TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

“Influencia de un recubrimiento comestible a base de la mezcla de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la calidad de higos (*Ficus Carica*) refrigerados, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

LICENCIADA EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

Presentado por:
Yeli Zaida Tucto Cueva (0000-0003-3064-2824)

Asesor:
Galo Armando Viccina Linares (0000-0001-9379-541X)

Lima - Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

"Influencia de un recubrimiento comestible a base de la mezcla de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la calidad de higos (*Ficus Carica*) refrigerados, 2021"

Tesis para optar el título profesional de:

LICENCIADA EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

Presentado por:
Yeli Zaida Tucto Cueva (0000-0003-3064-2824)

Asesor:
Galo Armando Viccina Linares (0000-0001-9379-541X)

Lima - Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 24 de julio de 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Lillyan Teresa Loayza Gutiérrez	☐
Miembro: Mg. Luis Fernando Tume Farfan	
Miembro: Mg. Víctor Alfonso Mamani Urrutia	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"Influencia de un recubrimiento comestible a base de la mezcla de goma de tara *(Caesalpinia spinosa)* sobre la calidad de higos *(Ficus carica)* refrigerados, 2021"

Presentada por el bachiller:

- Yeli Zaida Tucto Cueva

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética

Asesorado por: Mg. Galo Armando Viccina Linares

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Nutrición y Dietética en la sustentación, concluyen: de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista(s): Yeli Zaida Tucto Cueva			Nota (en letras): 17 (diecisiete)
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. Lillyan Teresa Loayza Gutierrez
Presidente del Jurado



Mg. Galo Armando Viccina Linares
Asesora



Mg. Luis Fernando Tume Farfan
Miembro 1



Mg. Víctor Alfonso Mamani Urrutia
Miembro 2

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS[1]

Lima, 28 de agosto del 2023

Señor, Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Yeli Zaida Tucto Cueva; egresada de la carrera de Nutrición y Dietética de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Mg. Ing. Galo Viccina Linares, declaramos que este informe final de tesis de investigación titulado: Influencia de un recubrimiento comestible a base de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la calidad de higos (*Ficus carica*) refrigerados, 2021, sustentado para obtener el título de Licenciada en Nutrición y Dietética es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI: 48232063



Firma del asesor de tesis
DNI: 07854432

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Influencia de un recubrimiento comestible a base de la mezcla de goma de tara (Caesalpinia spinosa) sobre la calidad de higos (Ficus carica) refrigerados, 2021

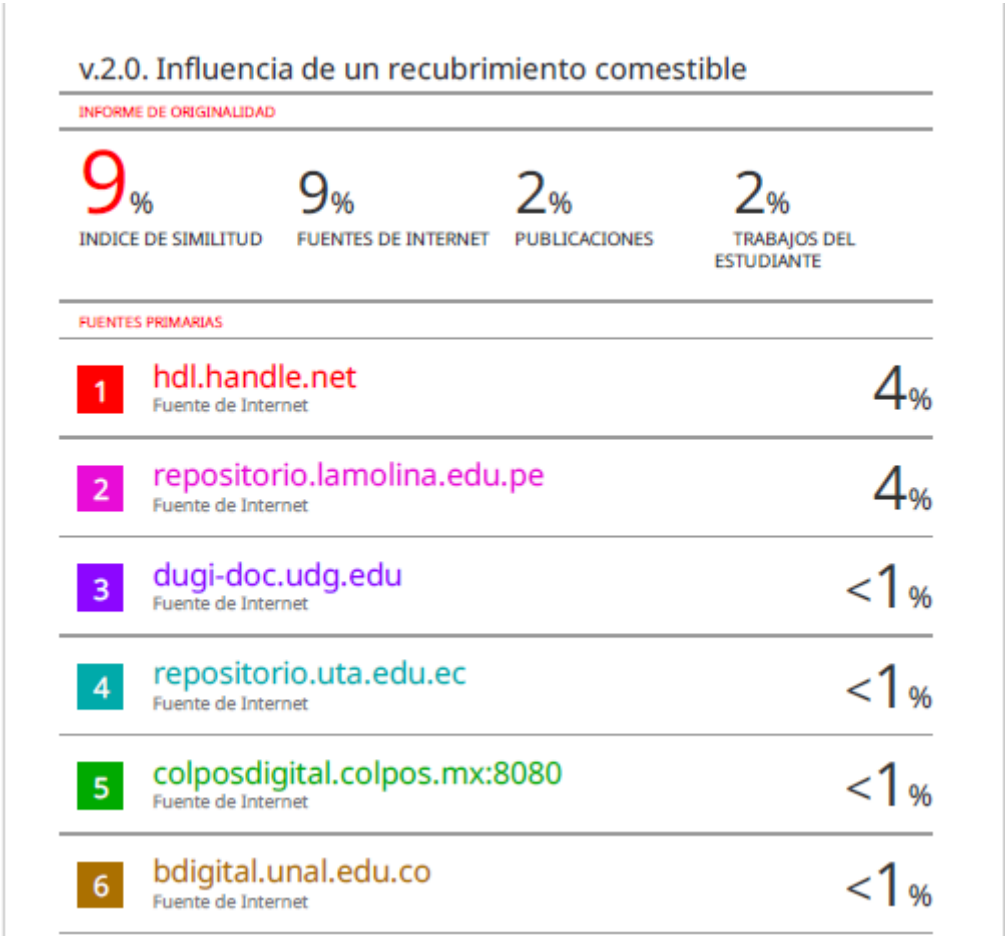
Autores. Yeli Zaida Tucto Cueva.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2205899705).

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



v.2.0. Influencia de un recubrimiento comestible

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	dugi-doc.udg.edu Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1%
6	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

DEDICATORIA

Dedicado con todo mi corazón a Dios y mi familia, cuyos consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer tanto personal como profesionalmente.

Gracias a Dios por guiarme, ser mi fortaleza y permitirme a alcanzar este momento tan significativo en mi crecimiento profesional.

A mi mamita Paulina que es una pieza fundamental en mi vida, una fuente de inspiración y el motor más importante. Sin su amor y apoyo incondicional, no habría logrado este objetivo. Esta tesis es un medio para honrar su amor, dedicación y sacrificio.

A mi padre Alejandro que, desde el cielo sigue siendo esa luz que me da fuerzas para continuar. Gracias por brindarme tu amor incondicional y por ser un ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos Hernán, Nelson, Edwar, Lizardo, Melvin y Adolfo por estar siempre presente, cuidándome, apoyándome, dándome aliento durante este proceso, por ser mis ejemplos a seguir y estar conmigo en todo momento, gracias infinitamente.

A PRONABEC, por brindarme la oportunidad y apoyo en culminar mi carrera profesional. Gracias por permitir que muchos jóvenes cumplan sus sueños y metas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la asistencia técnica de la Lic. Roxana Ramos Aramburu, Paola Suarez Suxe y a mi asesor de tesis Ing. Galo Viccina Linares. Además, se agradece a la Empresa Athos por su colaboración con la materia prima para la realización del presente estudio.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Resumen

El higo fresco (*Ficus carica*) es un fruto climatérico con una vida útil corta. Se ha estudiado el impacto del recubrimiento comestible y sus ingredientes aplicados sobre el higo debido a las mermas que se dan después de la recolección durante el acopio con el fin de brindar innovadoras soluciones para ampliar la vida útil y conservar la calidad del higo, además de ser una alternativa de conservación sostenible. Como resultado, el objetivo de la tesis fue determinar cómo las composiciones de recubrimientos comestibles obtenidas en la mezcla de goma de tara (Caesapinia spinosa), cera de abeja y glicerol afectan a los criterios de calidad durante el almacenamiento. Para lograr este objetivo, se implementó el diseño de mezclas utilizando el programa Design Expert® 13.

Se evaluó la efectividad de dieseis formulaciones experimentales del recubrimiento comestible, teniendo en cuenta las variables estudiadas de los higos en estado pintón (nivel de madurez), después de 21 días de almacenamiento a 5 °C y 45% de humedad relativa. Luego, se estimaron las proporciones de los tres componentes principales a través de las funciones matemáticas, dándonos como resultado un polinomio de segundo grado. En seguida, se utilizaron los trazos de Cox para evaluar el impacto de los componentes de la investigación en las variables de respuesta. Finalmente, se utilizó Deseabilidad Global para determinar la mejor formulación. Esto nos permitió aumentar la firmeza y la luminosidad de los higos al mismo tiempo que se reducía el peso y la tasa de respiración.

Los resultados demostraron que el recubrimiento comestible con la formulación más adecuada fue el 0,3% de goma de tara, 0,25% de cera de abeja y 0,45% de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

glicerol. Esto permitió una pérdida de peso del 4,74 por ciento, una firmeza de 17,84 N, una tasa de respiración de 52,66 mg*CO_2*kg^{-1}*h^{-1} y una luminosidad de 26,47 *L; siendo mejor en todas las respuestas con respecto al control.

Palabras claves: Diseño de mezclas, higos, recubrimiento comestible, cera de abeja, goma de tara, glicerol.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Abstract

Fresh fig (*Ficus carica*) is a climacteric fruit with a short shelf life. The impact of edible coating and its ingredients applied on figs due to post-harvest losses during storage has been studied to provide innovative solutions to extend the shelf-life and preserve the quality of figs, as well as to be a sustainable preservation alternative. As a result, the objective of the thesis was to determine how edible coating compositions obtained in the mixture of tara gum (*Caesapinia spinosa*), beeswax and glycerol affect quality criteria during storage. To achieve this objective, mixture design was implemented using Design Expert® 13 software.

The effectiveness of six experimental formulations of the edible coating was evaluated, considering the studied variables of the figs in the pinto stage (maturity level), after 21 days of storage at 5 °C and 45% relative humidity. Then, the proportions of the three main components were estimated through mathematical functions, resulting in a second-degree polynomial. Next, Cox plots were used to assess the impact of the research components on the response variables. Finally, Global Desirability was used to determine the best formulation. This allowed us to increase the firmness and brightness of the figs while reducing the weight and respiration rate.

The results showed that the edible coating with the most suitable formulation was 0.3% tara gum, 0.25% beeswax and 0.45% glycerol. This gave a weight loss of 4.74 per cent, a firmness of 17.84 N, a respiration rate of 52.66 mg*CO2*kg-1*h-1 and a lightness of 26.47 *L; being better in all responses compared to the control.

Keywords: Design of mixtures, figs, edible coating, bee wax, tar rubber, glycerol.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

I. INTRODUCCIÓN

El higo (*Ficus carica L.*) es el fruto producido por la higuera, que es muy popular en todo el mundo. Según "las estadísticas proporcionadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de higos alcanzó 1,315,588 toneladas en el 2019" (1). Además, "al 2019 el continente con el porcentaje más alto de producción fue Asia (44,1%), seguido por África (38,5%), Europa (10,6%) y América (6,8%)" (1). Asimismo, "Turquía (272 078,31 toneladas) y Egipto (204 028,92 toneladas) fueron los países con la mayor producción mundial de higo en el 2019. Por otra parte, la producción más alta de higo en Perú en el 2019 fue de 3,095 toneladas" (1). En la actualidad, "Ica representa el 33% de los productores nacionales, seguida de Arequipa con el 19%, Tacna con el 13%, Lima con el 11%, Ayacucho con el 8%, Moquegua con el 7% y Ancash con el 7%" (2).

Los productos no tradicionales como los higos frescos y secos tienen una gran demanda en todo el mundo. Según "el Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX, 2022), los principales países exportadores del mundo son Francia, Turquía, Alemania, Chile, Bélgica, China, India, Países Bajos, Grecia y Estados Unidos" (3). De acuerdo con Trade Map 2018, "los principales países productores y exportadores de América Latina son Estados Unidos, Brasil, México y Perú con una participación mundial del 7,1%, y a partir del año 2008, Perú se ha establecido como el cuarto país exportador en América Latina y entre los veinte primeros a nivel mundial, con una participación del 0,4% en el 2017" (4) (5). Según el Comercio Exterior del Perú (6), los mercados más importantes

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

en 2022 son Países Bajos (40%), Reino Unido (22%), Estados Unidos (15%), Canadá (7%), Francia (7%) y el resto del mundo (9%).

Debido a su valor nutricional, así como también a su contenido de fibra, potasio, calcio, hierro, vitamina K, tiamina, ácido pantoténico y piridoxina, esta fruta es muy demandada en el mercado internacional. También se debe a sus propiedades físicas como su suave piel, pulpa melosa, sabor dulce y facilidad de consumo (7) (8). Por lo tanto, la demanda de exportación de higo fresco por parte de los consumidores es alta.

El higo fresco es una fruta muy delicada y perecedera, logrando mantenerse en buen estado y sin perder la calidad por un tiempo aproximado de dos días de almacenamiento después de la postcosecha (Sin refrigeración), en cambio a una temperatura de refrigeración (4 °C – 6°C) y humedad relativa de 75% se mantiene aproximadamente ocho días (9). Puede tardar de 1 a 2 semanas incluso de -1°C y 0°C y una humedad relativa de 90% a 95% (10). La vida útil es un tema especialmente importante porque ser una fruta exportable necesita mayores cuidados para llegar a mercados lejanos (más de 30 días de travesía comercial, desde la cosecha hasta el consumidor final). Esto requiere tecnología para proteger esta fruta y asegurar que cumplan con los requisitos de calidad del comercio internacional.

Para dar solución esta problemática se elaboró una capa comestible con cera de abeja, goma de tara y glicerol. Este recubierto tiene como objetivo extender el tiempo de vida de la fruta para optimizar la calidad después de la recolección. De esta manera disminuir los problemas de calidad y reducir los residuos en uso, ante la falta de tecnologías innovadoras que también ayuden a reducir el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

impacto ambiental que sufre el mundo, cabe mencionar que hay autores que han intentado solucionar este problema con otros componentes, pero no han encontrado buenos resultados.

El objetivo de la tesis fue investigar cómo los componentes de un recubrimiento comestible hechos de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*), cera de abeja y glicerol afectan la calidad de los higos (*Ficus carica*) durante su conservación.

II. MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

Esta investigación se ejecutó en los siguientes espacios:

Universidad Científica del Sur (UCSUR): Laboratorio de Investigación Especializado en las Áreas de Química y Bioquímica de Productos Naturales; Laboratorio de Esterilización y Refrigeración.

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM): Laboratorio de Análisis de Productos Hortícolas de la Facultad de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Calidad Total y Laboratorio de Microbiología de la Clínica de Diagnosis de Fitopatología y Nematología.

2.2. Materia prima

Se empleó 25 kg de higos de la variedad Black Mission (*Ficus carica Mission*), procedente del fundo "Lindero", provincia de Pisco, región Ica, Perú y se trasladaron al Laboratorio de Química y Bioquímica de Productos Naturales del área de investigación especializada de la Universidad Científica del Sur. Se seleccionaron frutas sanas con un tamaño superior a 5,7 cm de largo y 4,2 cm de anchura y un peso de 58±4 gramos (g). En la primera etapa, se usó un pintón de color verde-morado oscuro para seleccionar la mejor formulación, mientras que,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

en la segunda etapa, se usó un estado de madurez organoléptica avanzada para estudiar el impacto de la formulación óptima, posteriormente se realizó la limpieza y el lavado de las frutas.

2.3. Caracterización de la materia prima

a. **pH**: Se midió a través del potenciómetro digital marca schott instrument Lab 850 a una temperatura de 21 °C, donde se sumergió en el jugo del higo obtenido para luego realizar la lectura del pH (11).

b. **Sólidos solubles totales:** Para la medir los ◦Bx, se empleó el jugo de higo (una gota) en el refractómetro de mano marca Ataco Máster para posterior proceder a dar la lectura (11).

c. **Acidez titulable:** Se determinó a través del equipo de titulación directa. Sobre 20 ml del sobrenadante, se usó fenolftaleína al 1% como indicador de pH. Luego se valoró con hidróxido de sodio a 0,1 N hasta que vire un rosa pálido. Los resultados se mostraron en forma de porcentaje de ácido cítrico (11). El procedimiento se realizó por triplicado.

$$\%\ Acidez = \frac{V_{NaOH} x N_{NaOH} x m_{equivalente\ del\ ácido\ cítrico}}{ml\ de\ muestra}$$

d. Índice de madurez: Se determinó usando la relación sólidos solubles/porcentaje acidez titulable (12).

$$Índice\ de\ madurez = \frac{\%\ de\ solidos\ solubles}{\%\ de\ acidez\ titulable}$$

e. Análisis proximal: Se evaluó cenizas mediante el método AOAC 900.02; grasa a través del método AOAC 930.09; proteína mediante el método AOAC 920.152; humedad mediante el método AOAC 930.04; fibra cruda mediante el método de Norma Técnica Peruana 205.003:1980 (Revisado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

en 2011) y carbohidratos mediante diferencia MS -INN Collazos 1993 (13) (14) (15).

