



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

LICENCIATURA EN ALIMENTACIÓN SUSTENTABLE

Tesis

**Efecto del recubrimiento a base de almidón de plátano macho
(*Musa balbisiana*) adicionado con aceite esencial de limón (*Citrus limonium*)
sobre el tiempo de vida de anaquel de la fresa (*Fragaria*)**

**Que para obtener el título de
Licenciado en Alimentación Sustentable**

Presenta:

Rodriguez Pelaez Israel

Director:

Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Codirectora

Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega

Asesores:

Mtro. José Antonio Estefes Duarte

Mtra. Iridiam Hernandez Soto

Tulancingo de Bravo, Hidalgo. 29 de mayo del 2025

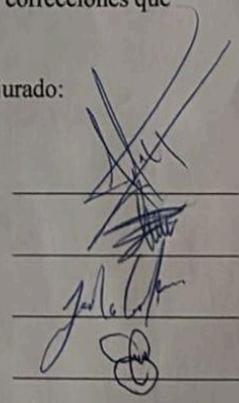
Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 08 de julio de 2024
Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
 Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Alimentación Sustentable, **Israel Rodríguez Peláez**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Efecto del recubrimiento a base de almidón de plátano macho (*Musa balbisiana*) adicionado con aceite esencial de limón (*Citrus limonium*) sobre el tiempo de vida de anaquel de la fresa (*Fragaria*)”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

- PRESIDENTE** Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo
- SECRETARIO** Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega
- VOCAL 1** Mtro. José Antonio Estefes Duarte
- VOCAL 2** Mtra. Iridiam Hernández Soto



Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
 “Amor, Orden y Progreso”

Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo
 Coordinador de la Licenciatura en
 Alimentación Sustentable



Av. Universidad Km. 1, Exhacienda de
 Aquetzalpa, C.P. 43600, Tulancingo, Hidalgo,
 México
 Teléfono: 7717172000 Ext. 2461
 pelaeza@uaeh.edu.mx



Índice General

Resumen	1
1.Introducción	2
2.Marco teórico	4
2.1 Empaques convencionales	4
2.1.1 Empaques biodegradables	5
2.1.2 Clasificación de empaques biodegradables	6
2.2 Composición del Almidón	8
2.2.1 Almidón de plátano macho	9
2.2.2 Ventajas y desventajas de los recubrimientos comestibles	9
2.3 Empaques activos	10
2.4 Aceites esenciales	11
2.4.1 Composición química y efecto conservante de los aceites esenciales	12
2.5 Fresas	14
3.Antecedentes	17
4. Justificación	20
5.Hipótesis	22
6.Objetivo General	23
6.1 Objetivos específicos	23
7.Materiales y Métodos	24
7.1 Diseño experimental	24
7.2 Análisis de Pérdida de peso	25
7.3 pH	25
7.4 Grados Brix	26
7.5 Firmeza	26
7.6 Color	26
7.7 Análisis sensorial	27
7.8 Análisis estadístico	28
8.Resultados	29
8.1 Pérdida de peso	29
8.2 Brix	31
8.3 Firmeza	32
8.4 pH	33
8.5 Color	35
8.5.1 L*	35
8.5.2 a*	36
8.5.3 b*	37
8.6 Análisis sensorial	41
9.Conclusión	45
10. Referencias	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de materia prima para la realización de recubrimiento comestibles	7
Tabla 2. Propiedades de los aceites esenciales en la vida útil de la fresa (Fragaria × ananassa)	13
Tabla 3. Composición química de la fresa (Fragaria × ananassa)	15
Tabla 4. Formulación de recubrimientos	25
Tabla 5. Resultados de color referente a los 28 días de almacenamiento en fresas recubiertas	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Empaque de polietileno para preservar Apio (<i>Apium graveoles</i>)	4
Figura 2. Fresa (Fragaria × ananassa)	16
Figura 3 . Análisis Sensorial prueba hedónica de preferencia realizada en el Instituto de ciencias agropecuarias	27
Figura 4. Resultados del porcentaje de pérdida de peso respecto a los 28 días de almacenamiento	30
Figura 5 Resultados de grados brix durante 28 días de almacenamiento	31
Figura 6. Resultados de firmeza de la fresa durante 28 días de almacenamiento	33
Figura 8. Representación gráfica de la prueba de aceptabilidad de color durante 14 días de almacenamiento	42
Figura 9. Representación gráfica de la prueba de aceptabilidad de color durante 14 días de almacenamiento	43

Resumen

La importancia de desarrollar nuevas alternativas de empaque para alargar la vida útil de los alimentos se ha vuelto un tema recurrente en la industria alimentaria teniendo como objetivo reducir el uso de plásticos convencionales y alargar la vida útil de los alimentos, un ejemplo de ello son las películas biodegradables ya que los plásticos convencionales debido a su gran demanda generan un impacto negativo en el medio ambiente. Se evaluaron distintos parámetros en las fresas almacenadas durante 28 días a una temperatura de 4°C: pérdida de peso, textura, color, grados Brix y pH, a cuatro tratamientos: testigo, una muestra recubierta de almidón de plátano macho, muestra recubierta con almidón adicionada con el 0.10% de aceite esencial de limón y la última adicionada con 0.20% de aceite esencial de limón. Los aceites esenciales en los recubrimientos comestibles contribuyen para la preservación de la vida útil de la fresa, al final del estudio podemos observar como la adición de aceite esencial de limón con el almidón de plátano macho representan un menor porcentaje de pérdida de peso a comparación de las fresas no tratadas esto debido a la impermeabilidad del almidón y el retraso de la maduración del fruto. Junto a sus análisis sensorial que referente a los atributos de textura y color se presenta una mayor aceptación en las fresas adicionadas con aceite esencial con las que no fueron tratadas. Lo que está relacionado en que la adición de aceite esencial de limón al tener un impacto positivo al minimizar la pérdida de peso muestra un resultado positivo en los atributos sensoriales ya mencionados.

Palabras clave: Almidón, aceite esencial, recubrimientos comestibles

1.Introducción

La fresa (*Fragaria*) es considerada una de las frutas más importantes a nivel mundial. Pero se sabe que a lo largo de su distribución y por ser un alimento muy perecedero extremadamente sensible a la contaminación microbiana que pueden afectar de manera significativa las características de calidad y al mismo tiempo restarle su valor nutricional (Shehata et al., 2020).

Por lo que es primordial alargar la vida anaquel de este fruto para que puedan mantenerse en óptimas condiciones hasta las manos del consumidor donde se ha optado por la utilización de plásticos convencionales como el polietileno, el polipropileno, el politereftalato de etileno, el policloruro de vinil y otros termoplásticos que han tenido gran relevancia como materiales de embalaje primordiales gracias a sus propiedades mecánicas y ópticas; baja permeabilidad al vapor de agua, O₂ y CO; ligereza; impermeabilidad lo que se resume en reducir la penetración de humedad que pueda afectar al alimento; y calidad estética por su amplia aplicaciones en la industria alimentaria y bajo costo. Pero gracias a esto se presentan niveles de contaminación altos ya que en medida de la demanda de estos plásticos es la medida de la contaminación del desecho post consumo (Pelissari et al., 2019).

Por lo que varias empresas se han visto obligadas a aplicar tecnologías apropiadas y sustentables para la preservación de sus productos. En el caso de los biopelículas biodegradables siendo compuestos naturales y orgánicos que han servido para reducir el uso de los plásticos convencionales (Shehata et al.,2020).

En este caso encontramos una de las fuentes más abundantes de la tierra que es el almidón que lo podemos encontrar en forma granular en semillas raíces y

tubérculos de productos agrícolas lo que lo hace un opción redituable para su aplicación. Así mismo se ha presentado una tendencia a la utilización de los aceites esenciales ya que estos se llega a utilizar de forma recurrente en la preservación de alimentos. Por mencionar algunas como el aceite esencial de canela, tomillo, árbol y aceites esencial de limón donde sus terpenos y terpenos oxigenados muestra un gran potencial antifúngico (Pelissari et al.,2019).

Este estudio se realizó con el objetivo de comprobar cuál es el efecto que tiene la utilización almidón de plátano y aceite esencial de limón para determinar si existe una diferencia entre una la película biodegradable y en la que no se aplican algún tratamiento así mismo fomentando la reducción de empaques convencionales donde su principal componente es el petróleo.

2.Marco teórico

2.1 Empaques convencionales

La utilización de los plásticos derivados del petróleo han prevalecido en la industria de los alimentos con el principal fin de prolongar la vida útil de estos mismos, lo que por ende facilita su movilización sin modificar las propiedades organolépticas del producto o alimento (Gadhavé, Das, Mahanwar, Gadekar, 2018).

Por consiguiente, las industrias optan por la utilización de plásticos de origen petroquímico como cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), polietileno (PE), poliamida (PA) y poliestireno (PS) esto debido a sus múltiples funciones como lo es la barrera contra el dióxido de carbono, oxígeno lo cual mantiene en óptimas condiciones para el consumo, siendo así también una materia prima de bajo costo como se muestra en la Figura 1 (Rahman et al., 2019).



Figura 1. Empaque de polietileno para preservar Apio (*Apium graveolens*)

A pesar de las múltiples ventajas esto ha desencadenado una serie de problemas en cuanto a su eliminación que constantemente genera grandes problemas ambientales ya que a pesar de que existen métodos de eliminación segura se siguen optando por los métodos de eliminación convencionales (Gadhawe et al., 2018).

2.1.1 Empaques biodegradables

Conforme la industria de los alimentos va creciendo la demanda para los materiales de empaque aumenta. Los plásticos desde hace mucho han tenido un impacto importante a nivel mundial para la protección de los alimentos pero provocando un impacto negativo en el ambiente como el deterioro de la vida acuática y la calidad del aire por su casi nula biodegradabilidad (Shaikh, Yaqoob, y Aggarwal, 2021).

