



Extracción de principios activos de plantas con posible aplicación como recubrimiento comestible en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. Cerasiforme*) como proceso de poscosecha

Berrazueta Jaramillo, Kimberly Daniela

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

11 de marzo del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "**Extracción de principios activos de plantas con posible aplicación como recubrimiento comestible en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) como proceso de poscosecha**" fue realizado por la señorita **Berrazueta Jaramillo, Kimberly Daniela**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de marzo del 2022



El modo electrónico por:
**GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDEÑO**

.....
Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

1709635039



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, Berrazueta Jaramillo, Kimberly Daniela, con cédula de ciudadanía No. 172415438-8, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Extracción de principios activos de plantas con posible aplicación como recubrimiento comestible en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) como proceso de poscosecha** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de marzo del 2022

.....
Berrazueta Jaramillo, Kimberly Daniela
C.C.: 17241548-8



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, Berrazueta Jaramillo Kimberly Daniela, con cédula de ciudadanía No 172415438-8, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Extracción de principios activos de plantas con posible aplicación como recubrimiento comestible en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. Cerasiforme*) como proceso de poscosecha** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 11 de marzo del 2022

Berrazueta Jaramillo Kimberly Daniela

C.C.: 172415438-8

Reporte de verificación de similitud de contenidos



Berrazueta_Kimberly_Tesis final copyleaks.docx
Scanned on: 16:13 March 9, 2022 UTC

7.6%
Overall Similarity Score

2
Results Found

9384
Total Words in Text

Identical Words	203
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	283
Omitted Words	1798



GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDEÑO

Ing. Gabriel Larrea Cedeño Mgs.
1709635039

COPYLEAKS Website | Education | Businesses

Dedicatoria

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo

A mis padres

Todas mis metas alcanzadas reflejan la dedicación, amor, paciencia y esfuerzo que me han dedicado, lo cual me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi hermano

Por su apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento.

A toda mi familia

Que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra manera me acompañan en todos mis sueños y metas.

Agradecimiento

A Dios, quien con su bendición me ha guiado brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mi hermano por ayudarme, apoyarme y ser mi ejemplo a seguir.

A mis mejores amigos Titi, Michu, Alejo y Jorge que a través de los años se han convertido en mi familia.

A todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, me motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi tutor de tesis Ing. Gabriel Larrea, quien estuvo durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	3
Autorización de Publicación.....	4
Reporte de verificación de similitud de contenidos	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Antecedentes.....	17
Justificación.....	18
Objetivos.....	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19

Hipótesis	20
Hipótesis nula	20
Hipótesis de investigación	20
Capítulo II	21
Revisión de literatura.....	21
Nopal.....	21
Usos.....	21
Composición del nopal.....	22
Clasificación taxonómica	22
Chía	22
Composición nutricional	23
Recubrimientos alimenticios	23
Atmósferas modificadas	24
Propiedades	24
Composición de los recubrimientos y películas comestibles	25
Modo de empleo	25
Mucílagos.....	26
Glicerina	27
Usos.....	27
Aceites esenciales	27

	10
Isomalt	28
Propiedades	28
Usos.....	28
Capítulo III.....	29
Metodología.....	29
Área de estudio.....	29
Insumos.....	29
Extracción del mucílago de chía.....	29
Aplicación del recubrimiento.....	30
Formulación del recubrimiento	30
Preparación del recubrimiento.....	31
Pruebas mecánicas	31
Grosor	31
Contenido de humedad	31
Transparencia	31
Pruebas fisicoquímicas.....	32
Pérdida de peso	32
pH.....	32
Acidez titulable	32
Grados Brix.....	33

	11
Análisis estadístico	33
Factores.....	34
Croquis del experimento	34
Capítulo IV.....	35
Resultados y Discusión.....	35
Pruebas físicas realizadas al recubrimiento comestible	35
Grosor (mm).....	36
Contenido de humedad (%)	37
Transparencia	38
Resultados de pruebas fisicoquímicas realizadas en tomate Cherry.....	38
Pérdida de peso (%)	40
Acidez.....	41
pH.....	44
Brix	45
Capítulo V.....	50
Conclusiones y Recomendaciones	50
Conclusiones	50
Recomendaciones.....	51
Bibliografía	52

Índice de tablas

Tabla 1	Composición media de la penca de Opuntia	22
Tabla 2	Taxonomía de opuntia ficus-indica	22
Tabla 3	Composición nutricional de la Chía.....	23
Tabla 4	Formulación de los distintos recubrimientos por cada 500 gramos de recubrimiento...	30
Tabla 5	Factores usados para la formulación de cinco recubrimientos alimenticios.....	34
Tabla 6	Media \pm desviación estándar de parámetros físicos evaluados a los recubrimientos.....	35
Tabla 7	Coeficientes de los contrastes en parámetros físicos evaluados a los recubrimientos...	35
Tabla 8	Contrastes en parámetros físicos evaluados a los recubrimientos comestible.....	35
Tabla 9	Media \pm DE de parámetros físicos evaluados en tomate Cherry temperatura ambiente	39
Tabla 10	Coeficientes de los contrastes en parámetros físicos evaluados en tomate Cherry	39
Tabla 11	Contrastes en parámetros fisicoquímicos evaluados en tomate Cherry	39
Tabla 12	Media \pm DE del porcentaje de pérdida de peso en zanahoria almacenada a 7°C	48

Índice de figuras

Figura 1 Clasificación de los recubrimientos y películas comestibles.....	25
Figura 2 Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I	29
Figura 3 Envasado en tarrinas plásticas de polipropileno de los productos	30
Figura 4 Prueba de múltiple rango para grosor en recubrimiento comestible	36
Figura 5 Prueba de múltiple rango para contenido de humedad en recubrimiento comestible .	37
Figura 6 Prueba de múltiple rango para transparencia en recubrimiento comestible	38
Figura 7 Prueba de múltiple rango para porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente	40
Figura 8 Porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente	41
Figura 9 Prueba de múltiple rango para acidez en tomate a temperatura ambiente.....	42
Figura 10 Acidez expresada en porcentaje de ácido cítrico en tomate Cherry a temperatura ambiente.....	43
Figura 11 Características organolépticas de tomate Cherry a los 10 días de almacenamiento ...	44
Figura 12 Prueba de múltiple rango para pH en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente.....	44
Figura 13 pH en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente	45
Figura 14 Prueba de múltiple rango para grados Brix en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente	46

Figura 15 Grados Brix en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente	47
Figura 16 Jengibre cortado con presencia de hongos a los 2 días almacenado a temperatura ambiente.....	48
Figura 17 Prueba de múltiple rango porcentaje de pérdida de peso en zanahoria almacenada a 7°C bajo cinco recubrimientos comestibles	49
Figura 18 Porcentaje de pérdida de peso en zanahoria almacenada a 7°C bajo cinco recubrimientos comestibles	49

Resumen

En la actualidad las personas buscan mejorar su estilo de vida consumiendo alimentos saludables y de preferencia sin ningún tipo de procesamiento, sin embargo, las frutas y las hortalizas son productos considerados altamente perecederos, ya que un 23% de estos productos se pierden, ya sea por factores físicos, microbiológicos o bioquímicos, por lo que en este trabajo se formuló recubrimientos alimenticios a base de dos mucílagos (chía y nopal) en presencia y ausencia de Isomalt, con el fin de mantener las características fisicoquímicas en tomate Cherry, jengibre cortado y zanahoria en tiras por más tiempo. Se evaluaron las características mecánicas (grosor, contenido de humedad y transparencia) de los diferentes recubrimientos obtenidos y su funcionalidad como recubrimientos a través de la evaluación de características fisicoquímicas en tres productos con comportamiento fisiológico diferente (tomate Cherry, jengibre y zanahoria). El mejor tratamiento, evaluado mediante las pruebas mecánicas y fisicoquímicas durante 15 días resultó ser el recubrimiento formulado a base de mucílago de nopal en presencia de Isomalt, ya que mantuvo niveles de acidez (evaluada como ácido cítrico), pH y grados Brix más estables durante el tiempo que duró la evaluación, además esta combinación ayudó a reducir el porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry y zanahoria. Para el jengibre cortado, los recubrimientos no fueron de utilidad, ya que existió aparición de hongos de manera inmediata por humedad que impidieron tener datos, por lo cual se trabajó con zanahoria amarilla.

Palabras clave: Chía, nopal, Isomalt, recubrimiento comestible, poscosecha

Abstract

Currently, people seek to improve their lifestyle by consuming healthy foods and preferably without any type of processing, however, fruits and vegetables are considered highly perishable products, since 23% of these products are lost, either by physical, microbiological, or biochemical factors, so in this work, food coatings were formulated based on two mucilages (chia and nopal) in the presence and absence of Isomalt, to maintain the physicochemical characteristics in Cherry tomato, cut ginger and carrot in strips for a longer time. The mechanical characteristics (thickness, moisture content, and transparency) of the different coatings obtained and their functionality as coatings were evaluated through the evaluation of physicochemical characteristics in three products with different physiological behavior (Cherry tomato, ginger, and carrot). The best treatment, evaluated by means of mechanical and physicochemical tests for 15 days, turned out to be the coating formulated based on nopal mucilage in the presence of Isomalt, since it maintained more stable levels of acidity (evaluated as citric acid), pH, and Brix degrees during the time that the evaluation lasted, in addition, this combination helped to reduce the percentage of weight loss in Cherry tomato and carrot. For the cut ginger, the coatings were not useful, since there was an immediate appearance of fungi due to humidity that prevented having data, for which we worked with yellow carrots.