2.4. Formulación del recubrimiento comestible

Mediante el diseño de mezclas se determinó la composición de las formulaciones para ello se establecieron los límites mínimos y máximos de los componentes en investigación.

En cuanto a los límites de los ingredientes principales del recubrimiento comestible, se fundamenta en la investigación de Escalante (16), quien en estudios preliminares observó que el uso de la goma de tara en concentraciones mayores al 0.6% forma mezclas muy viscosas que este dificulta la disolución de otros.

En cuanto a la cera de abeja el rango recomendado según el estudio mencionado fue de 0 a 0,5% ya que observaron que valores mayores a 0,5% tiene como efecto recubrimientos demasiados opacos.

Con relación al glicerol se basaron en estudios previos citados por Escalante (16), los cuales evidenciaron que valores debajo a 0,5% generan recubrimientos bastantes débiles y que es necesario obtener un máximo de 2% para obtener un buen producto.

Por otra parte, se usó *Tween 80* la misma proporción de 0,1% para todas las formulaciones con el fin de mejorar la humedad de la piel del higo y disminuir la presión superficial de la cubierta comestible.

Finalmente, la masa principal del recubrimiento comestible estuvo compuesto de tres ingredientes principales que conforman el 2%, y aunque las partes de la mezcla cambiaron y el 98% siguieron siendo lo mismo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Se empleó el programa Design Expert® versión 13, teniendo en cuenta los porcentajes totales de la composición de la masa y los límites de los establecidos en la Tabla 1. De esta manera, se consideró el diseño experimental en la investigación, dando como resultado un total de dieciséis formulaciones, incluyendo doce formulaciones experimentales distintos y cuatro repeticiones (F6, F9, F10 y F14) permitiendo tener mejor una estimación del error experimental.

En la tabla 2 y 3 se observan los porcentajes y proporciones de los componentes principales de la masa total, donde la sumatoria da como resultado una unidad y en la tabla 4 se observan las dieciséis mezclas del recubrimiento comestible.

2.5. Elaboración y empleo de las formulaciones del recubrimiento

Para la formulación del recubrimiento comestible, se utilizó la cera de abeja como lípido, goma de tara como base principal de soporte y glicerol como plastificante.

El recubrimiento comestible fue formulado según la metodología de Escalante (16), quien elaboró una película compuesta de cera de abeja, goma de tara y glicerol. El proceso se inició mezclando el polvo de goma de tara sobre el agua destilada a 80 °C, inmediatamente se añadió glicerol para luego homogenizar mediante un agitador magnético hasta llegar a una temperatura de 90 °C. Sobre el procedimiento anterior, se añadió el polisorbato 80 con cera de abeja, posteriormente se uniformizó la solución a través del sistema de agitación por una hora. Finalmente, se envasó en envases de vidrio para luego conservar a una temperatura de 8 °C hasta su aplicación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La Figura 1 muestra el procedimiento para recubrir los higos y cada operación realizada se detallan a continuación. Seguidamente, se describe el flujograma del recubrimiento comestible:

a. **Materia prima:** La variedad de higos (*Ficus carica*) que se utilizaron fueron Black Mission, procedente del fundo "Lindero".
b. **Recepción:** Se recibió un día antes de la aplicación del tratamiento aproximadamente un total de 50 kg de higos en dos etapas, siendo la primera etapa en el mes de noviembre (higos pintones) y la segunda en diciembre (higos maduros). Para evitar cambios en el metabolismo del fruto, se refrigeró en cada etapa a 15 °C hasta antes de aplicar los tratamientos. El higo fue recibido para la caracterización respectiva mediante análisis proximal y fisicoquímico (Por triplicado).
c. **Selección:** Los higos fueron seleccionados de un tamaño y peso uniforme; los que no cumplían con los criterios de aceptación se retiraron. Asimismo, se retiró los frutos con daños mecánicos (con grietas) producidos durante el traslado.
d. **Clasificación:** Se clasificaron en las dos etapas de manera diferente: En la primera etapa se optó por un estado de madurez pintón y la otra por un estado de madurez madura.
e. **Lavado:** Al higo se le quito la suciedad con agua limpia con el fin de separar las materias extrañas como tierra, paja, entre otros que se han adherido a la superficie del fruto.
f. **Desinfección:** Para eliminar los microrganismos presentes en la materia prima, se desinfectaron los higos lavados con hipoclorito de sodio

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

(también conocido como lejía) a 50 ppm en el trascurso de 5 minutos por el método de inmersión. Luego se enjuagó con agua potable.

g. **Escurrido 1:** La materia prima previamente enjuagado se escurrieron en un colador con el fin de quitar el exceso de agua para luego trasladar y dejar en una bandeja grande por un tiempo de 20 minutos, con el fin de que se seque.

h. **Recubrimiento:** La elaboración del recubrimiento comestible se inició mezclando agua destilada con goma de tara en polvo a una temperatura de 80 °C. En seguida, mediante un agitador magnético que incluía un calentador digital se adicionó glicerol y se mezcló hasta llegar a 90 °C momento en que se adicionó la cera de abeja y el polisorbato 80 (Tween), luego la solución se uniformizó durante 60 minutos. Finalmente, se almacenó en una conservadora de 8 °C hasta su utilización. Para la aplicación del recubrimiento comestible se sumergió los higos en la solución conservada durante 60 segundos, a una temperatura de 15 °C.

i. **Escurrido 2:** Se dejaron escurriendo sobre un filtrador para quitar la capa comestible excesiva.

j. **Secado:** Los higos recubiertos se acomodaron en las bandejas desinfectadas para dejar orear durante 60 minutos, a una temperatura de 20 °C.

k. **Envasado:** Los higos recubiertos, fueron envasados en envases de tereftalata de polietileno (PETE).

l. **Almacenado:** Para evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras envasadas, se conservaron a 5 °C de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

temperatura y a 90 % de humedad relativa (HR). Cabe mencionar, que en la primera etapa los higos recubiertos se almacenaron a 5 °C con %HR de 45% a diferencia de la segunda etapa fue de 5 °C con 90% de %HR.

En el primer grupo, cada formulación elaborada se aplicó a los higos pintones que fueron almacenados durante 21 días para evaluar el impacto de las formulaciones sobre los criterios de calidad hasta el final del tiempo de almacenaje. En el segundo grupo, se almacenó los higos con la mejor formulación de las formulaciones evaluadas y el testigo por 25 días, donde se midieron firmeza, luminosidad, pérdida de peso y CO_2 a los 3, 9, 13, 18 y 25 días del almacenamiento.

2.6. Evaluación de índice de calidad del higo refrigerado.

El recubrimiento comestible de las 16 formulaciones y de la mejor formulación se evaluó la calidad en los higos refrigerados durante un periodo de 21 días a una temperatura de 5 °C y 45% humedad relativa en la primera etapa y 25 días en la segunda etapa, pero con intervalos de análisis durante su almacenamiento, trabajando con 5°C y 90% humedad relativa. Las propiedades que se evaluaron al final y durante su almacenaje fueron:

a. **Firmeza:** Se midió a través de la fuerza de penetración (N) de penetrómetro digital GY-4 lograda mediante la rotura del tejido de la zona ecuatorial del higo. Los resultados obtenidos se realizaron por triplicado y se promediaron por tratamiento (11).
b. **Luminosidad (L*):** Se midió a través de lectura directa del colorímetro Konica Minolta, previamente calibrado. Las mediciones se efectuaron en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3 unidades de higos sobre la zona ecuatorial y por triplicado cada formulación.

c. **Pérdida de peso:** La medición se llevó a cabo utilizando el método gravimétrico y los resultados se obtuvieron se usando una balanza de precisión OHAUS de 0,01 mg a través de la diferencia de pesos. Por cada tratamiento se pesó por triplicado de 6 a 8 higos para su posterior monitoreó mediante los cambios en peso. La pérdida de peso total de cada tratamiento se expresó en porcentaje (%) al final del almacenamiento a través de la siguiente ecuación.

$$PP\ (\%) = \frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial} x100$$

Tasa de respiración: La concentración de gas se midió en aproximadamente 500 gramos de muestra utilizando un analizador de gases CHROMA METER CR-400 durante una hora, el cual se almacenó en una cámara de refrigeración a 5 °C. Cada muestra se midió por triplicado y los resultados se expresaron en mg CO_2*Kg $^{-1}$*h^{-1} (18).

2.7. Caracterización de la mejor formulación

Se analizó la humedad, acidez, potencial de Hidrógeno y sólidos solubles a la muestra con la formulación óptima. Se realizaron tres repeticiones a cada análisis.

2.8. Evaluación del índice de calidad del higo refrigerado

Se realizó la evaluación microbiológica de la presencia de los hongos en los higos refrigerados con la mejor formulación y testigo. A los 4, 9, 13 y 18 días de su

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

almacenamiento a través del Método de la Cámara Húmeda descartando la presencia del hongo *Botrytis cinerea*, realizando por triplicado las evaluaciones.

2.9. Análisis estadístico

El polinomio canónico de Scheffé se obtuvo utilizando los resultados experimentales de cada variable de respuesta analizada (Ecuación 1). Este polinomio se mide a través del software estadístico Design Expert® versión 13. También se analizó la varianza (ANOVA) y una prueba de significancia de coeficiente (α = 0,05).

$$y = \sum_{i=1}^{q} \beta_i X_i + \sum\sum \beta_{ij} X_i X_j + \sum\sum_{i<j<k}^{q} \sum \beta_{ijk} X_i X_j X_k \ldots\ldots (1)$$

La significación estadística (F<0,05) y los coeficientes de los modelos se determinaron a través de la varianza (ANOVA) y prueba de Fisher. Asimismo, los coeficientes de determinación R_2 y R_{2adj} del valor experimental se utilizan para evaluar la bondad del ajuste de la Ecuación 1.

Los valores relacionados con las superficies de respuesta, los gráficos de contorno y los gráficos de trazos Cox correspondientes a cada ecuación de las variables de respuesta analizadas se obtuvieron utilizando *programa Design Expert®* versión 13. Después de obtener los modelos matemáticos se prosiguió a la optimización simultánea de respuestas.

Por otro lado, para validar los datos del mejor tratamiento de investigación se estableció la diferencia porcentual entre los valores experimentales y el valor teórico del software.

Finalmente, se utilizaron la varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples de promedios para determinar las diferencias en las variables. Se empleo un nivel de confianza del 95% y una diferencia mínima significativa con una significación

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de $\alpha < 0,05$ entre los higos con el mejor recubrimiento y testigo en el periodo de su almacenamiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Caracterización del higo

1.1. Análisis proximal de la materia prima

La composición proximal del higo *Black Mission* en su estado de madurez pintón se muestra en la Tabla 5. Cabe resaltar, que el componente mayoritario de los higos frescos lo constituyen los carbohidratos, después del agua (19).

De acuerdo a la "Tabla Peruana de Composición de Alimentos (TPCA), los higos frescos están compuestos por una de humedad de 78 %; proteína 0,9 %; grasa 0,1 %; carbohidratos 19,9 %; fibra 2,9 % y cenizas 1,1 %" (20). Los valores de la TPCA no difieren mucho de los resultados de la investigación. Estas diferencias observadas se pueden asignar a las condiciones del suelo, variedad, agua y aspectos meteorológicos, entre otros.

a. **Acidez:** La muestra en estado de madurez pintón tuvieron una acidez media del 0,132 por ciento de ácido cítrico en 100 g de muestra. El resultado obtenido se encuentra dentro de los valores hallados por Chaparro et al. (21) determinando una acidez de 0,111±0,031 por ciento para higos en madurez intermedia. Revilla, por su parte, encontró un valor ligeramente inferior, de 0,8% de acidez en higos pintones. (19). A medida que maduran, los ácidos orgánicos se metabolizan o se transforman en azúcares. Además, la variación de la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

acidez está condicionado por la temporada de recolección de las frutas, las condiciones climáticas y otros factores.

b. pH: La muestra mostró un potencial de hidrógeno (pH) medio de 5,08. Este valor está ligeramente por debajo del pH de 5,26 encontrados para higos con madurez intermedia hallado por Chaparro et al (21). En cambio, es semejante al pH de 5,2 hallado por Fernández (22) para higos provenientes de Puebla, México.

c. Solidos solubles totales: El promedio del porcentaje de sólidos solubles de la muestra estudiada fue del 10,7 por ciento. Este valor determinado es similar al de Baldoni et al (23), pero inferior al hallado por Vieira quien evaluó el fruto fresco con 12 por ciento de sólidos solubles (24). La firmeza, el pH, el sabor, el aroma y la salud del fruto son factores que afectan a los resultados de los sólidos solubles en el higo, según Arias et al., citado por Orellana en su investigación (25).

d. Índice de madurez (IM): Según Alonso et al., citado por Viera, el índice de madurez no solo es un indicador de calidad, sino que también es responsable del sabor de la fruta. (24). La relación sólidos solubles/acidez (índice de madurez) del higo hallado fue de 80,6, dicho valor se encuentra cerca a lo hallado por Chaparro *et al* para los higos en estado de madurez intermedio que presentó una relación de 83,8, similar al resultado obtenido por Baldoni et al que mostró un balance de 83,3 en higos variedad Black Mission, (23) por lo cual, esto nos indica que los higos estudiados iniciaron su almacenamiento con un IM intermedio con respecto a los resultados hallados entre la acidez y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

grados brix. Sin embargo, Viera al analizar los higos de la variedad 'Pingo de miel' encontró una relación menor de 41,38, debido a su acidez alta indicando este valor que su estado de madurez del fruto estaría en verde (24).

2. Evaluación del polinomio de scheffeé y de la influencia de los componentes sobre las variables en estudio

2.1. Pérdida de peso de los higos recubiertos

a. Desarrollo del modelo y análisis estadístico

La pérdida de peso observada y evaluada de los higos después de 21 días de almacenamiento y los valores correspondientes para cada formulación de recubrimiento se muestran en la Tabla 6. La Figura 2 también muestra la representación gráfica.

Después de realizar el análisis de regresión múltiple de los valores observados, obtuvimos el siguiente polinomio de segundo orden.

$$\hat{y} = 24{,}00x_1 - 21{,}74x_2 + 5{,}29x_3 + 12{,}36x_1x_2 - 28{,}14x_1x_3 + 30{,}83x_2x_3 \quad (2)$$

Donde:

$\hat{y}: \%\ de\ pérdida\ de\ peso\ de\ los\ higos$

$x_1, x_2, x_3: proporciones\ de\ goma\ de\ tara, cera\ de\ abeja\ y\ glicerol\ respectivamente$

b. Influencia de los componentes en la pérdida de peso de los higos recubiertos

Las Figuras 3, 4 y 5 da a conocer la superficie de respuesta, los contornos y los gráficos de "Trazos de Cox", respectivamente. Los colores parten a partir del color azul (valores bajos), transitando hacía el celeste, hasta llegar a verde (valores altos), en ese orden se encuentran en la superficie de respuesta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

(Figura 3). Los componentes transversales de la superficie de la variable estudiada se proyectan a partir de planos paralelos a triángulos que intersecan la superficie a una elevación hallada, como se muestra en la Figura 4. También, podemos ver que el área de prueba no ocupa todo el triángulo, sino solo el área delimitada por los cuatro puntos de las esquinas ya que a las limitaciones dadas en las proporciones (Tabla 1).

En la Figura 5, los valores del eje X representan la desviación de la mezcla con respecto al centro de gravedad, y los puntos de referencia se formaron a partir de los siguientes porcentajes: P_1 = 0,17%, P_2 = 0,13%, P_3 = 0,7 %, expresados como proporción, x_1 = 0,085, x_2 = 0,065 y x_3 = 0,35. Además, se observó que el componente con mayor influencia en la reducción de peso de los frutos refrigerados fue la goma de tara, con una pendiente más pronunciada. Sin embargo, la cera de abejas influyó en la tasa de alargamiento hasta una determinada concentración para posterior tener un efecto negativo. Por otra parte, la adición del glicerol no tuvo efecto en las propiedades, mostrando una línea constante que aumento con el acrecentamiento de la proporción. De hecho, para optimar la permeabilidad al vapor de agua, es necesario formar un recubrimiento compuesto que combine celulosa y lípidos comestibles.

