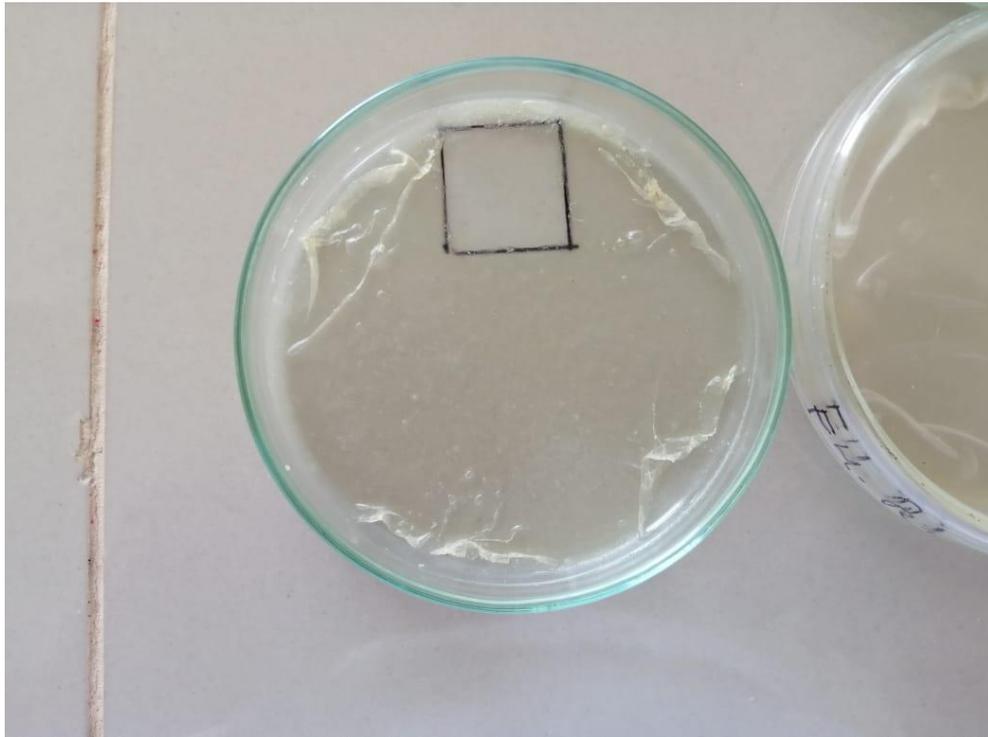
Lectura del color de muestras de tomate de árbol a lo largo del almacenamiento



Muestras de recubrimiento comestible en espectrofotómetro, para datos de opacidad

figura 41

desarrollo de recubrimiento comestible de goma de tara



Muestras de recubrimiento cortadas a 2cm² para datos de gramaje



Desarrollo de recubrimiento comestible en placa Petri con 3ml de formulación para llevar a secado