Keywords: Chia, nopal, Isomalt, edible coating, postharvest

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

En los últimos años, las personas han buscado mejorar la calidad de vida, a partir del consumo de alimentos saludables, esto ha causado una mayor demanda de frutas y hortalizas frescas, es decir sin ningún proceso industrializado. El consumir frutas y hortalizas frescas beneficia en la salud, ya que además de poseer nutrientes contienen antioxidantes de interés.

En el mercado nacional, la poscosecha ha representado limitaciones tratando de ofrecer productos de buena calidad al mercado, ya que el transporte desde el campo hacia los centros de acopio y el consumidor final cada vez es más complicado (FAO, 2016). Una de las técnicas para la preservación de los alimentos poscosecha es la aplicación de recubrimientos comestibles, estos pueden ser de fuentes naturales como lípidos, polisacáridos y proteínas. Esta técnica ayuda a disminuir la tasa de respiración, retrasan la pérdida de peso por deshidratación, evitan la contaminación de microorganismos, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación (Fernández, 2015).

En Ecuador, es escaso encontrar la aplicación en poscosecha de los mucílagos de nopal y chía, ya que los consumidores desconocen de sus beneficios y la industria ha perdido el interés en buscar nuevas alternativas hacia dichas materias primas, el procesamiento e industrialización del nopal y la chía es casi nula, se lo puede encontrar de forma natural en supermercados, tiendas, etc.

(Del-Valle, 2008) elaboró un recubrimiento comestible a base de mucílago de cactus para alargar la vida de anaquel de las fresas, donde obtuvo como conclusiones que este tipo de mucílago no afecta las características sensoriales del producto, además ayuda a mantener el color y firmeza por más tiempo. (Serrano, 2005) usaron mucílago de sábila para formular un

recubrimiento aplicado en uvas de mesa, observando una prolongación de la vida útil de 35 días comparado con las uvas control, además de retardar la concentración del ácido ascórbico. Otro estudio fue realizado por (Martinez & Romero, 2006), donde estudiaron los efectos de un recubrimiento a base de sábila en cerezas, en el cual encontraron que el mucílago no afecta las propiedades organolépticas del producto, además ayuda a mantener la calidad por mayor tiempo.

Justificación

Las frutas y las hortalizas son productos considerados altamente perecederos, ya que en la actualidad un 23% de estos productos se pierden, ya sea por daños físicos, microbiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado, transporte desde el campo hacia los centros de acopio y formas de almacenamiento (Magnolia y otros, 2021).

El empleo de recubrimientos comestibles con base de polisacáridos, proteínas, lípidos, aditivos y compuestos activos juega un papel importante en la industria de alimentos y han demostrado ser efectivos en la conservación de frutas y hortalizas controlando transferencia de gases, crecimiento microbiano, así como manteniendo las características deseadas por los consumidores como, apariencia fresca, firmeza, brillo, color, calidad y valor comercial (Solano & Jiménez, 2018).

La chía es un alimento de alto valor nutricional que ha sido considerado de alta calidad, por lo cual el estudio del uso de sus productos derivados ayudará a un mejor aprovechamiento de dichos nutrientes (Silva, 2015).

Los nopales tienen un gran contenido de fibra, además son rico en minerales, entre ellos el calcio y el potasio y tienen bajo contenido de sodio, por lo que son considerados una buena opción para los recubrimientos ya que ayudan a conservar las propiedades físicas de las frutas y hortalizas (Salinas, 2014).

La Isomalt ha tenido una gran demanda en los últimos años, debido a su aspecto más brillante y transparente, soportar altas temperaturas y además ser más resistente a la humedad y poseer mayor facilidad de trabajo que el azúcar común. Entre sus ventajas para ser utilizada como parte de recubrimientos alimenticios está sus propiedades conservantes y la capacidad de evitar el crecimiento de mohos (Curioseando.com, 2017).

Por lo tanto, en el presente trabajo se busca incorporar el mucílago de nopal y de chía en conjunto con la Isomalt en un recubrimiento comestible como medio de conservación para frutas y hortalizas, con el fin de reducir las pérdidas poscosecha; obteniendo un producto alimenticio de buena calidad por mayor tiempo, con buenas características y propiedades organolépticas.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar recubrimientos comestibles mediante la extracción de principios activos de plantas como proceso de poscosecha en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).

Objetivos específicos

Comparar mediante pruebas mecánicas los recubrimientos a base de mucílago de chía y mucílago de nopal, con y sin Isomalt.

Evaluar en tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) y jengibre (*zingiber officinale*) mediante pruebas fisicoquímicas la influencia de Isomalt y los diferentes mucílagos en el recubrimiento comestible.

Establecer los procesos metodológicos para la extracción y obtención de recubrimientos alimenticios a base de mucílago de chía y mucílago de nopal, con y sin Isomalt.

Hipótesis

Hipótesis nula

El mucílago utilizado no influye en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del recubrimiento alimenticio probado en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

La Isomalt influye no en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del recubrimiento alimenticio probado en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

Hipótesis de investigación

El mucílago utilizado influye en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del recubrimiento alimenticio probado en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

La Isomalt influye en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del recubrimiento alimenticio probado en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

Se sustituyó en la hipótesis la raíz de jengibre por zanahoria amarilla por el rápido deterioro de las muestras de jengibre en la fase experimental.

Capítulo II

Revisión de literatura

Nopal

La planta de nopal se puede definir como tipo arbustiva, rastrera y erecta, esta especie puede alcanzar de 3 a 5 metros de altura, su sistema radicular es extenso, ramificado y con varias raíces finas absorbentes superficiales, sin embargo, la longitud de éstas depende del riego y de la fertilización brindada (Villegas, 1997). Las ramas están compuestas por cladodios con una longitud de 30 a 60 cm, una anchura de 20 a 40 cm y un espesor de 2 a 3 cm; el tronco es leñoso y puede tener de 20 a 50 cm de diámetro (Zambrano, 1998).

Las pencas son de color verde opaco, éstas reemplazan a las hojas, ya que, en este lugar se realiza la fotosíntesis, además se encuentran recubiertas por una cutícula gruesa que en ciertas ocasiones se encuentran cubiertas de cera o pelos que ayudan a la disminución de la pérdida de agua, lo que permite el almacenamiento por largos periodos de tiempo evitando que la planta se seque durante los periodos de sequía (Villegas, 1997). En los cladodios podemos encontrar dos caras, en las cuales se encuentran las yemas, que reciben el nombre de areolas, cuya función es generar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas, en su cavidad se pueden encontrar espinas de dos tipos: pequeñas y agrupadas en gran número y grandes que vienen siendo hojas modificadas (Granados & Castañeda, 2000).

Usos

Según (Abraján, 2008), se han encontrado varios usos para el nopal, entre los cuales podemos encontrar:

- Sus antibióticos naturales que ayudan a inhibir la aparición y proliferación de bacterias
- Se utiliza como materia prima para la elaboración de cosméticos
- Industria productora de aditivos naturales (gomas y colorantes)

- Como materia prima para producir bebidas alcohólicas (vinos, licores y aguardiente)
- Elaboración de mermeladas, encurtidos, jugos y néctares
- Agroindustria de alimentos para animales (suplementos)
- Industria farmacéutica como protectores gástricos

Composición del nopal

Tabla 1

Composición media de la penca de Opuntia

	Base de materia seca (g/100g)	Base de peso fresco (g/100g)
Agua	-	88-95
Carbohidratos	64-71	3-7
Cenizas	19-23	1-2
Fibra	18	1-2
Proteína	4-10	0.5-1
Lípidos	1-4	0.2

Nota. Recuperado de: (Stintzing & Reinhold, 2005)

Clasificación taxonómica

Tabla 2

Taxonomía de opuntia ficus-indica

Categoría	Descripción
Reino	Vegetal
Subreino	Embryophita
Orden	Opuntiales
Subfamilia	Opuntioideae
Clase	Dicotyledonea
Familia	Cactaceae
Género	Opuntia Nopale

Nota. Recuperado de: (Barrientos, 1983)

Chía

La chía (*Salvia Hispana L.*) es una planta perteneciente a la familia Laminaceae. Fue considerada sagrada en la época precolombia y alimento básico para los mayas, junto con

el maíz, los frijoles y el poroto. Sus principales usos eran medicinales y alimentarios (Cefla, 2015).

La chía tiene una altura de 1,00 y 1,50 metros, y sus tallos son ramificados, de sección cuadrangular, con pubescencias cortas y blancas. Las hojas opuestas con bordes aserrados miden de 80 a 100 cm de longitud, y 40 a 60 mm de ancho. Sus flores son de color azul intenso o blancas, se producen en espigas terminales. Las semillas son ovales suaves y brillantes y miden entre 1,5 y 2,00 mm de longitud. Según la variedad su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro (Jaramillo, 2013).