Los recubrimientos con mayor contenido de cera de abeja presentaban menor pérdida de peso (26). Además, Cerqueria *et al*., citado por Escalante, muestra que al aumentar las concentraciones de galactomanano y glicerol reduce la barrera al vapor de agua porque, gracias a su estructura sólida,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

produce un recubrimiento con mejor cohesión (16). Por lo tanto, la reducción de peso será mayor cuando el porcentaje de cera de abeja es cercano a cero, pero a medida que aumenta el porcentaje hacia el 4%, la pérdida de peso disminuirá hasta alcanzar el valor mínimo.

En cuanto a la influencia de los componentes lipídicos, se observa que el valor de pérdida de peso obtenido aumenta con la concentración de glicerol. Esto se debe a que la naturaleza hidrófila de la glicerina hace que las moléculas de agua absorban fácilmente, lo que hace que incremente su permeabilidad del recubrimiento al vapor de agua (16).

2.2. Firmeza de los higos recubiertos

a. Desarrollo del modelo y análisis estadístico

La firmeza observada y estimada de los higos después de 21 días de almacenamiento y los valores correspondientes para cada formulación de recubrimiento se observa en la Tabla 6. La Figura 8 también muestra la representación gráfica.

Después de realizar el análisis de regresión múltiple de los valores observados, obtuvimos el siguiente polinomio de segundo orden.

$$\hat{y} = -3{,}85x_1 + 15{,}39x_2 + 13{,}24x_3 - 0{,}12x_1x_2 + 51{,}62x_1x_3 + 19{,}81x_2x_3 \quad (3)$$

Donde:

$\hat{y}$: $Firmeza\ de\ los\ higos$

x_1, x_2, x_3: $proporciones\ de\ goma\ de\ tara, cera\ de\ abeja\ y\ glicerol\ respectivamente$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

b. Influencia de los componentes sobre la firmeza de los higos recubiertos

Las Figura 7 y 8 da a conocer la superficie de respuesta y los gráficos de contornos, respectivamente. Además, la superficie de respuesta de la firmeza, el color verde representó el valor más alto y el color azul representó lo más bajo (Figura 7). La figura 8 da a conocer la curva de contornos como una proyección transversal de la superficie. La altura del gráfico está representada por las coordenadas que se ubican dentro de las restricciones (Tabla 1) del triángulo.

En la Figura 9, los trazos de Cox muestran el cambio de firmeza cuando se modifica un ingrediente de la combinación; entre tanto los otros dos ingredientes se mantienen sin cambios. Además, se observa que los componentes con mayor influencia positiva sobre la firmeza de los higos refrigerados fueron la cera de abeja y goma de tara, debido que a medida que se incrementaba el porcentaje de los componentes, la firmeza era mejor. Con relación, Aguilar citado por Escalante (16) menciona que los biopolímeros actúan como una barrera al transporte de humedad, atrasando el tiempo de deshidratación, así extendiendo la firmeza del producto. Además, Viera en su estudio observó que los recubrimientos hechos con quitosano y alginato retrasaron la pérdida de firmeza de los higos después de 19 días de almacenamiento en frío de manera significativa (24).

Comparando la tabla 6 y 7, se observa que de las 16 muestras estudiadas los menores porcentajes de pérdidas de peso se correlaciona con una mejor característica en firmeza. Estos valores concuerdan con los obtenidos por Andrade *et al*, quienes encontraron que el recubrimiento comestible redujo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

en un 30% de peso y conservó la firmeza del tomate de árbol recubierto por cinco días más (27), por consiguiente, se demuestra que el recubrimiento comestible es una barrera segura para evitar la reducción de peso y a la baja calidad de la fruta.

Igualmente, contrastando las figuras 5 y 9, trazos de Cox, se observa que el impacto de los componentes de la mezcla fue adecuado ya que al adicionar la goma de tara aumentó la firmeza de la muestra y disminuyó la reducción de peso. Respecto al efecto de la goma de tara en ambos también produjeron una reducción de peso y disminución de firmeza cuando disminuía su concentración. Con relación al glicerol, la firmeza y pérdida de peso es mayor cuando hay incremento de estos componentes. Como señala Medrano en su investigación, el porcentaje de glicerol tuvo un impacto significativo sobre la desproporción, en cambio en la goma de tara impactó en la firmeza. (28)

2.3. Tasa respiratoria de los higos recubiertos

a. Desarrollo del modelo y análisis estadístico

La tasa de respiración observada y estimada del higo después de 21 días de almacenamiento y los valores correspondientes para cada formulación de recubrimiento se observan en la Tabla 8. La Figura 10 también muestra la representación gráfica.

Después de realizar el análisis de regresión múltiple de los valores observados, obtuvimos el siguiente polinomio de segundo orden.

$$\hat{y} = -312{,}17x_1 - 727{,}23x_2 + 11{,}06x_3 + 1241{,}50x_1x_2 + 739{,}76x_1x_3 + 1157{,}04x_2x_3 \quad (4)$$

Donde:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

$\hat{y}$: *Firmeza de los higos*

x_1, x_2, x_3: *proporciones de goma de tara, cera de abeja y glicerol respectivamente*

b. Influencia de los componentes sobre la tasa de respiración de los higos recubiertos

Las Figura 11 y 12 da a conocer la superficie de respuesta y los gráficos de contornos, respectivamente. Asimismo, en la figura 11, la altura de la superficie representa la estimación de la luminosidad, con valores más altos se muestran en el color amarillo, seguido del verde y azul con valores inferiores.

En la Figura 12, el gráfico de Cox de la tasa de respiración muestra la influencia de los componentes de la mezcla. En cuanto al impacto de la goma de tara sobre la tasa respiratoria, se percibe que al aumentar la proporción aumenta la respiración de la muestra, mientras que aumentar la concentración del glicerol y la cera de abeja, aumenta la tasa de respiración hasta un punto mínimo y luego disminuye (pendientes pronunciadas), dando a entender que un pequeño cambio en la concentración podría influir en el CO_2 de la muestra.

Por otro parte, la goma de tara en concentraciones adecuadas es un componente que ayuda disminuir la actividad respiratoria y la etapa del deterioro de las frutas, por lo tanto, extiende la vida útil debido a que los polisacáridos tienen una baja permeabilidad al CO_2 y O_2 como lo menciona Pavón *et al* (29), como se puede apreciar en la gráfica 12 que un pequeño cambio de concentración de goma de tara podría aumentar la tasa de respiración generando una mayor actividad de CO_2 que produciría un efecto

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

contrario a lo mencionado. En otro, en estudio Vargas citado por Pavón *et al*, señala que "las frutillas recubiertas con quitosano mostraron menor pérdida de humedad y tasa de respiración con una mejor firmeza a comparación del control" (29).

Respecto a la actividad respiratoria de la cera de abejas, se observó que cuando la concentración de cera de abejas supera el 0,26%, la tasa de respiración disminuía hasta un valor mínimo del 34,47 $mgCO_2 \cdot kg^{-1}h^{-1}$. Escalante hizo observaciones similares y descubrió que la aplicación de un recubrimiento hecha con cera de abejas, goma de tara y glicerol a las fresas reducía la tasa respiratoria alrededor de 44,8 $mgCO_2 \cdot kg^{-1}h^{-1}$, también se debió a la acción del glicerol actuando como una barrera.

Con relación al efecto del glicerol en la frecuencia respiratoria, la Figura 11 muestra que cuando la concentración del componente aumenta por encima del 0,92% dentro del rango de estudio, la tasa de respiración disminuye, mientras que los valores por debajo del 0,92% aumenta la actividad respiratoria. Lo anterior concuerda con Escalante quien encontró que a concentraciones de glicerol superiores al 1,4% promueven una mayor difusión de vapores y gases como resultado de efectos anti plastificante (16).

2.4. Luminosidad de los higos recubiertos

a. Desarrollo del modelo y análisis estadístico

La luminosidad observada y estimada de los higos después de 21 días de almacenamiento y los valores correspondientes para cada formulación de recubrimiento se muestran en la Tabla 9. La Figura 14 también se observa la representación gráfica.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Después de realizar el análisis de regresión múltiple de los valores observados, obtuvimos el siguiente polinomio de segundo orden.

$$\hat{y} = 106{,}30x_1 + 8{,}49x_2 + 25{,}26x_3 - 87{,}97x_1x_2 - 110{,}36x_1x_3 + 23{,}03x_2x_3 \quad (5)$$

Donde

$\hat{y}$: $Firmeza\ de\ los\ higos$

x_1, x_2, x_3: $proporciones\ de\ goma\ de\ tara, cera\ de\ abeja\ y\ glicerol\ respectivamente$

b. Influencia de los componentes sobre la luminosidad de los higos recubiertos

Las Figura 15 y 16 da a conocer la superficie de respuesta y los gráficos de contornos, respectivamente. En la superficie de respuesta mencionada, los valores de luminosidad superiores están representado por el amarillo y los inferiores por el celeste.

El gráfico de Cox para evaluar la influencia de los ingredientes en la luminosidad de los higos recubiertos se muestra en la Figura 17. La goma de tara (A) mostró una pendiente positiva, lo que indica que el porcentaje de los ingredientes en la composición aumenta con los valores de luminosidad aparente. La luminosidad de la goma de tara tiene un impacto positivo en las mezclas de recubrimiento, pero solo cuando las concentraciones superan el 0,2%.

El impacto de la cera de abejas muestra que cuando aumenta su concentración en la mezcla, la luminosidad disminuye (pendiente pronunciada). Respecto a la cera de abejas en la mezcla de recubrimiento, se puede observar que no tiene un impacto positivo en la luminosidad, porque cuanto más es la concentración de cera de abejas estimada, menor es la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

luminosidad. Los resultados encontrados difirieron de los de Escalante porque la cera de abejas en la mezcla tuvo un efecto positivo sobre luminosidad (16).

Por otro lado, a medida que aumenta la concentración del glicerol se obtienen valores de luminosidad más bajos hasta alcanzar un valor mínimo, siendo un incremento mínimo, pero la mayoría de los trazos tienen pendientes negativas. Cuando la concentración de glicerol comenzó a aumentar más allá del rango investigado, se observó que la luminosidad del recubrimiento aumentaba después de alcanzar un punto mínimo, similar al caso de Escalante (16).

3. Optimización simultánea de respuestas de los higos

La optimización de respuestas tuvo como objetivo determinar la mejor combinación que cumpla con las limitaciones dadas, considerando los resultados inferiores y superiores observados por variable:

a. **Pérdida de peso:** Minimizar (3,47 % - 7,24 %).
b. **Tasa respiratoria:** Minimizar (34,47 - 96,88 mg $CO2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$).
c. **Firmeza:** Maximizar (13,31 - 24,31 N).
d. **Luminosidad:** Maximizar (22,84 - 27,85)

La Tabla 10 muestra la mejor formulación que fue determinada por el software *Design Expert®* la versión 13, teniendo en cuenta los resultados inferiores y superiores realmente estudiados.

La Tabla 11 muestra la deseabilidad global (D), así como la deseabilidad de cada variable de respuesta (d_i) después de aplicar la mejor formulación para analizar los higos. Los valores de cada deseabilidad individual (d) oscila cerca de 1, este valor indica que la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

respuesta está dentro del límite aceptable, excepto por la tasa de respiración y la firmeza tienen un valor esperado bajos, menos de la mitad ya que el valor teórico de tasa de respiración obtenido (52,66) es menor que el valor observado (65,82), así como el valor teórico de la firmeza obtenido del software (17,84) son menores que el valor hallado en la prueba experimental (19,10), sin embargo aún se encuentran dentro de los rangos mínimo y máximo observados.

El rango del valor de deseabilidad global (D), se asigna en función de la deseabilidad combinada de los niveles de respuesta, D varía de 0 a 1. El valor D obtenido es de 0,528, que corresponde a un valor cercano a uno sino superior a la mitad; lo que demuestra un equilibrio de característica aceptable entre las variables respuestas estudiadas, es decir, que las características de calidad tienen un valor aceptable de deseabilidad (30). La Figura 18 muestra una curva de contornos, donde se observa la D y la mejor formulación. Mientras tanto, para validar las respuestas obtenidas se utilizaron el software *Design Expert®* y el ensayo experimental para determinar la mejor formulación y luego comparar las respuestas de cada variable. La Tabla 12 describe las variaciones entre los resultados teóricos (programa) y experimentales (ensayo). Como muestra la tabla, las diferencias de los ensayos experimentales fueron mínimas en comparación las pruebas teóricas de las variables de pérdida de peso y luminosidad, lo que indica que los datos están correctamente validados. Sin embargo, en las variables firmeza y tasa de respiración, las diferencias entre el resultado del programa y lo experimental fueron mayores en cuanto a la prueba experimental.

4. Caracterización de la formulación óptima

La tabla 13 presenta los valores obtenidos de higos recubiertos de la caracterización de los higos maduros recubiertos al inicio de su almacenamiento en frío. Además, se

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

observa que el pH es mínimamente mayor que el higo pintón que se usó para determinar la formulación óptima y los sólidos solubles, índice de madurez y la acidez también fueron inferiores.

4.1. Comparación del mejor recubrimiento y el testigo

a. Pérdida de peso

La Figura 19 muestra el porcentaje de disminución de peso de muestras de higos en estado de madurez maduro recubiertos y sin recubrir (Control) almacenados en refrigerador durante 25 días a 5 °C/90% de humedad relativa. Como se puede observar, la reducción de peso durante el almacenamiento fue alta e incluso más pronunciada para las muestras sin recubrir. Sin embargo, los resultados muestran que ambas muestras perdieron peso mientras estaba almacenado, debido a que la piel del higo es fina y puede provocar una deshidratación (29).

La muestra testigo mostró una pérdida de peso del 56% al finalizar el período de almacenamiento, mientras que los higos con el mejor recubierto mostraron una pérdida de peso del 47%. Esto se debe a que las cubiertas cerosas crean una barrera de protección capaz de contener la pérdida de agua (deshidratación), evitando de esta manera el daño mecánico y microbiológico de la fruta, así conservando la calidad (27). Con relación a la reducción de peso del control incrementó gradualmente en el periodo de su conservación debido al traslado de agua de los frutos al medio ambiente, probablemente atribuida a los procesos de transpiración y respiración, considerándose uno de los factores más críticos en la reducción de calidad (31).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En la investigación de Reyes *et al.*, los higos sin recubrir (control) de variedad Black Mission lograron hasta un 18 % de pérdida de peso a los 15 días a 6 °C y 95 % humedad relativa, mientras que con quitosano-alginato los frutos con recubrimiento manifestaron una reducción de peso de aproximadamente de 5% a 7 % al finalizar el periodo de almacenamiento (32). Sin embargo, en el estudio de Vieira *et al*, observaron que los higos de variedad 'Pingo de miel' sin recubrir después de 19 días a 4 °C y 70 % de HR de almacenamiento tuvieron una pérdida de humedad de 33,4 % del peso inicial. Para el mismo período de tiempo, observaron valores de 29,2% y 23,5% para frutos con recubrimientos quitosano y alginato, respectivamente (24). Comparando los hallazgos de Reyes *et al.*, se puedo observar que la mejor formulación almacenados por 25 días a 5°C y HR de 90% tuvo una pérdida de peso de 47% en un estado de madurez maduro, en cambio cuando se almacenó los higos en estado de madurez pintón por 21 días a 5°C, HR de 45% tuvo una pérdida de peso de 3,93% en la formulación óptima, rango menor al obtenido por el autor citado. Esto podría indicar que la pérdida de peso dependería de varios factores como el porcentaje de humedad relativa, estado de madurez, variedad y el tipo de envase, como lo menciona el mismo autor que el peso del fruto dependía más de la variedad de higo que del estado de madurez. Por otra parte, los resultados obtenidos con la formulación óptima son mayores a los resultados encontrados por ambos autores y por el ensayo que se realizó para encontrar la mejor formulación esto podría debido a la humedad relativa, al equipo, la forma de manipulación, entre otros.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

b. Firmeza

La Figura 20 muestra la tendencia decreciente en la firmeza del higo almacenado en condiciones de frío. Durante 25 días de almacenamiento, los higos recubiertos con cera de abeja, goma de tara y glicerol fueron significativamente más firmes que los higos testigo. ($p<0,05$). El valor inicial del higo recubierto fue aproximadamente de 21,3 N, en cambio la firmeza del tratamiento control fue de 19,8 N. Se observa que el día 18 del almacenamiento en frío, la firmeza de ambos tratamientos obtuvo valores más altos en comparación de los días anteriores e inicial, siendo 21,87 N en higos recubiertos y 20,79 N en el control, además el higo recubierto mostró mejor característica de firmeza entre los intervalos de 3 al día 18.

