



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
AREA ACADEMICA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL Y  
ALIMENTOS

**LICENCIATURA EN INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**

**EVALUACION DE UN RECUBRIMIENTO DE ALMIDON DE PLATANO MACHO Y  
ACEITE ESENCIAL DE TORONJA APLICADO EN CHAMPIÑON**

Para obtener el grado de

Licenciada en Ingeniería Agroindustrial

**PRESENTA**

**Karla Paola Vargas Cazares**

Director: Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Codirectora: Dra. Iridiam Hernández Soto

Asesores: Mtro. Melitón de Jesús Franco Fernández

Dr. Rubén Jiménez Alvarado

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., enero de 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
 Instituto de Ciencias Agropecuarias  
 Institute of Agricultural Sciences

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 8 de agosto 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 a la pasante de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial, **Karla Paola Vargas Cazares**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Evaluación de un recubrimiento de almidón de plátano macho y aceite esencial de toronja aplicado en champiñón”**, 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. Rubén Jiménez Alvarado
- SECRETARIO** Mtra. Iridiam Hernández Soto
- VOCAL 1** Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo
- VOCAL 2** Mtro. Meliton Jesus Franco Fernández

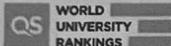
Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente  
 “Amor, Orden y Progreso”



**Dra. Thania Alejandra Urrutia Hernández**  
 Coordinador de la Licenciatura en  
 Ingeniería Agroindustrial

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



uaeh.edu.mx

## **DEDICATORIA**

Mamá y papá por su amor y apoyo a lo largo de estos años. Mis hermanos Yamileth y Daniel por siempre llenarme de alegría y de preguntas cada que llegaba con nuevo conocimiento. A mi abuelita Ene y mi tía Martha por confiar en mí y sentirse felices cada vez que obtenía un logro. Christopher, mi novio por cuidar y guiar cada paso que daba. Y finalmente a Coffee, mi perrita por pasar noches esperándome hasta finalizar mis proyectos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de convertirme en una profesionista.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por la formación académica que me brindaron

A mi director de tesis Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo, a mi Co-Directora Dra. Iridiam Hernández Soto y mis asesores el Mtro. Melitón de Jesús Franco Fernández y Dr. Rubén Jiménez Alvarado por el tiempo, la paciencia y el conocimiento brindado en cada una de las etapas para finalizar la presente investigación.

A mis mejores amigos por las experiencias vividas durante mi recorrido por la universidad.

## Índice general

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEORICO.....	4
Antecedentes .....	4
Uso de plásticos derivados del petróleo .....	6
Recubrimientos biodegradables.....	8
Almidón .....	9
Empaques activos .....	11
Champiñón .....	11
Aceite esencial.....	14
JUSTIFICACIÓN.....	16
HIPÓTESIS .....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
Establecimiento del experimento .....	18
Obtención del almidón .....	18
Elaboración de los recubrimientos.....	19
pH.....	19

Grados Brix.....	20
Pérdida de peso.....	20
Firmeza .....	21
Color .....	21
Análisis sensorial .....	21
Análisis estadístico.....	22
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>23</b>
pH.....	23
°Brix .....	24
Pérdida de peso.....	25
Firmeza .....	27
Color .....	29
Análisis Sensorial .....	30
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>34</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Conversión de un monómero a un polímero para formar los plásticos sintéticos	6
<b>Figura 2.</b> Fenómeno de la retrogradación del almidón para la formación de biopelículas ....	
<b>Figura 3.</b> Determinación de pH de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias $\pm$ desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una $p < 0.05$ .	24
<b>Figura 4.</b> Determinación de sólidos solubles totales de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias $\pm$ desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una $p < 0.05$ .	25
<b>Figura 5.</b> Determinación de pérdida de peso de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias $\pm$ desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una $p < 0.05$ .	27
<b>Figura 6.</b> Determinación de firmeza de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias $\pm$ desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una $p < 0.05$ .	28
<b>Figura 7.</b> Parámetro de firmeza con las medias obtenidas de la prueba sensorial para cada uno de los días/tratamientos.	31
<b>Figura 8.</b> Parámetro de color con las medias obtenidas de la prueba sensorial para cada uno de los días/tratamientos.	31
<b>Figura 9.</b> Parámetro de olor con las medias obtenidas de la prueba sensorial para cada uno de los días/tratamientos	32

## **Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Películas comestibles y uso en la agroindustria .....	5
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica del champiñón .....	12
<b>Tabla 3.</b> Formulación de recubrimientos .....	19
<b>Tabla 4.</b> Determinación de color de los champiñones recubiertos .....	29
<b>Tabla 5.</b> Representación visual de $L^*$ , $a^*$ y $b^*$ del parámetro color .....	30

## RESUMEN

El hongo *Agaricus bisporus* (champiñón blanco) es un producto frutihortícola altamente consumido alrededor del mundo y en México, sin embargo, la vida de anaquel es demasiado corta por lo que a productores, distribuidores y consumidores les genera complicaciones durante su comercialización, además de pérdidas económicas. Durante la búsqueda de información se encontraron alternativas para incrementar la vida de anaquel del champiñón: recubrimientos comestibles y aceites esenciales. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento poscosecha del champiñón blanco con la aplicación de un recubrimiento comestible de plátano macho y aceite esencial de toronja. Se obtuvieron 4 tratamientos los cuales fueron almacenados en condiciones de refrigeración a 4°C durante 21 días (testigo, almidón, 0.1% de aceite esencial de toronja y 0.2% de aceite esencial de toronja) en los cuales se evaluaron pH, grados brix, pérdida de peso, firmeza, color. Se añadió un análisis sensorial con 21 participantes donde evaluaron firmeza, color y olor de 12 muestras (4 muestras del día 0, 4 muestras del día 14 y 4 muestras del día 28) y un análisis estadístico. Finalmente, el tratamiento A1 (almidón) es el adecuado para la conservación de los champiñones bajo las condiciones anteriormente mencionadas.

**Palabras claves:** *Agaricus bisporus*, sólidos solubles, distribución, maduración almidón.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo se utilizan a diario toneladas de empaques derivados del petróleo, que son utilizados en todas las industrias, incluida la alimentaria, donde su uso radica en empaques para alargar la vida de anaquel. Sin embargo, en la actualidad somos 8 mil millones de personas en el mundo según la ONU, lo que se traduce en un incremento del uso de los mismos (Sarria-Villa & Gallo-Corredor., 2016; ONU, 2023). Debido a ello se busca generar alternativas para alargar la vida útil de productos de origen vegetal, por ejemplo: el diseño de empaques activos e inteligentes, películas biodegradables, modificaciones antes y durante su almacenamiento para un mejor manejo mecánico ya que en la actualidad se ha continuado con el uso de los plásticos químicos sabiendo que no es una alternativa amigable para el medio ambiente. Uno de los productos de origen vegetal altamente consumido es *Agaricus bisporus*, el cual es un hongo climatérico por tanto su período de vida útil es relativamente corto, ya que metabólicamente sufren cambios fisicoquímicos como: pérdida de peso, firmeza, reacciones enzimáticas (oscurecimiento) y liberación de olores desagradables lo que causa un aumento en la permeabilidad y una reducción en su valor nutricional (Ni et al., 2021). Por lo que son más susceptibles al deterioro por contaminación física, química y biológica en un tiempo corto si no cuenta con agentes antimicrobianos o barreras que detengan la descomposición del producto en su totalidad.

Una materia prima para la elaboración de recubrimientos es el almidón un macro nutriente de reserva de energía en las plantas. Además, es el carbohidrato más abundante en el globo terráqueo gracias a su gran disponibilidad en organismos vegetales. En presencia de calor, los gránulos de almidón alteran su orden natural y su estructura hinchándose (absorbiendo agua). Durante este proceso de hinchamiento la amilosa y las pequeñas moléculas de amilopectina se separan de los gránulos en diferentes cantidades y porciones. Dando lugar al fenómeno llamado gelatinización, comúnmente se le llama formación de un gel. Al disminuir la temperatura las moléculas de almidón pierden agua. Permitiendo la formación de una red, resistente y compleja, este es el fenómeno de retrogradación. Debido a la

compleja estructura del almidón es posible realizar una película y/o recubrimiento comestible (Copeland et al., 2009; Zhang et al., 2005). Aunado a ello, la industria agroalimentaria ha implementado la adición de aceites esenciales en los recubrimientos con el objetivo de brindar productos limpios y seguros para el consumidor libres de bacterias, virus, hongos, etc. (Sharma et al., 2021). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación de un recubrimiento de almidón de plátano (verde) adicionando aceite esencial de toronja en la vida útil del champiñón para determinar las propiedades poscosecha y con base a ello generar alternativas para reducir el uso de plásticos.

## MARCO TEORICO

### Antecedentes

La industria alimentaria tiene la obligación de producir alimentos seguros, sin embargo, en la actualidad han existido enfermedades transmitidas por los alimentos. Debido a esta problemática este sector se ha visto en la necesidad de buscar alternativas naturales, un ejemplo son los aceites esenciales, este producto es extraído de productos de origen natural y han sido utilizados para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos que dañan al producto y al consumidor (Vignolia, Serra y Andreatta, 2020).

Múltiples industrias han buscado alternativas naturales para combatir alguna enfermedad, un ejemplo es el que realizó Contreras (2020) donde investigó un producto antimicrobiano a partir de Aceite de *Citrus x paradisi* (toronja) y amoxicilina. En el cual concluyó que tiene un efecto antibiótico en el cual produce la lisis bacteriana y que en un futuro podría ser suministrado por vía oral después de hacer los análisis correspondientes.

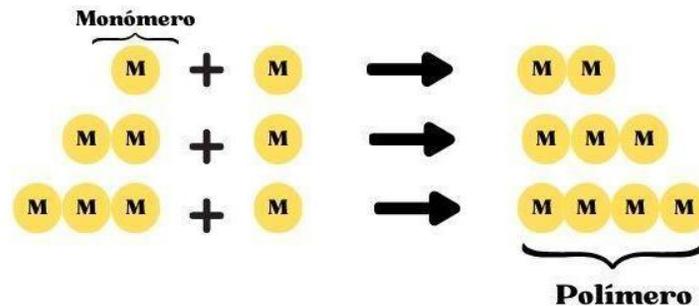
En la Tabla 1, se observa distintos trabajos de investigaciones buscando mejorar características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas mediante aplicaciones de diferentes alternativas naturales.