Composición nutricional

Tabla 3

Composición nutricional de la Chía

Componente	100g
Agua	-
Carbohidratos	47-50 %
Cenizas	19-23
Fibra	27-40%
Proteína	16-21%
Grasas	26-34%
Saturadas	25-38%
Insaturadas	62-75%
Ácido oleico	7-9%
Ácido linoleico	19%
Omega 3	58%

Nota. Recuperado de: (Jimenez, 2013)

Recubrimientos alimenticios

Son sustancias que se aplican en el exterior de las frutas y hortalizas para que el producto final tenga una mayor vida útil, el objetivo principal es evitar la pérdida de humedad, sin embargo, estos recubrimientos deben ser legales, seguros para los consumidores, aceptable

respecto a sus características organolépticas y finalmente brindar un valor agregado al alimento (Palacín, 2012).

La principal función de los recubrimientos es controlar la transferencia de humedad, gases y compuestos volátiles, sin embargo, es necesario que exista permeabilidad para el oxígeno y el CO₂ para evitar que se genere respiración anaerobia, lo cual podría producir daños fisiológicos y pérdida de la calidad. Además, los recubrimientos pueden contener ingredientes funcionales para destacar la calidad, funcionalidad y seguridad, como lo son los antimicrobianos, nutrimentos, sabores o colores (Villagomez, 2011).

Atmósferas modificadas

La técnica de conservación en atmósfera modificada consiste en empaclar los productos alimenticios en materiales con barrera a la difusión de los gases (O₂, CO₂), en los cuales el ambiente gaseoso ha sido modificado para disminuir la tasa de respiración, evitar el crecimiento de microorganismos y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil de frutas y hortalizas (Ospina & Cartajena, 2008), siendo los recubrimientos alimenticios una opción para posible aplicación como empaque, ya que, crea este tipo de atmósferas modificadas (Quintero y otros, 2010).

Propiedades

Según (Osorio & Yáñez, 2018), para que un recubrimiento sea utilizado, debe cumplir con ciertos requisitos, los cuales son:

- Buena calidad sensorial
- Eficiencia mecánica y capacidad de barrera
- Estabilidad bioquímica, física y microbiológica
- Libre de tóxicos
- No contaminante

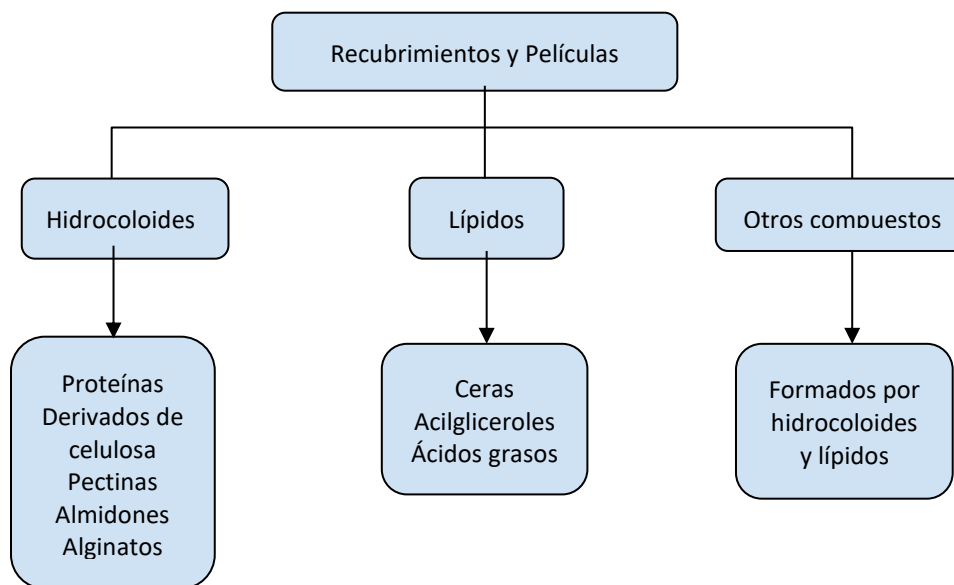
- Bajo costo de materia prima

Composición de los recubrimientos y películas comestibles

Los recubrimientos y películas comestibles se pueden clasificar en tres grandes grupos, en la Figura 1 se muestra la clasificación de los recubrimientos y películas comestibles.

Figura 1

Clasificación de los recubrimientos y películas comestibles



Nota. Recuperado de: (Osorio & Yáñez, 2018)

Modo de empleo

Para la formación de capas o películas finas alrededor de los alimentos existen varias técnicas para la aplicación de los recubrimientos, entre los cuales se encuentran: inmersión, aspersión de espuma, atomización y por medio de esponjas o cepillos en ocasiones giratorios para un acabado más atractivo (Vázquez, 2013)

Inmersión. Es una técnica de bajo costo, en la cual se puede obtener una distribución homogénea del recubrimiento sobre el producto siempre y cuando se realice de manera

correcta. Sin embargo, esta técnica puede causar problemas relacionados con el ámbito microbiológico o la dilución si la fruta no fue secada previamente (Embuscado & Huber, 2009).

Aspersión de espuma. Para realizar este tipo de aplicación es necesario un equipo de aplicación que permita agilizar el proceso de aplicación. Entre las principales ventajas podemos encontrar que presenta un secado rápido al permitir el uso de soluciones con alto contenido de sólidos, sin embargo, la distribución del recubrimiento no siempre es uniforme (Bourtoom, 2008).

Atomización. Esta forma de aplicación es una de las más utilizadas en las industrias a gran escala para aplicar recubrimientos sobre diferentes productos, a que presenta muy buenos resultados, sin embargo, no es muy usada en las pequeñas industrias ya que requiere de un equipo especializado (Bósquez, 2007).

Aplicación con esponjas. Es una técnica que no demanda costos elevados, ya que no requiere de un equipo especializado para su realización, además entre sus principales ventajas tenemos que se obtiene una distribución del recubrimiento homogénea, reduce el tiempo de secado en comparación con otras técnicas (Embuscado & Huber, 2009).

Mucílagos

Son productos de origen vegetal, los cuales están formados por polisacáridos celulósicos, estos suelen ser confundidos con las pectinas y las gomas, ya que poseen igual número de azúcares, sin embargo, estos se diferencian gracias a sus propiedades físicas (Villa y otros, 2020).

Los mucílagos pueden ser clasificados en dos grandes grupos, los cuales son: mucílagos ácidos y mucílagos neutros, siendo los primeros de plantas pertenecientes a las siguientes familias: Plantaginaceae, Malvaceae y Linaceae (Vera & Manzaba, 2019). Mientras que los mucílagos neutros están formados en su estructura por polímeros heterogéneos de la manosa y se las

puede encontrar en plantas de las siguientes familias: Fabaceae, Cesalpiniaceae, Palmeae, Annonaceae, Convolvulaceae.

Glicerina

La glicerina con fórmula $C_3H_8O_3$, también llamada 1, 2, 3-propanotriol, es un subproducto que se obtiene de la fabricación de jabones, constituye moléculas de triglicéridos cuando se combina con los ácidos grasos (oleico, palmítico, láurico y esteárico), además aparece en las membranas celulares de los vegetales y los animales a modo de fosfolípidos.

Entre las principales características podemos mencionar su capacidad para atraer la humedad, es viscosa, dulce, inodoro y se disuelve en alcohol y agua.

Usos

La glicerina es utilizada con varios fines, entre los principales podemos encontrar la industria de alimentos, química y farmacéutica. Entre sus aplicaciones podemos encontrar:

- **Productos medicinales:** Excipientes de jarabes, estabilizante, disolvente y supositorios para el estreñimiento.
- **Cosméticos:** Principalmente jabones y pasta dental.
- **Preparación de alimentos:** Espesante, estabilizador, conservar y retener la humedad, como almíbar de alcohol para mantener la jugosidad y endulzante.
- **Industria:** Emulsionante, agente suavizador, plastificante, anticongelante y humectante

Aceites esenciales

Son sustancias aromáticas propias de las plantas, en la actualidad se les ha dado uso en varios campos, por ejemplo, perfumería, cosmética, farmacología, alimentación, confitería y licorería. Estos aceites por lo general se encuentran en la proximidad de la superficie de las plantas como puede ser en hojas, flores, tallos, raíces. Para obtener los aceites volátiles es necesario hacerlo por corriente de vapor de agua para obtener mayor cantidad de producto y con mejores

características. En el mundo vegetal estos olores les permiten a las plantas protegerse contra insectos malignos, atraer polinizadores y adaptación frente al estrés hídrico (López, 2004).

Isomalt

Su fórmula es $C_{12}H_{22}O_{11}$, es un disacárido de una mezcla de dos alcoholes: sorbitol y manitol. Es considerado como un nuevo sustituto del azúcar que se fabrica a partir de la remolacha azucarera, ya que posee únicamente la mitad de las calorías que el azúcar común (Alay & Vásquez, 2017). Para su obtención debe pasar por dos etapas, la primera sucede cuando la glucosa y la fructosa del azúcar se combinan de nuevo con la ayuda de enzimas naturales, finalmente en la segunda etapa se efectúa la hidrogenación (Gonzales, 2019).

Propiedades

No es higroscópica, no cristaliza, es muy resistente a las temperaturas ($<160^{\circ}C$), mantiene su color transparente, posee menos calorías que el azúcar común, cristalino, inodoro (Santos, 2010).

Usos

El principal uso que se le da en la actualidad es como edulcorante de alimentos; al no causar caries también es muy utilizado para mejorar el sabor de las pastas dentales, principalmente la utilizada por niños (Gonzales, 2019)

La Isomalt tiene propiedades conservantes, por lo que es muy utilizada en los alimentos dulces como cereales, galletas, entre otros. Tiende a estabilizar, humectar y espesar otros ingredientes, puede evitar la aparición de moho y ayuda a mantener los productos secos crujientes durante más tiempo (Alay & Vásquez, 2017).