Sin embargo, cuando se almacenó los higos en estado de madurez pintón por 21 días para encontrar la mejor formulación se obtuvo una firmeza de 19,10 N en la formulación óptima. En global, no se observa una tendencia clara con relación a esta variable, esto podría deberse a que el índice de madurez de los higos no fue uniforme, caracterizado por frutos menos maduros principalmente en las muestras del día 9 (Con Recubrimiento 8,7 N/ Control 11,47 N) y 25 (Con Recubrimiento 12,36 N), donde se muestra los valores mínimos de la firmeza. La diferencia entre los resultados también pudo depender temperatura de conservación, humedad relativa y materiales de la cubierta. Por ejemplo, Villalobos et al. reportaron en las variedades 'Kadota' y 'Black Mission', una firmeza de 0,7 N cuando se trataron con cubiertas a base de soya (10).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Asimismo, los higos recubiertos mostraron una pérdida de firmeza del 60%, mientras que los higos de control mostraron una disminución de 44,8%. En general, los valores de firmeza disminuyeron significativamente durante el período de almacenamiento para ambas muestras (Figura 20). En efecto, en su estudio Viera encontró resultados similares, observando que los higos almacenados por 19 días a 4°C más 2 días a temperatura ambiente, el valor de la firmeza disminuyó alrededor de un 80 % para el control, un 44,3 % con recubierta a base de emulsión de quitosano-aceite de oliva y 54,7 % con recubiertos a base de alginato-aceite de oliva (24). No todos los estudios han demostrado un efecto positivo, por ejemplo, Díaz *et al* citado por Pavón encontraron que películas de mucílago de linaza y quitosano aplicados en frutillas se comportaron de manera similar al control, con valores de firmeza durante el almacenamiento que alcanzaron entre 0,8 a 1,0 N. Pastor encontró un resultado similar: Cuando aplicaron un recubrimiento a base de HPMC en frutillas no generó en la firmeza un cambio significativo a lo largo del almacenamiento (29). Igualmente, Allegra *et al*, observó una reducción de 50% en la firmeza de los higos tratados con un recubrimiento de nopal almacenados durante 14 días a 4 °C (33).

Sin embargo, en otros trabajos de investigación encontraron que las formulaciones usadas a base de recubrimientos comestibles obtuvieron mayor firmeza que el control y menor pérdida de humedad en los higos. Como es el caso de Paolucci *et al*, en su investigación los higos con recubrimiento a base de polisacáridos y polisacáridos activos almacenados por 15 días mostraron una firmeza muy alta en comparación al testigo (31).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Asimismo, Escalante observó que al cabo de 9 días de almacenamiento a 5 °C las fresas recubiertas con cera de abeja, goma de tara y glicerol preservaron mejor su firmeza que el control, experimentando menor reducción de peso y cambios de textura. Los resultados positivos indican que los recubrimientos controlan el trasporte de humedad de la fruta (16).

Uno de los importantes indicadores útiles para evaluar la calidad del higo luego de su recolección es la firmeza (34). Asimismo, la pérdida de firmeza en los higos está asociada con la actividad enzimática que desasocia la pared celular, que hidrolizan el almidón a azúcares solubles y la protopectina a pectina soluble en agua, así como a la descomposición microbiana (35).

c. Taza de respiración

La Figura 21 muestra tasa respiratoria de la fruta tratada con recubrimiento y testigo, expresada en $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$; todo el proceso de almacenamiento se mantuvo a 5 °C y 90 % de humedad relativa durante 25 días. Después de análisis estadístico, la diferencia entre los dos tratamientos fue significativa ($p < 0,05$) durante el período de almacenamiento de 25 días. La tasa respiratoria de los higos recubiertos fue siempre menor que la del testigo.

Comparando los higos con el mejor recubrimiento (F5), el valor de respiración inicial fue 38,32 $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ y el promedio de la conservación al culminar fue 10,44 $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$; entre tanto los valores del testigo oscilaron entre 50,07 $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ y 10,33 $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$.

La figura 20 muestra que, dentro de los 6 primeros días de almacenamiento de los higos, el CO_2 disminuyó en ambas muestras (con recubrimiento 17,06 $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ y control 17, 52 $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1)}$. Sin embargo, a partir del

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

noveno día de tratamiento, tasa respiratoria aumento gradualmente tanto la formulación óptima y testigo, y comenzó a disminuir nuevamente el día 18. Cabe señalar que las condiciones de almacenamiento no afectan la respiración de los higos. Esto puede deberse a la baja temperatura de almacenamiento de 5 °C. En este sentido, Baldoni *et al.*, demostraron que durante los 16 días de almacenamiento, la tasa de respiración en higos 'Black Mission' recubiertos quitosanos + aceites esenciales de canela (69,40 $mlCO_2$ kg^{-1} h^{-1}) siendo menor que el recubrimiento con quitosano + aceite esencial de limón (86,90 $mlCO_2$ kg^{-1} h^{-1}), quitosano (83,09 $mlCO_2$ kg^{-1} h^{-1}) y testigo (76,43$mlCO_2$ kg^{-1} h^{-1}) (23). El comportamiento difiere de los hallazgos de esta investigación, porque se encontraron valores bajos al final del almacenamiento que a los estudiados por Baldoni y Crisosto *et al.* (36), quienes reportaron el rango de tasa respiratoria que osciló entre 47 a 67 $mlCO_2$ kg^{-1} h^{-1} en higos frescos "Black Mission" sin almacenar, lo que indicaría que la temperatura de almacenamiento en nuestro estudio fue conveniente. Otro autor demostró que un recubrimiento comestible hecha con goma tara son capaces de reducir la actividad respiratoria y el envejecimiento de las frutas, extendiendo así su vida útil. Además, el recubrimiento comestible redujo la permeabilidad al gas y aumentó el contenido de CO_2 en la superficie de los higos, afectando así la tasa de respiración y provocando el proceso de senescencia (29). Por otro lado, el distinto comportamiento del patrón de la tasa de respiración dependerá de los ingredientes del recubrimiento comestible, la condición de almacenamiento, la corteza de la fruta, la HR y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

temperatura, los cuales tienen un impacto significativo en la variación de O_2 y CO_2.

En particular, los higos recubiertos tuvieron los valores más bajos en tasa de respiración en el periodo de su almacenamiento dado que los cambios atmosféricos internos que redujeron así la cantidad de dióxido de carbono en las frutas recubiertas.

d. Luminosidad

La luminosidad es una de las características más significativas en la calidad de las frutas. El aumento de la luminosidad de ambos tratamientos en el periodo de su conservación se muestra en la Figura 22. Según la varianza, durante el almacenamiento, no hubo diferencias significativas en la luminosidad entre las muestras con el mejor recubrimiento y las de control. Además, la luminosidad (L*) de los higos recubiertos con cera de abeja (Figura 22), en día 13 obtuvo el valor más alto (27,63) de luminosidad que el control (26,13). Sin embargo, es el higo sin recubrir (control) quien obtuvo mayor luminosidad desde el inicio hasta el final del almacenamiento. Después de 25 días de almacenamiento, la luminosidad (L*) aumentó en un promedio de 5,2% para el control y 4,8 % para el mejor recubrimiento. Esto podría explicarse porque las muestras tuvieron diferentes índices de madurez, la presencia del recubrimiento en los higos provocó una mejora en la luminosidad al día 13, luego mantuvo y mejoró las propiedades de los higos en menor medida. En su investigación de calidad después de la cosecha de higos con recubiertas, Baldoni et al. no hallaron diferencias significativas en el color entre las muestras (23).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Por otro lado, el recubrimiento que contiene cera de abejas en el día 13, aumenta su resistencia al vapor de agua, de esta forma evita la pérdida de peso, que puede provocar el oscurecimiento (16).

Sin embargo, otros autores evidenciaron que los recubrimientos ayudaron a mantener la luminosidad de la cáscara de los higos durante el periodo de almacenamiento, aparte de proteger el color y luminosidad de la fruta a comparación del testigo. En el estudio realizado por Reyes *et al*, evidencio que el uso de un recubrimiento de alginato-quitosano ayudó a mantener la luminosidad de la cáscara de los higos durante el periodo de almacenamiento. Además, ha sugerido que una disminución de los parámetros L* y C* puede estar asociada con el proceso de maduración del fruto. (32)

4.2. Análisis microbiológico del higo con recubrimiento óptimo y control

La Tabla 30 presenta el análisis microbiológico realizado por el método húmedo. Según los resultados del análisis microbiológico obtenido durante el almacenamiento del higo recubierto y del control, no se observó crecimiento del hongo *Botrytis cinérea,* uno de los microorganismos más patógenos que causa la podredumbre del higo sin heridas (37). Sin embargo, se reportó la presencia de los *géneros Alternaria sp. y Cladosporium sp* en el higo con recubrimiento, en efecto ambos hongos encontrados no causan pudrición en los frutos sin herida o lastimados, a menos que presentes heridas que puedan infectar (38). Respecto al control, se evidenció el crecimiento de los géneros Alternaria sp, Cladosporium sp, Penicillium sp y Aspergillus niger, considerando a los últimos microorganismos como patógenos más agresivos en frutos con heridas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

LIMITACIONES Y FORTALEZAS

Con respecto a las limitaciones, en primer lugar, fue la temporada de cosecha de los higos. En efecto, durante el período que duró las pruebas experimentales fue bastante complicado encontrar los frutos en el mismo estado de madurez por lo que se optó trabajar con dos estados de madurez (Pintón y maduro). En segundo lugar, el traslado de los higos desde el fundo hacia el laboratorio de procesamiento se realizó a través de un trasporte sin las condiciones necesarias ya que la empresa no contaba con el trasporte que incluía las cámaras de conservación. En tercer lugar, la UCSUR donde se elaboró y aplicó el recubrimiento comestible solo contaba con una refrigeradora eléctrica doméstica que cumplía con el parámetro de la temperatura contrario con la humedad relativa, por lo que se optó almacenar en la segunda etapa de la prueba en la UNALM ya que contaba con una cámara de refrigeración que cumplía con los parámetros requeridos. Finalmente, para evaluar los criterios de calidad de los higos recubiertos (Firmeza, tasa de respiración y luminosidad) se realizó con UNALM ya que fue el único lugar en Lima – Perú, que tenía los equipos necesarios para la investigación. Cabe resaltar, que se tuvo que esperar aproximadamente 8 meses para que la institución pueda calibrar los equipos. En efecto, uno de los factores que causó la demora fue las medidas de seguridad que aún enfrentábamos por la pandemia de COVID – 19.

La fortaleza del presente estudio se deriva de ser la primera investigación en el Perú, según nuestro conocimiento, que brinda una alternativa de prolongar mayor tiempo de vida útil de los higos frescos refrigerados, de modo que las frutas lleguen al mercado internacional con las características de un producto de excelente calidad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Además, nuestros resultados dan pie para continuar o realizar nuevas investigaciones, para confirmar la efectividad del hallazgo en la primera etapa y evaluar las características organolépticas de los higos recubiertos, entre otras investigaciones.

CONCLUSIONES

- El recubrimiento comestible elaborado tuvo una influencia positiva en la preservación de los criterios de calidad y la vida útil de los higos "Black Mission" refrigerados durante el periodo de su almacenamiento.
- La goma de tara contribuyó positivamente en la conservación de la pérdida de peso, la firmeza y la tasa respiratoria de los higos "*Black Mission*" entre 0,1% y 0,6%.
- La cera de abeja influyó positivamente en la conservación de los higos "*Black Mission"* con respecto la tasa respiratoria y luminosidad, en el rango de 0 a 0,5 % de concentración.
- Se encontró que la formulación óptima consistía en una mezcla de glicerol, cera de abeja y goma de tara era de 0,30%, 0,250% y 0,45%.
- Los higos de la variedad "Black Mission" tratados con el recubrimiento comestible óptimo tienen las siguientes características: Humedad 80,65%, Acidez 0,030% ácido cítrico, pH 5,57, 14 °Brix e índice de madurez 478, ausencia del B*otrytis cinérea* y presencia de *Alternaria sp*. y *Cladosporium sp.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

RECOMENDACIONES

- Investigar la calidad de los higos con estado de madurez pintón aplicando el recubrimiento óptimo durante el período de almacenamiento estudiado, con el fin de confirmar el efecto positivo de los resultados obtenidos.
- Determinar el crecimiento microbiano en la investigación realizada mediante del conteo de hongos.
- Evaluar el análisis sensorial del higo con el recubrimiento óptimo al finalizar el período de almacenamiento.
- Utilizar otros plastificantes o emulsionantes en el compuesto del recubrimiento de goma de tara o un control positivo para de evaluar la influencia de la concentración y el impacto en las propiedades.
- Medir la permeabilidad del O_2 en las formulaciones utilizadas en la aplicación de los higos para observar mejor la influencia de los recubrimientos sobre la tasa de respiración.

FONDOS

La presente investigación recibió financiamiento de la Universidad Científica del Sur, Proyectos de Tesis 2021-1.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores admiten que no tienen conflictos de intereses con este artículo. Los financiadores no tuvieron ninguna influencia en el diseño del estudio, la recopilación, análisis o interpretación de datos, la redacción del manuscrito o la decisión de publicar los resultados.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAOSTAT, Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Producción/Rendimiento de Higos en Mundo. [Online].; 2020. Acceso 17 de Marzo de 2023. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize.

2. Grau J, Luis V. El nivel de competencia de la empresa Athos, Huacatambo – Ancash, para la exportación de higo fresco en el mercado francés, período 2016 - 2020. Tesis de licenciatura. Trujillo: Universidad Privada del Norte, Escuela de Administración y Negocios Internacionales.

3. SIICEX, Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. Higos, frescos o secos. [Online]; 2018. Acceso 17 de Marzo de 2023. Disponible en: https://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfichaproductoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=96&pnomproducto=Higos.

4. Samaniego J. Productividad Agrícola y exportación del higo en los países del continente Americano durate el periódo 2008 -2017. Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Marketing y Comercio Internacional.

5. SENASA, Servicio Nacional de Sanidad Agraria. El higo se consolida como nuevo producto de exportación en la región Áncash. [Online]; 2018. Acceso 17 de Marzo de 2023. Disponible en: https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/el-

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

higo-se-consolida-como-nuevo-producto-de-exportacion-en-la-region-ancash/.

6. AGRODATAPERÚ, Comercio Exterior del Perú. Higo Perú Exportación 2022, Diciembre. [Online]; 2022. Acceso 17 de Marzo de 2023. Disponible en: https://www.agrodataperu.com/2023/01/higo-peru-exportacion-2022-diciembre.html.

7. SIICEX, Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. Higos. [Online]; 2020. Acceso 17 de Marzo de 2023. Disponible en: https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/fichaproducto/96pdf2014Jul23.pdf

8. Reyes M, Gómez I, Espinoza C. Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. 2017; 10(1): p. 142.

9. Ruíz Y, García J, Ramos J. Evaluación de recubrimientos comestibles en la vida postcosecha del Higo (Ficus carica L.) variedad "Black Mission". Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha. 2022; 23(1): p. 19-25.

10. Villalobos M, Serradilla M, Martín A, López M, Córdoba M. Postcosecha de brevas e higos. Grupo THM. 2019; 1(1): p. 5.

11. Noreña A. Elaboración de un recubrimiento comestible a partir de la goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) y su efecto en la conservación poscosecha del durazno (*Prunus persica*). Tesis de licenciatura. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

12. Rodríguez J, Florido A, Hernández M. Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2020; 5(1): p. 233-238.

13. Ministerio de Salud de Chile. Instituto de Salud Pública. [Online].; 2021. Acceso 27 de Marzo de 2023. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/resoluciones/30979_0178-2021.pdf.

14. Collazos C. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. 1993; 6.

15. Association of Analytical Communities. Official methods of analysis. 2005; 18.

16. Escalante A. Influencia de un recubrimiento comestible a base de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la calidad de fresas (*Fragaria ananassa cv. aromas*). Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Ingeniería de industrias alimentarias.

17. Varela R, Vidal C, Larrocca A, García C, Albornoz N. Tasa respiratoria de arándanos en condiciones aeróbicas. Influencia varietal y modelización. Suplemento CDyT. 2020; 11(12): p. 1- 27.