**Tabla 1.** Películas comestibles y uso en la agroindustria

<b>Materia prima para la elaboración de la película</b>	<b>Matriz de la aplicación</b>	<b>Resultados</b>	<b>Referencia</b>
Aceite esencial de toronja	-	Actividad antifúngica contra <i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404	Vilchez y Alayo (2019)
Seis tipos de almidones nativos: Maíz ceroso, yuca, batata, patata, trigo y tres tipos de yuca modificada	-	Menor presencia de amilosa (maíz ceroso) mayor permeabilidad del vapor de agua. Mejor conservación de alimentos con la película de yuca	Dai, Zhang y Cheng (2019)
Quitosano con cáscaras de plátano	Manzana	Menor tasa de respiración, ligera pérdida de peso y mayor firmeza	Zhang, Li y Jiang (2020)
Quitosano con almidón de plátano y gel de aloe vera	Fresa	Aumento en su vida útil en condiciones de refrigeración aproximadamente 15 días	Pinzón, Sanchez, Garcia, Gutierrez, Luna y Villa (2020)
Aplicación de aceite esencial de menta	Champiñón ( <i>Agaricus bisporus</i> )	Disminución en el oscurecimiento y senescencia en condiciones de refrigeración	Qu, Li, Huang, Li, Ding, Chen y Tang (2020)
Quitosano y nanopartículas de dióxido de titanio	Champiñón	Efecto microbiano debido a la reducción en la tasa de respiración y aumento en el contenido de fenoles	Khojah, Sami, Helal, Elhakem, Benajiba, Alharbi y Alkaltham (2021)
Almidón de desecho de plátano y extracto de tomillo	-	Actividad microbiológica contra <i>Penicillium corylophilum</i> y <i>fusarium spp.</i>	Montiel-Alvarez; Gómez y Escobar (2023)

## Uso de plásticos derivados del petróleo

La fabricación de plásticos como policarbonatos, acetatos, poliamidas y otros derivados del petróleo tuvo mayor importancia, después de la Segunda Guerra Mundial por la demanda de equipos de seguridad, salud y productos alimenticios que tenían que ser suministrados por las diferentes necesidades de la población mundial (Hage, 1998). El plástico es un material sólido moldeable con alto peso molecular el cual es extraído de los polímeros sintéticos, derivados del petróleo, su obtención es por medio de una reacción química donde se sintetiza es decir es la unión de miles de moléculas de bajo peso molecular, llamadas monómeros (Figura 1) (Martínez y Miranda, 2020).



**Figura 1.** Conversión de un monómero a un polímero para formar los plásticos sintéticos

Fuente: Martínez y Miranda (2020).

Existe una clasificación de los plásticos más utilizados en el sector alimentario los cuales son:

1. **Termoplásticos:** son aquellos plásticos que son flexibles y blandos, de fácil manejo en temperaturas altas. No presentan cambios ya que son moldeados bajo presión y fáciles de reciclar. Ejemplo: polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de tereftalato (PET), poliestireno (PS), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC).
2. **Termoestables:** están formados por cadenas ligadas químicamente y fundidos (este fenómeno es posible alterando su composición

químicamente). No son reciclables, tienen forma rígida. Ejemplo: resinas fenólicas, resinas ureicas, aminoplastos (polímero base), etc.

3. **Elastómeros:** como su definición lo dice son plásticos que tienen gran elasticidad y son reversibles (volver a su forma inicial), no son reciclables y son difíciles de producir. Ejemplo: copolímero de estireno y butadieno (TPE-S), poliolefina termoplástica (TPO), copoliésteres (COPE), copoliámidas (PEBA), entre otros (Coba y Cucalón, 2021).

Una de sus grandiosas ventajas es que son económicos, impiden la entrada y salida de agua además de su forma compacta por su estructura química. (Torres de la Torre, 2020). En la última década el uso de plásticos se ha elevado en todos los sectores que satisfacen las necesidades humanas. Sin embargo, en la industria alimentaria ha generado mayor demanda en el suministro de envases y embalajes para la importación y exportación de miles de productos con características organolépticas que se puedan alterar y dañar al alimento. La producción al año excede los 350 millones de toneladas a nivel mundial. Por lo que aumenta el volumen de desechos plásticos y ocasiona un efecto negativo al medio ambiente, debido a su estructura derivada del petróleo no son degradables de manera rápida y presenta una problemática por la contaminación global que se genera (de Titto; de Titto; y Savino, 2022).

La innovación de distintos materiales derivados del petróleo genera un gran volumen de contaminación, sin embargo, no generaría una problemática porque el hombre tiene la conciencia de identificar lo que implica no darle el uso adecuado a este tipo de material después de haber cumplido la necesidad por la que fue comprado. En consecuencia, a este problema los líderes de algunos países se han visto obligados a tener normas, leyes e incluso crear otras alternativas científicas para reducir los efectos negativos de contaminación en el presente y futuro (Oyarzún, 2019).

## **Recubrimientos biodegradables**

Anteriormente se ha mencionado que los plásticos derivados del petróleo que son utilizados para el envasado de alimentos tienen un retardo prolongado para desintegrarse por completo, sin embargo, durante este proceso liberan compuestos nocivos para la salud humana y que tienen efectos negativos con impacto en el medio ambiente. Debido a esto la industria alimentaria ha convertido a los “plásticos verdes”, “bio plásticos” y películas biodegradables como una tendencia, porque se utilizan residuos, productos agrícolas, entre otras para su obtención (Jafarzadeh et al, 2021). Por lo tanto, la industria alimentaria ha implementado esta tecnología ya que es sumamente amigable con el medio ambiente, no permiten la entrada ni salida de humedad y aromas, son medios de conservación para los alimentos porque tienen una barrera de protección contra gases y microorganismos patógenos. Además, podrían aportar características antioxidantes, antimicrobianas, nanopartículas inorgánicas, así como sabores, enzimas, colorantes, vitaminas, minerales, probióticos, entre otros, con el fin de mejorar las propiedades organolépticas de los productos (Beikazadeh et al, 2020).

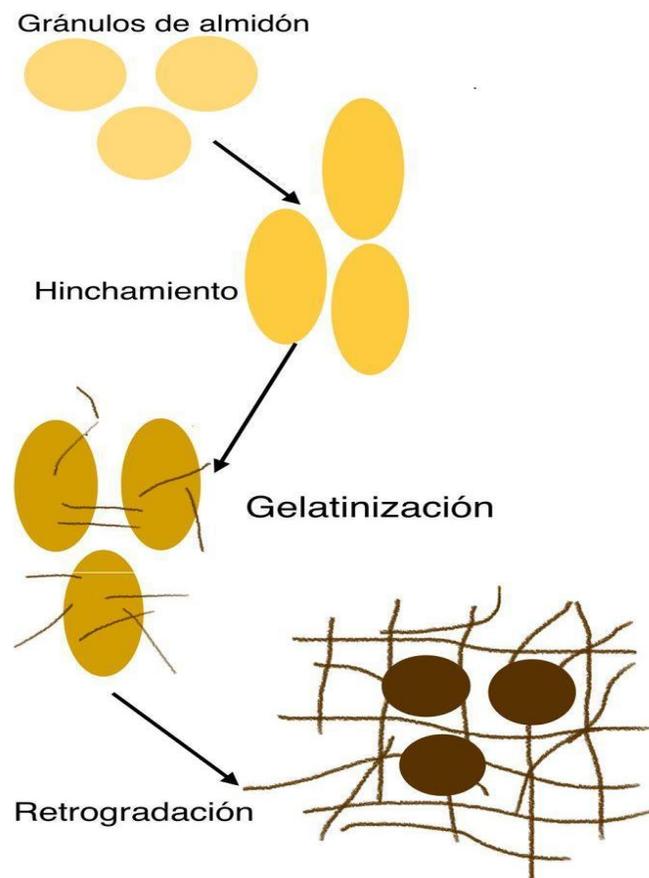
Sin embargo, para implementar algún recubrimiento biodegradable se debe considerar que sea un recubrimiento inteligente y ecológico, debe elegirse de acuerdo a las características de los alimentos, así como su contenido de agua y el método de almacenamiento (Jafarzadeh et al, 2020). Las fuentes de obtención de este tipo de material biodegradable son de almidón de maíz o de papa, proteína de soya, extracción de etanol de caña de azúcar, ácido láctico, entre otros. Investigaciones recientes resaltan a los recubrimientos biodegradables como económicos, seguros, de fácil obtención y no tóxicos (Torres de la Torre, 2020).

## Almidón

El almidón es un macro nutriente de reserva de energía de las plantas, su fuente de obtención es de origen vegetal. Este polisacárido ha dado pauta a diversos artículos científicos en los últimos tiempos y con ellos se colocó como el carbohidrato más abundante en el globo terráqueo gracias a su gran disponibilidad en organismos vegetales (Copeland, Blazek, Salman y Tang, 2009). La composición química del almidón es de dos polisacáridos: la amilosa y la amilopectina. La amilopectina predomina con mayor porcentaje aproximadamente de 60-90% de la estructura del almidón es poco soluble en agua por su forma bastante ramificada con enlaces  $\alpha[1,4]$  y  $\alpha[1,6]$ . A diferencia de la amilosa, no se encuentra ramificada, su unión es por enlaces  $\alpha[1,4]$  y se encuentra en el almidón con menor porcentaje alrededor del 10-30%. La diferencia de forma de tamaño de los gránulos, así como el contenido y proporción de amilosa, amilopectina, el tipo de cadena y la estructura física y química dependerá totalmente de la fuente de extracción del almidón. En el reino vegetal en su mayoría son fuentes de almidón, por ejemplo; cereales, tubérculos, semillas, frutas, entre otras. (Zhu, 2015; Thakur, Pristijono, Scarlett, Bowyer, Singh Vuong, 2019)

Los almidones han sido tratados con una diferencia de temperatura (aumento y descenso) y en un medio líquido para su consumo otorgándoles un valor agregado y convertirlos en diversos productos que satisfagan las necesidades del consumidor. En esta presencia de calor, los gránulos de almidón alteran su orden natural y su estructura hinchándose (absorbiendo agua), durante este proceso de hinchamiento la amilosa y las pequeñas moléculas de amilopectina se separan de los gránulos en diferentes cantidades y porciones. Dando lugar al fenómeno llamado gelatinización, comúnmente se le llama formación de un gel (Zhang, Whistler, BeMiller y Hamaker, 2005). Al disminuir la temperatura las moléculas de almidón pierden agua. La amilopectina tiene propiedades tridimensionales la cual permite formar una red, resistente y compleja, este es el fenómeno de retrogradación (Figura 2). Debido a la compleja estructura del almidón es posible realizar una película y/o recubrimiento comestible. Sin embargo, la industria alimentaria continúa el estudio

del almidón como innovación y mejora de los bioplásticos (Thakur, 2019). Arreola y Fuentes, 2019 elaboraron películas de almidón de plátano macho y estas resultaron ser resistentes con la concentración del 4% además resaltan que se debe añadir la concentración adecuada y evitar que esta solución sea muy viscosa. El plátano macho cuenta con elevado contenido de almidón, presenta un porcentaje de rendimiento de extracción aproximadamente de 30-37%, lo cual dependerá del método de extracción, así como su optimización



**Figura 2.** Fenómeno de la retrogradación del almidón para la formación de biopelículas

Modificado de Ramírez Ascheri, 2017 y Hernández Pérez, 2019.

## **Empaques activos**

Debido al crecimiento de la población mundial se elevó la demanda de productos alimentarios, no solo eso, la forma de vida también se ha visto modificada. Todos aquellos que conforman la cadena de suministros alimentarios hasta llegar al consumidor final buscan alimentos limpios, de buena calidad, frescos, ligeramente procesados, fáciles de adquirir, con vida de anaquel prolongada y que el empaque no solo sea un desecho, que tenga características biodegradables. La ciencia y la tecnología han tenido la necesidad de diseñar un empaque innovador que asegure los aspectos anteriormente mencionados, resaltando que el envase no sea nocivo para la salud humana ni para el medio ambiente (Firouz, Mohi-Alden, y Omid, 2021).