Capítulo III

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en el campus de la Carrera de Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, ubicado en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (Figura 2). Geográficamente se localiza a $78^{\circ} 24' 44''$ LO, $0^{\circ} 23' 20''$ LS y 2748 m de altitud. La temperatura media anual es de 14°C , y la precipitación anual de 1300 mm (Arce, 2009).

Figura 2

Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I



Nota. Adaptado de Google Maps, 2021

Insumos

El extracto natural de nopal fue obtenido en la tienda de alimentos naturales NOPAL EC, mientras que el jengibre y los tomates fueron comprados en el Megamaxi.

Extracción del mucílago de chíá

Se seleccionó la materia prima, procurando extraer cualquier contaminante físico, en un vaso de precipitación se agregó 1000 mL de agua destilada y 50 g de semilla de chíá, luego se dejó en reposo por 1 hora para su hidratación. Para el filtrado se utilizó un filtro de tela de café número 5 utilizando un matraz Erlenmeyer y un embudo. Finalmente, se utilizó etanol 50° en relación 2:1 para la precipitación del mucílago.

Aplicación del recubrimiento

Una vez obtenida la materia prima (100g por tratamiento), se lavó para eliminar agentes extraños como tierra, en el caso del jengibre se peló y corto en rodajas, se desinfectó con hipoclorito de sodio 5 ppm y se realizó un lavado para eliminar cualquier residuo de desinfectante, luego se procedió al secado de los productos para posteriormente sumergirlos en los diferentes recubrimientos por 30 segundos, se dejó escurrir por aproximadamente 2 min y se colocó en láminas de aluminio para el secado por 1 hora, finalmente se envasó en tarrinas plásticas.

Figura 3

Envasado en tarrinas plásticas de polipropileno de los productos



Formulación del recubrimiento

Tabla 4

Formulación de los distintos recubrimientos por cada 500 gramos de recubrimiento

Materiales	T1	T2	T3	T4	Control
Isomalt	15	-	15	-	-
Alginato de sodio	7	7	7	7	7
Glicerol	4	4	4	4	4
Aceite de canela	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Mucílago de chíá	140	140	-	-	-
Mucílago de nopal	-	-	140	140	-
Gelatina	40	40	40	40	40
Agua destilada	292,75	307,75	292,75	307,75	447,75

Preparación del recubrimiento

Para la formulación de 500 mL de cada recubrimiento, en cuatro vasos de precipitación se agregó el mucílago y el aceite esencial de canela, junto con la glicerina y se aforó con agua destilada, se calentó la mezcla por 30 minutos, hasta alcanzar una temperatura de 60 °C. Luego se añadió la Isomalt en los tratamientos correspondientes, se agitó por 2 min y se incorporó el alginato de sodio, toda la mezcla se llevó a la licuadora por 3 minutos para homogeneizar los ingredientes, finalmente se añadió la gelatina sin sabor diluida en 25 mL de agua, se agitó y se dejó enfriar hasta 20 °C.

Pruebas mecánicas

Se tomaron 5 mL de recubrimiento y se colocó en cajas Petri, después se colocó en la estufa por 5 horas a 50 grados Celsius para que el recubrimiento se solidifique.

Grosor

Se realizaron 3 mediciones aleatorias con ayuda de un micrómetro y se determinó de acuerdo con la ecuación 1:

$$Grosor = \frac{\text{Promedio de la medición obtenida}}{\# \text{ de recubrimientos medidos}}$$

Contenido de humedad

Se colocaron muestras en la estufa por 12 horas a temperatura de 40 °C. Los pesos de las muestras se registraron antes y después del secado. El contenido de humedad se determinó como porcentaje usando la ecuación 2:

$$Humedad = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Transparencia

Se realizó una dilución 1:10 utilizando 1 mL del recubrimiento y 9 mL de agua destilada, se colocó 1 mL de la dilución en cada celda para la lectura de la absorbancia en el

espectrofotómetro a longitud de onda de 590 nm siguiendo el método de (Gómez, 2020). Los resultados se presentaron en % de transmitancia usando la fórmula 3:

$$\%T = \frac{1}{10^A} * 100$$

Pruebas fisicoquímicas

Pérdida de peso

Los productos con recubrimientos comestibles fueron pesados en una balanza al inicio y se pesarán cada tercer día durante los 15 días del experimento. Se calculó la diferencia de pérdida de peso mediante la ecuación 4:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

pH

Se cogieron 10 gramos de pulpa del producto recubierto de cada tratamiento, se diluyó con 100 mL de agua destilada, se licuó para homogeneizar y se filtró. Para medir el pH se utilizó un potenciómetro.

Acidez titulable

Para la medición de la acidez se siguió el método utilizado por (Gómez, 2020), se tomó 30 mL de solución previamente usada en la determinación del pH agregando fenolftaleína al 1 % como indicador. La acidez se determinó por titulación directa con NaOH al 0.1 N. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico (tomate Cherry) utilizando la ecuación 5:

$$\% \text{ acidez (ácido cítrico)} = \frac{V * N * 192.13}{M} * 100$$

Donde:

V: Volumen de solución de NaOH gastado en la titulación de la muestra en ml

N: Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

Constante 192.13: Equivalente de ácido cítrico

M: Volumen de muestra (ml)

Grados Brix

Para los grados Brix se tomó una gota de la solución de la misma muestra usada en la determinación del pH y se midió con un brixómetro digital marca Atago.

Análisis estadístico

Se trabajó con 5 tratamientos con 3 repeticiones, los cuales fueron aplicados en dos productos, tomate Cherry y jengibre, dando un total de 15 unidades experimentales por producto. Para evaluar el efecto de las formulaciones sobre las características mecánicas del recubrimiento y las características fisicoquímicas de los productos, se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar (DCA), respectivamente, cuyo modelo fue:

$$Y_{ij} = u + F_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Características mecánicas del recubrimiento / Características fisicoquímicas del producto

u = Media general

F_i = Efecto de la i -ésima formulación

e_{ij} = error experimental

Para determinar la influencia del tipo de mucílago y la influencia de la Isomalt en las características físicas de los recubrimientos y las características fisicoquímicas de los productos, se realizaron contrastes ortogonales:

Contraste 1	T0 vs T1, T2, T3 y T4
Contraste 2	T1 y T2 vs T3 y T4
Contraste 3	T1 vs T2
Contraste 4	T3 vs T4

Para obtener los ANOVA y las pruebas múltiples de rango se utilizó el software estadístico R, mientras que para la determinación de los contrastes se utilizó el software estadístico Infostat.

Factores

Tabla 5

Factores usados para la formulación de cinco recubrimientos alimenticios

<i>Tipo de mucílago</i>	<i>Isomalt</i>
Chía	Presencia
Nopal	Ausencia

Croquis del experimento

T0: Control
 T1: Chía + Isomalt
 T2: Chía sin Isomalt
 T3: Nopal + Isomalt
 T4: Nopal sin Isomalt

T2	T1	T4	T3	T0
T1	T0	T2	T1	T4
T3	T4	T3	T0	T2

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Pruebas físicas realizadas al recubrimiento comestible

A continuación, presentamos los resultados de los distintos parámetros físicos evaluados a los diferentes recubrimientos comestibles como son: grosor, contenido de humedad y transparencia.

Tabla 6

Media ± desviación estándar de parámetros físicos evaluados a los recubrimientos

Parámetro/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
Grosor (mm)	0,05 ± 0,02 ab	0,02 ± 0,01 a	0,06 ± 0,02 b	0,02 ± 0,01 a
Contenido de Humedad (%)	92,88 ± 5,02 a	99,82 ± 0,02 a	86,55 ± 13,02 a	97,46 ± 1,07 a
Transparencia (%Transmitancia)	55,32 ± 0,11 a	75,69 ± 0,13 d	65,07 ± 0,76 b	70,16 ± 0,11 c

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Tabla 7

Coefficientes de los contrastes en parámetros físicos evaluados a los recubrimientos

Tratamiento	Ct 1	Ct2	Ct3
T1	1	1	0
T2	1	-1	0
T3	-1	0	1
T4	-1	0	-1

Tabla 8

Contrastes en parámetros físicos evaluados a los recubrimientos comestible

Tratamiento	Grosor	Contenido de humedad	Transparencia
Contraste 1	0,8287	0,0314	<0,0001
Contraste 2	0,0216	0,2594	<0,0001
Contraste 3	0,0053	0,0926	<0,0001

Nota. Los valores representan el p-valor

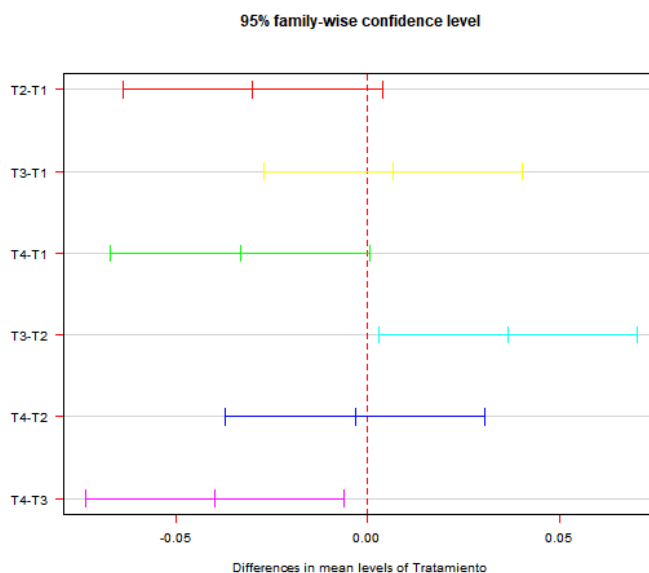
Al momento de realizar los contrastes se pudo observar que para la variable transparencia influyen tanto el tipo de mucílago como la Isomalt, en el caso del grosor existe diferencia entre los tratamientos con y sin Isomalt, sin embargo, el tipo de mucílago utilizado no influye, siendo lo contrario para el contenido de humedad en el cual solamente el tipo de mucílago influye en las propiedades del recubrimiento (Tabla 7 y Tabla 8).