18. Revilla L, Carpio K. Influencia de temperatura, tiempo y pH en la formulación del licor de higo (*Ficus carica L.)* en base a pruebas sensoriales en la región de Arequipa. Tesis de licenciatura. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Agustín de Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

19. Reyes M, Sánchez I, Espinoza C. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Lima, Perú: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentacion y Nutrición.10ma ed.

20. Chaparro S, Márquez R, Sánchez J, Vargas M, Gil J. Extracción de pectina del fruto del higo (Opuntia ficus indica) y su aplicación en un dulce de piña. Ciencias Agropecuarias U.D.C.A. 2015; 1.

21. Fernández J. Caracterización química y morfológica de ocho ecotipos de higo(Ficus carica L.). Tesis de licenciatura. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México, Ingeniería Agronómico Fitotecnista.

22. Baldoni D, Ventura R, Hernández M, Corona L, Barrera L, Correa Z, et al. Calidad postcosecha de higos 'Black Mission' tratados con cubiertas naturales. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2016; 17(2): p. 267-275.

23. Vieira T, Moldão M, Alves V. Recubrimientos compuestos de emulsiones de quitosano y alginato con aceite de oliva para mejorar la calidad postcosecha y la vida útil de los higos frescos (*Ficus carica L*. cv. *'Pingo De Mel'*). Alimentos. 2021; 10(4).

24. Orellana V. Efecto de almacenamiento sobre indicadores físicos y bioquímicos de la calidad de higo (Ficus carica L.). Tesis de licenciatura. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

25. Yachuan Z, Curtis R, Derek M. Innovations in Food Packaging, Chapter 12 - Edible Coating and Film Materials: Carbohydrates. 2nd ed. Han JH, editor. Canada: Academic Press; 2014.

26. Solano L, Alamilla L, Jiménez C. Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. Revista especializada en ciencias químico biológicas. 2018; 21(2): p. 57-66.

27. Medrano E. Efecto de la concentración de goma de tara y pectina en las propiedades mecánicas y de barrera en películas biodegradables de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su aplicación como recubrimiento en quesos. Tesis doctoral. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Ciencias y Tecnologías Medioambientales.

28. Pavón D, Valencia S. Efecto de recubrimientos comestibles compuestos a base de goma de tara en la calidad postcosecha de frutilla (*Fragaria ananassa*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2016; 17(1): p. 65-70.

29. Ivanovna S, López V. Elección de la función de deseabilidad para diseños óptimos bajo restricciones. Escuela de Ingeniería de Antioquia. 2018; 15(30): p. 13-24.

30. Paolucci M, Di Stasio M, Sorrentino A, La Cara F, Maria G. Recubrimiento activo a base de polisacáridos comestibles para la conservación de higos frescos (*Ficus carica L.*). Foods. 2020; 9(12): p. 1793.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

31. Reyes M, Femenia A, Minjares R, Contreras J, Aguilar C, Esparza J, et al. Improvement of the Quality and the Shelf Life of Figs (*Ficus carica*) Using an Alginate–Chitosan Edible Film. Food Bioprocess Technol. 2016.

32. Allegra A, Sortino G, Settanni , L , Todaro A, Gallota A. The effectivenes of Opuntia Ficus - Indica mucilage edible coating on postharvest maintenance of Dottato fig (Ficus Carica L) fruit. Food Packaging and Shelf Life. 2017; 12: p. 135-141.

33. Mora R, Ana F, Contreras M. Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. Revista Multidisciplinar Ciencia Latina. 2021; 1.

34. Saki M, Valizadeh Kaji B, Abbasifar A, Shahrjerdi I. Effect of chitosan coating combined with thymol essential oil on physicochemical and qualitative properties of fresh fig (Ficus carica L.) fruit during cold storage. Food Meas. 2019; 13: p. 1147–1158.

35. Cristosto C, Bremer V, Ferguson L, Crisosto G. Evaluating Quality Attributes of Four Fresh Fig (*Ficus carica L.)* Cultivars Harvested at Two Maturity Stages. Cultivars Harvested at Two Maturity Stages, HortScience horts. 2010; 45(4): p. 707–710.

36. Moloche Marianela. Cosecha de higos. Tesis de Licenciatura. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad del Perú. Decana de América, Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

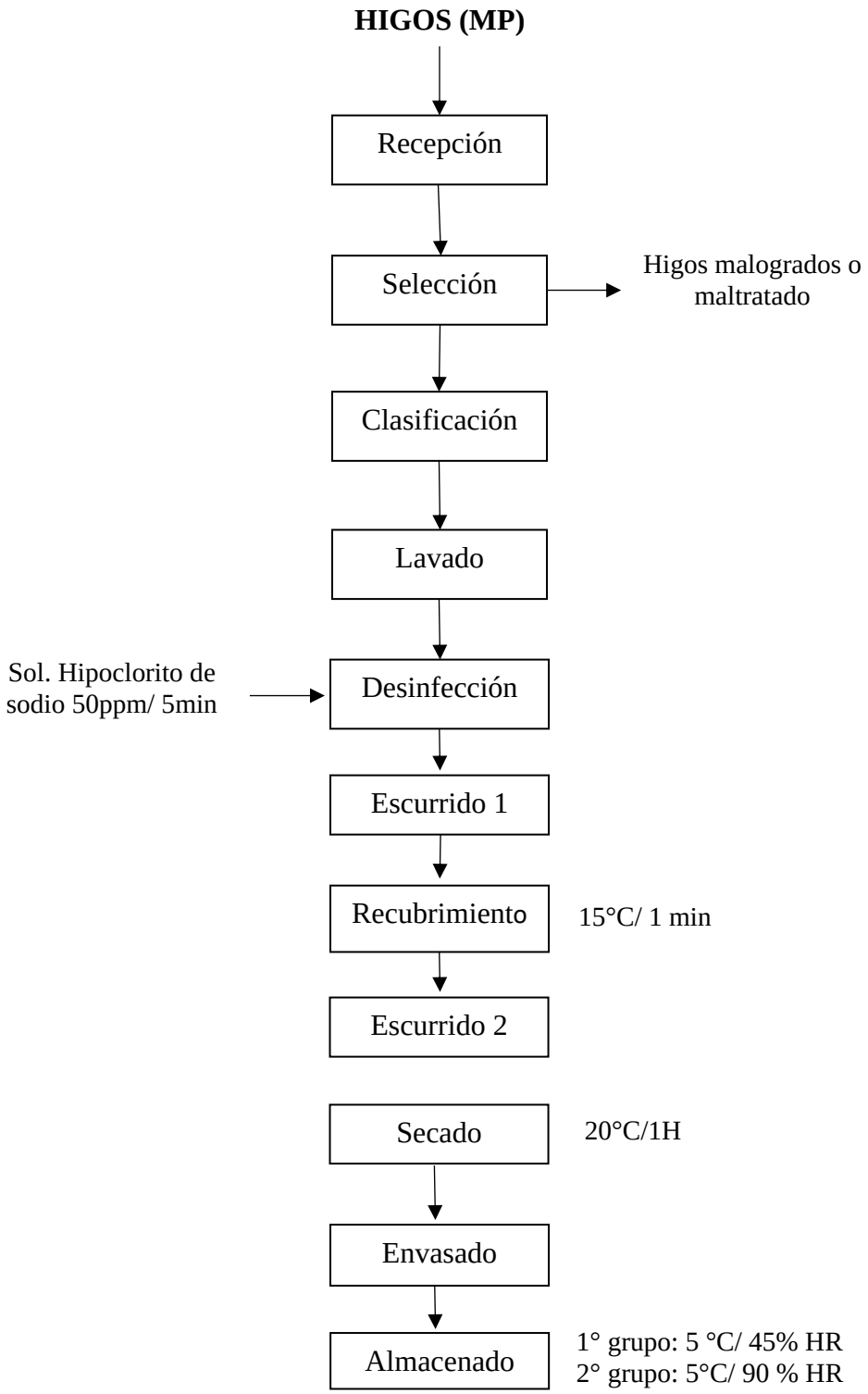
37. Buttarelli M, Stegmayer M, Trod B, Castro D, Bouzo C. Caracterizacion morfológica y evaluación de hongos poscosecha del ostiolo del higo variedad “Guarinta”. FAVE Sección Ciencias Agrarias. 2021; 21(1): p. 21-30.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

V. FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

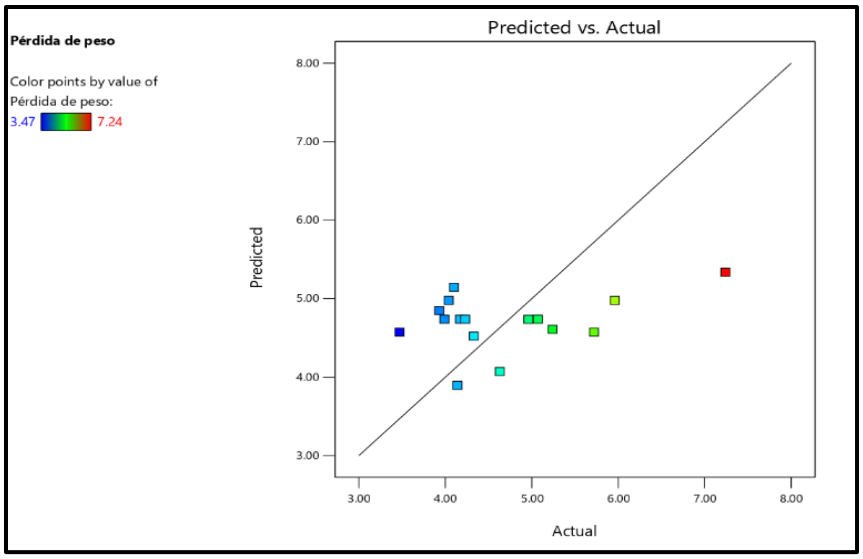
Figura 1: Flujograma del proceso de recubrimiento comestible.



Fuente: Propia

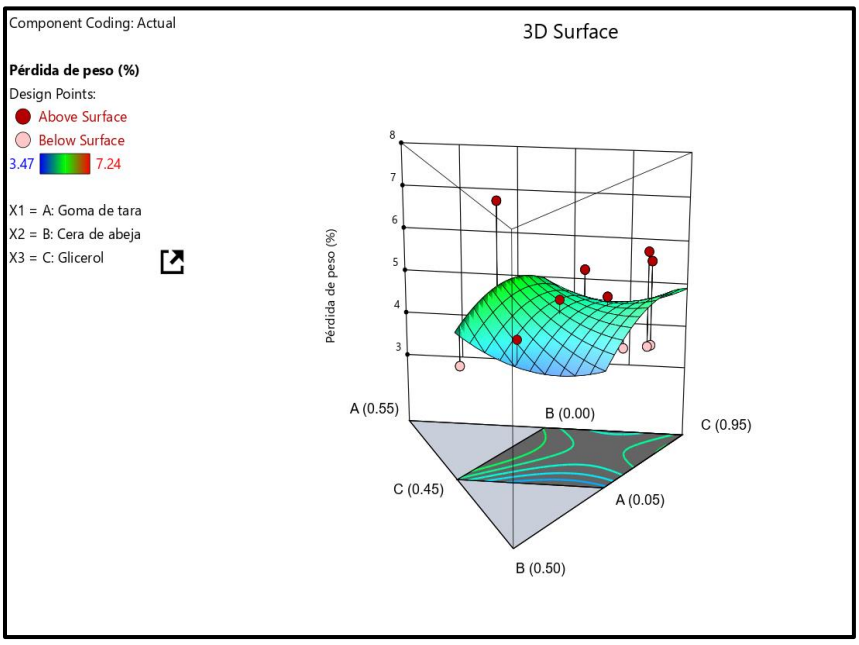
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 2. Pérdida de peso estimada y observada de higos recubiertos con formulaciones prácticos.



Fuente: Propia

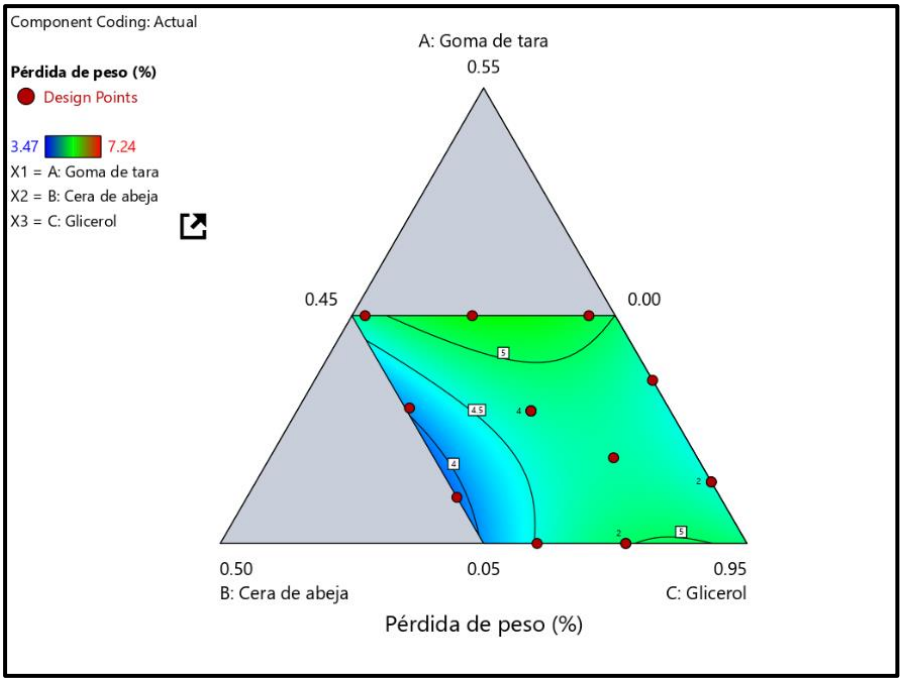
Figura 3. La superficie de respuesta que muestra la pérdida de peso de los higos recubiertos en relación con los porcentajes de sus componentes.