Para satisfacer las necesidades de los consumidores alimentarios la industria alimentaria creó e implementó la tecnología de los envases activos los cuales se caracterizan por agregar en poca cantidad compuestos funcionales como agentes antimicrobianos: aceites esenciales, enzimas, extractos naturales, ácidos orgánicos, otorgándole ventajas para la salud del ser humano, sin alterar las propiedades del alimento (Yong y Liu, 2020).

## **Champiñón**

CIATEC (Ciencia y Tecnología para un mundo mejor), menciona la importancia económica de los hongos comestibles porque se producen alrededor de 55 mil toneladas anualmente. Un dato interesante es que México ocupa el primer lugar en América Latina en la producción y consumo de champiñón, siendo así el Estado de México el principal productor de esta materia prima lo que en economía representa aproximadamente 200 millones de dólares al año. (SADER, 2016)

Alrededor de la vida de nuestro planeta tierra en nuestra naturaleza existen diferentes reinos de los cuales obtenemos fuentes de alimentación. Tal como es el caso del reino fungi, aquí se encuentran clasificados la mayoría de los hongos. En la antigüedad fueron catalogados como “elixir de la vida” por las diferentes civilizaciones, ya que eran consumidos con la idea de que era un “alimento delicado”, “alimentos de dioses”, “solidaridad con los guerreros”. Lo que nos indica

que los hongos en su mayoría tienen propiedades nutritivas gracias a su contenido nutricional cuenta con un 35% de proteína, 19% de fibra cruda, vitaminas, carbohidratos y minerales, es bajo en grasas y el aporte calórico es menor. Este fascinante producto de origen vegetal ha sido utilizado en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Thakur, 2020).

Existen especies de hongos que se han estudiado, el más conocido, *Agaricus bisporus*, hongo comestible, champiñón blanco o de París (Tabla 2) (Ma, Du, Hu, Yang, Pei y Xiao, 2021).

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica del champiñón

<b>Champiñón blanco</b>	
Reino:	<i>Fungi</i>
Subreino	<i>Dikarya</i>
Filo:	Basidiomycota
Subfilo	<i>Agaricomycetes</i>
Subclase:	<i>Agaricomycetidae</i>
Orden:	Agaricales
Familia:	<i>Agaricaceae</i>
Genero:	<i>Agaricus</i>
Especie:	<i>Agaricus bisporus</i>

Fuente: Zarlenga, 2022

El champiñón tiene gran importancia económica por ser el más popular en la gastronomía. Resalta por tener excelentes características sensoriales y medicinales. Al igual que otros alimentos su calidad se determina por textura, limpieza, color y sabor, los cuales son detectados fácilmente por el consumidor. Es un producto con un deterioro rápido, incluso con el manejo mecánico adecuado y con las condiciones óptimas de almacenamiento (Lin y Sun, 2019).

Los productores, comercializadores y consumidores son exigentes para adquirir los champiñones ya que con el transcurso del tiempo sufren una alteración de color, ocasionado por una enzima llamada polifenol oxidasa (PPO), es la responsable de oxidar los fenoles, desprender malos olores y que exista un pardeamiento en el hongo cambiando sus tonalidades blanquizas a café. Además de ser un producto perecedero con un contenido de agua bastante alto esto hace que sea más susceptible a la contaminación microbiana. Un estudio titulado “Predicción de la dinámica de la comunidad bacteriana y las funciones metabólicas del hongo (*Agaricus bisporus*) durante el almacenamiento” evidenció que el género de bacterias *Pseudomonas* (*P. gingeri*, *P. tolaasii*, *P. reactans* y *P. costantini*). Las bacterias utilizan los carbohidratos como alimento para degradar la hemicelulosa y la celulosa en consecuencia el hongo pierde su estructura rígida; así también degradan los aminoácidos causando olores desagradables. Al percibir estas variaciones su comercialización disminuye y es desechado en su totalidad provocando pérdidas económicas. La manera de disminuir esta actividad enzimática es el control de parámetros tales como; presencia de microorganismos patógenos, humedad relativa, temperatura, control antes y después de la cosecha, manipulación, entre otros (Lin y Sin, 2019; Hou et al, 2023).

El sector alimentario está implementando tecnología “verde” para mejorar las características sensoriales de este hongo y con ello retrasar el pardeamiento enzimático. Lin (2019) resalta alternativas las cuales se basan en recubrimientos comestibles, complementando con métodos inhibidores para mejorar la calidad del champiñón. Srivastava, Prakash y Bunkar, (2020) propuso un envasado atmosférico modificado (MAD) en almacenamiento a baja temperatura encontrando una mejora de la calidad de los champiñones mediante el efecto combinado del tratamiento químico y MAD.

## **Aceite esencial**

En la historia los aceites esenciales tuvieron su lugar en el siglo IX cuando la cultura árabe introdujo el proceso de obtención de los aceites esenciales en Europa. Posteriormente durante el siglo XVI se dio a conocer el término de aceites esenciales y/o aceites grasos. Sus usos eran principalmente para fines industriales, terapéuticos, cosméticos y perfumería (Yousefi; et al, 2019).

Los aceites esenciales o aceites volátiles de origen orgánico son sustancias aromáticas extraídas de flores, hojas, semillas, cáscaras de frutos, entre otras fuentes. Tal es el caso del aceite esencial de toronja (*Citrus x paradisi*) el cual se obtiene de la cáscara, debido a su composición química y biológica tiene actividades antiinflamatoria, antioxidante, antifúngica, antimicrobiana, entre otras. La actividad antifúngica se presenta porque en la cáscara se encuentran altos niveles de glucósidos de favononas y flavonas polimetoxiladas (usadas para fines farmacológicos) y a actividad antimicrobiana es debido a su contenido de polifenoles (actúan como mecanismo de defensa) presentes en la cáscara de la toronja (Chancusi, Paredes y Velaszco, 2021; Sharma, Barkauskaite, Jaiswal y Jaiswal, 2021).

En la civilización egipcia tenían un método de extracción de aceite esencial incorporando las plantas en grasas animales y aceites de origen vegetal (Abers, Schroeder, Goelz, Sulser, St Rose, Puchalski y Langland, 2021). Existen diversos mecanismos para la obtención de un aceite esencial como: hidrodestilación, destilación a vapor, extracción por turbo destilación, extracción de CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> supercrítico, extracción con solvente, maceración y prensado en frío. El método para extraer aceites esenciales de cáscaras de cítricos es el prensado en frío. Además, estos aceites volátiles tienen propiedades antioxidantes, antibacterianas, antiinflamatorias, entre otras y diversas aplicaciones en la industria médica, aromática, agrícola. Sin olvidar que son compuestos ecológicos y biodegradables (Hanif, Nisar, Khan, Mushtag y Zubair, 2019; Baptista-Silva, Borges, Ramos, Pintado y Sarmiento , 2020).

Del conjunto de productos derivados del sector primario la mayoría son alimentos perecederos lo que los hace más susceptibles al deterioro por contaminación física, química y biológica las cuales perjudican al producto en un tiempo corto si no cuenta con agentes antimicrobianos o barreras que detenga la descomposición del producto en su totalidad. La industria agroalimentaria ha diseñado mediante tecnología la aplicación de aceites esenciales como agentes inhibidores de bacterias, virus, hongos, entre otros. Con el objetivo de brindar productos limpios y seguros para el consumidor (Sharma, Barbakauskaite, Jaiswal y Jaiswal, 2021)

## JUSTIFICACIÓN

En el mundo se utilizan a diario toneladas de empaques derivados del petróleo, que son utilizados en todas las industrias, la alimentaria no es la excepción. Estos plásticos han facilitado al ser humano distintos aspectos de la vida cotidiana. En la actualidad somos 8 mil millones de personas en el mundo según la ONU, por tal motivo se incrementó el uso de los plásticos (generando un volumen de contaminación cada vez mayor), y la demanda de obtener alimentos seguros y saludables. (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016; ONU, 2023). Existe una gran variedad de alimentos en el planeta tierra, todos son de importancia ya que cubren la necesidad de ser consumidos debido ya que aportan nutrientes esenciales para el ser humano.

Una de los alimentos con alto valor nutricional es *Agaricus bisporus* un hongo climatérico por lo que su período de vida útil es relativamente corto, ya que metabólicamente sufren cambios fisicoquímicos como: pérdida de peso, firmeza, reacciones enzimáticas (oscurecimiento), liberación de olores desagradables, causando un aumento en la permeabilidad y reduciendo su valor nutricional (Ni, Yu, Shao, Yu, Chen y Gao, 2021). Debido a esto diversos profesionales en el sector alimentario han creado alternativas para alargar la vida útil de este producto de origen vegetal, por ejemplo, el diseño de empaques activos e inteligentes, películas biodegradables, modificaciones antes y durante su almacenamiento con la finalidad de un mejor manejo mecánico sin embargo se continua con el uso de los plásticos químicos sabiendo que no es una alternativa biodegradable para el medio ambiente. Por tal motivo se implementó como una posible solución la aplicación de una biopelícula de almidón de plátano (verde) adicionando aceite esencial de toronja con el objetivo de evaluar su vida útil facilitando del champiñón además de mejorar sus propiedades organolépticas y reduciendo el uso de plásticos.

## **HIPÓTESIS**

Es posible elaborar recubrimientos comestibles a base de almidón de plátano macho con aceite esencial de toronja, para prolongar la vida útil de los champiñones (*Agaricus bisporus*) durante 21 días en condiciones de refrigeración a 4°C.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento poscosecha del champiñón común (*Agaricus bisporus*) mediante la aplicación de una película comestible de almidón de plátano macho (*Musa balbisiana*) y aceite esencial de toronja (*Citrus paradisi*) para generar información relevante en la búsqueda de nuevas alternativas para la conservación de productos de origen vegetal.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar la formulación de la extracción de almidón de plátano y adición del aceite esencial de toronja mediante la búsqueda de literatura para elaborar un recubrimiento comestible.
2. Evaluar parámetros poscosecha del champiñón (*Agaricus bisporus*) aplicando el recubrimiento de plátano macho (*Musa balbisiana*) y aceite esencial de toronja (*Citrus paradisi*) almacenados en condiciones de refrigeración.
3. Evaluar las características sensoriales del champiñón con la aplicación del recubrimiento de plátano macho y aceite esencial de toronja realizando una prueba de "Nivel de agrado" a un grupo de estudiantes para conocer si existe variación en los tratamientos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Establecimiento del experimento**

La fase experimental se llevó a cabo en el laboratorio de "Aprovechamiento Agroalimentario Integral" el cual se encuentra dentro del Instituto de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Ciudad Universitaria de Tulancingo ubicada en el Rancho Universitario Av. Universidad km.1 Ex-Hda. De Aquetzalpa AP 32; CP 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo.

### **Obtención del almidón**

El plátano macho (*Musa balbisiana*) fue la fuente de obtención de almidón se adquirió en un local comercial de frutas y verduras en el Mercado Municipal de Tulancingo, Hidalgo. Posteriormente se llevó al laboratorio experimental donde se lavó, desinfectó y secó. La cáscara fue el primer desecho. La pulpa fue finalmente troceada en cuadros (1mmx1mm) (Osorio y Rubiano, 2019). Con la ayuda de una manta de cielo, 2 recipientes y agua, se realizó una maceración para eliminar otros compuestos solubles en agua fría y que podrían fungir como alterantes para la extracción del almidón en su totalidad, durante esta operación se añadió una solución con 2% de ácido cítrico y 100 mL de agua destilada para evitar reacciones de pardeamiento (oscurecimiento) durante el secado. En la fase final se colocó en una charola de aluminio donde se introdujo en una estufa modelo 133 marca FELISA para su secado durante 36 hrs a 40°C. El almidón fue previamente pulverizado (HIGH-GRADE SEALING SERIES, modelo Jb/T20075-2005) y tamizado (malla 100) para obtener una harina fina con tonalidad blanca, de acuerdo con la metodología propuesta por (Kringel, El Halal, Zavareze y Dias, 2020).

## Elaboración de los recubrimientos

Los tratamientos considerados en esta investigación se presentan en la Tabla 3. Para el tratamiento de almidón; En 1 vaso de precipitado de 500 mL se añadieron 200 mL de agua destilada, se inició el calentamiento hasta llegar a 40°C, en esa temperatura se agregaron 4 gr de almidón de plátano y 2 mL de glicerol, se utilizó un agitador magnético para continuar con el calentamiento homogéneo hasta llegar a 80-85°C y se mantuvo durante 10 minutos. Para los tratamientos con aceite esencial de toronja, la solución filmogénica se enfrió a 35-40°C, con agitación magnética, una pipeta graduada de 1 mL y una perilla semiautomática se añadieron 0.1 y 0.2 mL de aceite esencial de toronja en cada vaso respectivamente.

**Tabla 3.** Formulación de recubrimientos

	<b>Agua</b>	<b>Almidón</b>	<b>Glicerol</b>	<b>Aceite esencial</b>
Testigo	0	0	0	0
Almidón	200 mL	4 gr	2 mL	0
0.1 AE	200 mL	4 gr	2 mL	0.1%
0.2 AE	200 mL	4 gr	2 mL	0.2%

## pH

La medición de pH es de las más populares y se contabiliza la concentración de H<sup>+</sup> e iones hidróxido (OH<sup>-</sup>) que conforman el agua (H<sub>2</sub>O) y se utiliza para conocer si un producto, solución, entre otras, es ácido, neutro o alcalino de acuerdo a la escala de pH con valores numéricos de 0 a 14 (García-Figueroa, Ayala-Aponte y Sánchez-Tamayo 2019). Existen múltiples métodos para verificar el pH. En 4 vasos de precipitado de 250 mL se añadieron 200 mL de agua destilada y se añadió una muestra de cada tratamiento ya que posteriormente se trituro (marca Taurus modelo

Robot 300 Inox (VER.II)). El electrodo de laboratorio modelo 211 de la marca HANNA Instruments. Calibrado con dos soluciones buffers fue el utilizado para la fase experimental de la presente investigación, de acuerdo con la metodología de (Addy, Green y Herron, 2004).

### **Grados Brix**

Los grados Brix mide el porcentaje de sólidos solubles, es decir la cantidad de azúcar o sacarosa dispersa en una muestra (Guardado de Trigueros, 2023). Las muestras de cada uno de los tratamientos fueron trituradas con una batidora de inmersión (marca Taurus modelo Robot 300 Inox (VER.II)) en vasos de precipitado de 250 mL con 200 mL de agua destilada. El refractómetro es el aparato para conocer los grados brix, su unidad de medida es el porcentaje (%), por lo que se utilizó el modelo de la marca SOONDA, de acuerdo con la metodología (Türkmen y Ekşi, 2011).

### **Pérdida de peso**

Todos los productos alimenticios sufren una pérdida de peso durante su almacenamiento, es decir, la liberación de agua en su proceso de maduración por lo que aumenta el desarrollo de microorganismos patógenos por eso es importante el monitoreo de este parámetro (Farfán, 2020). Mediante el uso de una balanza analítica modelo SF-400 de la marca SQ con una capacidad máxima de 10 Kg se pesaron las muestras por triplicado. Además, se evaluó la pérdida de peso comparando la pérdida inicial y el peso en el día de medición por lo que se expresó en porcentaje. La ecuación utilizada para determinar la pérdida de peso fue la que se muestra a continuación de acuerdo con lo reportado por AQ A'yun y N Bintoro, 2021.

$$PT = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100\%$$

PT= Pérdida de peso (total), Pi= Peso inicial (gramos), y Pf= Peso de la muestra en su día de medición (gramos)

## **Firmeza**

La firmeza es una característica física visible en la cual se evalúa la calidad de los productos de origen vegetal, ya que está relacionada con la maduración por el contenido de etileno de algún fruto o vegetal (de Lorena Ramos-García, Romero-Bastida y Bautista-Baños, 2018). Existe una metodología sensorial e instrumental para determinar la firmeza, sin embargo, en el método sensorial las pruebas son destructivas. Por lo tanto, el instrumento más utilizado por su fácil manejo es el penetrómetro o durómetro, se realizaron 3 punciones en cada muestra. El modelo utilizado para conocer la firmeza de los champiñones fue GY-3 de la marca Shahe de acuerdo con la metodología de (Fathizadeh, Aboonajmi y Hassan-Beygi, 2021).

## **Color**

En la industria alimentaria el parámetro es importante en el control de la calidad, y nos brinda información de posibles alteraciones y modificaciones que sufren los alimentos durante su vida útil. Los índices de color L\* (luminosidad), a\* (rojo/verde) y b\* (amarillo /azul) son espacios de color con valores numéricos los cuales han sido ajustados a la visión humano. (García-Hernández, Salvo-Comino, Martin-Pedrosa, Garcia-Cabazon y Rodriguez-Mendez, 2020). En cada uno de los tratamientos se hicieron 3 disparos en diferentes puntos de cada una de las muestras con el apoyo de un colorímetro de la marca. Con los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos se realizó una tabla de comparación de color para la representar los cambios de color que existieron con el apoyo de un programa online llamado nix Color Sensor <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/> .Las muestras fueron almacenadas a  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  durante 21 días, las mediciones se realizaron por triplicado los días 0, 7, 14 y 21 de todos los tratamientos.

## **Análisis sensorial**

En la industria alimentaria tiene como reto principal satisfacer a los consumidores es por eso que se diseña una prueba en el cual se involucran los 5 sentidos del ser

humano (vista, olfato, oído, tacto y gusto) directamente para ellos, en el cual se evalúa el producto y se verifica qué aspectos se puede mejorar el producto (Navarro, Martínez y López, 2022). Para esta investigación se realizó una prueba sensorial “Nivel de agrado” (escala hedónica) otorgando valores de 1 a 5 (Me disgusta mucho, me disgusta moderadamente, no me gusta, ni me disgusta, me gusta moderadamente y me gusta mucho) la cual fue evaluada por un grupo de 21 personas de ambos sexos y de diferentes edades (17 a 56 años de edad) en el aula 101 del Edificio “M” que se encuentra en el Instituto de Ciencias Agropecuarias en la Ciudad Universitaria de Tulancingo. En esta prueba evaluaron firmeza, color y olor de 12 muestras: 4 muestras del día 0, 4 muestras del día 14 y 4 muestras del día 28; con el apoyo de un formato que se entregó a cada uno de los evaluadores (consumidores) (Estrada-López, Restrepo-Flórez e Iglesias-Navas, 2018).

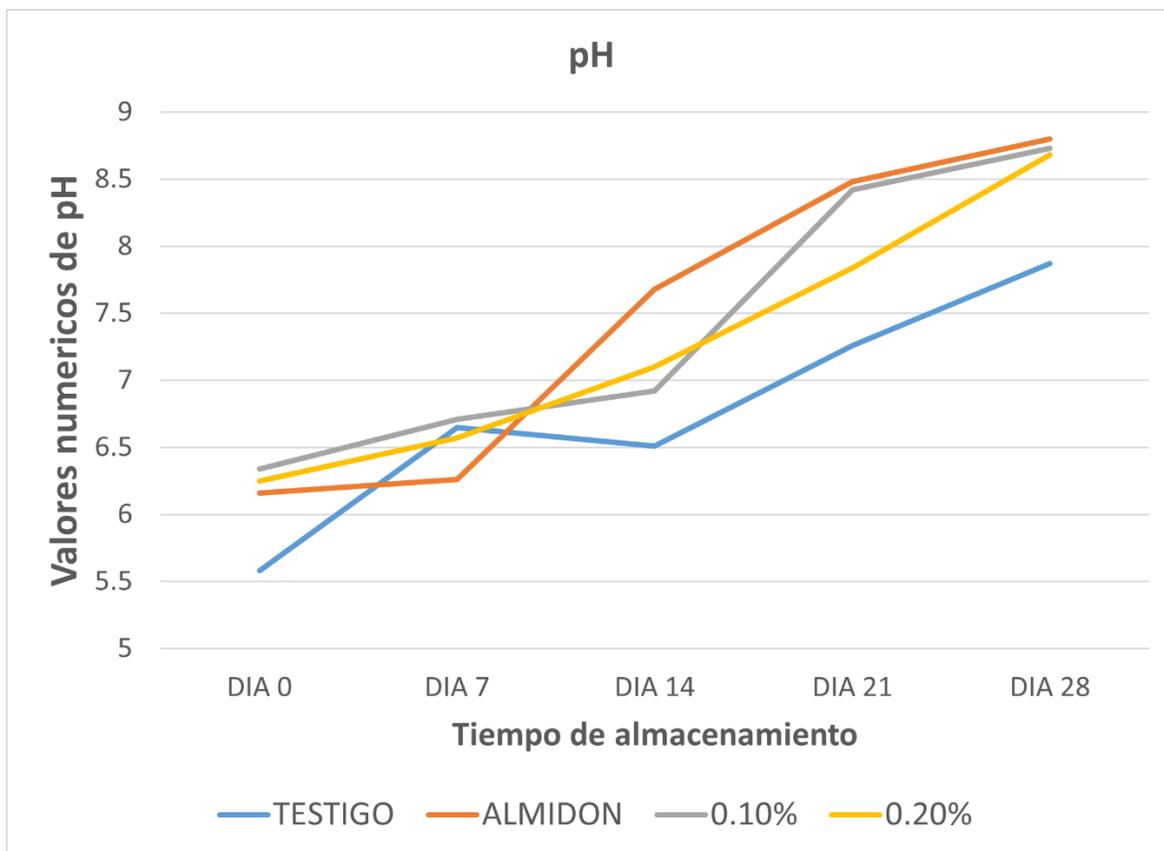
### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico 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 Statgraphics Centurion XVI.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### pH

Los productos de origen vegetal están expuestos a un deterioro fisicoquímico debido a bacterias, levaduras y hongos. Algunos estudios revisados mencionan que el valor medio del pH a nivel de plantas y órganos vegetales son buenos indicadores. Sin embargo, obtener un pH elevado en productos como frutas y verduras es menor la vida útil (Sostenibilidad, 2020; Mostafidi, Sanjabi, Shirkhan y Zahedi 2021). Los tratamientos evaluados en *Agaricus Bisporus*; Testigo, Almidón, 0.1% de Aceite esencial de toronja y 0.2% de Aceite esencial de toronja durante un periodo de 21 días presentaron en promedio un rango de 5.5 – 8.4 (Figura 3). El tratamiento 0.2% demostró un valor de pH estable en comparación con el resto de los tratamientos, debido a la cantidad agregada de aceite esencial de toronja ya que tuvo una actividad inhibidora ante la presencia de la enzima PPO (polifenol oxidasa) (Navarro, Martinez y Lopez., 2022). Cai, Zhong, Ma, Yang y Sun., 2022 envasaron hongo *Agaricus bisporus* en películas de alcohol polivinílico cargadas con mano - SiO<sub>2</sub> / TiO<sub>2</sub>. Reportaron que no existió diferencias estadísticas en este parámetro, en comparación con los resultados de esta investigación. Además, mencionan que, durante su almacenamiento, debido a la acumulación de vapor es un medio adecuado para el desarrollo de *pseudomonas* (oscurecimiento), sin embargo, los valores de pH podrían disminuir debido al ácido orgánico a causa de los microorganismos y metabolitos durante el deterioro.

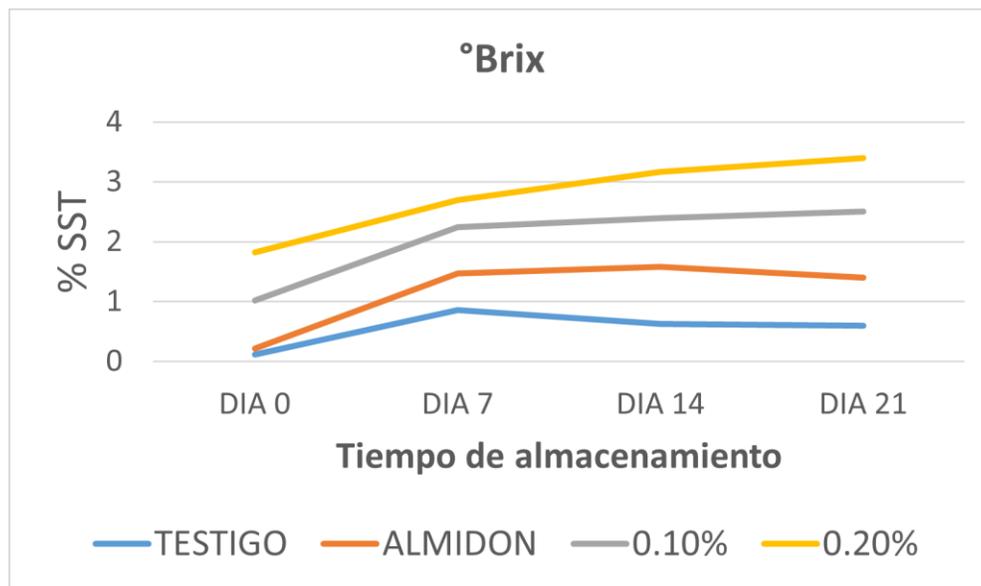


**Figura 3.** Determinación de pH de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias  $\pm$  desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una  $p < 0.05$ .

### °Brix

Los sólidos solubles totales o grados Brix es un parámetro el cual determina la calidad de productos alimentarios es decir nos indica su estado de madurez y si es apto o no para su consumo. (Wu, 2021). El contenido de sólidos solubles totales (SST) en el hongo *Agaricus bisporus* incremento en pequeñas cantidades en los 4 tratamientos almacenados en refrigeración (4°C) durante 21 días. El tratamiento que tuvo menor presencia de sólidos fue el tratamiento testigo (T) seguido del tratamiento almidón (Al) probablemente el aceite esencial daño la estructura del champiñón, acelerando su maduración como se muestra en la Figura 4. Pogorzelska – Nowicka et al, 2020 evaluaron películas de cloruro de polivinilo (PVC)

y de polisulfona sobre la calidad de los champiñones almacenados a temperatura ambiente, las cuales presentaron una ligera disminución de SST. Por lo tanto, estos resultados coinciden con lo mencionado en esta investigación. Concluyendo que el alto contenido de grados brix está relacionado con el hecho de que los hongos están maduros por tanto se incrementa el contenido de polisacáridos solubles en su tejido



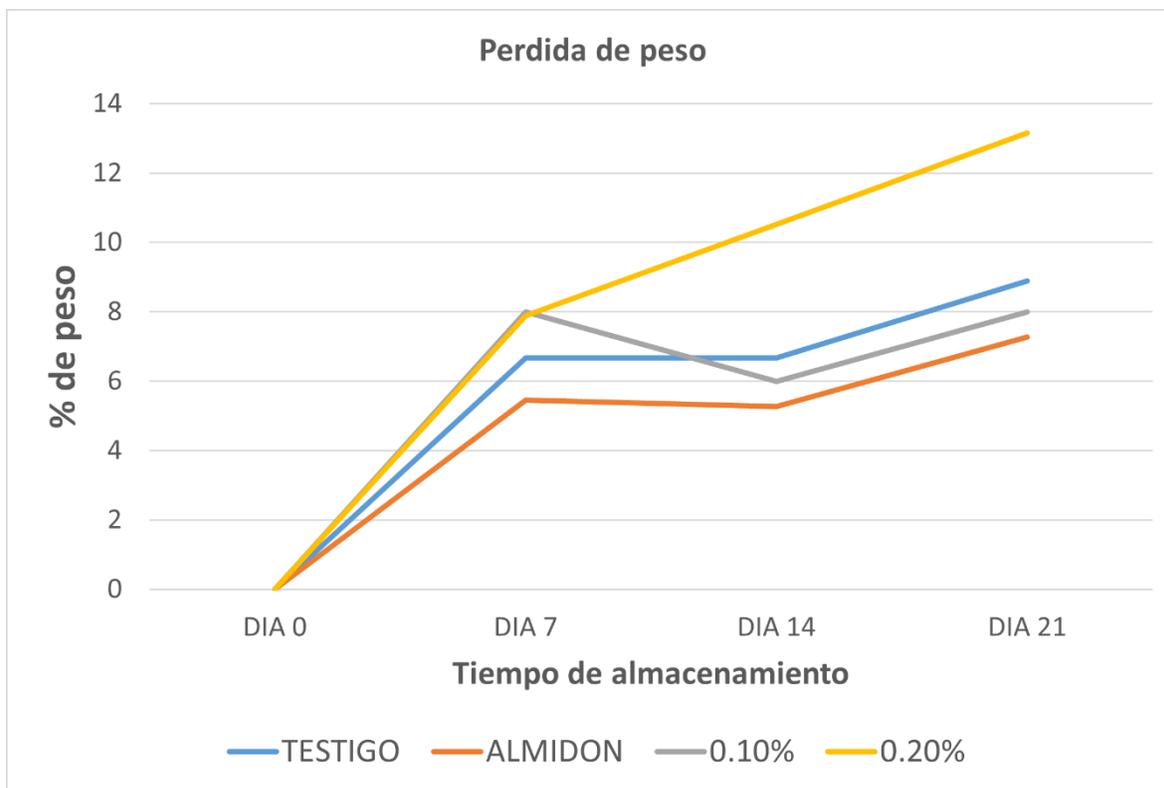
**Figura 4.** Determinación de sólidos solubles totales de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias  $\pm$  desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una  $p < 0.05$ .

### Pérdida de peso

Todo tipo de alimento frutihortícola contiene un porcentaje de agua de 65 a 95% de agua según la FAO. Durante su maduración existe una deshidratación del producto, es decir una liberación de agua la cual se encontraba contenida en los tejidos del alimento, lo da como resultado una pérdida de peso. El cual es un parámetro de calidad que nos indica en qué estado se encuentra nuestro producto a consumir (FAO,2021). Los tratamientos del champiñón blanco (*Agaricus bisporus*) se vigilaron

durante 21 días tomando el peso del día cero como el 100% de base para cada uno. Posteriormente se tomó el promedio del día 7, día 14 y día 21. En esta investigación, el tratamiento Testigo (T) tuvo pérdidas del 6.66% (Día 7), 6.66% (Día 14) y 8.89% (Día 21); el tratamiento Almidón (Al) presentó pérdidas 5.45% (Dia 7), 5.27% (Día 14) y 7.27% (Día 21); posteriormente el tratamiento con 0.1% de aceite esencial de toronja (0.1%) se obtuvieron pérdidas de 8% (Día 7), 6% (Día 14) y 8% (Dia 21) y finalmente el tratamiento con 0.2% de aceite esencial de toronja (0.2%) arrojó pérdidas de 7.89% (Día 7), 10.52 (Día 14) y 13.15% (Día 21); Por lo tanto el tratamiento con menor porcentaje de perdida fue el de almidón (Al) posiblemente porque el recubrimiento actuó como regulador ante el gradiente de presión entre la epidermis, la atmosfera circundante, la temperatura de almacenamiento y la tasa de respiración (Hernandez-Guerrero et al, 2020) (Figura 5).

Hernandez-Guerrero, Balois-Morales, Palomino-Hermosillo, Lopez-Guzman, Berumen-Varela, Bautista-Rosales y Alejo-Santiago, 2020 realizaron recubrimientos comestibles de almidón extraídos de la pulpa del fruto de plátano “pera” y guanábana aplicada en mango “ataulfo. Mostrando como resultado que el recubrimiento incremento la vida útil del mango por 15 días aproximadamente. Lo cual coincide con lo encontrado en esta investigación

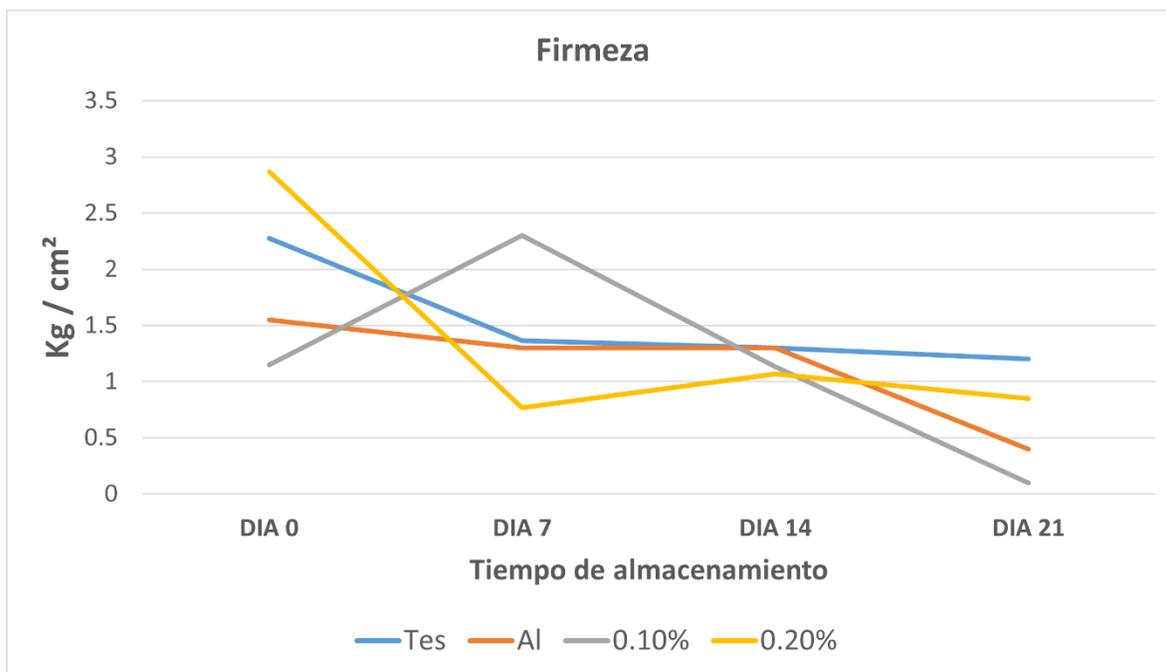


**Figura 5.** Determinación de pérdida de peso de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias  $\pm$  desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una  $p < 0.05$ .

## Firmeza

Los productos de origen vegetal sufren cambios en su textura durante el proceso de maduración debido a la pérdida de humedad que se encuentra retenida (Wibowo y Wicaksono, 2021). La estructura de los champiñones se ve afectada por aspectos como: una mala manipulación, elevadas temperaturas y exceso de humedad donde se almacenan, contaminación cruzada, además de que metabólicamente y con el paso del tiempo existe una descomposición gracias a unas enzimas extracelulares capaces de degradar el material orgánico desprendiendo olores y liberando el agua que se encuentra en las células. (Zarlenga, 2022). Los resultados que se obtuvieron en los cuatro tratamientos (Figura 6) durante los días 0, 7, 14 y 21 fueron los siguientes: en tratamiento 1. Testigo (T) obtuvo un promedio de 2.27, 1.36, 1.3 y 1.2 N; el tratamiento 2. Almidón (Al) 1.55, 1.3, 1.3 y 0.4 N; sin embargo, el tratamiento

3. 0.1% de aceite esencial de toronja (0.1%) dio como resultado 1.15, 2.3, 1.13 y 0.1 N; por último, el tratamiento 4. 0.2% de aceite esencial de toronja 2.86, 0.76, 1.06, 0.85 N. Para este parámetro el mejor tratamiento fue 0.2% de aceite esencial de toronja debido a que el recubrimiento con aceite esencial de toronja ayudo a que la fuerza de penetración de la muestra mantuviera una reducción en la tasa de respiración (Cenobio-Galindo et al., 2019). Santacruz Terán en el año 2021 llevó a cabo una investigación donde logró incorporar un recubrimiento de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación de mango recién cortado. Los mangos que se utilizaron fueron Tommy Atkins. Concluyendo que el uso de recubrimientos comestibles reduce cambios de textura debido a la reducción de la tasa de respiración por lo muestra coincidencia con lo demostrado en la investigación.



**Figura 6.** Determinación de firmeza de los champiñones recubiertos. Los resultados se muestran en medias  $\pm$  desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una  $p < 0.05$ .

## Color

El color en general indica el estado de maduración y la calidad de un alimento para ser consumido mediante valores numéricos y la metodología CIE-L\*, a\*, b\* la cual son espacios de color donde se evalúa el color de un producto, objeto, entre otros, donde L\* indica luminosidad, a\* rojo-verde y b\* amarillo-azul, tal es el caso del oscurecimiento y/o pardeamiento de los champiñones. (Velásquez-Barreto, Rafael-Delgado y Ramírez-Tixe, 2022). En la Tabla 4 y 5 se muestra el comportamiento de los 4 tratamientos aplicados en champiñón evaluando color. Encontrando con más estabilidad al tratamiento almidón (Al) lo que podría justificarse debido a que el recubrimiento es una barrera protectora a compuestos fotosensibles. Kumar, Rahul, Gniewosz y Kieliszek, 2023 evaluaron un recubrimiento comestible a base de gel de áloe vera con aceite esencial de cáscara de naranja aplicado en champiñón para su conservación. Concluyeron que este tipo de recubrimiento evito el pardeamiento total del fruto, coincidiendo con lo reportado en el presente escrito.

**Tabla 4.** Determinación de color de los champiñones recubiertos

DIAS/TRATAMIENTOS	TESTIGO	ALMIDON	0.1% A.E	0.2% A.E
L*				
0	84.08±1.36 <sup>bA</sup>	89.22±0.42 <sup>aA</sup>	86.46±5.05 <sup>abA</sup>	79.83±2.24 <sup>cA</sup>
7	80.81±1.29 <sup>aA</sup>	78.72±0.69 <sup>aB</sup>	80.03±4.16 <sup>aA</sup>	78.49±2.51 <sup>aA</sup>
14	80.81±1.28 <sup>aA</sup>	77.23±3.52 <sup>abB</sup>	74.75±1.82 <sup>bB</sup>	75.12±0.32 <sup>bB</sup>
21	66.84±16.16 <sup>abA</sup>	68.29±1.59 <sup>bC</sup>	55.07±14.50 <sup>bB</sup>	74.19±2.47 <sup>aB</sup>
a*				
0	2.45±0.18 <sup>aB</sup>	1.07±0.22 <sup>bB</sup>	2.08±2.04 <sup>aC</sup>	4.19±1.05 <sup>bB</sup>
7	3.06±2.65 <sup>bB</sup>	4.80±1.54 <sup>aA</sup>	4.15±1.46 <sup>aB</sup>	5.01±1.04 <sup>aAB</sup>
14	3.77±0.18 <sup>bB</sup>	4.90±0.66 <sup>aA</sup>	5.47±0.61 <sup>aB</sup>	6.17±0.05 <sup>aA</sup>
21	7.08±3.22 <sup>aA</sup>	5.88±3.15 <sup>aA</sup>	8.27±1.79 <sup>aA</sup>	6.24±0.91 <sup>aA</sup>
b*				
0	20.40±1.76 <sup>aB</sup>	16.97±0.78 <sup>bB</sup>	20.09±3.49 <sup>aA</sup>	23.87±1.59 <sup>aB</sup>
7	23.78±5.87 <sup>cAB</sup>	27.37±1.26 <sup>aA</sup>	25.38±0.86 <sup>bA</sup>	27.74±0.01 <sup>aA</sup>
14	22.63±1.15 <sup>cB</sup>	27.23±1.72 <sup>bA</sup>	28.19±0.14 <sup>aA</sup>	29.88±0.40 <sup>aA</sup>
21	26.87±2.45 <sup>aA</sup>	28.51±2.18 <sup>aA</sup>	28.45±8.51 <sup>aA</sup>	28.92±3.14 <sup>aA</sup>

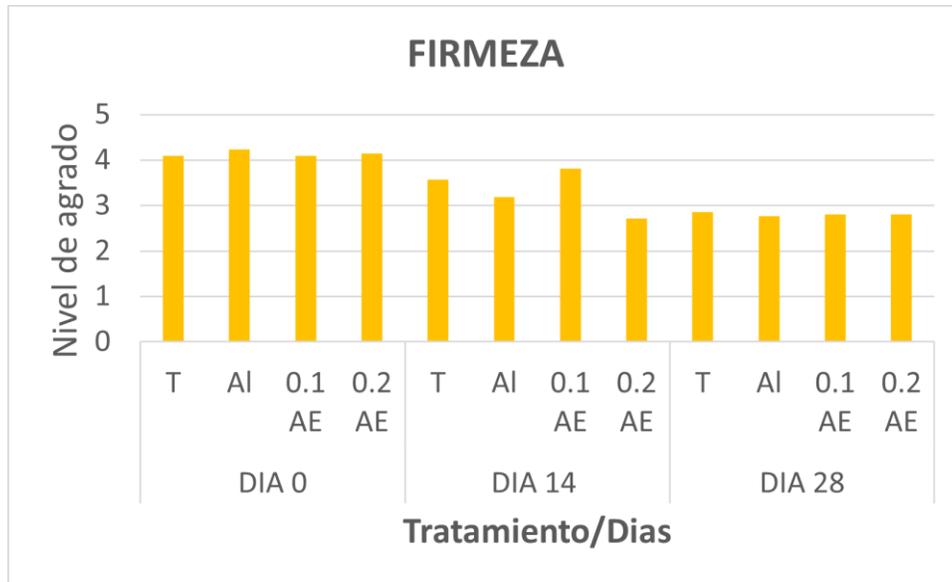
Los resultados se muestran en medias  $\pm$  desviación estándar, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con una  $p < 0.05$ .

**Tabla 5.** Representación visual de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del parámetro color

DIAS/TRATAMIENTOS	TESTIGO	ALMIDON	0.1% A-E	0.2% A.E
	$L^*$ , $a^*$ y $b^*$			
0				
7				
14				
21				

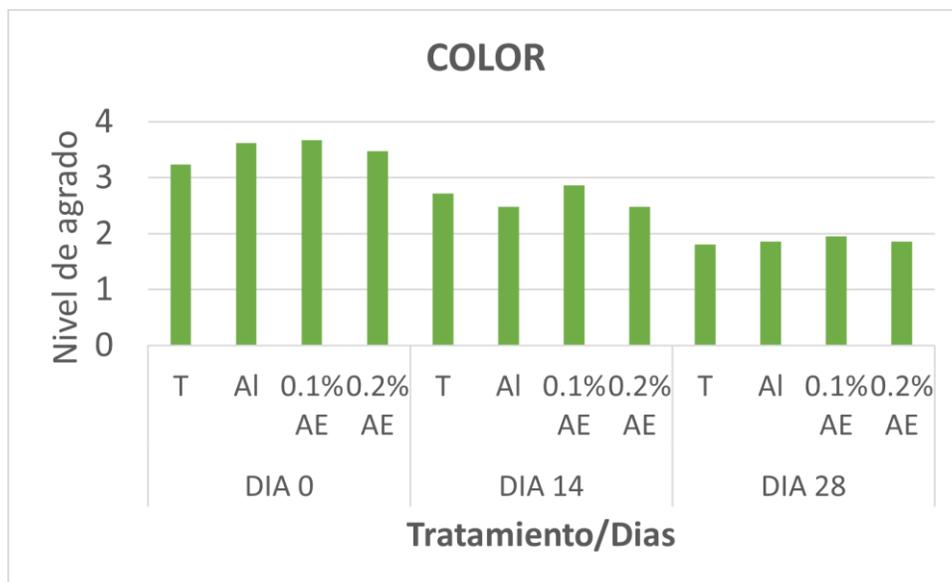
### Análisis Sensorial

El análisis sensorial es una ciencia en la cual se miden, analizan e interpretan atributos mediante los sentidos del ser humano (gusto, olfato, oído, tacto y vista). En el ámbito alimenticio esta disciplina es utilizada para la evaluación de características específicas como por ejemplo evaluar la calidad que tiene que cumplir un alimento o material. Esta disciplina cuenta con múltiples evaluaciones para asignar valores cuantitativos para determinar el nivel de calidad del producto (Calderón y Peceros, 2023). De acuerdo a la Figura 7; a lo largo de la evaluación el tratamiento de 0.1% de aceite esencial obtuvo una aceptación de 3.56 seguido del tratamiento testigo (T) con 3.48 de aceptación.



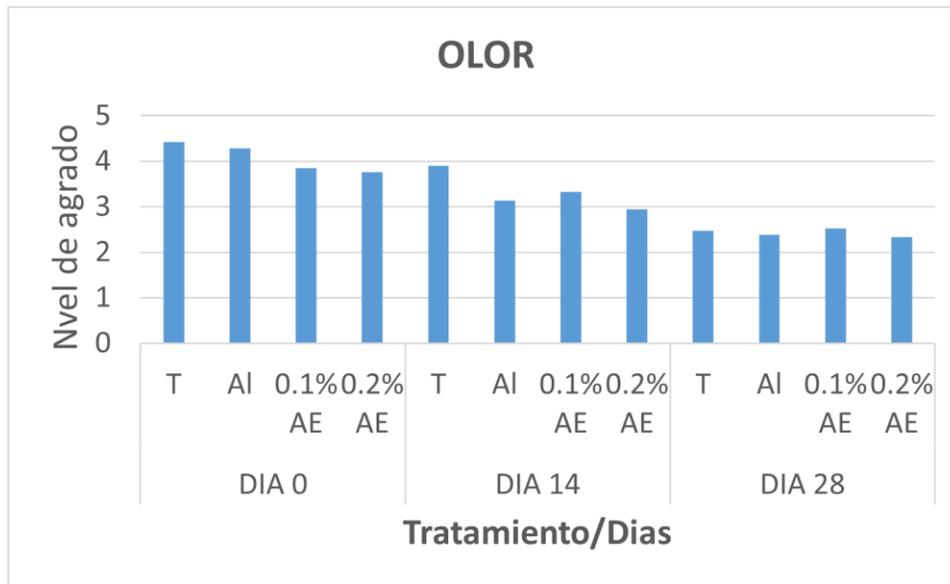
**Figura 7.** Parámetro de firmeza con las medias obtenidas de la prueba sensorial para cada uno de los días/tratamientos

El parámetro color (Figura 8) evaluado por el panel de consumidores de acuerdo a la escala de preferencia. A lo largo de la evaluación el tratamiento de 0.1% de aceite esencial obtuvo una aceptación de 2.82 seguido del tratamiento almidón (AI) con 2.64 de aceptación.



**Figura 8.** Parámetro de color con las medias obtenidas de la prueba sensorial para cada uno de los días/tratamientos

A lo largo de la evaluación el tratamiento de Testigo (T) obtuvo una aceptación de 3.59 seguido del tratamiento almidón (Al) con 3.26 de aceptación. (Figura 9)



**Figura 9.** Parámetro de olor con las medias obtenidas de la prueba sensorial para cada uno de los días/tratamientos

Abarca e Hidalgo, 2021 obtuvieron una película biodegradable a partir de colágeno de las patas de pollo (*Gallus gallus domesticus*) y almidón de plátano (*Musa balbisiana*) para el recubrimiento de manzanas. El análisis sensorial se aplicó a 12 personas de distintos sexos en un rango de 19 a 60 años de edad con la ayuda de una prueba de agrado (nivel de agrado 1 al 5) los parámetros de olor, color, sabor y textura. Donde se evaluaron 4 formulaciones en manzanas rojas e hicieron una comparación con manzanas sin recubrimiento. Esta evaluación concluyó que las manzanas recubiertas fueron del agrado de los evaluadores. Lo que coincide con este experimento.

0.1% A.E. T el olor o que confiere fue mas aceptado por los consumidores debido a las observaciones que hicieron y la mayoría coincide que fueron mas agradables debido al color y a la textura. Sin embargo, mencionan que los olores fueron similares, pero al evaluar las muestras del día 28 su olor era desagradable debido a la presencia de la enzima polifenol oxidasa la cual es la responsable de la maduración.

## CONCLUSIÓN

Los champiñones tuvieron un comportamiento variado en los atributos de calidad anteriormente evaluados. El tratamiento 0.1% tuvo efecto positivo en el control de pH y análisis sensorial (color), para los parámetros °brix y color el tratamiento 0.2% de acuerdo a los datos arrojados fue el mejor. El tratamiento A1 logró disminuir la pérdida de peso y el análisis sensorial para los evaluadores en el atributo firmeza fue este el de más agrado. Finalmente, las muestras testigo (T) fueron las que mejor conservan su firmeza y al ser evaluado el parámetro olor en la prueba sensorial este resultó ser el de más agrado. El tratamiento A1 (almidón) resulto ser el óptimo para la conservación de los champiñones en condiciones de refrigeración. Hace falta más investigación, que puede optimizar las concentraciones de aceite en el recubrimiento para generar datos más específicos sobre la formulación más adecuada. El presente trabajo incrementa la posibilidad de buscar alternativas encaminadas a elaborar nuevos recubrimientos comestibles, además de aumentar el valor agregado de los champiñones ya que es un producto sumamente perecedero por sus características, además de ser de importancia económica en México y el mundo.

## REFERENCIAS

- Abarca Palomino, FJ, & Hidalgo Loor, DM (2021). Obtaining a biodegradable film from collagen (*Gallus gallus domesticus*) and starch (*Musa balbisiana*) for coating fruits (Bachelor's thesis, University of Guayaquil. Faculty of Chemical Engineering).
- Abers, M., Schroeder, S., Goelz, L., Sulser, A., St Rose, T., Puchalski, K., & Langland, J. (2021). Antimicrobial activity of the volatile substances from essential oils. *BMC complementary medicine and therapies*, 21(1), 1-14.
- Addy, K., Green, L. y Herron, E. (2004). pH y alcalinidad. Universidad de Rhode Island, Kingston.
- Arreola González, A., & Fuentes Ruiz, A. (2019). Diseño y evaluación de un recubrimiento comestible para guayabas.
- Baptista-Silva, S., Borges, S., Ramos, O. L., Pintado, M., & Sarmento, B. (2020). The progress of essential oils as potential therapeutic agents: A review. *Journal of Essential Oil Research*, 32(4), 279-295.
- Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S. M., Pilevar, Z., & Mortazavian, A. M. (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in colloid and interface science*, 280, 102164.ch.
- Cai, M., Zhong, H., Ma, Q., Yang, K., & Sun, P. (2022). Physicochemical and microbial quality of *Agaricus bisporus* packaged in nano-SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> loaded polyvinyl alcohol films. *Food Control*, 131, 108452.
- Calderón Huaman, CA, & Peceros Sauñi, AS (2023). Nutritional value, in vitro digestibility and sensory characteristics of dehydrated soup based on mushrooms and olluco (*Ollucus tuberosus*).
- Coba, J. A. A., & Cucalón, B. E. M. (2021). La actualidad de los tipos de envases plásticos para alimentos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 3(6), 1-16.

Contreras Pérez, FL (2019). Development of a new system with potential antimicrobial effect consisting of Citrus x paradisi oil and amoxicillin (Doctoral dissertation, University of Guayaquil. Faculty of Chemical Sciences).

Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., & Tang, M. C. (2009). Form and functionality of starch. *Food hydrocolloids*, 23(6), 1527-1534.

Dai, L., Zhang, J., & Cheng, F. (2019). Effects of starches from different botanical sources and modification methods on physicochemical properties of starch-based edible films. *International journal of biological macromolecules*, 132, 897-905.

de Agricultura y Desarrollo Rural, S. (s/f). *Los hongos y setas, tradición de buena alimentación*. gob.mx. Recuperado el 8 de febrero de 2024, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/los-hongos-y-setas-tradicion-de-buena-alimentacion>

de Lorena Ramos-García, M., Romero-Bastida, C., & Bautista-Baños, S. (2018). Modified starch: Properties and uses as edible coatings for the preservation of fresh fruits and vegetables. *Ibero-American Journal of Postharvest Technology*, 19(1).

De Titto, E., de Titto, G., & Savino, A. (2022). Plásticos.

Estrada-López, H. H., Restrepo-Flórez, C. E., & Iglesias-Navas, M. A. (2018). Sensory acceptability of bakery and confectionery products with the incorporation of dehydrated fruits and vegetables as functional ingredients. *Information Technology*, 29(4), 13-20.

Farfán Briceño, DL (2020). Evaluation of the texture and weight loss of banana (*Musa paradisiaca*) under different conditions of temperature and relative humidity during storage.

Fathizadeh, Z., Aboonajmi, M., & Hassan-Beygi, S. R. (2021). Nondestructive methods for determining the firmness of apple fruit flesh. *Information Processing in Agriculture*, 8(4), 515-527.

Firouz, M. S., Mohi-Alden, K., & Omid, M. (2021). A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research International*, 141, 110113.

García-Figueroa, A., Ayala-Aponte, A., & Sánchez-Tamayo, M. I. (2019). Effect of edible coatings of Aloe vera and sodium alginate on the post-harvest quality of strawberries. *Revista UDCA Actualidad & Divulgacion Científica*, 22(2).

Garcia-Hernandez, C., Salvo-Comino, C., Martin-Pedrosa, F., Garcia-Cabezón, C., & Rodríguez-Mendez, M. L. (2020). Analysis of red wines using an electronic tongue and infrared spectroscopy. Correlations with phenolic content and color parameters. *Lwt*, 118, 108785.

Guardado de Trigueros, J. V. (2023). *Natural edible coating based on aloe vera gel (Aloe barbadensis miller) for the preservation and its effect on the post-harvest quality of papaya (Carica papaya) Tainung variety* (Doctoral dissertation, University of El Salvador).

Hage Jr, E. (1998). Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. *Polímeros*, 8, 6-9.

Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., & Zubair, M. (2019). Essential oils. *Essential Oil Research: Trends in Biosynthesis, Analytics, Industrial Applications and Biotechnological Production*, 3-17.

Hernández-Guerrero, S. E., Balois-Morales, R., Palomino-Hermosillo, Y. A., López-Guzmán, G. G., Berumen-Varela, G., Bautista-Rosales, P. U., & Alejo-Santiago, G. (2020). Novel edible coating of starch-based stenopermocarpic mango prolongs the shelf life of mango “ataulfo” fruit. *Journal of Food Quality*, 2020.

Hou, F., Yi, F., Song, L., Zhan, S., Zhang, R., Han, X., ... & Liu, Z. (2023) Bacterial Community Dynamics and Metabolic Functions Prediction in Mushroom (*Agaricus Bisporus*) During Storage. Available at SSRN 4389463.

Jafarzadeh, S., Jafari, S. M., Salehabadi, A., Nafchi, A. M., Kumar, U. S. U., & Khalil, H. A. (2020). Biodegradable green packaging with antimicrobial functions based on

the bioactive compounds from tropical plants and their by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 262-277.

Jafarzadeh, S., Salehabadi, A., Nafchi, A. M., Oladzadabbasabadi, N., & Jafari, S. M. (2021). Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites; improvement in shelf life, physicochemical and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 218-231.

Khojah, E., Sami, R., Helal, M., Elhakem, A., Benajiba, N., Alharbi, M., & Alkaltham, M. S. (2021). Effect of coatings using titanium dioxide nanoparticles and chitosan films on oxidation during storage on white button mushroom. *Crystals*, 11(06), 603.

Kringel, D. H., El Halal, S. L. M., Zavareze, E. D. R., & Dias, A. R. G. (2020). Methods for the extraction of roots, tubers, pulses, pseudocereals, and other unconventional starches sources: a review. *Starch-Stärke*, 72(11-12), 1900234.

Kumar, N., Rahul, K., Gniewosz, M., & Kieliszek, M. (2023). Characterization of Aloe Vera Gel-Based Edible Coating with Orange Peel Essential Oil and Its Preservation Effects on Button Mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food and Bioprocess Technology*, 1-21.

Lin, X., & Sun, D. W. (2019). Research advances in browning of button mushroom (*Agaricus bisporus*): Affecting factors and controlling methods. *Trends in Food Science & Technology*, 90, 63-75.

Ma, G., Du, H., Hu, Q., Yang, W., Pei, F., & Xiao, H. (2021). Health benefits of edible mushroom polysaccharides and associated gut microbiota regulation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(24), 6646-6663.

Martínez, L. J. C., & Miranda, C. B.(2020). Los plásticos... una moneda de dos caras. *Mixcoac*

Montiel-Álvarez, U., Gómez, N. A., & Escobar, D. M. (2023). Recubrimiento a base de almidón de plátano residual. *2do.*, 1(1), 321.

Mostafidi, M., Sanjabi, M. R., Shirkhan, F., & Zahedi, M. T. (2020). A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 321-332.

Navarro Martínez, A., Martínez Hernández, GB, & López Gómez, A. (2022). Effect of essential oil vapors on the shelf life of refrigerated packaged laminated mushrooms.

Ni, X., Yu, J., Shao, P., Yu, J., Chen, H., & Gao, H. (2021). Preservation of *Agaricus bisporus* freshness with using innovative ethylene manipulating active packaging paper. *Food Chemistry*, 345, 128757.

### Bibliografía

United Nations. (s/f). *Población | Naciones Unidas*. Recuperado el 8 de febrero de 2024, de <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Osorio Herrera, A. P., & Rubiano Hernández, K. D. (2019). Desarrollo de una biopelícula partiendo de cáscara de banano y fibra natural como agente de refuerzo a nivel laboratorio.

Oyarázún, J. E. (2019). Plásticos. Un chivo expiatorio.

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.

Pogorzelska-Nowicka, E., Hanula, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Stelmasiak, A., Zalewska, M., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2020). Packaging in a high O<sub>2</sub> or air atmospheres and in microperforated films effects on quality of button mushrooms stored at room temperature. *Agriculture*, 10(10), 479.

Qu, T., Li, B., Huang, X., Li, X., Ding, Y., Chen, J., & Tang, X. (2020). Effect of peppermint oil on the storage quality of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food and Bioprocess Technology*, 13, 404-418.

Quintana Rodriguez , E. (Noviembre de 2020). *CIATEC*. Obtenido de <https://www.ciatec.mx/archivos/6157afff15854bf734b93d71f0d99125.pdf>

Santacruz Terán, S. (2021). Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(1), 9461-9469.

Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27

Sharma, S., Barkauskaite, S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2021). Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry*, 343, 128403.

Srivastava, P., Prakash, P., & Bunkar, D. (2020). Enhancement in physiological and sensory attributes of button mushroom (*Agaricus bisporus*) as influenced by chemical and modified atmospheric packaging (MAP) treatments at low temperature storage. *Int. J. Chem. Stud*, 8(2), 2059-2064.

Thakur, M. P. (2020). Advances in mushroom production: Key to food, nutritional and employment security: A review. *Indian Phytopathology*, 73, 377-395.

Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P., & Vuong, Q. V. (2019). Starch-based films: Major factors affecting their properties. *International journal of biological macromolecules*, 132, 1079-1089.

Torres De La Torre, C. (2020). El futuro de los plásticos o los plásticos del futuro. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (87), 229-242.

Torres De La Torre, C. (2020). The future of plastics or the plastics of the future. *Notebooks of the Center for Studies in Design and Communication. Essays* , (87), 229-242.

Türkmen, İ., & Ekşi, A. (2011). Brix degree and sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Food chemistry*, 127(3), 1404-1407.

Velásquez-Barreto, FF, Rafael-Delgado, DA, & Ramírez-Tixe, EE (2022). Effect of storage time and temperature on the physical-chemical and color parameters of aguaymanto (*Physalis peruviana*) fruits. *Research Journal Agricultural Science and Biotechnology* , 2 (1), 29-38.

Vignola, M. B., Serra, M. A., & Andreatta, A. E. (2020). Actividad Antimicrobiana de Diversos Aceites esenciales en bacterias benéficas, patógenas y alterantes de alimentos.

Vilchez Torres, R. D. P., & Alayo Deza, J. (2022). Actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de la cáscara de *Citrus paradisi* Macfad (Toronja) frente a *Aspergillus niger*.

Wibowo, C., Haryanti, P., & Wicaksono, D. R. (2021, April). Effect of edible coating application by spraying method on the quality of red chili during storage. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 746, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.

Wu, W., Ni, X., Shao, P., & Gao, H. (2021). Novel packaging film for humidity-controlled manipulating of ethylene for shelf-life extension of *Agaricus bisporus*. *Lwt*, 145, 111331.

Yong, H., & Liu, J. (2020). Recent advances in the preparation, physical and functional properties, and applications of anthocyanins-based active and intelligent packaging films. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100550.

Yousefi, M., Rahimi-Nasrabadi, M., Pourmortazavi, S. M., Wysokowski, M., Jesionowski, T., Ehrlich, H., & Mirsadeghi, S. (2019). Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 182-193.

Zarlenga, G. (2022). Diagnóstico y plan de mejoras para una PYME dedicada al cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*), Provincia de Santa Fe (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Luján).

Zarlenga, G. (2022). Diagnóstico y plan de mejoras para una PYME dedicada al cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*), Provincia de Santa Fe (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Luján).

Zhang, P., Whistler, R. L., BeMiller, J. N., & Hamaker, B. R. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review. *Carbohydrate polymers*, 59(4), 443-458.

Zhang, W., Li, X., & Jiang, W. (2020). Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. *International journal of biological macromolecules*, 154, 1205-1214.v

## ANEXOS

### Análisis estadísticos

#### Brix

DIAS/TRATAMIENTO S	TESTIGO	ALMIDON	0.1% A.E	0.2% A.E
0	0.12±0.00 <sup>b</sup> A	0.10±0.00 <sup>b</sup> D	0.80±0.00 <sup>a</sup> B	0.80±0.00 <sup>AB</sup>
7	0.86±0.00 <sup>a</sup> B	0.61±0.00 <sup>c</sup> C	0.77±0.00 <sup>b</sup> C	0.46±0.00 <sup>dC</sup>
14	0.63±0.00 <sup>d</sup> C	0.95±0.00 <sup>a</sup> A	0.81±0.00 <sup>b</sup> B	0.78±0.00 <sup>cB</sup>
21	0.60±0.00 <sup>d</sup> C	0.80±0.00 <sup>cB</sup>	1.10±0.00 <sup>a</sup> A	0.90±0.00 <sup>bA</sup>

Las letras minúsculas indican diferencia entre los tratamientos al mismo día de análisis

las letras mayúsculas indican diferencias significativas para cada tratamiento a diferente día de análisis

#### pH

DIAS/TRATAMIENTO S	TESTIGO	ALMIDON	0.1% A.E	0.2% A.E
0	5.58±0.00 <sup>d</sup> C	6.16±0.00 <sup>c</sup> C	6.34±0.00 <sup>a</sup> C	6.25±0.00 <sup>bC</sup>
7	6.65±0.00 <sup>a</sup> B	6.26±0.00 <sup>c</sup> C	6.71±0.00 <sup>a</sup> B	6.57±0.00 <sup>bC</sup>
14	6.51±0.00 <sup>d</sup> B	7.68±0.00 <sup>a</sup> B	6.92±0.00 <sup>cB</sup>	7.10±0.00 <sup>bB</sup>

21	7.26±0.00 <sup>cA</sup>	8.48±0.00 <sup>a</sup>	8.42±0.00 <sup>a</sup>	7.84±0.00 <sup>bA</sup>
		A	A	

Las letras minúsculas indican diferencia entre los tratamientos al mismo día de análisis

las letras mayúsculas indican diferencias significativas para cada tratamiento a diferente día de análisis

#### Firmeza

DIAS/TRATAMIENTO	TESTIGO	ALMIDON	0.1% A.E	0.2% A.E
S				
0	2.28±0.05 <sup>a</sup>	1.55±0.15 <sup>b</sup>	1.15±0.05 <sup>b</sup>	2.87±0.20 <sup>aA</sup>
	A	A	B	
7	1.37±0.05 <sup>b</sup>	1.30±0.17 <sup>b</sup>	2.30±0.10 <sup>a</sup>	0.77±0.05 <sup>cC</sup>
	B	B	A	
14	1.30±0.26 <sup>a</sup>	1.30±0.20 <sup>a</sup>	1.13±0.32 <sup>b</sup>	1.07±0.05 <sup>bB</sup>
	B	B	B	
21	1.20±.20 <sup>aC</sup>	0.40±.10 <sup>cC</sup>	0.10±.05 <sup>dC</sup>	0.85±.20 <sup>bC</sup>

Las letras minúsculas indican diferencia entre los tratamientos al mismo día de análisis

las letras mayúsculas indican diferencias significativas para cada tratamiento a diferente día de análisis

#### Pérdida de peso

DIAS/TRATAMIENTO	TESTIGO	ALMIDON	0.1% A.E	0.2% A.E
S				
0	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>aD</sup>
	C	C	C	

7	6.67±0.20 <sup>b</sup> B	5.46±0.14 <sup>cB</sup>	8.00±0.00 <sup>a</sup> A	7.89±0.00 <sup>aC</sup>
14	6.67±0.20 <sup>b</sup> B	5.27±0.12 <sup>cB</sup>	6.00±0.00 <sup>b</sup> B	10.53±0.00 <sup>aB</sup>
21	8.89±0.27 <sup>b</sup> A	7.26±0.18 <sup>cA</sup>	8.00±0.00 <sup>b</sup> A	13.16±0.00 <sup>aA</sup>

Las letras minúsculas indican diferencia entre los tratamientos al mismo día de análisis

las letras mayúsculas indican diferencias significativas para cada tratamiento a diferente día de análisis

## Formato para la evaluación sensorial

	<b>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo</b> Instituto de Ciencias Agropecuarias Ingeniería Agroindustrial <b>Prueba hedónica</b>		
<b>"Recubrimiento de almidón de plátano adicionado con aceite esencial de toronja aplicado en champiñones"</b>			
Nombre: _____ Fecha: _____ Edad: ____			
Leer cuidadosamente las instrucciones:			
Sobre la mesa encontrara 12 muestras de champiñones las cuales evaluara los atributos de firmeza, color y olor, de acuerdo a la escala de preferencia (Tabla 1) marque con un número de acuerdo a su agrado.			
Tabla 1. Escala de preferencia			
<b>Puntaje</b>	<b>Nivel de agrado</b>		
5	Me gusta mucho		
4	Me gusta moderadamente		
3	No me gusta, ni me disgusta		
2	Me disgusta moderadamente		
1	Me disgusta mucho		

<b>Atributo</b>	<b>419</b>	<b>891</b>	<b>726</b>	<b>305</b>
<b>Firmeza</b>				
<b>Color</b>				
<b>Olor</b>				

<b>Atributo</b>	<b>146</b>	<b>927</b>	<b>381</b>	<b>672</b>
<b>Firmeza</b>				
<b>Color</b>				
<b>Olor</b>				

<b>Atributo</b>	<b>524</b>	<b>266</b>	<b>782</b>	<b>349</b>
<b>Firmeza</b>				
<b>Color</b>				
<b>Olor</b>				

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Gracias por su tiempo.