Los recubrimientos biodegradables son capas delgadas transparentes que se aplican directamente al alimento este puede ser sumergido o rociado. Sin embargo estos métodos también han tomado relevancia debido a su origen biológico ya que al ser consumidos o degradados por microorganismos estos no pueden producir emisiones peligrosas al medio ambiente. Su función es actuar como una barrera de protección para evitar que sus propiedades físicas y químicas se vean afectadas durante su transporte, manipulación, almacenamiento hasta llegar al consumidor final (Amin et al., 2021).

2.1.2 Clasificación de empaques biodegradables

En el caso del gluten de trigo es deducible que es una materia prima altamente disponible y de bajo costo ya que es un subproducto del almidón. Su velocidad de degradación es bastante rápida poniéndolo en comparativa con otros polímeros (Shaikh, Yaqoob, y Aggarwal, 2021).

Por otro lado quitosano siendo uno de los polisacáridos más abundantes en la naturaleza extraído de los exoesqueletos de los crustáceos, insectos y las paredes celulares de los hongos, los cuales a pesar de contar con una baja resistencia al agua, compensa su alta efectividad de barrera contra el oxígeno y el dióxido de carbono (Amin et al., 2021).

Las principales fuentes de obtención para la elaboración de estos recubrimientos como se muestran en la tabla 1 hacen uso de polisacáridos tomando como ejemplo el almidón en la cual se toma distintas fuentes de extracción como cereales, leguminosas, raíces y tubérculos y frutas inmaduras, además presentan ciertas ventajas y desventajas frecuentemente es utilizado en la industria alimentaria gracias a su amplia disponibilidad, bajo costo lo hacen una materia primara recurrente en la elaboración de biopelículas y recubrimientos biodegradables contando con una alta capacidad de resistencia mecánica, elasticidad y transparencia significativas siendo esto puntos a tomar en cuenta (Amin et al., 2021).

Tabla 1. Fuentes de materia prima para la realización de recubrimiento comestibles

Materia prima	Ventajas	Desventajas
Almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de barrera en gases: lo que permiten su uso en el envasado de frutas y verduras • Alta biodegradabilidad, biocompatibilidad, disponibilidad y comestibilidad, • Bajo costo, • Abundancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilidad y su susceptibilidad al agua.(Esta problemática se puede resolver a base de la adición de ciertos plastificantes como el glicerol)
Celulosa	<ul style="list-style-type: none"> • Comestibilidad • Biodegradabilidad, biodisponibilidad, no tóxico, • Características organolépticas agradables 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta absorbabilidad de agua
Quitosano	<ul style="list-style-type: none"> • Alta biodegradabilidad y biocompatibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja barrera de agua

(Panou, y Karabagias,2023).

2.2 Composición del Almidón

Se trata de un polisacárido vegetal de alto peso molecular más abundante en la naturaleza. Es un carbohidrato compuesto por amilosa y amilopectina . La amilosa cuenta con enlaces glucosídicos α -1,4 y la amilopectina cuenta con enlace α -1,4. Sus principales fuentes de extracción son la papa, yuca , maíz ,trigo, arroz y cebada (Apriyanto, Compart, y Fettke, 2022).

El porcentaje que representa la amilopectina y amilosa presente en el almidón se mide entre 72% y el 75% y el 25% al 28%, respectivamente. Este tiene principales aplicaciones en distintos sectores industriales para su aplicación uno de ellos es la industria textil y farmacéutica (Abe et al.,2021).

Entre la gran variedad de polímeros naturales, el almidón de frijol polillas es una de las fuentes de obtención más accesibles y renovables por lo cual al momento no se ha explorado o prestado la atención suficiente debido a sus amplias propiedades, incluida su excelente propiedad de formación de película, su naturaleza no tóxica y su barrera superior a los gases (Kumar et al.,2021).

La amilosa presenta propiedades filmógenas que forman recubrimientos que exhiben resistencia mecánica, elasticidad y transparencia significativas además de ser rentables debido a su alta disponibilidad y costos por lo que son considerados de manera recurrente como una materia prima en los embalajes de la industria alimentaria (Cui et al.,2021).

Los métodos de acción empleados para la formación de recubrimientos biodegradables es la incorporación de 3 materias fundamentales, almidón, plastificante y agua donde son expuestas a una temperatura de gelatinización,

donde los gránulos de almidón cumplen la función de absorber agua e hincharse. La amilosa se libera en un ambiente viscoso, lo cual forma un gel. Por siguiente los gránulos pasan a un proceso de enfriamiento perdiendo agua, aquí es cuando la amilosa y la amilopectina vuelven a su forma original, lo cual forma una red rígida y compleja a lo que se le llama retrogradación. Tienden a tener una variación dependiendo la fuente de almidón cambiando la temperatura por la estructura y el tamaño, se puede dar como responsable la amilosa para la formación de geles lo que es igual a más amilosa más firmeza en el gel (Apriyanto, Compart, y Fettke, 2022).

2.2.1 Almidón de plátano macho

Una fuente interesante de almidón son los plátanos (*Mussa paradisiaca*), un importante fruto a nivel mundial. En este caso presentan un aproximado de un 36% de contenido de almidón lo que lo considera como una fuente accesible en mercados locales de todo el mundo. El almidón de plátano se conoce de igual forma por su alto contenido de amilosa que el almidón de papa, maíz y trigo (Pinzon et al.,2020).

2.2.2 Ventajas y desventajas de los recubrimientos comestibles

Cuenta con múltiples propiedades y características que llegan a ser un recurso necesario para la industrias para empaquetado y embalaje gracias a su biodegradabilidad, biocompatibilidad y su bajo costo. En su aplicación se pueden apreciar diversos beneficios al consumidor ya que al ser inodoro incoloro y no tóxico no representa un gran cambio para el producto. Reducen su impacto ambiental haciendo uso de materia prima renovable. También cuentan una serie de

desventajas que deben ser tomadas en cuenta , una de estas es la baja barrera contra el vapor de agua y su casi nula estabilidad durante el proceso de congelación. Pero esto puede variar referente a la cantidad de amilosa que se encuentra en el almidón que se le conoce como la base polimérica en las cuales se utilizan diversos métodos físicos , químicos , genéticos y enzimáticos donde se modifica su estructura y permite mejorar las características de los bioplásticos a partir del almidón (Brienzo et al.,2021).

2.3 Empaques activos

Las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas tienen un impacto significativo tanto en las características sensoriales como en la calidad general de dichos productos. Por ello, los recubrimientos activos son una opción viable para su conservación puesto que poseen mayor calidad sanitaria y mejores propiedades de barrera contra la humedad y los gases (Kumar, Ghoshal y Goyal, 2021).

Los empaques cumplen con una función esencial en la cadena de suministro de los alimentos con el fin principal de depositar estos mismos durante su transporte salvaguardando sus propiedades físicas a la hora de su manipulación sin embargo muchos de estos presentan algunas problemáticas que interfieren con las propiedades del producto sobre todo los alimentos frescos donde innumerables veces se hace uso de materiales de embalaje altamente permeables a los gases lo que se resume a que dichos gases atraviesan de la superficie del envase dañando el alimento lo cual limita su capacidad de alargar su vida útil. Por ello se ha buscado un enfoque y preferencia hacia los alimentos naturales que deben cumplir con una serie de características tales como que estos se encuentren mínimamente procesados o por su defecto que no hayan sido

procesos evitando la adición de otros compuestos como los conservadores y mantenido su vida útil, lo que se ve reflejado en el avance de nuevas tecnologías para el embalaje que permitirá cumplir con estas características como el embalaje a atmósfera modificada, el embalaje activo, embalaje inteligente. Haciendo énfasis en los empaque activos estos mismos tienen la finalidad ya mencionada prolongar la vida útil de los alimentos sin perder la calidad de estos mismos, tiene un interacción directa con la comida (Kumar, Ghosha, y Goyal 2021).

2.4 Aceites esenciales

La fuente principal de los aceites esenciales son obtenidas de plantas, incluidas las semillas, las flores, la cáscara, el tallo, la corteza y plantas enteras, contando con una composición compleja llegando a ser más de 50 componentes en diferentes concentraciones. Los aceites esenciales son metabolitos secundarios utilizados como mecanismos de defensa atribuyendo una actividad microbiana que puede ser muy útil para la preservación de algunos alimentos. En la naturaleza existe un amplia variedad de Aceites esenciales por mencionar algunos aceite de árbol de té, aceite de limón y clavo, aceite, aceite de canela, aceite de tomillo, aceite de mostaza, aceite de orégano aceite de lavanda, aceite de eucalipto y aceite de menta, etc. En el caso de los terpenos del aceite esencial de limón presenta un potencial antifúngico para erradicar la proliferación de *Candida spp.* como *C. albicans*. Estos mismos correspondiente a su papel cumplen con actividades antimicrobianas debido a su naturaleza hidrófoba tienen la facilidad de movernos a través de los lípidos de las membranas celulares de las bacterias modificando su pared celular (Bhavaniramy et al.,2019).

2.4.1 Composición química y efecto conservante de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son un resultado del metabolismo secundario de las plantas donde son reconocidos por sus actividades antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes antimicrobianas resaltando en la cual se enlaza directamente con la conservación de los alimentos lo que lo convierte en una alternativa para reemplazar los conservantes convencionales (Liu et al., 2022).

Cada aceite esencial presenta propiedades específicas como se muestran en la tabla 2 realza la importancia de evaluar su calidad y sus propiedades para posteriormente determinar su composición química. En el caso del aceite esencial de limón este se ha utilizado para diversos fines en la industria de la perfumería, cosmética, farmacéutica y sobre todo en la alimentaria (Benoudjit., Maameri, y Ouared., 2020).