Fuente: Propia

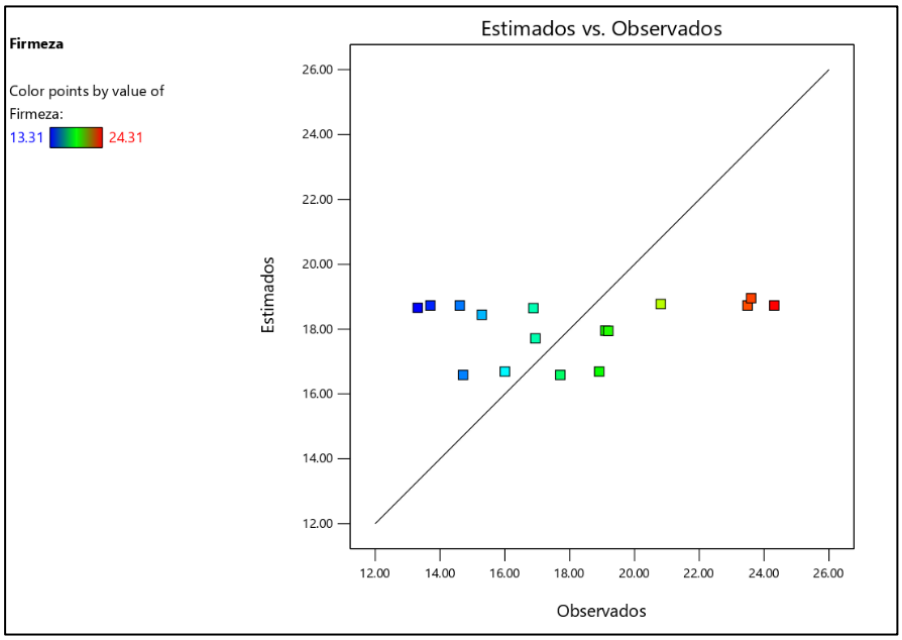
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 4. Contorno de la superficie de respuesta para la pérdida de peso de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

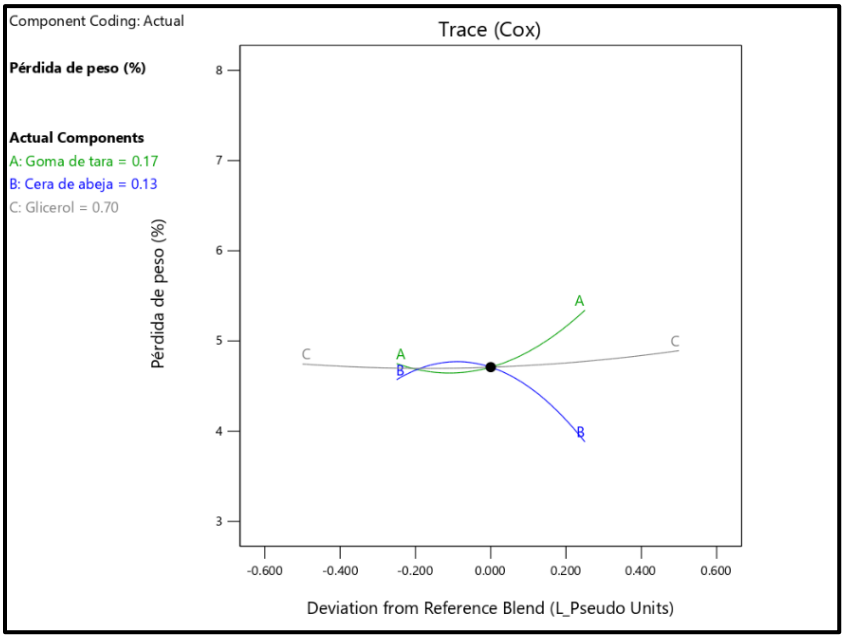
Figura 5. Se utilizaron Trazos de Cox para evaluar la influencia de los componentes en la pérdida de peso de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

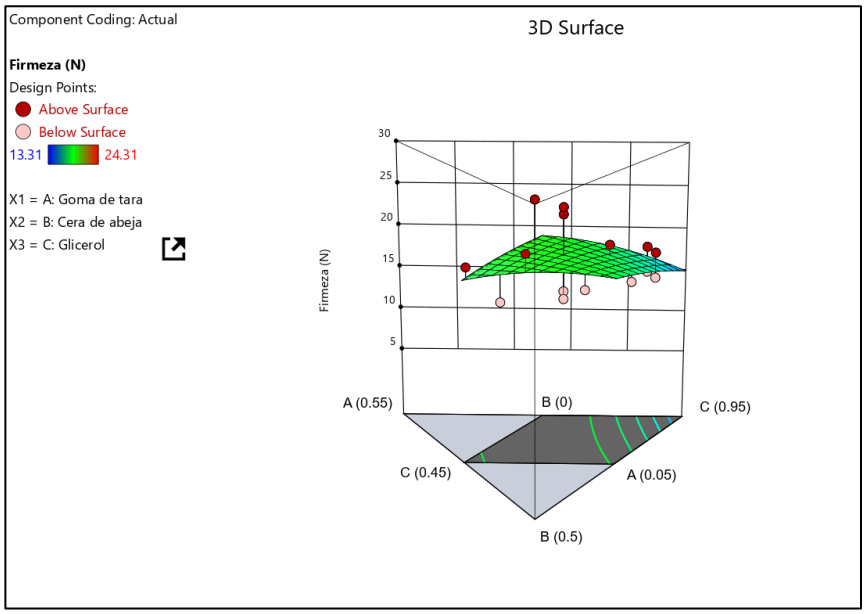
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 6. Firmeza estimada y observada de higos recubiertos con formulaciones prácticos.



Fuente: Propia

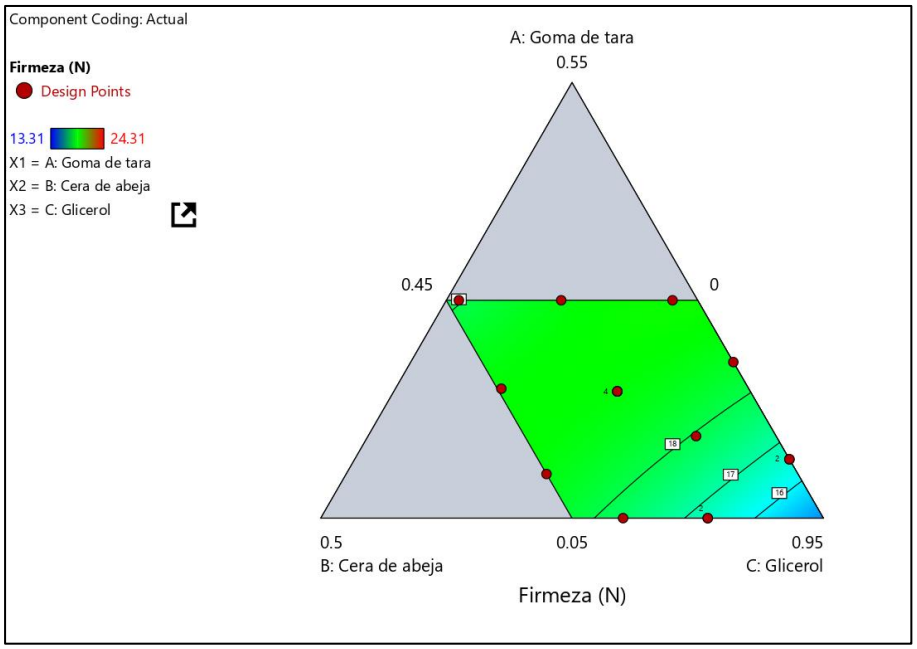
Figura 7. La superficie de respuesta que muestra la firmeza de los higos recubiertos en relación con los porcentajes de sus componentes.



Fuente: Propia

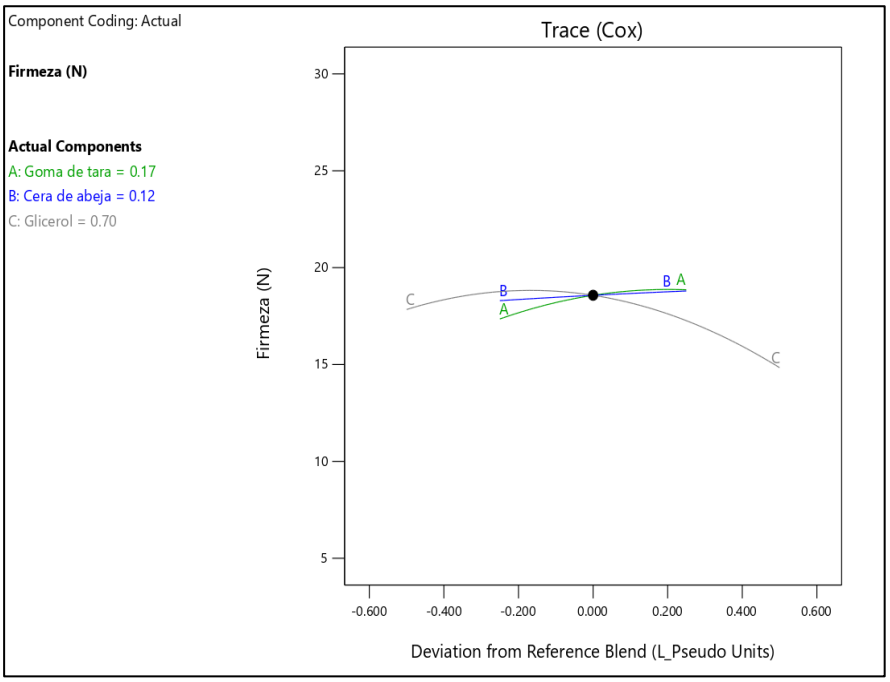
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 8. Contorno de la superficie de respuesta para la firmeza de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

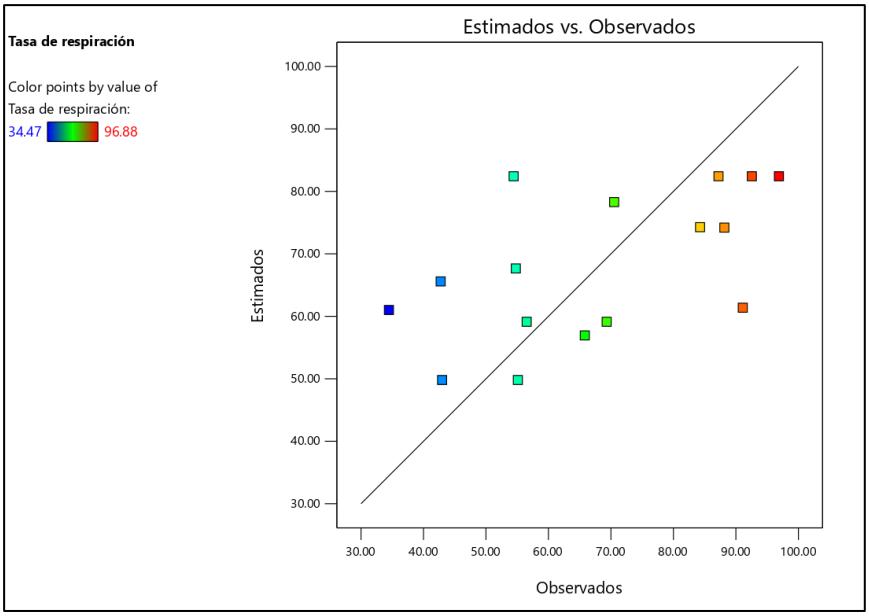
Figura 9. Se utilizaron Trazos de Cox para evaluar la influencia de sus componentes en la firmeza de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

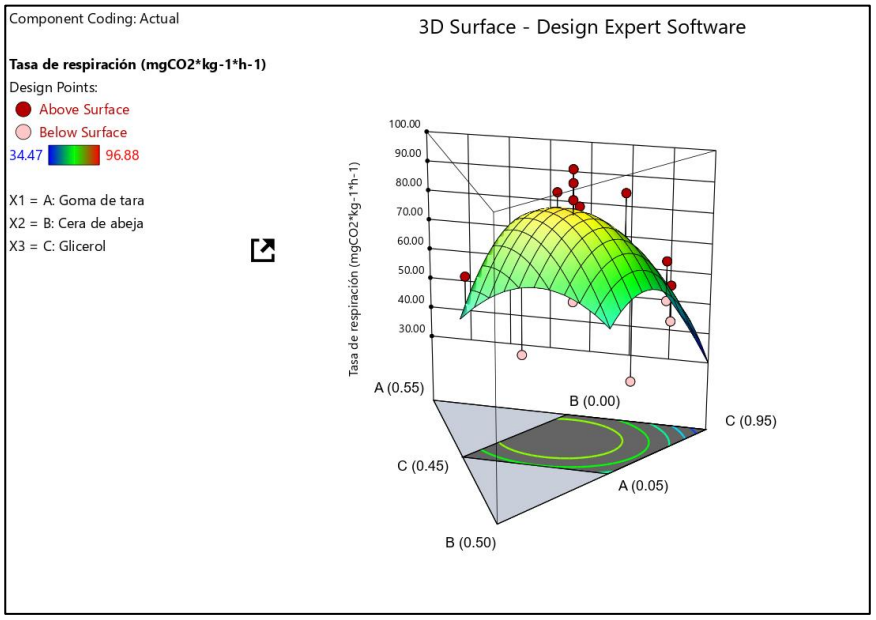
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 10. Tasa respiratoria estimada y observada de higos recubiertos con formulaciones prácticos.



Fuente: Propia

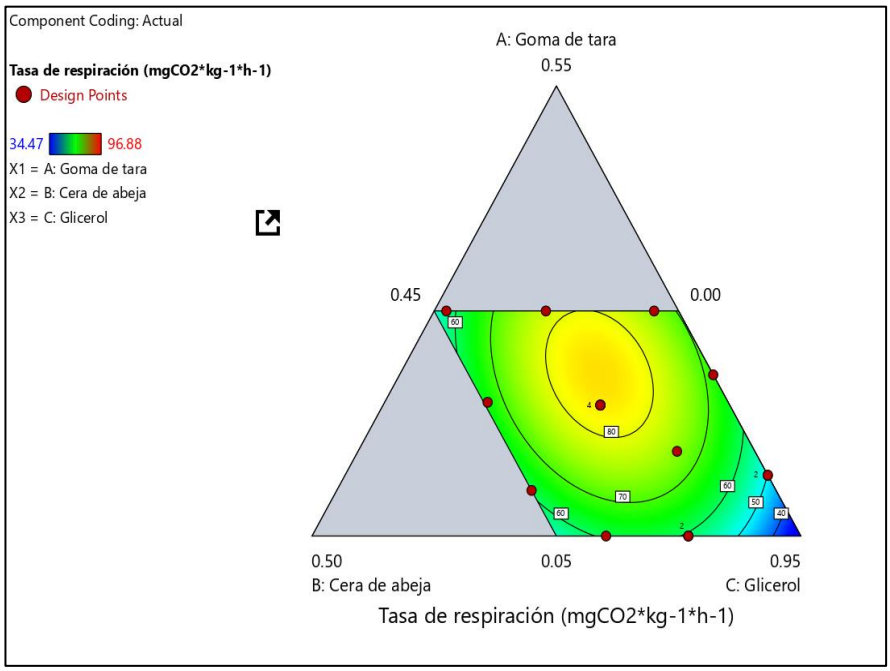
Figura 11. La superficie de respuesta que muestra la tasa respiratoria de los higos recubiertos en relación con los porcentajes de sus componentes.



Fuente: Propia

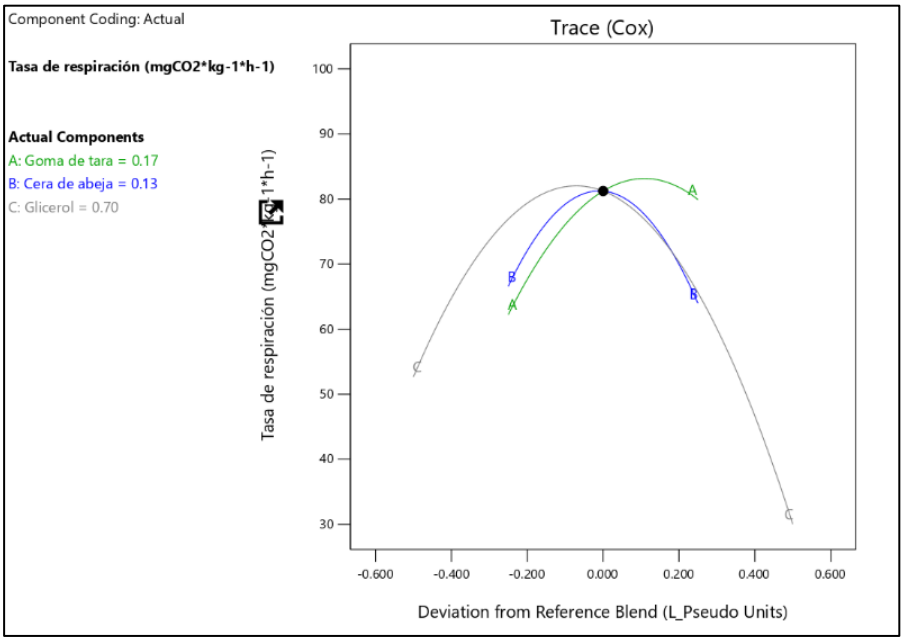
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 12. Contorno de la superficie de respuesta para la tasa de respiración de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

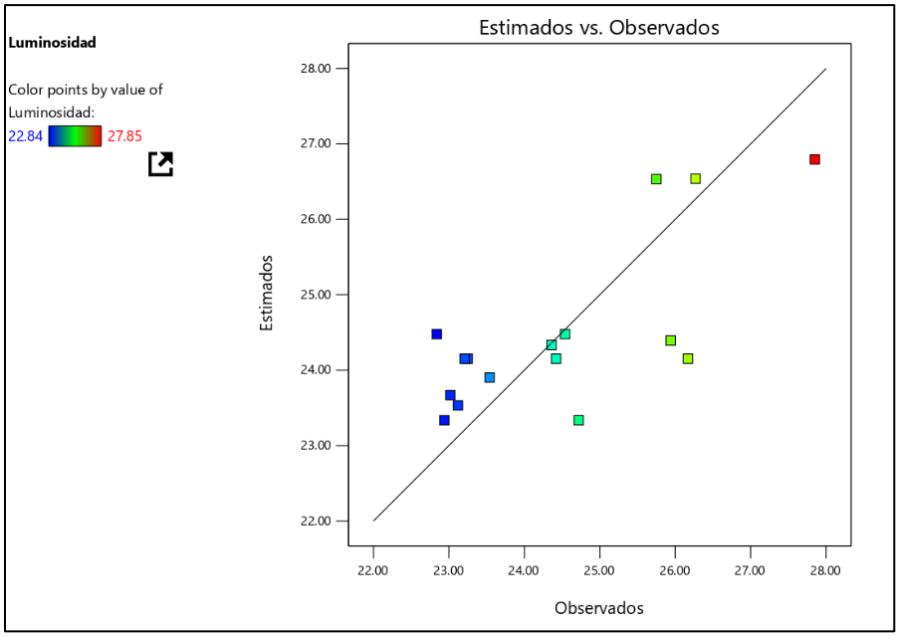
Figura 13. Se utilizaron Trazos de Cox para evaluar la influencia de sus componentes en la tasa de respiración de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