Grosor (mm)

El grosor fue uno de los parámetros evaluados (Anexo B – Figura 19), como se registra en la Tabla 6 y Figura 4, se encontró diferencia significativa con un ($p \geq 0,05$) de confiabilidad, siendo el recubrimiento comestible T3 (Nopal + Isomalt) más grueso, con un valor de 0.06 mm en comparación con los tratamientos T2 (Chía sin Isomalt) y T4 (Nopal sin Isomalt) que presentaron valores de 0,02 mm en ambos casos. (Rico, 2003) reporta en su investigación sobre recubrimientos formulados a base de alginato y aceites esenciales que el grosor de los recubrimientos comestibles se encuentra en un rango de 0,009 a 0,143 mm de grosor dependiendo de la concentración de ingredientes en su formulación.

Figura 4

Prueba de múltiple rango para grosor en recubrimiento comestible



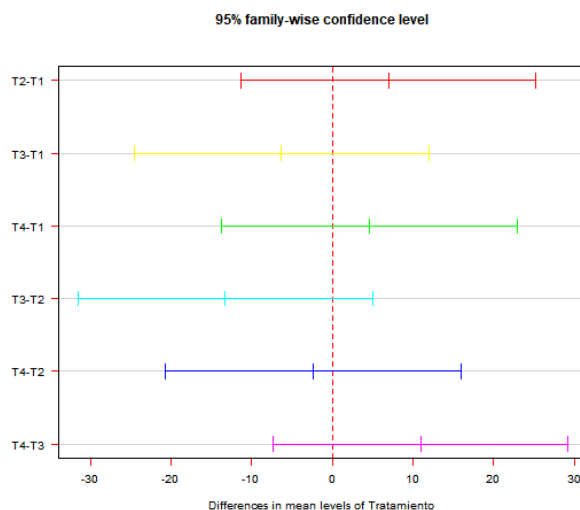
Por otro lado, (Gómez, 2020) afirma que el grosor es un factor determinante para las propiedades de barrera, ya que determina la distancia que el vapor de agua y los gases deben atravesar desde el producto hacia el ambiente y viceversa. Durante la evaluación de los recubrimientos, se pudo notar que el recubrimiento a base de nopal en presencia de Isomalt se separó con mayor facilidad de la caja Petri, alegando que se debió a que su grosor fue el mayor.

Contenido de humedad (%)

De acuerdo con los resultados obtenidos en contenido de humedad representados en porcentaje de pérdida de humedad (Anexo B – Figura 20), no se encontró diferencia significativa con un ($p \geq 0,05$) de confiabilidad (Tabla 6 y Figura 5), de cada recubrimiento comestible con base de mucílago de chíca o nopal, en presencia o ausencia de Isomalt. De acuerdo con (Gómez, 2020) menciona que las características físicas como el contenido de humedad de las películas depende de cada uno de los compuestos que integren la formulación. Además (Rojas, 2006) afirma que los recubrimientos elaborados a base de polímeros naturales como alginatos, almidones o pectinas tienen una baja resistencia al agua por lo tanto tienen malas propiedades de barrera, debido a que su naturaleza es hidrofílica.

Figura 5

Prueba de múltiple rango para contenido de humedad en recubrimiento comestible

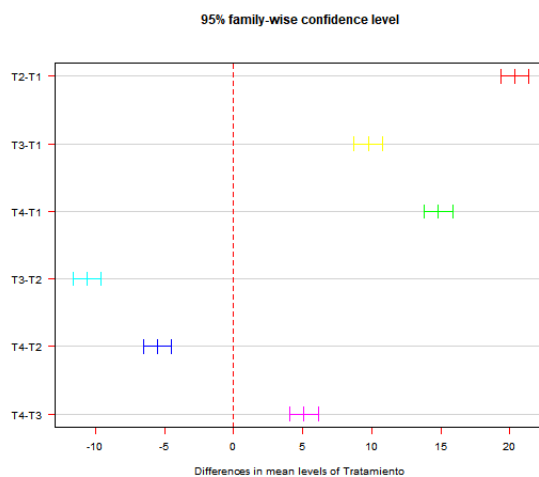


Transparencia

En base a los datos obtenidos sobre la transparencia de los recubrimientos comestibles expresados en % de transmitancia (Anexo B – Figura 21), se tuvo que el T2 (Chía sin Isomalt) fue el de mayor transparencia con 75.69 % de transmitancia, seguido del T4 (Nopal sin Isomalt) con 70.16 %, T3 (Nopal + Isomalt) con 65.07 % y T1 (Chía + Isomalt) siendo el de menor transmitancia con 55.32 %. (Tabla 6 y Figura 6). Los datos en este trabajo concuerdan con los datos obtenido por (Arredondo, 2017), quien obtuvo % de transmitancia en un rango de 65.2395 % a 71.875 %, al evaluar las propiedades mecánicas en recubrimientos formulados con quitosano, lo que demuestra que los datos experimentales obtenidos en esta investigación se encuentran próximos a los reportados.

Figura 6

Prueba de múltiple rango para transparencia en recubrimiento comestible



Resultados de pruebas fisicoquímicas realizadas en tomate Cherry

El resumen de los resultados de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos en tomates Cherry con recubrimiento a base de mucílago de chía o nopal, en presencia o ausencia de Isomalt se puede observar en la Tabla 9. Estos resultados aportan información sobre la calidad y vida útil de los tomates.

Tabla 9

Media \pm DE de parámetros físicos evaluados en tomate Cherry a temperatura ambiente

Tratamiento/Parámetro	% Pérdida de peso	Acidez	pH	Brix
T1 (Chía + Isomalt)	9.99 \pm 4.25 b	1.80 \pm 0.31 b	5.00 \pm 0.40 ab	8.23 \pm 0.62 ab
T2 (Chía sin Isomalt)	11.79 \pm 5.38 b	1.49 \pm 0.34 a	5.49 \pm 0.63 bc	8.49 \pm 1.24 b
T3 (Nopal + Isomalt)	5.09 \pm 2.29 a	1.90 \pm 0.12 b	4.95 \pm 0.18 a	7.61 \pm 0.38 a
T4 (Nopal sin Isomalt)	10.25 \pm 4.67 b	1.46 \pm 0.29 a	5.42 \pm 0.49 abc	8.32 \pm 0.79 ab
Control	12.74 \pm 6.03 b	1.36 \pm 0.48 a	5.72 \pm 0.86 c	8.77 \pm 1.26 b

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Tabla 10

Coefficientes de los contrastes en parámetros físicos evaluados en tomate Cherry

Tratamiento	Ct 1	Ct2	Ct3	Ct4
0	4	0	0	0
1	-1	1	1	0
2	-1	1	-1	0
3	-1	-1	0	1
4	-1	-1	0	-1

Tabla 11

Contrastes en parámetros fisicoquímicos evaluados en tomate Cherry

Tratamiento	% Pérdida de peso	Acidez	pH	Brix
Contraste 1	0,0087	0,0009	0,0011	0,0152
Contraste 2	0,0098	0,6363	0,6619	0,0695
Contraste 3	0,2971	0,0052	0,0117	0,3986
Contraste 4	0,0037	0,0001	0,014	0,0243

Nota. Los valores representan el p-valor

Luego de realizar los contrastes se pudo observar que para todas las variables, la presencia del recubrimiento si difirió del tratamiento control sin recubrimiento, confirmándose su efecto; únicamente para la variable % pérdida de peso el contraste 2 fue significativo ($p \leq 0.05$), es decir influyó el tipo de mucílago utilizado siendo el mucílago de nopal el que presentó mejores propiedades de barrera; en el caso del contraste 3 referente a la influencia de Isomalt dentro de la formulación con chía, fue significativo para las variables acidez y pH ($p \leq 0.05$) y finalmente el contraste 4 fue significativo para todas las variables ($p \leq 0.05$), haciendo alusión

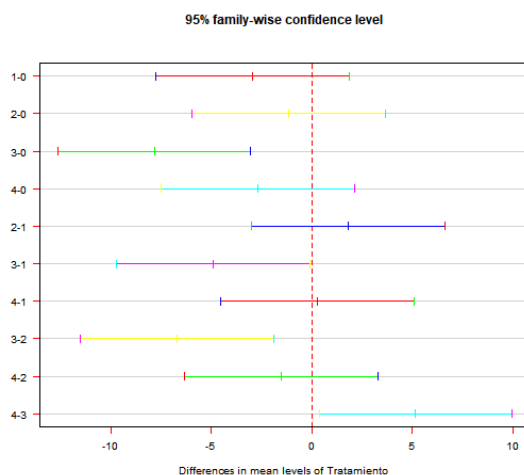
que la utilización de Isomalt dentro del tratamiento con nopal si influyó de manera positiva en los parámetros fisicoquímicos (Tabla 10 y Tabla 11).

Pérdida de peso (%)

Para la variable porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry, datos tomados durante 15 días, (Anexo A – Tabla 13) existieron diferencias significativas entre tratamiento a un nivel de significancia del 5% (Tabla 9 y Figura 7), los resultados arrojaron que el tratamiento T3 (Nopal + Isomalt) fue el mejor, ya que perdió menor cantidad de agua durante el tiempo de evaluación, siendo éste de apenas el 5.09 % en comparación con el resto de los tratamientos que presentaron valores de 9.99 %, 11.79 %, 10.25 % y 12.74 % para T1, T2, T4 y Control respectivamente.

Figura 7

Prueba de múltiple rango para porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente

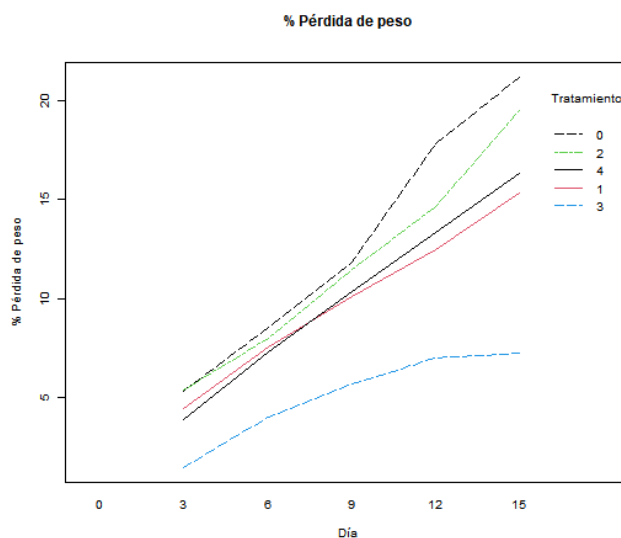


Como se puede observar, en la Figura 8 se muestra el comportamiento de la pérdida de peso a lo largo de los 15 días que duró el experimento (Anexo B – Figura 22), aquí se puede ver que la pendiente del T3 (Nopal + Isomalt) es menos pronunciada que el resto de los

tratamientos, esto puede ser debido a la presencia de Isomalt, el cual al no ser higroscópico evita el paso del vapor de agua del tomate hacia el ambiente, en conjunto con la presencia de calcio en el mucílago de nopal, concordando con (Grijalva & Cornejo, 2016), donde mencionan que la utilización de sales de calcio reduce la pérdida de agua en frutas y vegetales.

Figura 8

Porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente

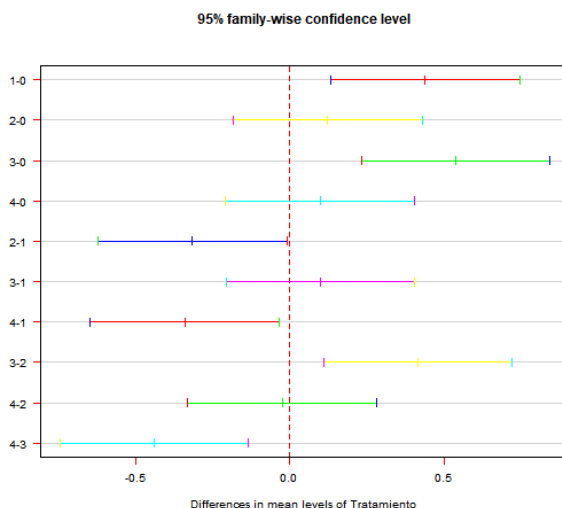


Acidez

Los resultados de la acidez expresados como porcentaje de ácido cítrico medida durante 15 días (Anexo A – Tabla 14) presentaron diferencias estadísticas para los cinco tratamientos a un nivel de significancia del 5 % (Tabla 9 y Figura 9), siendo los tratamientos T3 (Nopal + Isomalt) con 1.90 % y T1 (Chía + Isomalt) con 1.80 % de ácido cítrico los que presentaron valores más altos de acidez promedio durante los 15 días de evaluación, en comparación con los demás tratamientos.

Figura 9

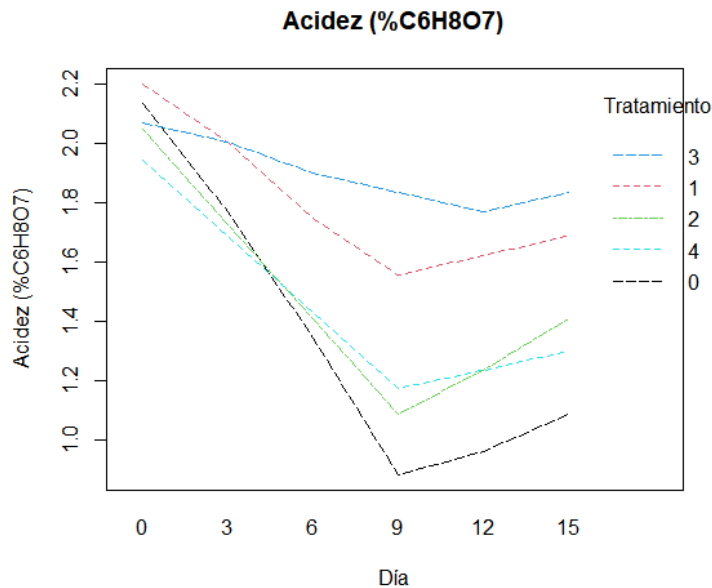
Prueba de múltiple rango para acidez en tomate a temperatura ambiente



En la figura 10 se ve reflejado el contenido de ácido cítrico de los tratamientos a través del tiempo (15 días) (Anexo B – Figura 23), estos presentan una tendencia a disminuir con el paso de los días, siendo ésta una característica propia del tomate Cherry durante el almacenamiento a causa de cambios fisiológicos producidos por la maduración como lo indica (Hernández, 2013), sin embargo a partir del día 9 en el caso de T1 (Chía + Isomalt), T2 (Chía sin Isomalt), T4 (Nopal sin Isomalt) y T0 (sin recubrimiento), y en el día 12 para T3 (Nopal + Isomalt) empieza a incrementarse la cantidad de ácido cítrico, lo que puede relacionarse principalmente con el deterioro microbiano a causa de la presencia de pequeñas grietas en la corteza de los tomates, ya que según (Analuisa, 2020), el corte permite la eliminación de extractos celulares (azúcares) que son aprovechados por los microorganismos como fuente de sustrato para su proliferación, los cuales generan ácido fórmico (Medina, 2019).

Figura 10

Acidez expresada en porcentaje de ácido cítrico en tomate Cherry a temperatura ambiente



Los resultados para el factor acidez concuerdan con los datos obtenidos en el estudio de (Gómez, 2020) quien, al evaluar recubrimientos enriquecidos con aceites esenciales, en los tratamientos encontró ligeras fluctuaciones con tendencia a disminuir progresivamente conforme avanzaba el experimento, además menciona que para el día 12 los productos evaluados tienden a incrementar el % de acidez.

(Osorio & Yáñez, 2018) mencionaron en su estudio que naranjas tratadas con mayor cantidad de mucílago de nopal presentaron menores fluctuaciones en la cantidad de acidez y no muestran síntomas de envejecimiento, como pérdida de firmeza, decoloración de la fruta, así como no perjudicar a los atributos de calidad, asemejándose a los resultados de este estudio ya que los tomates recubiertos con T3 (Nopal + Isomalt) presentaron mejores características organolépticas en comparación al T1 (Chía + Isomalt).

Figura 11

Características organolépticas de tomate Cherry a los 10 días de almacenamiento



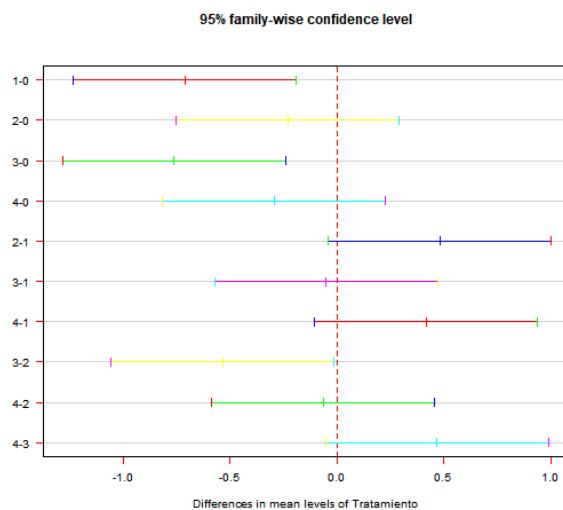
Nota. A representa al tratamiento T3 (Nopal + Isomalt), mientras que B representa al tratamiento T1 (Chía + Isomalt).

pH

Los datos pertenecientes a pH en tomate Cherry (Anexo A – Tabla 15) mostraron diferencia significativa en los cinco tratamientos de estudio al 95 % de confianza (Tabla 9, Figura 12), siendo el de menor valor el T3 (Nopal + Isomalt) con 4.95, en comparación con T2 (Chía sin Isomalt) y T0 (sin recubrimiento) que presentaron valores de 5.49 y 5.72 respectivamente.

Figura 12

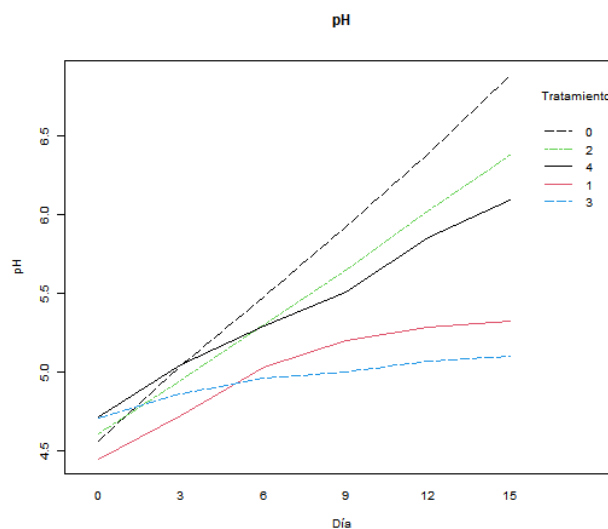
Prueba de múltiple rango para pH en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



En la figura 13 se puede observar la variación del pH con respecto a los días que duró el experimento (Anexo B – Figura 24), resaltando que la pendiente de T3 (Nopal + Isomalt) es menos pronunciada al comparar con T2 (Chía sin Isomalt) y T4 (Nopal sin Isomalt), con lo que se evidencia que los datos obtenidos para el tratamiento a base de nopal en conjunto con la Isomalt ayudaron a retardar el proceso de maduración al mantener una mayor estabilidad en el pH, llegando a tener resultados similares a los de (Gómez, 2020), quien en su estudio encontró que a lo largo del periodo de evaluación fue incrementando el valor de pH, lo que nos indica que el producto seguía con su proceso de maduración natural.

Figura 13

pH en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



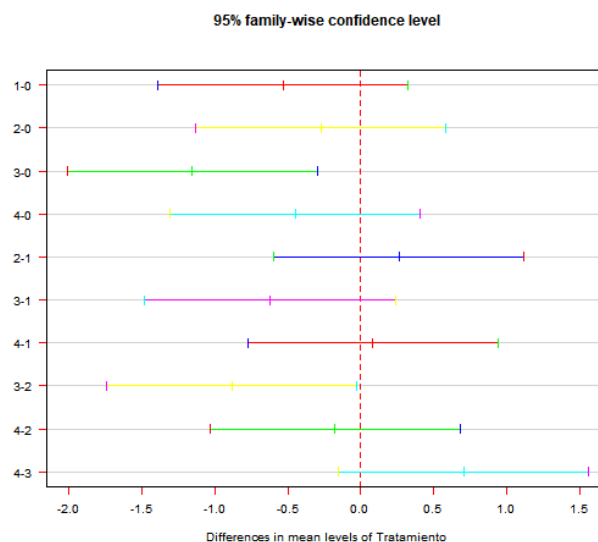
Brix

Al realizar la evaluación de los grados Brix en tomate Cherry con recubrimiento comestible (Anexo A – Tabla 16) se obtuvieron diferencias significativas para los cinco tratamientos a un nivel de significancia del 5%, siendo T3 (Nopal + Isomalt) con 7.61 el

tratamiento con los grados Brix más bajos, en comparación con los tratamientos T2 y T0 con 8.49 y 8.77 respectivamente (Tabla 9 y Figura 14).

Figura 14

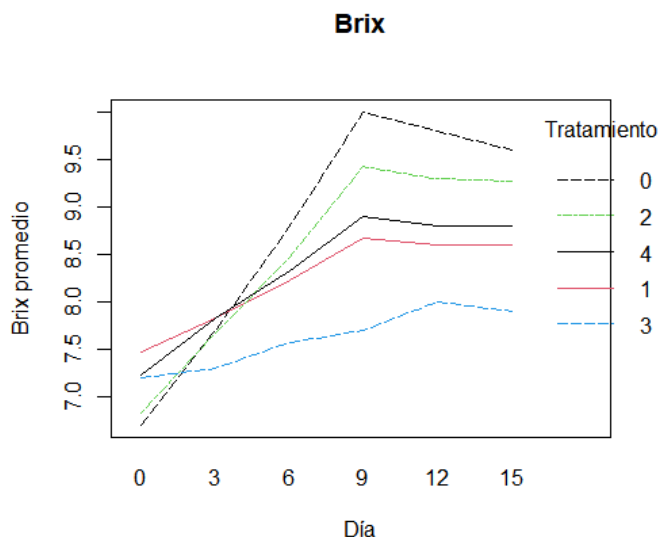
Prueba de múltiple rango para grados Brix en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



La figura 15 presenta los datos de grados Brix donde la mayor parte de los tratamientos siguen la misma tendencia a través del tiempo, pero fue el T3 (Nopal + Isomalt) el que mejores resultados presentó, ya que no presenta una pendiente pronunciada, es decir no existe un incremento acelerado de los azúcares, característica propia de la maduración de los frutos climatéricos (Anexo B – Figura 25), llegando a la misma conclusión que (Carvajal, 2012), quien en su estudio sobre las pérdidas poscosecha en tomate riñón, afirma que existe una disminución en el metabolismo lo que ocasiona que los almidones presentes en el tomate tengan una lenta conversión a azúcares, alargando el tiempo de vida de anaquel. Además (Analuisa, 2020) menciona que el rango aceptado de grados Brix para tomate Cherry va de 6 a 10 dependiendo la etapa de maduración en la que se encuentre, con lo que se puede afirmar que todos los tratamientos de este estudio se encuentran dentro del rango aceptado.

Figura 15

Grados Brix en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



Jengibre

No se obtuvieron resultados durante el tiempo de duración del experimento debido a que las rodajas de jengibre presentaron daños fisiológicos y presencia de hongos a los 2 días, en todos los tratamientos almacenados a temperatura ambiente. (Oscullo, 2011) menciona que el jengibre almacenado a 90% de humedad relativa es óptimo para el crecimiento de microorganismos, además el jengibre es muy sensible al frío y no debe ser almacenado a temperaturas menores a 12°C ya que ocurre deshidratación y ataque de hongos. Siendo estos los factores por los cuales no se logró la conservación.

Luego de probar con tres diferentes formas de secado (ambiente, toallas absorbentes y calor) y obtener los mismos resultados, se notificó al tutor sobre la situación por lo que se tomó la decisión de probar en zanahoria amarilla.

Figura 16

Jengibre cortado con presencia de hongos a los 2 días almacenado a temperatura ambiente



Zanahoria

Tabla 12

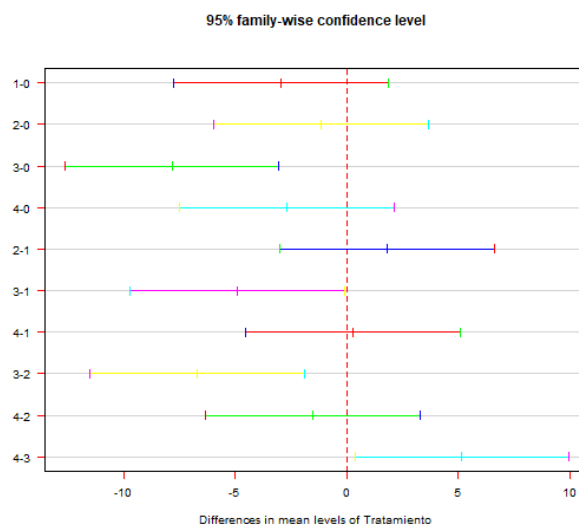
Media \pm DE del porcentaje de pérdida de peso en zanahoria almacenada a 7°C

Tratamiento/Parámetro	% Pérdida de peso
T1 (Chía + Isomalt)	9.04 \pm 5.26 ab
T2 (Chía sin Isomalt)	11.32 \pm 6.44 ab
T3 (Nopal + Isomalt)	7.06 \pm 3.74 a
T4 (Nopal sin Isomalt)	10.88 \pm 5.95 ab
Control (sin recubrimiento)	13.30 \pm 7.67 b

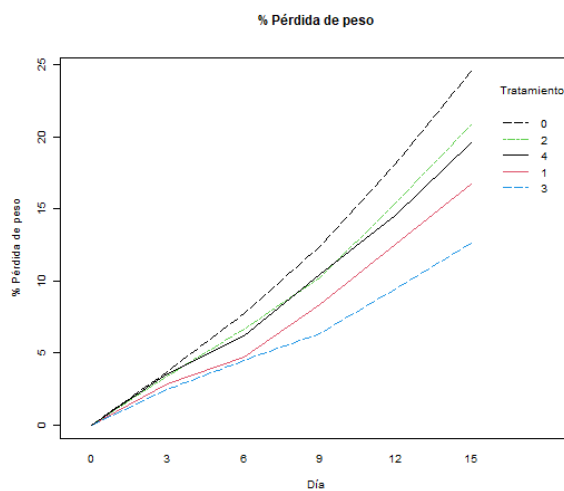
En la tabla 12 y Figura 17, se puede observar que para la variable porcentaje de pérdida de peso existieron diferencias significativas, siendo T3 (Nopal + Isomalt) el tratamiento que presentó un menor valor en comparación con el tratamiento control (sin recubrimiento). Además, en la Figura 18 se puede apreciar el comportamiento de la variable a lo largo de los 15 días que duró el experimento (Anexo A – Tabla 1), notándose claramente que la presencia de Isomalt en conjunto con el mucílago de nopal es responsable de este comportamiento, ya que las zanahorias con este recubrimiento presentaron una pendiente menos pronunciada, afirmando lo mencionado anteriormente que la combinación de estos dos elementos forman un recubrimiento de mayor grosor, por lo que existe una menor pérdida de agua y por ende menor pérdida de peso.

Figura 17

Prueba de múltiple rango porcentaje de pérdida de peso en zanahoria almacenada a 7°C bajo cinco recubrimientos comestibles

**Figura 18**

Porcentaje de pérdida de peso en zanahoria almacenada a 7°C bajo cinco recubrimientos comestibles



Por falta de insumos no se evaluaron más parámetros en la zanahoria amarilla como color, Brix, pH o acidez.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Luego de la evaluación mecánica en los recubrimientos se pudo concluir que el tipo de mucílago y la presencia de Isomalt influyeron para la variable transmitancia, siendo los tratamientos con nopal más opacos en comparación a los tratamientos con chíá, además los tratamientos con Isomalt presentaron mayor grosor, siendo está una característica deseada, ya que permite una mayor manipulación al momento de ser retirado de la caja Petri y realizar los cortes para la evaluación.

En el caso de los tomates se puede mencionar que la Isomalt influyó positivamente en las variables de acidez y pH ayudando a mantener cinéticas con pendientes menos pronunciadas, sin embargo, para el porcentaje de pérdida de peso y Brix, la Isomalt tiene influencia solo en compañía con el mucílago de nopal, manteniendo niveles más bajos y por lo tanto retardando la maduración. Para lo que fueron las rodajas de jengibre se concluyó que este tipo de recubrimientos no es adecuado, debido a la humedad que genera la pudrición del producto.

Los tomates tratados con la formulación de mucílago de nopal en conjunto con Isomalt presentaron menor pérdida de peso durante el almacenamiento en comparación con los demás tratamientos, confirmando que dicho tratamiento posee mejores propiedades de barrera (mayor grosor), al impedir la pérdida de agua, además al interactuar el nopal con la Isomalt, se obtuvo que ayudan a mantener niveles más estables para el pH, acidez y grados Brix en relación al tiempo de duración del experimento, es decir que el recubrimiento funciona para alargar la vida de anaquel.

Al analizar el porcentaje de pérdida de peso en la zanahoria se obtuvo que el tratamiento T3 formulado a base de mucílago de nopal enriquecido con Isomalt presentó mejores características comparado con el tratamiento control.

Recomendaciones

- Evaluar las características organolépticas y microbiológicas para determinar el tiempo de vida aceptado por el consumidor en el tomate Cherry.
- Probar diferentes dosis de Isomalt utilizando como base del recubrimiento el mucílago de nopal.
- Probar a diferentes temperaturas el comportamiento de recubrimientos a base de mucílago de nopal enriquecido con Isomalt.
- Probar con algún tipo de cera para el caso del jengibre en rodajas, ya que al ser de secado rápido podría tener mejores resultados.
- Probar diferentes proporciones de nopal para ver el efecto del grosor en la conservación de productos vegetales tratados.

Bibliografía

- Abraján, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Alay, E., & Vásquez, B. (2017). *Sustitución del azúcar común (Sacarosa) en el producto pastelero muffin*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20495>
- Analuisa, M. (2020). *Evaluación de técnicas de preservación de hortalizas de IV gama: lechuga (Lactuca sativa L.), tomate cherry (Solanum lycopersicum) y zanahoria (Daucus carota)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Arce, M. (2009). *Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA*. Scribd: <https://es.scribd.com/document/251338998/Datos-de-Clima-en-Salgolqui>
- Arredondo, K. (2017). Evaluación de propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua de películas de quitosano. *Jóvenes de la ciencia*, 31.
- Barrientos, P. (1983). *Nopal y agaves como recurso de zonas aridas y semiaridas de México*. Chapingo, México: Centro de Genética.
- Bósquez, E. (2007). *Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (citrus latifolia Tanaka)*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 237-248.

- Carvajal, G. (2012). *Evaluación De Las Pérdidas Poscosecha Tanto Físicas Y De Calidad En El Sistema De Producción Agrícola Del Cadet*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Cefla, M. (2015). *Diseño de una planta para la extracción de aceite vegetal comestible de las semillas de chía*. Quito, Ecuador.
- Curioseando.com. (2017). *Qué es la Isomalt?* <https://curiosoando.com/que-es-el-isomalt>
- Del-Valle, M. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: in vivo and in vitro studies. *Postharvest Biology and Technology*.
- Embuscado, M., & Huber, K. (2009). *Películas y revestimientos comestibles para aplicaciones alimentarias*. Springer.
- FAO. (2016). *Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en América Latina y El Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Fernández, N. (2015). *Efecto de barrera contra el vapor de agua de recubrimientos comestibles sobre el tomate (Solanum lycopersicum)*. Popayán: Universidad de Cauca.
- Gómez, A. (2020). *Recubrimiento comestible enriquecido con aceites esenciales de Orégano (Origanum vulgare), Clavo (Syzygium aromaticum) y Tomillo (Thymus vulgaris) para prolongar la vida de anaquel de la fresa*. Tabasco: INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LA REGIÓN SIERRA.
- Gonzales, D. (2019). *Isomalt: proceso de obtención*. Guayaquil.

- Granados, D., & Castañeda, A. (2000). El Nopal. Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola. México: Trillas.
- Grijalva, O., & Cornejo, F. (2016). Análisis del efecto de la impregnación de cloruro de calcio con deshidratación Osmótica por vacío en rebanadas de pimientos para conservas.
- Hernández, J. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum* var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. *A.E.T.S.*
- Jaramillo, A. (2013). *La chía (salvia hispanica L) desarrollo alimentos saludables*.
http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1043/1/La_chia_salvia_hispanica_L_desarrollo_alimentos_saludables.pdf
- Jimenez, G. (2013). *Extracción acuosa del biopolímero de la chia (Salvia hispánica L)*. México.
- López, M. (2004). Los aceite esenciales: Aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias. *ELSEVIER*, 88-91.
- Magnolia, R., Feregrino, A., & Contreras, M. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *iencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4605-4625.
- Martinez, D., & Romero, F. (2006). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. En *Journal of agricultural and food chemistry*.

- Medina, L. (2019). *Análisis de componentes: Determinación precisa del contenido de ácido, alcohol y azúcar. Análisis de componentes: Determinación precisa del contenido de ácido, alcohol y azúcar. Food & Feed Analysis: <https://food.r-biopharm.com/es/analitos/componentes/>*
- Oscullo, A. (2011). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de jengibre (Zingiber officinale Roscoe) variedad hawaiano, en San Lorenzo provincia de Esmeraldas. Universidad San Francisco de Quito.*
- Osorio, N., & Yáñez, M. (2018). *Obtención de un recubrimiento comestible a base de mucílao de nopal y aceite esencial de romero. Latacunga, Ecuador: Universidad de Cotopaxi.*
- Ospina, S., & Cartajena, J. (2008). *La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Lasallista de Investigación.*
- Palacín, J. (2012). *Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, n-acetil-cisteína en la calidad del plátano (musa paradisiaca). Cartajena, Colombia.*
- Quintero, j., Falguera, V., & Muñoz, A. (2010). *Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Tumbaga, 93-118.*
- Rico, r. (2003). *Estudio de la aplicación de recubrimiento comestible de quitosano y su adición con aceites esenciales sobre la vida útil del mango. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*
- Rojas, G. (2006). *Recubrimientos y sustancias de origen natural en manzana frescacortada: una nueva estrategia. Universitat de Lleida, España.*

- Salinas, V. (2014). *Caracterización de películas comestibles a base de mucílago de nopal (Opuntia ficus indica) y evaluación como recubrimiento comestible en ciruela (Prunus salicina) para su conservación en fresco*. México: Universidad Nacional Autónoma de México .
- Santos, C. (2010). *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso* . Madrid: E. V. Libros.
- Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. En *Journal of agricultural and food chemistry*.
- Silva, C. (2015). *Evaluación técnica comercial del aprovechamiento de la semilla de chía (Salvia hispánica) para la elaboración de productos alternos*. Universidad de las Americas.
- Solano, L., & Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 30-42.
- Vázquez, M. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. En *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* (págs. 5-14).
- Vera, A., & Manzaba, M. (2019). *Efeito da relação polpa - mucilagem do melão amargo (momordica charantia) na concentração final de um leite fermentado*. Escuela agrícola politécnica .
- Villa, D., Osorio, M., & Villacis, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las ciencias*, 503-524.

Villagomez, A. (2011). *Estudio del efecto del glicerol y del aceite esencial de anís en un recubrimiento comestible, sobre el tiempo de vida útil del babaco (carica pentagona)*. Ambato : Universidad Técnica de Ambato.

Villegas, C. (1997). Los Nopales (Opuntia spp.) recursos y símbolos tradicionales en México. *VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*, (págs. 271-273). México.

Zambrano, M. (1998). Características fisicoquímicas del nopal. *Temas en Tecnología de Alimentos*, (págs. 29-42). México.

<https://drive.google.com/drive/folders/1faZgJwP5-LdsSnpoZzHGLHb37LZ0cTYT?usp=sharing>