Tabla 2. Propiedades de los aceites esenciales en la vida útil de la fresa (*Fragaria × ananassa*).

Aceite Esencial	Fuente	Efecto en la fresa
limón	<i>Citrus limon</i>	Este tipo de recubrimientos podría disminuir el intercambio de gas y agua entre las superficies de la fruta y el medio ambiente circundante, lo que resulta en un retraso en la tasa de respiración, la pérdida de agua. (Shehata, <i>Et al.</i> , 2020)
Naranja	<i>Citrus sinencis</i>	En general proporciona un efecto más fuerte contra los radicales libres debido a la capacidad del aceite que reduce la permeabilidad del oxígeno. (Shehata, <i>Et al.</i> , 2020)
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Contiene propiedades antioxidantes retrasando su proceso de oxidación mantenido en óptimas condiciones su pigmentación (Guarda <i>Et al.</i> , 2020)

Se trata de una combinación compleja de compuestos volátiles que variando su composición química afecta su olor y sabor, debido a la falta de información sobre los conservantes utilizados en la industria alimentaria, la amplia preocupación de los consumidores por su salud las industrias alimentarias consideran a los aceites esenciales una alternativa ante esta problemática ya que son seguros, naturales y

eficientes representando una barrera que garantiza su protección en contra de patógenos de una matriz alimentaria (Falleh, Jemaa, Saada, y Ksouri, 2020).

Los aceites esenciales se llegan a obtener utilizando ciertos tipos de extracción de diferentes partes de plantas. Un espectro reveló que por el método de extracción de prensado en frío se observó la presencia de alcanos, alquenos, compuestos aromáticos y alcoholes en la que los hidrocarburos monoterpénicos son los que se encuentran en mayor abundancia en el aceite esencial de cáscara de limón representando aproximadamente el 93% del aceite esencial total. Su constituyente principal era el α -limoneno (65%) y los principales aldehídos eran geranial (2%) y neral (1%) (Benoudjit., Maameri, y Ouared, 2020).

Estos tienen una amplia aplicación esto derivado de sus propiedades antimicrobianas, fungicidas, antibacterianas, bactericidas y como conservante en los alimentos por lo que se ofrece contando como una alternativa con múltiples beneficios a siendo utilizados como antimicrobianos naturales, rentables, ecológicos, renovables y sobre todo biodegradables para la conservación de productos mayormente perecederos como la fresa (*Fragaria* \times *ananassa*). (Pandey et al., 2017).

2.5 Fresas

Las fresas (*Fragaria* \times *ananassa*) (Figura 2) son frutos de gran demanda por su alto contenido de minerales, vitaminas, antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos que presentan un papel vital en la dieta y la salud humana. Por lo general, los frutos de las fresas se consumen frescos o procesados en jugos (Shehata et al., 2020).

La fresa es una fruta con una de las mayores acepciones a nivel mundial contando con una amplia gama de usos , como por ejemplo la exportación e importación en la industria alimentaria (Kessel Domini, A. 2012).

Entre los principales productores de fresas encontramos 5 países china, Estados Unidos de América, México, Turquía y Egipto, en donde unidos representan mayoritariamente el volumen total en un 70% respectivamente los países exportadores son los estados unidos de américa , países bajos ; Bélgica y México. La fresa se encuentra altamente valorada por sus múltiples características entre ellas , su agradable sensación agrídulce en la boca por su inusual aroma. Entre sus múltiples propiedades se puede resaltar sus compuestos que son: Vitamina C , flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina y kaempferol, ácidos orgánicos. minerales, pigmentos y aceites esenciales , además cuentan con propiedades antioxidantes que tiene una función importante al reducir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares (Ramírez et al.,2020).

Tabla 3. Composición química de la fresa (*Fragaria × ananassa*)

Composición química Fresa (<i>Fragaria × ananassa</i>)	%
Agua	89.6%
Hidratos de carbono	7%
Proteína	0.7%
Lípidos	0.5%
Fibra	2.2%

(Barrufet, 2013).

Su vida útil llega a ser relativamente corta aproximadamente de 4 a 5 días en refrigeración a una temperatura de 4°C ya que su delicado tejido lo expone a la contaminación por hongos (Khodaei, Hamidi. y Rahmati, 2021).

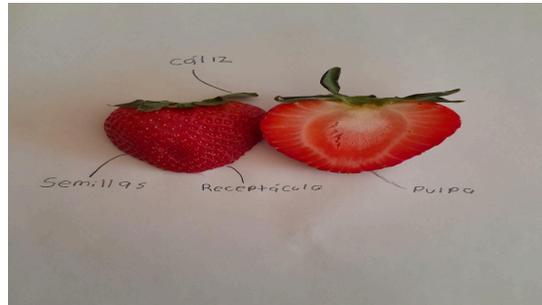


Figura 2. Fresa (*Fragaria x ananassa*)

Existen muchos factores y causas que se reflejan en la descomposición del fruto durante su periodo de Post cosecha y almacenamiento lo que deriva en cambios que pueden ser contraproducentes para el consumidor en su mayor parte por la proliferación de ciertas variedades de hongos como lo es el *botrytis cinera* mejor conocido como moho gris que el cual cuenta con una amplia variedad de huéspedes lo que la hace bastante recurrente en una gran variedad de cultivos ya sea antes o después de su cosecha, esta se puede identificar en diferentes áreas del fruto principalmente en las áreas más suaves o débiles siendo muy evidente al ojo humano por su color blanco o gris esto dependiendo de la exposición que este tenga a la luz (Feliziani y Romanazzi, 2016).

3. Antecedentes

Alexandre y Bosmuler (2023) encontraron en su estudio que las películas de almidón de ñame eran completamente solubles. Las fresas que fueron recubiertas con una película de almidón de ñame se les presentó un resultado más favorable en la pérdida de agua. Además observaron que los recubrimientos comestibles mantuvieron estables los valores del pH y la relación sólidos solubles casi sin mostrar cambios durante el período evaluado.

Gómez et al. (2021) mencionan sobre la implementación de almidón de ñame que debido a su contenido de aceites esenciales de lima, hinojo y lavanda tiene un efecto positivo para aumentar la vida útil de las fresas. Evaluando las propiedades de tracción, propiedades de barrera permeabilidad al vapor de agua (WVP) y permeabilidad al oxígeno (OP), contenido de humedad, solubilidad en agua, capacidad de absorción, ángulo de contacto con el agua, propiedades ópticas y actividad antioxidante. Donde su efecto fue demostrado en la inoculación de fresas recubiertas en *Aspergillus niger* durante 14 días de almacenamiento a 25 °C. Teniendo como resultado que los aceites esencial mejorar su vida útil su permeabilidad de agua y brindando un actividad antimicrobiana en las películas.

Los resultados mostraron que la incorporación de aceites esenciales mejoró el alargamiento y WVP y proporcionó capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana en las películas. En particular, el aceite esencial de lima mostró una mayor actividad antioxidante.

Sapper et al. (2019) hicieron uso de almidón de goma gellana para aplicarlas en manzanas y caquis evaluando su efectividad contra pérdida de peso, la tasa de respiración, la firmeza de la fruta y la descomposición por hongos durante la

poscosecha agregando aceite esencial de tomillo de manera directa así potencializando su acción antifúngica. Los recubrimientos no llegaron a presentar una pérdida de peso ni cambios en la firmeza de las manzanas, pero previnieron la pérdida de agua en los caquis.

Oyom et al. (2022) desarrollaron una formulación comestible del almidón de camote modificado (MSPS) y aceite esencial de comino (CEO). Donde se pudo evaluar su efectividad del recubrimiento sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de “temprano crujiente” una pera cultivada en el norte de china donde fue almacenada 25 °C durante 28 días. En general, el recubrimiento tuvo un efecto positivo mejorando la calidad de almacenamiento de las peras manteniéndose en óptimas condiciones para obtener una mejor calidad sensorial en comparación a las muestras no recubiertas .

Los recubrimientos comestibles deben diseñarse, desarrollarse y evaluarse en cada caso particular, puesto que, aunque la teoría sugiere que dicha tecnología ofrece beneficios a los alimentos en general, no siempre se obtienen resultados esperados. Saeed et al. (2021) probaron el poder antifúngico de un recubrimiento comestible a base de carnauba y diferentes concentraciones de aceite esencial de cáscara de naranja sobre fresas (*Fragaria*) inoculadas con *Penicillium expansum*. Curiosamente, los autores observaron disminución de la firmeza e incluso incremento en la carga microbiana de los frutos.

Shehata et al. (2020) hicieron una evaluación con diferentes aceites esenciales, o el aceite de limón (L), el aceite de naranja (O) y el aceite de mandarina (M) en la carga fisicoquímica y microbiana de las fresas (*Fragaria × ananassa*) almacenado a 2 ± 1 °C y 95% de humedad relativa (HR) durante 18 días. Donde se evaluaron

sus propiedades fisicoquímicas y microbianas de las fresas determinando tomando en cuenta algunos parámetros: pérdida de peso, porcentaje de descomposición, firmeza, contenido de sólidos solubles, acidez titulable, color, antocianinas, vitamina C, fenol total, antioxidante total, actividad catalasa, actividad de polifenol oxidasa, evaluación sensorial, contenido microbiano, coliformes totales, mohos y levaduras. Obteniendo como resultado que las frutas tratadas con todos los tratamientos de aceites esenciales (L, O y M) tenían una mayor presencia de antioxidantes totales y propiedades fisicoquímicas que las frutas no tratadas, debido a la protección contra el crecimiento microbiano de mohos y levaduras.

Pizato et al.,(2022) mencionan en el presente trabajo el efecto de aplicar un recubrimiento comestible a base de quitosano adicionando con diferentes concentraciones aceite esencial de clavo a fresas mínimamente procesadas. Las cuales fueron almacenadas 5°C durante 12 días para someterlos posteriormente realizando análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Aplicando 3 tratamientos T1 - testigo (fresas sin recubrimiento); T2 - 2% quitosano + 1% aceite esencial de clavo; T3 - 2% quitosano + 1,5% aceite esencial de clavo. Los resultados arrojaron un resultado donde las muestras T2 Y T3 resultaron ser más eficientes para la pérdida de peso comparado con la muestra de control.

4. Justificación

A lo largo del tiempo los plásticos derivados de petróleo han sido el principal material para la exportación, mantener la vida útil de los alimentos y sobre todo el llegar en la mejores condiciones al consumidor final estos son seguros y de bajo costo la razón por la cual son implementados en la industria alimentaria pero siendo su principal problemática su eliminación que genera grandes problemas ambientales. En la actualidad, se tiene estimado que la pérdida de alimentos en toda su cadena de suministro representa hasta el 30% de la producción total, lo que impacta directamente en las pérdidas, ocasionadas también por malas prácticas en el manejo. Por lo cual se recurre a métodos que puedan cumplir con dichas especificaciones, aportando varias opciones como los son los empaques activos, las películas biodegradables o comestibles con el uso de materia prima natural como cierto tipo de biopolímeros como el almidón que está presente. Haciendo énfasis en la fresa que se trata de un producto perecedero además de contar con una vida útil corta ya sea por que es muy delgado y susceptible a la contaminación afectando sus propiedades organoléptica sol cual representa una pérdida no solo para las industrias si no también para los consumidores que se ven expuestos al desecho de dicho fruto.

Por tal motivo, en este trabajo se presenta una alternativa para ampliar la vida de anaquel de las fresas mediante la adición de recubrimientos comestibles a base de almidón y aceite esencial de limón, generando una propuesta para la prolongación de la vida útil no solo de la fresa si no de otra variedad de frutos lo que va permitir que dicho producto llegue en óptimas condiciones al consumidor además de que puede desencadenar con una serie de beneficios a largo plazo

como reducir el uso de empaques tradicionales derivados del petróleo que generan desperdicios que afectan y se ven como una amenaza al medio ambiente.

5.Hipótesis

El uso de almidón del plátano macho (*Musa balbisiana*) es una adecuada alternativa para la formación de recubrimientos comestibles y con la adición de aceite esencial de limón (*citrus limonium*) aumentará la vida útil de la Fresa (*Fragaria*) hasta por 28 días en refrigeración a una temperatura de 4°C.

6.Objetivo General

Determinar la eficacia del uso de un recubrimiento comestible a base de almidón de plátano macho funcionalizado con aceite esencial de limón sobre la preservación de la calidad sensorial y comercial de la fresa.

6.1 Objetivos específicos

- Diseñar algunas formulaciones de biopelículas de almidón de plátano realizando variaciones en la concentración de aceite esencial de limón para posteriormente aplicarlas como recubrimientos comestibles y poder evaluar su eficiencia en la preservación de las características de la fresa.
- Evaluar parámetros poscosecha como, color, pH, grados brix, firmeza y pérdida de peso de las fresas recubiertas durante su almacenamiento para determinar si la utilización de esta técnica de conservación es adecuada.
- Evaluar los cambios sensoriales que presentan las fresas durante su almacenamiento de 28 días para observar si existe algún efecto derivado del recubrimiento aplicado.

7. Materiales y Métodos

7.1 Diseño experimental

La materia prima a cubrir fue la Fresa (*Fragaria × ananassa*) esta fue obtenida de una distribuidora local de Tulancingo Hidalgo, México en un estado de maduración fisiológica. La materia prima utilizada para la extracción del almidón fue el plátano macho *Musa balbisiana* la cual fue obtenida en el mercado local de Tulancingo Hidalgo, Mexico. Se utilizaron los frutos en estado de madurez fisiológico, se lavaron y pelaron para ser cortados en pequeñas rodajas menores a 1cm para ser disueltas en una solución de ácido cítrico durante 30 min para impedir la oxidación. Las rebanadas fueron enjuagadas en agua para disolver los azúcares antes de colocarlas en la bandeja para ser secadas en una estufa de secado durante 48 hrs a 50°C. Posteriormente se utilizó un molinillo triturador durante 3 minutos, para pasarla a un tamizador para hacer más fina la muestra todo esto de acuerdo al método utilizado por (Pelissari et al.,2012).

A continuación en la tabla 3 se muestran el procedimiento a seguir para la elaboración del recubrimiento se realizaron 4 tratamientos, todos se realizaron adicionando 5 gr de almidón y 1 ml de glicerina en un vaso de precipitado con 200 ml de agua calentando a 90°C, en una parrilla de agitación scorpion scientific modelo P50010-CA dejando reposar a una temperatura de 40°C para poder cubrir la muestra , la tercera y cuarta formulación siguió el mismo procedimiento con excepción que a estas se le agregaron 0.1ml, 0.2ml de aceite esencial de Limón.

Tabla 4. Formulación de recubrimientos.

	Almidón	Glicerina	Agua destilada	Aceite esencial
Testigo	0 gr	0 ml	0ml	0 ml
Almidón	5 gr	1 ml	200 ml	0 ml
Aceite esencial .0.1 ml	5 gr	1 ml	200 ml	0.1 ml
Aceite esencial 0.2ml	5 gr	1 ml	200 ml	0.2 ml

7.2 Análisis de Pérdida de peso

Tomando en cuenta el estudio de Jiang *et al.*, (2020) las muestras se pesaron en una Báscula de cocina digital SQ Cozinha SF-400 blanca en diferentes fechas de muestreo dividiéndolos en 4 semanas día 0, 7, 14,28 con su respectivo tratamiento (Testigo , Almidón ,Aceite esencial 0.10% ,Aceite esencial 0.20%). Y la pérdida de peso se calculó como pérdida porcentual basada en el peso inicial registrado en el día 0 siguiendo este mismo procedimiento continuo durante los días ,7,14,21 y 28 .

7.3 pH

Tomando en cuenta el estudio de Jiang *et al.*, (2020) se utilizaron aproximadamente de 2 a 3 muestras de fresa y 100ml de agua haciendo uso de una batidora de inmersión para obtener una mezcla homogénea en cada

tratamiento haciendo uso de un Potenciómetro HANNA instruments 211 en el cual sumerge el electrodo en la muestra diluida el cual nos marca su nivel de pH este mismo procedimiento continuo durante los días 0,7,14,21 y 28.

7.4 Grados Brix

Referente al estudio de Yan *et al.*, (2019) Se hace uso del refractómetro digital Brix Meter. Se extrae directamente el jugo de la muestra dejando caer de 1 a 2 gotas en la piscina de medición se presiona el botón de Start y en un tiempo no mayor a 5 segundos arroja un resultado porcentaje este mismo procedimiento continuo durante los días 0,7,14,21 y 28 .

7.5 Firmeza

Se tomó en cuenta el estudio de Yan *et al.*, (2019) en donde para medir la firmeza del fruto se usó de un Penetrómetro GY-1 Fruit hardness portable .Esta misma se penetró a una profundidad de 1 cm la cual arrojó los resultados que son expresados en fuerza máxima en newton (N) este mismo procedimiento continuo durante los días 0,7,14,21 y 28.

7.6 Color

El estudio de Shehata *et al.*,(2020) explican el método de obtención de determinación de color el cual se toma en cuenta para la medición de las fresas. En la cual se hizo uso de un Medidor de medida de color Minolta CR400 donde el primer paso fue calibrar el aparato en un placa blanca para posteriormente realizar la medición en la superficie del fruto durante los días 0,7,14,21 y 28 el cual arroja valores de L*= Luminosidad de negro a blanco , a*= Rojo a verde ,b*= Azul a amarillo.

7.7 Análisis sensorial

En la evaluación sensorial siguiendo el método de Guerreiro *et al.*, 2015 se ocuparon 20 panelistas no capacitados los cuales evaluaron características organolépticas como la textura y color de las fresas recubiertas de almidón y aceite esencial de limón durante 14 días de almacenamiento basándose en una escala hedónica de 4 puntos : 1; me disgusta 2, no me gusta ni me disgusta; 3, me gusta levemente; 4;Me gusta mucho.En el cual se mostraron 4 muestras 1 por cada tratamiento a cada panelista de tal manera que se codificaron de la siguiente manera, muestra de aceite esencial adicionado al 0.10%(584) y 0.20% (244) Almidón (698) y Testigo 362 de día 0 y sucesivamente lo mismo del día 14. Los resultados se apreciaron con la obtención de la media de los parámetros sensoriales que fueron evaluados.



Figura 3 . Análisis Sensorial prueba hedónica de preferencia realizada en el Instituto de ciencias agropecuarias

7.8 Análisis estadístico

Se realizó un análisis completamente al azar con una comparación de medias de tukey cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 20.

8.Resultados

8.1 Pérdida de peso

Las muestras no recubiertas presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) respecto a las muestras que se presentan en la figura 4 la de Aceite esencial adicionada al 0.10% del día 0 empezó con un peso inicial de 13 ± 0.0 y al día 28 con un peso final de 11 ± 1.68 representando así una pérdida de peso total del 15.38%. En la muestra de Aceite esencial al 0.20% el día 0 empezó con un peso inicial de 15.2 ± 0.0 y con un peso final de 12 ± 3.54 representando así una pérdida total de peso de 22.58% . Esto tiene una razón y es porque las fresas tienden a ser susceptibles a la pérdida de agua, esto provoca contracción y debilitamiento ya que debido al tejido de la fresa su piel es muy fina. Lo que desencadena una serie de efectos negativos en su apariencia, provocando cambios de textura, color, aroma y acelerando la senescencia, el desarrollo de patógenos, arrugas y daños por frío (De Bruno et al., 2023).

La reducción en la tasa de pérdida de peso entre los tratamientos adicionados y no adicionados con aceite esencial de limón muestra que estos mismos proporcionan de una propiedad de barrera y actividad antioxidante lo cual disminuye el intercambio de gases y agua en la superficie del fruto lo que esta reflejado en un lenta perdida de peso durante los días de almacenamiento (Shehata et al., 2020).

Yadav *et al.*,2022 llegaron a la conclusión que la combinación de aceite esencial de limoncillo y almidón de semilla de mango redujo efectivamente la pérdida de peso de las muestras de fruta de guayaba durante el almacenamiento ya que el

aceite esencial de limoncillo presentó un efecto hidrofóbico en el fruto lo que permitió a restringir la migración del agua desde el exterior.

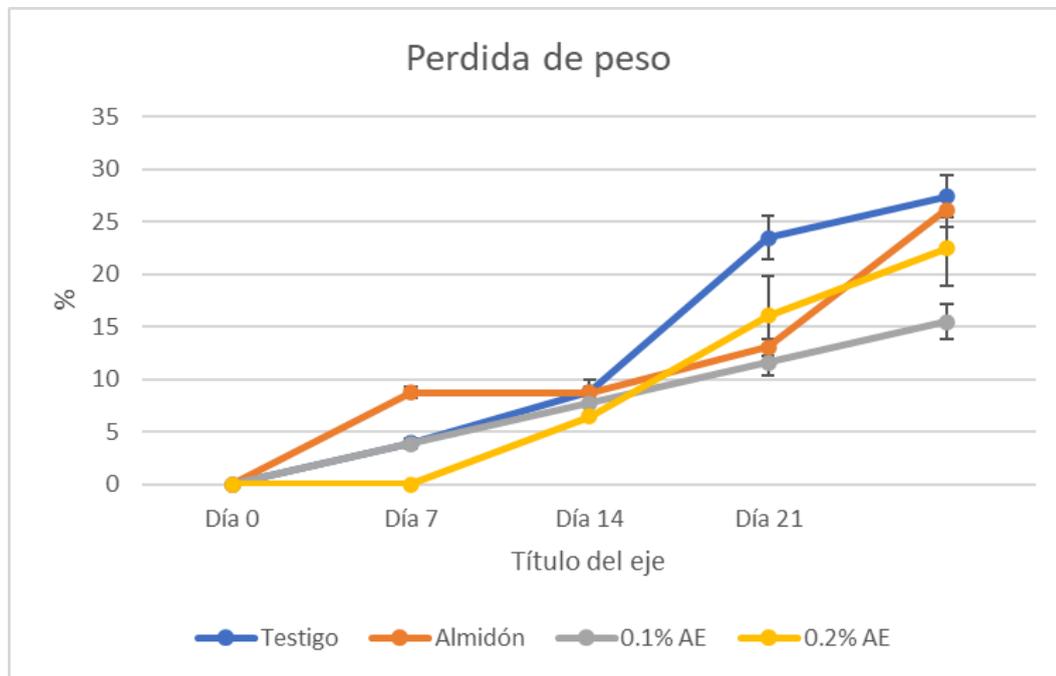


Figura 4. Resultados del porcentaje de pérdida de peso respecto a los 28 días de almacenamiento. (Aceite esencial 0.10%= 0.1 ml, Aceite esencial 0.20%= 0.2 ml). Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

Bruno *et al.*, 2023 Mencionaron en su estudio, que el % de pérdida de peso tuvo un aumento en sus muestras durante el almacenamiento, mostrando diferencias significativas tanto entre los tratamientos como entre los tiempos de seguimiento. Las fresas que no fueron recubiertas, entre las muestras que sí fueron tratadas, reflejaron un mayor porcentaje de pudrición a partir del día 3 y variaron de forma significativa al día 14 (25,38%). Mientras que otros de sus tratamientos reflejaron una mejora en el recubrimiento, resaltando valores de descomposición de aproximadamente el 12% al final del período de seguimiento.

8.2 Brix

Los grados brix de las fresas se representan en la figura 5. En la muestra de Aceite esencial al 0.10% se observa que en el día 0 presentó un valor de $7.65 \pm 0.07^\circ\text{Brix}$ al día 21 presentando un valor de 8.25 ± 0.49 no mostrando cambios significativos ($P > 0.05$) hasta el día 28 dando un valor de 6.75 ± 0.35 . En la muestra de Aceite esencial 0.2% se muestran variaciones significativas ($P < 0.05$) del día 0, 7.30 ± 0.84 pero teniendo una disminución exponencial arrojando un total de 5.6 ± 1.27 el día 28 siendo así el tratamiento que sufre cambios más constantes a lo largo de los 28 días lo que quiere decir que esto se puede relacionar con una lenta pérdida de agua desde la superficie de la fruta, esto se debió a la capacidad del material de recubrimiento y los aceites esenciales para reducir la migración de agua desde la superficie de la fruta al ambiente circundante (Shehata et al.,2020).

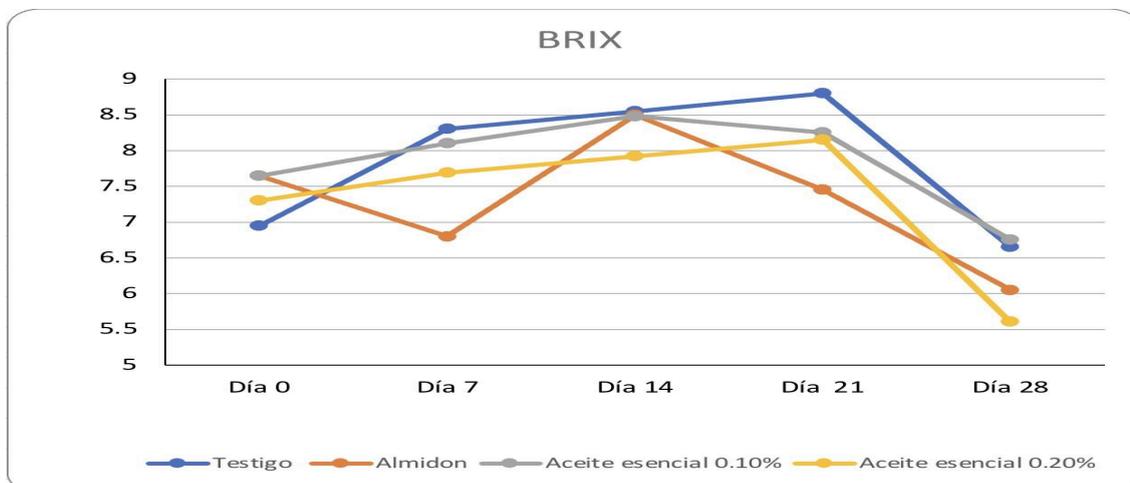


Figura 5 Resultados de grados brix durante 28 días de almacenamiento. (Aceite esencial 0.10%= 0.1ml , Aceite esencial 0.20%= 0.2 ml). Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.3 Firmeza

Se trata de una característica organoléptica que habla mucho sobre la calidad del producto. En la figura 6 poniendo como punto de referencia la muestra del testigo al día 0 cuando el fruto se encontraba en su estado de madurez fisiológico donde se ejerció una fuerza de punción de 1.95 ± 0.21 a comparación a la del día 28 donde ejerce una fuerza de punción de 0 ± 0.00 que indicando diferencias significativas ($P < 0.0.5$). El los tratamiento de Aceite esenciales al 0.10% mostró resultados similares donde nuevamente en el primer tratamiento el día 0 se ejerció una fuerza de punción de 1.00 ± 0.00 y al dia 28 dio como resultado una fuerza de punción de 1.20 ± 0.14 lo que refleja la estabilidad de la fresa respecto a este tratamiento Así mismo en tratamiento de Aceite esencial 0.20% presentaron resultados similares manteniendo su firmeza pero mostrando que esta puede disminuir al respecto a sus días de almacenamiento. Se aprecia que se obtienen resultados similares en las muestras adicionadas estas son estables pero pueden presentar una disminución en su firmeza. Esto resultante al cambio que sufre la estructura de la pared celular al momento de que aumenta su actividad enzimática ,donde se ve reflejado en la disminución de la resistencia de la fresa (Shehata et al., 2020).

Da Silva *Et al.*, (2019) mencionan que en su evaluación de firmeza los recubrimientos aplicados a base de pectina de manzana y aceite esencial de limoncillo en las fresas si tuvieron que ejercer una mayor fuerza de punción. Lo cual les confirmó que el recubrimiento sobre el fruto actúa como una barrera protectora y era necesario aplicar una panorámica resistencia al perforar el fruto recubierto

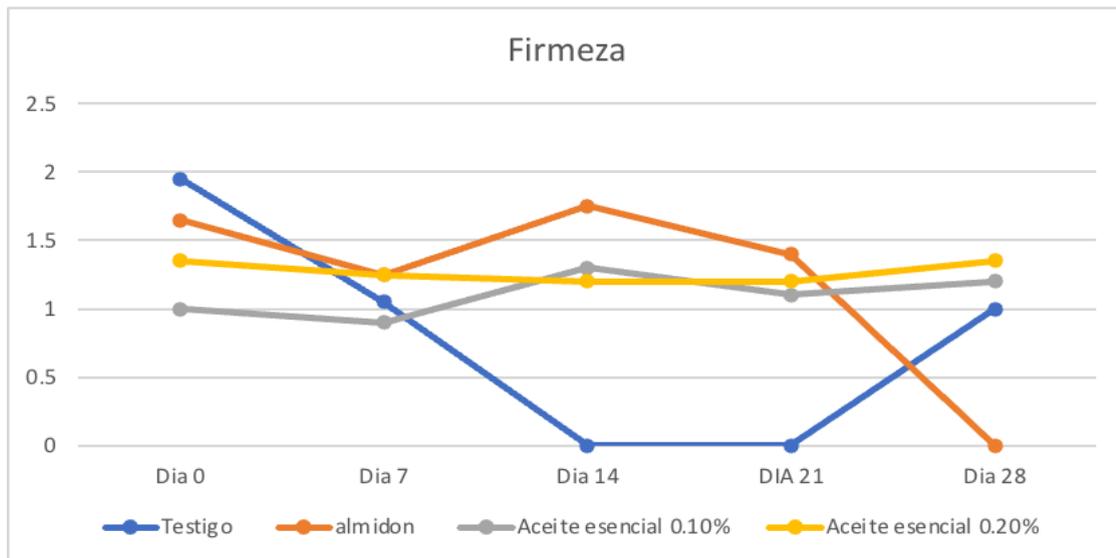


Figura 6. Resultados de firmeza de la fresa durante 28 días de almacenamiento (Aceite esencial 0.10%= 0.1 ml , Aceite esencial 0.20%= 0.2 ml). Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.4 pH

En la Figura 7 se plasman los resultados del cambio del pH de las fresas durante 28 días. Las cuales reflejan que no se mostró un cambio significativo ($P > 0.05$) durante todo su periodo de almacenamiento. Dentro de las 4 muestras a partir del día 7 se muestra un incremento en su pH a relación del día 0. En relación a los °Brix en la Figura 2 y al pH en el día 0 se muestra que a medida que los valores de Brix aumentaron su pH también aumenta. Esto se explica ya que frecuentemente, durante la etapa de madurez del fruto, la concentración de ácidos orgánicos sufre una disminución. Esto se debe a que los ácidos orgánicos utilizados en el proceso de respiración presentes en las etapas avanzadas del fruto, durante el desarrollo hasta la maduración, incrementando el contenido de azúcar de la fruta, lo que también aumenta el pH (Colussi *et al.*, 2021).

Khodaei *et al.*,(2021) mencionan que respecto a las muestras sin tratar se presentaron diferencias significativas caso contrario a las muestras tratadas de quitosano con ácido oleico que no mostraron ningún efecto sobre el pH del fruto durante la evaluación de su vida útil. Esto porque el aumento del pH comúnmente oscila entre 3 y 3.9 y tiende a verse afectado por diversos factores como el nivel de maduración, condiciones de almacenamiento y contaminación microbiana también puede ser atribuido a la disminución de la acidez de la fruta.

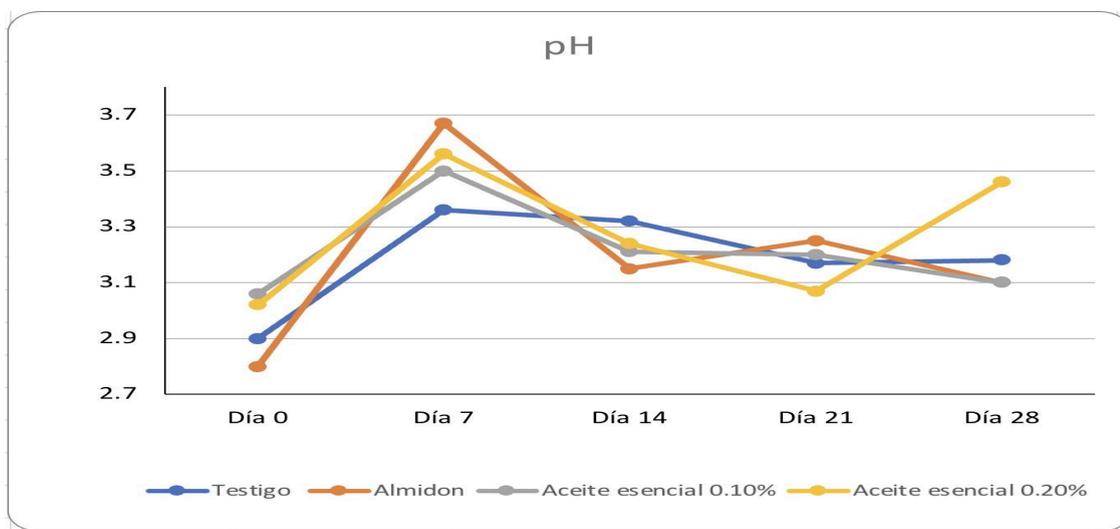


Figura 7. Resultados de pH en la fresa durante 28 días de almacenamiento. (Aceite esencial 0.10%= 0.1 ml , Aceite esencial 0.20%= 0.2 ml) Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.5 Color

8.5.1 L*

En la tabla 2 en la muestra de testigo la fresa mostró una pérdida en la luminosidad al aumentar el período de almacenamiento. en el valor de L* se observa que presenta un cambio significativo hasta el día 28 respecto al día 0 esto tratándose de una reacción química debido a su proceso de maduración lo que es generado por el pardeamiento enzimático de la fresa donde su principal responsable es la enzima polifenol oxidasa.(Serrano, 2022)

Haciendo una comparación con la muestra de testigo da como resultado que la formulación de aceite esencial al 0.2% no presenta diferencias significativas ($P > 0.05$) con respecto a las formulaciones de almidón respecto agregado de 0.10% que sí presentan diferencias significativas.

Shehata et al., 2020 evaluaron la luminosidad (L*) y enrojecimiento (a*) de fresa donde estas presentaron afectaciones durante el período de almacenamiento. Durante los períodos de almacenamiento, la fresa la cual fue tratada con aceites esenciales reflejaron resultado más favorables presentando un color más claro valores L* altos, caso contrario a la fresa no tratada la cual tuvo un color oscuro lo que significa valores L* más bajos. Lo que al final del almacenamiento (18 días), reflejan una eficacia de los recubrimientos que fueron adicionados con aceite esencial a comparación de las fresas no tratadas de color rojo oscuro, resaltando

la eficacia de los recubrimientos de aceite esencial para disminuir la acumulación de antocianinas y retraso de la senescencia de los frutos esto de acuerdo con la capacidad de los aceites esenciales para aumentar la concentración de CO₂ que cubren a los frutos lo que se ve reflejando en la disminución de la tasa de respiración ralentizando la acumulación de las antocianinas en las fresas tratadas lo que ayuda a mantener el color de las fresas.

Esto podría estar relacionado con la capacidad de los recubrimientos formulados a partir de aceites esenciales para aumentar el CO₂ interno concentración alrededor de los frutos, lo que es capaz de reducir la tasa respiratoria y retrasar la acumulación de los pigmentos antocianinas en las fresas tratadas. Estos hallazgos estuvieron de acuerdo con los reportados por Jin et al.,(2021) quienes encontraron que el tratamiento con CO₂ redujo significativamente la acumulación de antocianinas y cambió significativamente el color de la fruta almacenada.

8.5.2 a*

Tanto con los valores de a* tomando en cuenta sus valores de almacenamiento lo que se muestra en la tabla 2 que la muestra de testigo y almidón reflejan diferencias significativas durante el día 1 al día 28 de su almacenamiento teniendo valores de "a" bajos lo que representa que su enrojecimiento en comparación con los frutos tratados mostrando una mínima de diferencia entre los días de almacenamiento manteniendo un rojo más claro. Para entenderlo en otros términos se refiere de que los tratamientos sin Aceite esencial presentan una pérdida de enrojecimiento del fruto perdiendo gradualmente de su color rojo mientras que los que son tratados con Aceite esencial presentaron un color rojo más claro durante los días de almacenamiento. Esto indica la gran eficacia de los

aceites esenciales para poder disminuir la acumulación de antocianinas y retrasando la senescencia que normalmente se presenta en este tipo de frutos. (Shehata *et al.*, 2020)

Bruno et al., (2023) encontraron que el valor más alto del parámetro a^* se presentó en la muestra control, donde sufrió una gran pérdida de tono rojo durante el tiempo que estuvo almacenada, seguramente causada por la mayor permeabilidad de las fresas. En comparación con los tratamientos de control, los tratamientos tratados con extracto antioxidante natural y aceite esencial de bergamota mantuvieron su color rojo con el tiempo. Esto puede relacionarse con un retraso en la biosíntesis de la actividad metabólica del pigmento rojo durante la maduración, en particular el pelargonidina-3-glucósido, que es responsable del color rojo.

8.5.3 b^*

En los valores de b se ve reflejado en el cambio de intensidad en el color azul y amarillo. En la muestra de testigo se pueden observar que hay cambios significativos ($P < 0.05$) durante el segundo día de evaluación y respecto a los tratamientos aplicados con Aceites esenciales adicionados al 0.10% 0.20% también presentan diferencias significativas respecto a los días de evaluación por lo que esto está relacionado principalmente a la senescencia durante el almacenamiento la responsable de la reducción de diversos componentes presentes en las fresas, básicamente la degradación de las antocianinas gracias al pardeamiento enzimático (Colussi *et al.*, 2021).

Bruno et al., (2023) llegaron a la conclusión que con respecto a los parámetros b^* y C^* , las muestras tratadas permanecieron sin cambios significativos, y ambos

mostraron variaciones no consistentes e insignificantes durante el almacenamiento prolongado general un cambio de color es considerado un proceso de la maduración -del fruto está vinculado a procesos fisiológicos donde se toma en cuenta sus reducciones de enrojecimiento, amarilleo y croma en las muestras no tratadas durante el almacenamiento, los datos sugirieron que el recubrimiento conservó los factores de maduración correlacionados con los cambios de color.

Tabla 5. Resultados de color referente a los 28 días de almacenamiento en fresas recubiertas

	L				
	Dia 0	Dia 7	Dia 14	DIA 21	Dia 28
Testigo	38.09±0.57 ^{bA}	36.94±1.09 ^{bcB}	36.26±0.09 ^{bB}	35.45±0.57 ^{cBC}	34.26±0.08 ^{dC}
Almidón	44.25±0.84 ^{aA}	44.83±1.02 ^{aA}	44.48±1.34 ^{aA}	41.37±0.74 ^{aB}	41.38±0.76 ^{aB}
0.10%	38.17±0.49 ^{bA}	36.9±0.20 ^{cB}	36.77±0.78 ^{bB}	37.63±0.59 ^{bB}	36.98±0.04 ^{cB}
0.2%	38.51±0.21 ^{bA}	38.085±0.33 ^{bA}	38.62±0.31 ^{bA}	38.79±0.14 ^{bA}	38.67±0.37 ^{bA}
	a*				
	Dia 0	Dia 7	Dia 14	DIA 21	Dia 28
Testigo	37.24±0.72 ^{bA}	34.73±0.31 ^{dB}	34.59±0.84 ^{dB}	31.79±0.33 ^{cC}	27.31±0.87 ^{cD}
Almidón	38.29±0.88 ^{aA}	37.91±0.08 ^{bB}	38.42±0.75 ^{bA}	35.84±1.19 ^{bC}	34.09±0.04 ^{bD}
0.10%	36.60±0.77 ^{bA}	36.10±0.07 ^{cA}	36.53±0.34 ^{cA}	35.87±0.02 ^{bB}	34.55±0.08 ^{bC}
0.2%	37.98±0.13 ^{bB}	39.09±0.76 ^{aA}	39.44±0.02 ^{aA}	38.22±0.81 ^{aB}	36.96±1.19 ^{aB}
	b*				

	Dia 0	Dia 7	Dia 14	DIA 21	Dia 28
Testigo	25.13±0.73 ^{bA}	21.05±1.12 ^{bB}	20.76±0.85 ^{cC}	20.28±0.25 ^{cC}	16.82±0.64 ^{dD}
Almidón	25.94±0.25 ^{bB}	27.68±0.03 ^{aA}	27.75±0.15 ^{bA}	27.73±0.70 ^{bA}	27.21±0.52 ^{aA}
0.10%	24.56±0.61 ^{bA}	20.41±0.18 ^{bC}	20.82±0.62 ^{cC}	22.77±0.629 ^{cB}	20.94±0.16 ^{cC}
0.2%	28.16±0.54 ^{aA}	26.94±1.10 ^{aB}	28.76±0.15 ^{aA}	26.80±0.02 ^{aB}	25.62±0.61 ^{bB}

Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar. Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos al mismo día de análisis (columnas), mientras que las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre para el mismo tratamiento a diferente día de análisis con una $p < 0.05$, utilizando una prueba de comparación de medias Tukey.

8.6 Análisis sensorial

Se trata de la escala hedónica de 9 puntos, donde se hace uso de variantes de ésta, como son la de 7, 5 y 3 puntos. Es una de las pruebas más utilizadas en la mayoría de estudios, o bien también en proyectos de investigación, el cual trata de determinar si se presentan diferencias entre los productos en la aceptación del consumidor (Ramirez, 2012).

Resalta la aceptabilidad de los frutos tratados con aceite esencial de limón almacenados durante el día 0 al día 14 a una temperatura de 4°C a los no tratados tomando en cuenta atributos sensoriales principalmente, color y textura presentando 4 muestras codificadas 362 (Muestra sin tratar), 698 (Muestra recubierta de almidón), 584 (Muestra recubierta de almidón y Aceite esencial en un 0.10%) y 244 (Muestra recubierta de almidón y A.E en un 0.20%) teniendo un mínimo punta de 1 y el máximo de 4 puntos. En las muestras codificadas mostradas en la figura 8 podemos observar que las fresas recubiertas con esencial respecto al 0.1(584) y 0.2 (244) a los días 0 y 14 sobre las muestras que no tuvieron un tratamiento o bien no fueron adicionadas con aceite esencial las cuales son las muestras Almidón (698) y Testigo (362) un mayor grado de aceptabilidad.

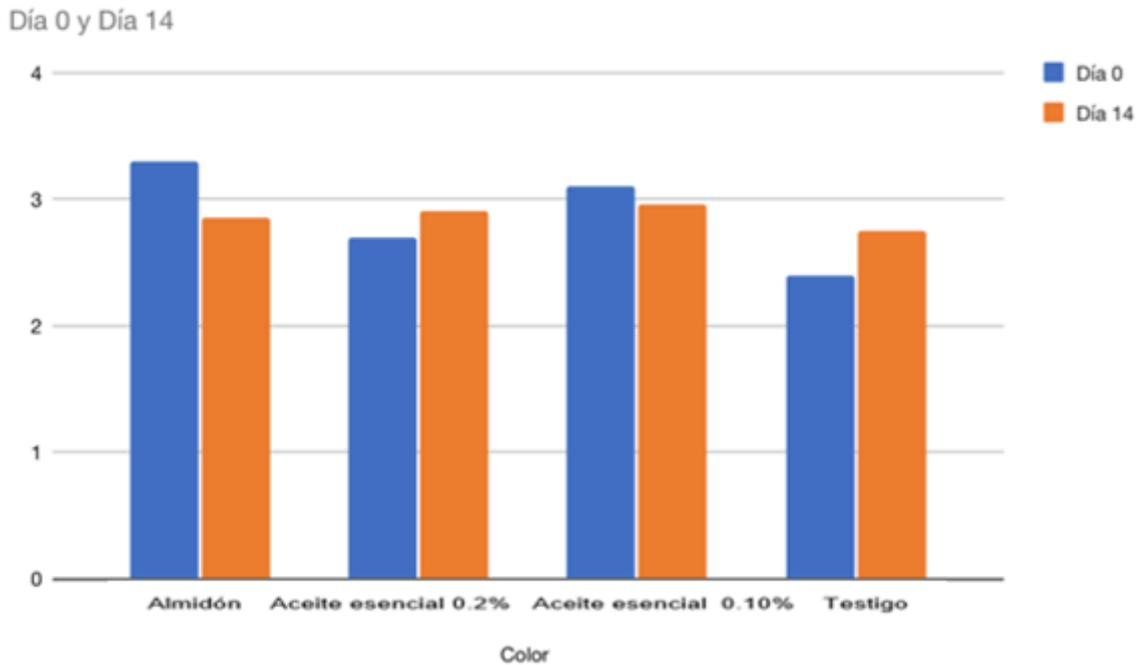


Figura 8. Representación gráfica de la prueba de aceptabilidad de color durante 14 días de almacenamiento. Almidón (698), Aceite esencial 0.2%(244), Testigo (362), Aceite esencial 0.10%(584)

En la siguientes muestras codificadas en la figura 9 se mide el atributo de textura donde se puede observar una mejor aceptabilidad en el tratamiento de aceite esencial al 0.20% (244) a comparación de la muestra de testigo (362).Haciendo una comparación desde su día 0 se observan notables diferencias lo cual concluye que el tratamiento al 0.20% arrojó un resultado positivo a comparación de las demás formulaciones.

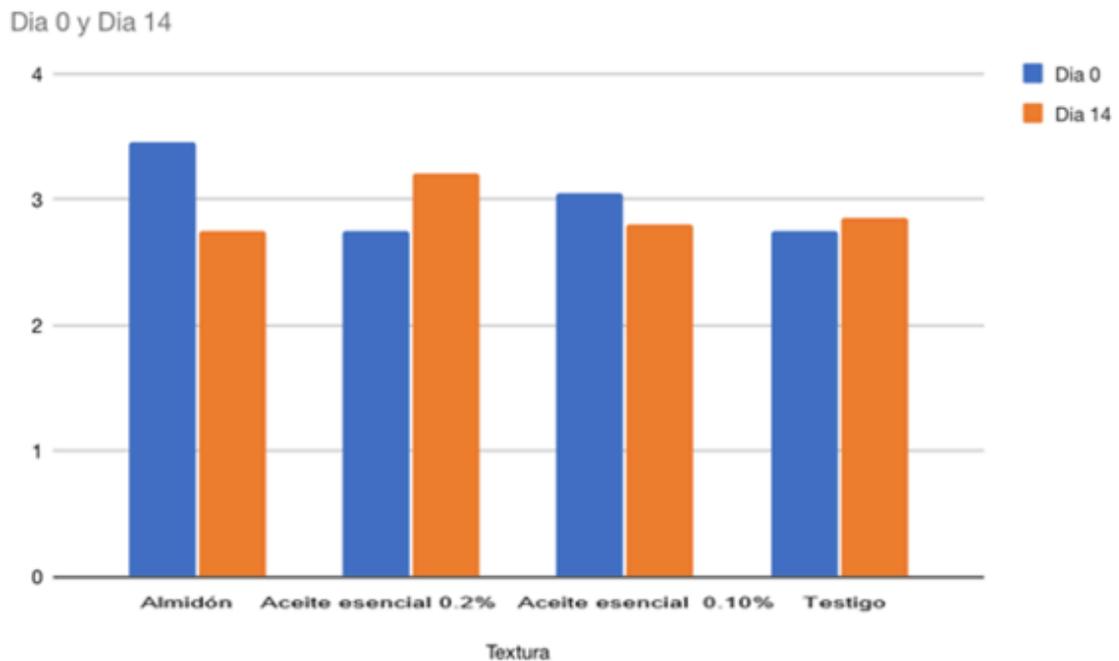


Figura 9. Representación gráfica de la prueba de aceptabilidad de color durante 14 días de almacenamiento. Almidón (698), A.E 0.2%(244), Testigo (362), Aceite esencial 0.10% (584)

Bruno et al.,2023 realizaron un análisis sensorial de la fresa almacenada durante 14 días evaluando la apariencia visual intensidad de aroma , sabor y textura haciendo uso de una prueba hedónica de 9 puntos poniendo como límite una puntuación máxima de 4.5 de aceptabilidad donde menciona que la muestra reabierta a comparación de la muestra de control limita la liberación de componentes aromáticos. Shehata *Et al* en 2020 Mencionan en sus resultados que las fresas tratadas con diferentes aceites esenciales (limón, naranja y mandarina) presentaron una mejor aceptabilidad en cuanto a color, textura, sabor, y atributos de apariencia que las fresas que no fueron tratadas.

En lo que respecta al análisis de general aceptación, las fresas tratadas con diferentes aceites esenciales mostraron una mayor aceptabilidad que fresas no tratadas al final de su almacenamiento. Esto refleja de manera significativa que aquellos tratamientos con aceites esenciales mejoran de manera importante

atributos fisicoquímicos de las fresas. Esto va de la mano con la capacidad de los aceites esenciales que aumenta el CO interno su concentración alrededor de la fresa que pueden reducir la tasa respiratoria y retardar la acumulación de los pigmentos antocianinas en las fresas tratadas

9. Conclusión

Los resultados mostrados reflejan que el recubrimiento a base de almidón de plátano macho junto con el aceite esencial de limón adicionado al 0.20% y 0.10% presentan resultados favorables en la cual se obtuvo una reacción positiva en la estabilidad de pérdida de peso eso gracias al efecto conservante de este mismo prolongando su vida útil. Desde la perspectiva del análisis el parámetro de grados brix se observó que el almidón adicionado con aceite esencial tienen un efecto positivo reduciendo el tiempo de la pérdida de los azúcares. En cuestión de la firmeza se observa que los tratamientos que fueron adicionados con aceite esencial de limón representan un resultado positivo manteniendo estable este parámetro hasta el día 28 a comparación de la muestra testigo y almidón que representa una disminución en su firmeza siendo así un factor favorable para el consumidor. En los parámetros de pH no se encontró diferencias significativas que pueden afectar al fruto. De acuerdo a los resultados mostrados podemos observar que en la evaluación de color se favorecen los parámetros a^* donde su evaluación se enfoca en la intensidad del color rojo del fruto resultaron ser las más favorables ya que en las muestras recubiertas no representan un cambio en el color significativo. Esto comprobado gracias a la realización de un prueba hedónica de preferencia de 4 puntos donde se reflejaron parámetros importantes entre ellos la apariencia la que siempre termina siendo un factor determinante para los consumidor al momento de elegir un producto en el cual podemos observar gracias a la media de los resultados una mayor aceptación en el color al día 14 respecto a las muestras adicionadas con aceite esencial en comparación con las muestras que no fueron tratadas.

Sin embargo durante el estudio se presentaron diversas situaciones que pudieron afectar los resultados como la obtención de materia prima esto por cuidar punto parámetro de trazabilidad y conseguir un fruto como la fresa en un estado de maduración fisiológico de formar que en la búsqueda por obtener la materia prima adecuada el estudio se fue retrasando por varios días.

10. Referencias

Abe, M. M., Martins, J. R., Sanvezzo, P. B., Macedo, J. V., Branciforti, M. C., Halley, P., ... y Brienzo, M. (2021). Advantages and disadvantages of bioplastics production from starch and lignocellulosic components. *Polymers*, 13(15), 2484.

Alexandre, L. A., & Zuge, L. C. B. (2023). Development and application on strawberries of edible coatings based on yam and corn starch added with Rio Grande cherry. *Food Science Today*, 1(1).

Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer—Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, 318, 111223.

Benoudjit, F., Maameri, L., & Ouared, K. (2020). Evaluation of the quality and composition of lemon (*Citrus limon*) peel essential oil from an Algerian fruit juice industry. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 6(4).

Bhavaniramy, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M. S., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & oil science and technology*, 2(2), 49-55.

Colussi, R., da Silva, W. M. F., Biduski, B., El Halal, S. L. M., da Rosa Zavareze, E., & Dias, A. R. G. (2021). Postharvest quality and antioxidant activity extension of strawberry fruit using allyl isothiocyanate encapsulated by electrospun zein ultrafine fibers. *Lwt*, 143, 111087.

Cui, C., Ji, N., Wang, Y., Xiong, L., & Sun, Q. (2021). Bioactive and intelligent starch-based films: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 854-869.

De Bruno, A., Gattuso, A., Ritorto, D., Piscopo, A., & Poiana, M. (2023). Effect of Edible Coating Enriched with Natural Antioxidant Extract and Bergamot Essential Oil on the Shelf Life of Strawberries. *Foods*, 12(3), 488.

Falleh, H., Jemaa, M. B., Saada, M., & Ksouri, R. (2020). Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. *Food Chemistry*, 330, 127268.

Gadhawe, R. V., Das, A., Mahanwar, P. A., & Gadekar, P. T. (2018). Starch based bio-plastics: The future of sustainable packaging.

Gómez-Contreras, P., Figueroa-Lopez, K. J., Hernández-Fernández, J., Cortés Rodríguez, M., & Ortega-Toro, R. (2021). Effect of different essential oils on the properties of edible coatings based on yam (*Dioscorea rotundata* L.) starch and its application in strawberry (*Fragaria vesca* L.) preservation. *Applied Sciences*, 11(22), 11057.

Jiang, Y., Yu, L., Hu, Y., Zhu, Z., Zhuang, C., Zhao, Y., & Zhong, Y. (2020). The preservation performance of chitosan coating with different molecular weight on strawberry using electrostatic spraying technique. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 278-285.

Kessel Domini, A. (2012). Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) breeding through biotechnology methods.

Khodaei, D., Hamidi-Esfahani, Z., & Rahmati, E. (2021). Effect of edible coatings on the shelf-life of fresh strawberries: A comparative study using TOPSIS-Shannon entropy method. *NFS Journal*, 23, 17-23.

Kumar, R., Ghoshal, G., & Goyal, M. (2021). Effect of basil leaves extract on modified moth bean starch active film for eggplant surface coating. *Lwt*, 145, 111380.

Liu, T., Gao, Z., Zhong, W., Fu, F., Li, G., Guo, J., & Shan, Y. (2022). Preparation, characterization, and antioxidant activity of nanoemulsions incorporating lemon essential oil. *Antioxidants*, 11(4), 650.

Oyom, W., Xu, H., Liu, Z., Long, H., Li, Y., Zhang, Z., ... & Prusky, D. (2022). Effects of modified sweet potato starch edible coating incorporated with cumin essential oil on storage quality of 'early crisp'. *Lwt*, 153, 112475.

Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., & Bajpai, V. K. (2017). Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. *Frontiers in microbiology*, 7, 228506.

Panou, A., & Karabagias, I. K. (2023). Biodegradable packaging materials for foods preservation: sources, advantages, limitations, and future perspectives. *Coatings*, 13(7), 1176.

Pelissari, F. M., Andrade-Mahecha, M. M., Sobral, P. J. D. A., & Menegalli, F. C. (2012). Isolation and characterization of the flour and starch of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Starch-Stärke*, 64(5), 382-391.

Pinzon, M. I., Sanchez, L. T., Garcia, O. R., Gutierrez, R., Luna, J. C., & Villa, C. C. (2020). Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp*) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 92-98.

Pinzon, M. I., Sanchez, L. T., Garcia, O. R., Gutierrez, R., Luna, J. C., & Villa, C. C. (2020). Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp*) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 92-98.

Pizato, S., Vega-Herrera, S. S., Chevalier, R. C., Pinedo, R. A., & Cortés-Vega, W. R. (2022). Impacto de los recubrimientos de quitosano enriquecidos con aceite esencial de clavo en la calidad de las fresas mínimamente procesadas. *Archivos Brasileños de Biología y Tecnología*, 65, e22210278..

Radilla Serrano, G. P. (2022). Efecto de un empaque bioactivo hecho a base de almidón de chayotextle adicionado con extracto de cáliz de Jamaica (hibiscus sabdariffa) sobre la calidad de la fresa.

Rahman, R., Sood, M., Gupta, N., Bandral, J. D., Hameed, F., & Ashraf, S. (2019). Bioplastics for food packaging: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(3), 2311-2321.

Ramírez-Padrón, L. C., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., & Martínez-Luis, D. (2016). Competitiveness indexes of strawberry (*Fragaria vesca* L.) from México in the global market. *Agroproductividad*, 9(5), 29-34.

Saeed, M., Azam, M., Saeed, F., Arshad, U., Afzaal, M., Bader UI Ain, H., ... & Nasir, Z. (2021). Development of antifungal edible coating for strawberry using fruit waste. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15956.

Sapper, M., Palou, L., Pérez-Gago, M. B., & Chiralt, A. (2019). Antifungal starch–gellan edible coatings with thyme essential oil for the postharvest preservation of apple and persimmon. *Coatings*, 9(5), 333.

Shehata, S. A., Abdeldaym, E. A., Ali, M. R., Mohamed, R. M., Bob, R. I., & Abdelgawad, K. F. (2020). Effect of some citrus essential oils on post-harvest shelf life and physicochemical quality of strawberries during cold storage. *Agronomy*, 10(10), 1466

Shehata, S. A., Abdeldaym, E. A., Ali, M. R., Mohamed, R. M., Bob, R. I., & Abdelgawad, K. F. (2020). Effect of some citrus essential oils on post-harvest shelf life and physicochemical quality of strawberries during cold storage. *Agronomy*, *10*(10), 1466

Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Singh, A., Anurag, R. K., & Pandiselvam, R. (2022). Effect of mango kernel seed starch-based active edible coating functionalized with lemongrass essential oil on the shelf-life of guava fruit. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *14*(3), 103-115.

Yan, J., Luo, Z., Ban, Z., Lu, H., Li, D., Yang, D., ... & Li, L. (2019). The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. *Postharvest Biology and Technology*, *147*, 29-38.

Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., ... & Coma, V. (2018). Active packaging applications for food. *Comprehensive Reviews in food science and food safety*, *17*(1), 165-199