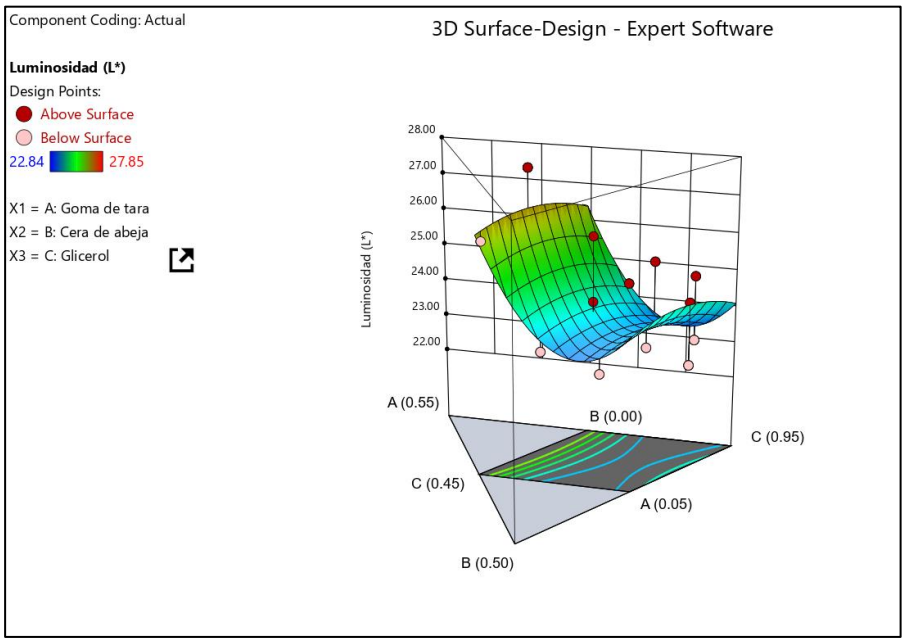
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 14. Luminosidad estimada y observada de higos recubiertos con formulaciones prácticos.



Fuente: Propia

Figura 15. La superficie de respuesta que muestra la luminosidad de los higos recubiertos en relación con los porcentajes de sus componentes.

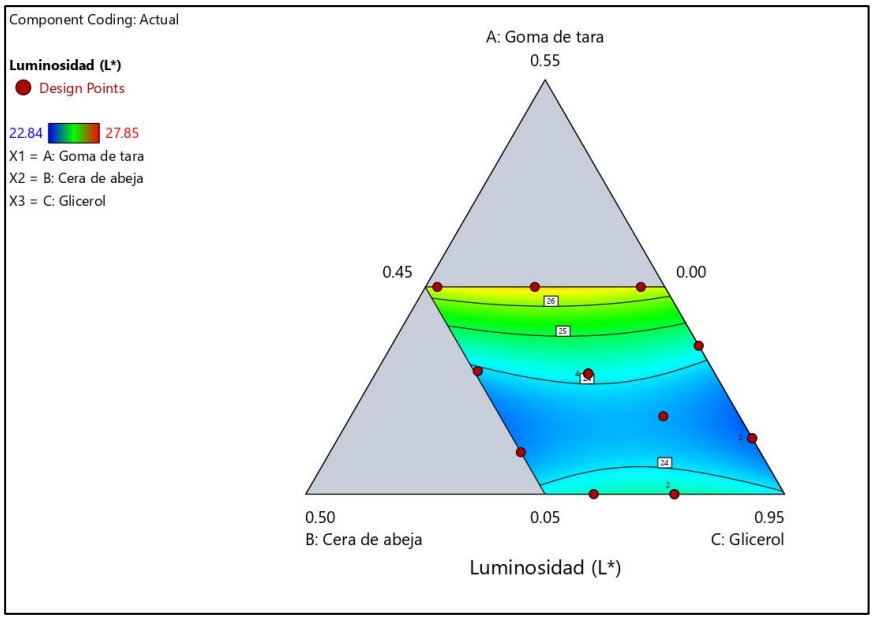


Fuente:

Propia

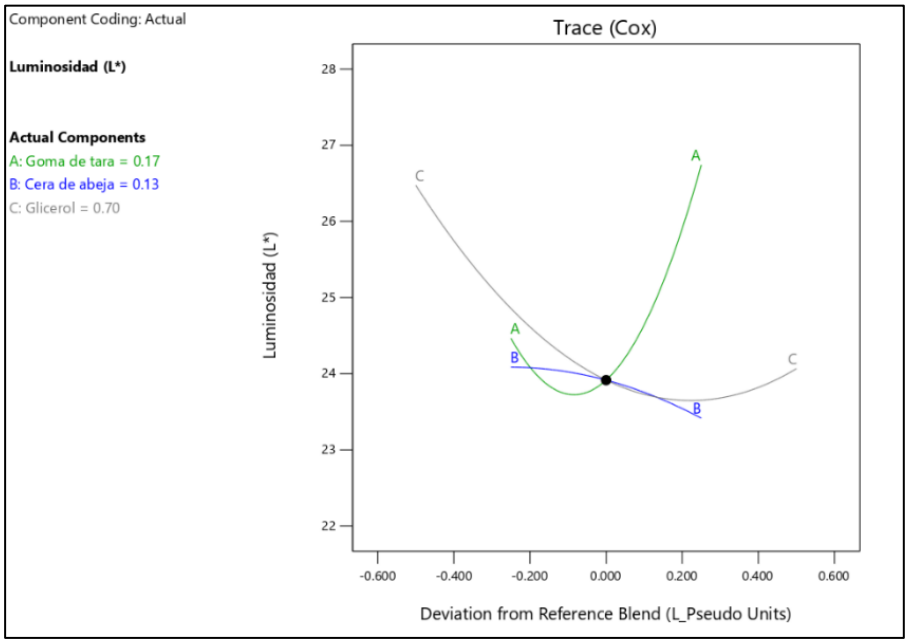
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 16. Contorno de la superficie de respuesta para la luminosidad de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

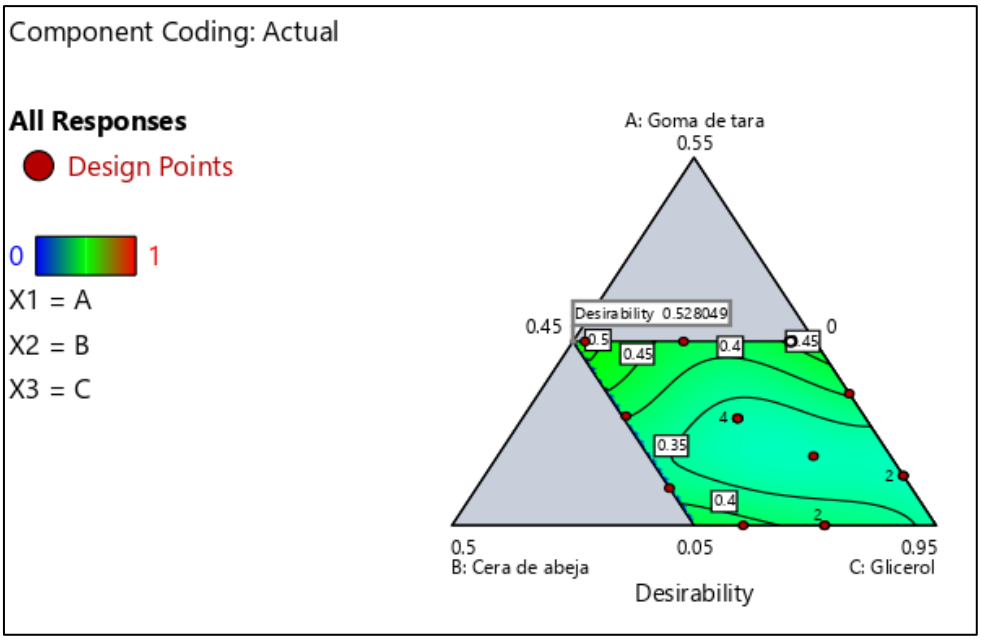
Figura 17. Se utilizaron Trazos de Cox para evaluar la influencia de sus componentes en la luminosidad de los higos recubiertos.



Fuente: Propia

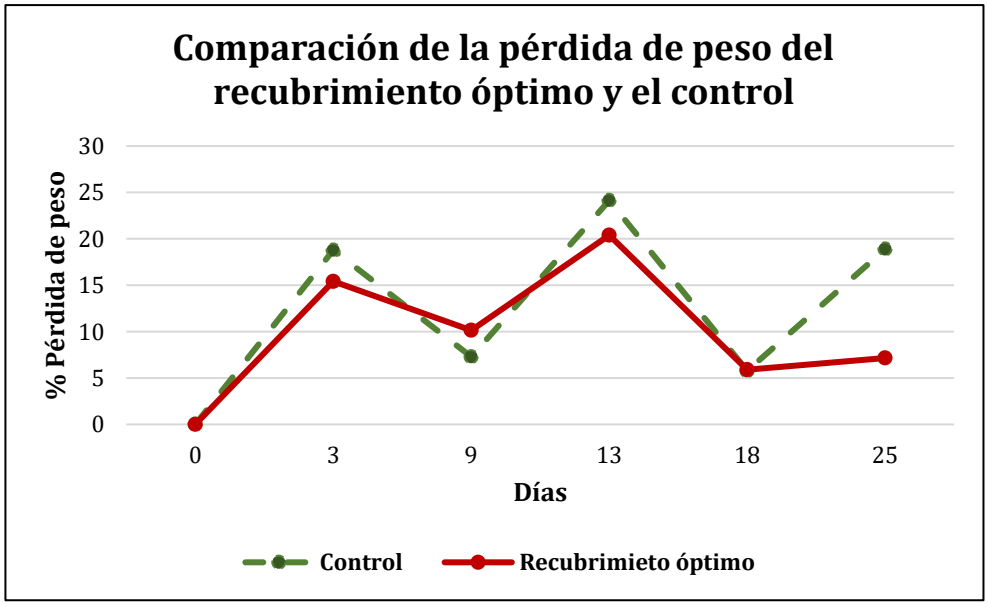
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 18. Gráfico de contorno muestra el punto óptimo de la formulación, así como su deseabilidad global.



Fuente: Propia

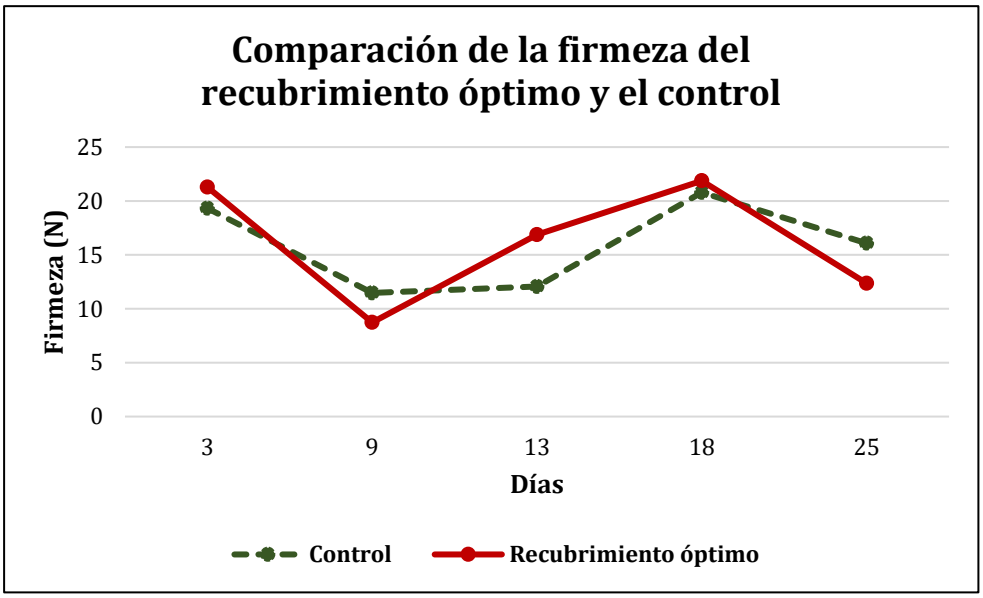
Figura 19: Evolución del porcentaje de pérdida de peso de higos maduros con el mejor recubrimiento y sin recubrimiento (testigo) en el período de 25 días a una temperatura de 5 °C en almacenamiento.



Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas - UNALM

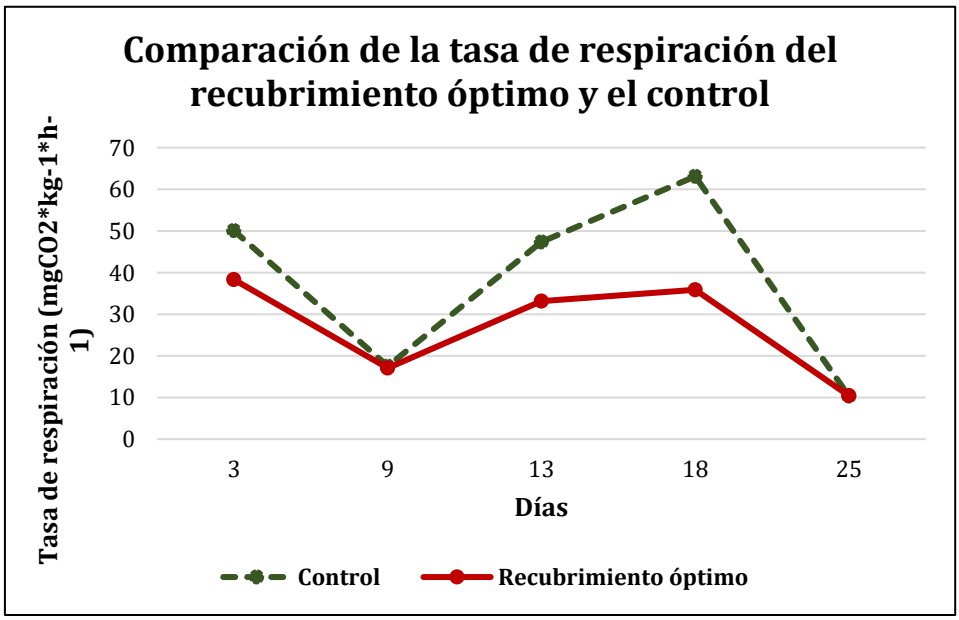
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 20: Evolución del porcentaje de firmeza de higos maduros con el mejor recubrimiento y sin recubrimiento (testigo) en el período de 25 días a una temperatura de 5 °C en almacenamiento.



Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas - UNALM

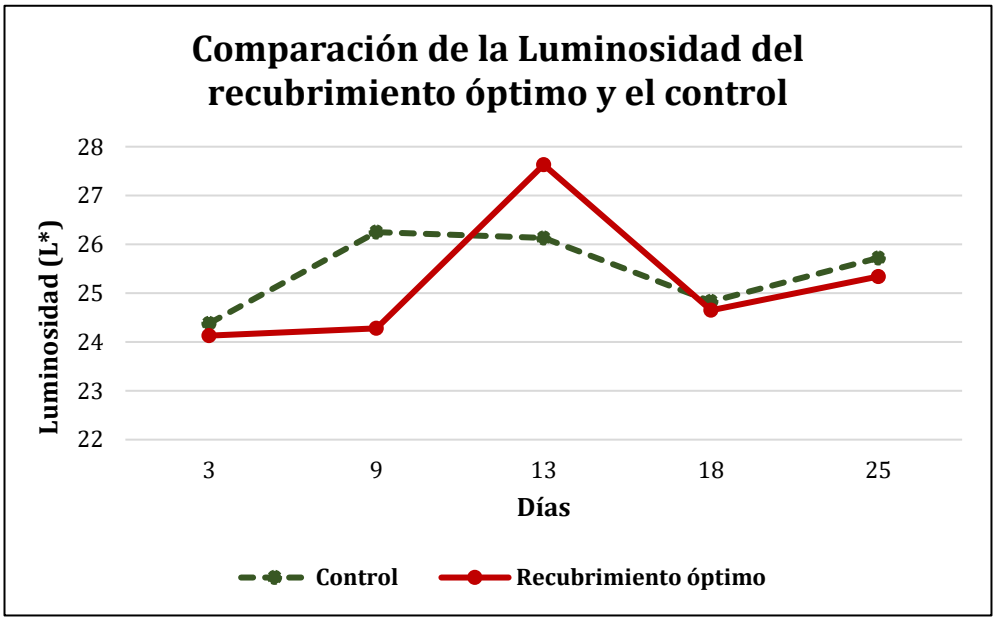
Figura 21: Evolución del porcentaje de tasa de respiración de higos maduros con el mejor recubrimiento y sin recubrimiento (testigo) en el período de 25 días a una temperatura de 5 °C en almacenamiento.



Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 22: Evolución del porcentaje de luminosidad de higos maduros con el mejor recubrimiento y sin recubrimiento (testigo) en el período de 25 días a una temperatura de 5 °C en almacenamiento.



Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas - UNALM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TABLAS

Tabla 1: Limitaciones de los componentes principales del recubrimiento comestible

Fuente: Ana Escalante, 2015.

Ingredientes principales	**Límites de las restricciones (%)**	**Límites de las restricciones (Proporción)**
Goma de tara	$0,1\% \leq x_1 \leq 0,6\%$	$0,05 \leq x_1 \leq 0,3$
Cera de abeja	$0,0\% \leq x_2 \leq 0,5\%$	$0,0 \leq x_2 \leq 0,25$
Glicerol	$0,9\% \leq x_3 \leq 1,9\%$	$0,45 \leq x_3 \leq 0,95$

La proporción de cada componente estuvo definida como $x_i = X_i/2$ %.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 2: Porcentaje de los componentes principales en las 16 formulaciones.

Formulación	x_1 Goma de tara (%)	x_2 Cera de abeja (%)	x_3 Glicerol (%)
F1	0,1	0,4	1,5
F2	0,4	0,5	1,12
F3	0,24	0,0	1,76
F4	0,4	0,26	1,34
F5	0,6	0,48	0,92
F6	0,24	0,0	1,76
F7	0,46	0,0	1,54
F8	0,1	0,24	1,68
F9	0,4	0,26	1,34
F10	0,1	0,24	1,68
F11	0,2	0,5	1,3
F12	0,6	0,06	1,36
F13	0,4	0,26	1,34
F14	0,4	0,26	1,34
F15	0,6	0,28	1,12
F16	0,28	0,16	1,56

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 3: Proporciones de los componentes principales en las 16 formulaciones,

Formulación	x_1 Goma de tara	x_2 Cera de abeja	x_3 Glicerol	$x_1+x_2+x_3=1$
F1	0,05	0,2	0,75	1,0
F2	0,2	0,25	0,56	1,0
F3	0,12	0,0	0,88	1,0
F4	0,2	0,13	0,67	1,0
F5	0,3	0,24	0,46	1,0
F6	0,12	0,0	0,88	1,0
F7	0,23	0,0	0,77	1,0
F8	0,05	0,12	0,84	1,0
F9	0,1	0,13	0,67	1,0
F10	0,05	0,12	0,84	1,0
F11	0,1	0,25	0,65	1,0
F12	0,3	0,03	0,68	1,0
F13	0,2	0,13	0,67	1,0
F14	0,2	0,13	0,67	1,0
F15	0,3	0,14	0,56	1,0
F16	0,14	0,08	0,78	1,0

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 4: Formulaciones de la masa total del recubrimiento comestible.

Componentes	Goma de tara	Cera de abeja	Glicerol	Tween 80	Agua	Total
F1 (%)	0,1	0,4	1,5	0,1	97,9	100
F2 (%)	0,4	0,5	1,12	0,1	97,9	100
F3 (%)	0,24	0,0	1,76	0,1	97,9	100
F4 (%)	0,4	0,26	1,34	0,1	97,9	100
F5(%)	0,6	0,48	0,92	0,1	97,9	100
F6 (%)	0,24	0,0	1,76	0,1	97,9	100
F7 (%)	0,46	0,0	1,54	0,1	97,9	100
F8 (%)	0,1	0,24	1,68	0,1	97,9	100
F9 (%)	0,4	0,26	1,34	0,1	97,9	100
F10 (%)	0,1	0,24	1,68	0,1	97,9	100
F11 (%)	0,2	0,5	1,3	0,1	97,9	100
F12 (%)	0,6	0,06	1,36	0,1	97,9	100
F13 (%)	0,4	0,26	1,34	0,1	97,9	100
F14 (%)	0,4	0,26	1,34	0,1	97,9	100
F15 (%)	0,6	0,28	1,12	0,1	97,9	100
F16 (%)	0,28	0,16	1,56	0,1	97,9	100

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 5: Análisis fisicoquímico y proximal del higo fresco variedad Black Mission en su estado de madurez pintón en 100 g de muestra.

Parámetros	
Humedad (%)	85,2
Cenizas (%)	0,8
Proteína (g/100g de muestra)	1,1
Grasa (g/100g de muestra)	0,0
Fibra Cruda (g/100g de muestra)	2,0
Carbohidratos (g/100g de muestra)	12,9
Energía Total (kcal/100g de muestra)	56,0
Acidez (%de ácido cítrico)	0,132
pH	5,08
Solidos solubles (°Brix)	10,7
Índice de madurez	80,6

*Valores expresados en base húmeda

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 6. Pérdida de peso de higos recubiertos, tanto observada como estimada.

Formulación	x_1 Goma de tara	x_2 Cera de abeja	x_3 Glicerol	Pérdida de peso Observada (%)	Pérdida de peso Estimada (%)
F1	0,05	0,20	0,75	4,33	4,52
F2	0,20	0,25	0,56	4,63	4,07
F3	0,12	0,00	0,88	3,47	4,57
F4	0,20	0,13	0,67	5,07	4,74
F5	0,30	0,24	0,46	3,93	4,85
F6	0,12	0,00	0,88	5,72	4,57
F7	0,23	0,00	0,77	5,24	4,61
F8	0,05	0,12	0,84	4,04	4,98
F9	0,20	0,13	0,67	4,23	4,74
F10	0,05	0,12	0,84	5,96	4,98
F11	0,10	0,25	0,65	4,14	3,90
F12	0,30	0,03	0,68	4,10	5,14
F13	0,20	0,13	0,67	4,17	4,74
F14	0,20	0,13	0,67	3,99	4,74
F15	0,30	0,14	0,56	7,24	5,34
F16	0,14	0,08	0,78	4,96	4,74

Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas – UNALM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 7. Firmeza de higos recubiertos, tanto observada como estimada.

Formulación	x_1 Goma de tara	x_2 Cera de abeja	x_3 Glicerol	Firmeza Observada (N)	Firmeza Estimada (N)
F1	0,05	0,20	0,75	16,94	17,72
F2	0,20	0,25	0,56	20,81	18,77
F3	0,12	0,00	0,88	17,71	16,59
F4	0,20	0,13	0,67	23,49	18,73
F5	0,30	0,24	0,46	19,10	17,96
F6	0,12	0,00	0,88	14,71	16,59
F7	0,23	0,00	0,77	15,29	18,44
F8	0,05	0,12	0,84	18,91	16,69
F9	0,20	0,13	0,67	13,70	18,73
F10	0,05	0,12	0,84	16,00	16,69
F11	0,10	0,25	0,65	16,88	18,65
F12	0,30	0,03	0,68	23,60	18,95
F13	0,20	0,13	0,67	24,31	18,73
F14	0,20	0,13	0,67	14,61	18,73
F15	0,30	0,14	0,56	13,31	18,66
F16	0,14	0,08	0,78	19,19	17,95

Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas - UNALM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 8. Tasa de respiración de higos recubiertos, tanto observada como estimada.

Formulación	x_1 Goma de tara	x_2 Cera de abeja	x_3 Glicerol	Tasa de respiración Observada $mgCO_2 \cdot kg^{-1}h^{-1}$	Tasa de respiración Estimada $mgCO_2 \cdot kg^{-1}h^{-1}$
F1	0,05	0,20	0,75	34,47	61,01
F2	0,20	0,25	0,56	42,75	65,59
F3	0,12	0,00	0,88	42,98	49,80
F4	0,20	0,13	0,67	54,43	82,42
F5	0,30	0,24	0,46	65,82	56,94
F6	0,12	0,00	0,88	55,10	49,80
F7	0,23	0,00	0,77	54,78	67,66
F8	0,05	0,12	0,84	56,52	59,12
F9	0,20	0,13	0,67	87,21	82,42
F10	0,05	0,12	0,84	69,32	59,12
F11	0,10	0,25	0,65	91,10	61,38
F12	0,30	0,03	0,68	84,26	74,27
F13	0,20	0,13	0,67	92,55	82,42
F14	0,20	0,13	0,67	96,88	82,42
F15	0,30	0,14	0,56	70,52	78,28
F16	0,14	0,08	0,78	88,15	74,20

Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas - UNALM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 9. Luminosidad de higos recubiertos, tanto observada como estimada.

Formulación	x_1 Goma de tara	x_2 Cera de abeja	x_3 Glicerol	Luminosidad Observada L*	Luminosidad Estimada L*
F1	0,05	0,20	0,75	25,94	24,39
F2	0,20	0,25	0,56	23,54	23,90
F3	0,12	0,00	0,88	24,72	23,34
F4	0,20	0,13	0,67	23,21	24,15
F5	0,30	0,24	0,46	26,27	26,54
F6	0,12	0,00	0,88	22,94	23,34
F7	0,23	0,00	0,77	24,36	24,33
F8	0,05	0,12	0,84	24,54	24,48
F9	0,20	0,13	0,67	26,17	24,15
F10	0,05	0,12	0,84	22,84	24,48
F11	0,10	0,25	0,65	23,12	23,53
F12	0,30	0,03	0,68	25,75	26,53
F13	0,20	0,13	0,67	24,42	24,15
F14	0,20	0,13	0,67	23,25	24,15
F15	0,30	0,14	0,56	27,85	26,80
F16	0,14	0,08	0,78	23,02	23,67

Fuente: Laboratorio de Análisis de productos Hortícolas - UNALM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 10. Luego de optimizar simultáneamente las respuestas mediante el programa Design Expert®, se obtuvieron las variables de composición y respuesta.

Formulación	Composición			Variables respuestas teóricas			
	Goma de Tara P_1 %	Cera de Abeja P_1 %	Glicerol P_1 %	Pérdida de peso (%)	Firmeza (N)	Tasa de Respiración $mgCO_2^{-}kg^{-1}h^{-1}$	Luminosidad (L*)
Formulación óptima	0,30	0,25	0,45	4,74	17,84	52,66	26,47

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 11. Determinación de la deseabilidad global (D) de la mejor formulación.

	Variables Respuestas				d_1	d_2	d_3	d_4	
Formulación	**Pérdida de peso (%)**	**Firmeza (N)**	**Tasa de Respiración $mgCO_2{}^{-}kg^{-1}h^{-1}$**	**Luminosidad (L*)**	**Minimización de la pérdida de peso**	**Maximización de la firmeza**	**Minimización de la tasa de respiración**	**Maximización de la luminosidad**	**Deseabilidad Global (D) $(d_1 x d_2 x\ d_3 x d_4)^{1/4}$**
Formulación óptima	4,74	17,84	52,66	26,47	0,662	0,412	0,393	0,725	0,528

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 12. Variación de las variables de respuestas entre el programa *Design Expert®* y la prueba experimental

	Composición de la formulación óptima dada por el *Design Expert®* *Software*			**Variables respuestas**			
Formulación	**Goma de Tara P_1 %**	**Cera de Abeja P_1 %**	**Glicerol P_1 %**	**Pérdida de peso (%)**	**Firmeza (N)**	**Tasa de Respiración $mgCO_2 \cdot kg^{-1}h^{-1}$**	**Luminosidad (L*)**
Design Expert®* *Software	0,30	0,25	0,45	4,74	17,84	52,66	26,47
Prueba Experimental				3,93	19,10	65,82	26,27
Variación Prueba Experimental Vs *Design Expert®*				0,81	-1,26	-13,19	0,21

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 13. Caracterización de la formulación óptima del producto final al inicio del almacenamiento.

Característica	Higo recubierto
Humedad (%)	80,65
Acidez (% ácido cítrico)	0,030
pH	5,57
Sólidos solubles (°Brix)	14
Índice de madurez	477,86

*Valores expresados en base húmeda

Fuente: Propia

Tabla 14: Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión de la pérdida de peso de los higos variedad Black Mission sin y con recubrimiento óptimo durante su almacenamiento a 5°C.

Tratamiento	Día 0	Día 3	Día 9	Día 13	Día 18	Día 25
Recubrimiento óptimo	0	5,1	2,8	5,1	1,2	1,4
Control	0	6,2	1,9	6,0	1,1	3,3

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 15: Análisis de Varianza para determinar el efecto significativo de los tratamientos y días de almacenamiento, sobre la pérdida de peso de los higos.

Fuente	*Suma de cuadrados*	*gl*	*Promedio de los cuadrados*	*Razón - F*	*Probabilidad*
A. Tratamiento	176,589	5	35,318	1,116	0,411
B. Bloque (Días)	289,134	2	144,567	4,567	0,039
Error	316,552	10	31,655		
Total	782,276	17			

Fuente: Propia

Tabla 16: Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión de la firmeza de los higos variedad Black Mission sin y con recubrimiento óptimo durante su almacenamiento a 5°C.

Tratamiento	**Día 0**	**Día 3**	**Día 9**	**Día 13**	**Día 18**	**Día 25**
Recubrimiento óptimo	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28
Control	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 17: Análisis de Varianza para determinar el efecto significativo de los tratamientos y días de almacenamiento, sobre la firmeza de los higos.

Fuente	*Suma de cuadrados*	*gl*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*
A. Tratamiento	174,398	4	43,600	7,103	0,042
B. Bloque (Días)	0,193	1	0,193	0,031	0,868
Error	24,552	4	6,138		
Total	199,143	9			

Fuente: Propia

Tabla 18: Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión de la tasa de respiración de los higos variedad Black Mission sin y con recubrimiento óptimo durante su almacenamiento a 5°C.

Tratamiento	**Día 0**	**Día 3**	**Día 9**	**Día 13**	**Día 18**	**Día 25**
Recubrimiento óptimo	38,32	38,32	38,32	38,32	38,32	38,32
Control	50,07	50,07	50,07	50,07	50,07	50,07

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 19: Análisis de Varianza para determinar el efecto significativo de los tratamientos y días de almacenamiento, sobre la tasa de respiración de los higos.

Fuente	*Suma de cuadrados*	*gl*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*
A. Tratamiento	1386,936	4	346,734	1,777	0,227
B. Bloque (Días)	1454,763	2	727,382	3,727	0,072
Error	1561,336	8	195,167		
Total	4403,036	14			

Fuente: Propia

Tabla 20: Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión de la luminosidad de los higos variedad Black Mission sin y con recubrimiento óptimo durante su almacenamiento a 5°C.

Tratamiento	**Día 0**	**Día 3**	**Día 9**	**Día 13**	**Día 18**	**Día 25**
Recubrimiento óptimo	24,13	24,13	24,13	24,13	24,13	24,13
Control	24,38	24,38	24,38	24,38	24,38	24,38

Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 21: Análisis de Varianza para determinar el efecto significativo de los tratamientos y días de almacenamiento, sobre la luminosidad de los higos.

Fuente	*Suma de cuadrados*	*gl*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*
A. Tratamiento	7,901	4	1,975	2,615	0,187
B. Bloque (Días)	0,164	1	0,164	0,217	0,666
Error	3,021	4	0,755		
Total	11,086	9			

Fuente: Propia

Tabla 22: Análisis Microbiológico por el método Cámara Húmeda en higos con recubrimiento y sin recubrir.

Días	**C/ Recubrimiento**	**Control**
4	*Alternaria sp. + Cladosporium sp.*	*Alternaria sp. + Cladosporium sp. + Penicillium sp.*
10	*Alternaria sp.*	*Cladosporium sp.*
13	*Cladosporium sp.*	*Alternaria sp. + Aspergillus niger*
18	*Alternaria sp. + Cladosporium sp.*	*Cladosporium sp.*

No se ha identificado a *Botrytis cinera*. Los hogos aislados son saprófagos secundarios.

Fuente: Clínica de Diagnosis de Fitopatología y Nematología

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis