



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**EFFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO
PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**

Inga. Josseline Beatriz Obregón Espino

Asesorado por la Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos

Guatemala, mayo 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO
PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. JOSSELINE BEATRIZ OBREGÓN ESPINO

ASESORADO POR LA MTRA. INGA. HILDA PIEDAD PALMA RAMOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ARTES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

GUATEMALA, MAYO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Mtro. Vladimir Iván Pérez Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EFFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO
PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de enero de 2022.



Inga. Josseline Beatriz Obregón Espino



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.464.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **EFFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**, presentado por: **Inga. Josseline Beatriz Obregón Espino**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2023

LNG.EEP.OI.464.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“EFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ”

presentado por **Inga. Josseline Beatriz Obregón Espino** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cobí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 27 de septiembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **EFFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ** del estudiante **Josseline Beatriz Obregón Espino** quien se identifica con número de carné **201503636** del programa de Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.




Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador
Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 27 de septiembre de
2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"EFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ"** del estudiante **Josseline Beatriz Obregón Espino** del programa de **Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos** identificado(a) con número de carné 201503636.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos De Martíni

Colegiado No. 453

Asesora de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme permitido realizar una más de mis metas e iluminarme en mi camino.
- Mis padres** Jorge Obregón (q. d. e. p.) y mi madre Celia Espino, por haberme apoyado en todo y enseñarme que siempre hay que ser fuerte y saber enfrentar los obstáculos de la vida.
- Mis hermanos** Jorge y Herberth Obregón, por su apoyo incondicional y su comprensión.
- Mis amigos** María Fernanda, Marjeory, Julio e Irene Urrutia por su amistad y compañía en toda mi carrera universitaria y su apoyo incondicional en todo momento.
- Mi familia** Por todo su cariño, enseñanzas a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma <i>mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Escuela de Postgrados	Por haberme dado la oportunidad de culminar mi carrera por medio de su programa de estudios.
Mis amigos de maestría	Por haberme acompañado durante este primer año de maestría, su apoyo y su responsabilidad en cada trabajo que realizamos.
Mi asesora	Msc. Ing. Hilda Palma, por haberme guiado y brindado sus conocimientos durante el trabajo de graduación.
Mi revisor	Ing. José Antonio Rosal Chicas, por apoyarnos en cada revisión y cada etapa de la elaboración de este diseño de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Generalidades del arroz	3
1.2.1. Aspectos generales	3
1.2.1.1. División de las partes del arroz.....	3
1.2.1.2. Componentes del grano de arroz.....	5
1.2.2. Propiedades del arroz.....	6
1.2.3. Cultivo de arroz en Guatemala	7
1.2.4. Harina de arroz y su procesamiento	8
1.3. Generalidades de las películas protectoras.....	9
1.3.1. Definición y aplicaciones	10
1.3.2. Procesamiento de las películas de protección.....	10
1.3.3. Propiedades de las películas de recubrimiento	12
1.3.4. Métodos de aplicación	14
1.4. Generalidades de los plastificantes comestibles	14
1.4.1. Definición de un plastificante	14

1.4.2.	Tipos de plastificantes comestibles	15
1.4.3.	Plastificantes empleados en películas protectora....	16
1.5.	Producción de magdalenas.....	18
1.5.1.	Materias primas y aditivos	18
1.5.2.	Proceso de elaboración.....	19
1.5.3.	Vida útil.....	20
1.6.	Producción de magdalenas.....	21
1.6.1.	Análisis Sensorial	21
1.6.2.	Características físicas sensoriales y organolépticas en panificación	22
1.6.3.	Pruebas de aceptabilidad	23
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.1.	Elaboración de la película protectora	25
2.1.1.	Formulación y elaboración de la película protectora	25
2.2.	Evaluación de adherencia y estabilidad	26
2.3.	Determinación de costos.....	26
2.4.	Evaluación sensorial	27
2.4.1.	Panel sensorial.....	28
2.5.	Análisis estadístico.....	30
2.6.	Evaluación de la vida de anaquel.....	34
2.6.1.	Prueba de envejecimiento	34
2.7.	Evaluación microbiológica.....	35
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	37
3.1.	Formulación y elaboración de la película protectora	37
3.2.	Análisis sensorial	39
3.3.	Vida de anaquel	41

4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
	CONCLUSIONES	47
	RECOMENDACIONES	49
	REFERENCIAS	51
	APÉNDICES	55
	ANEXOS	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta origen de arroz y sus partes.....	4
2.	Porcentajes de producción de arroz en Guatemala	8
3.	Función de un recubrimiento o film en un alimento.....	13
4.	Estructura del glicerol.....	17
5.	Estructura del sorbitol.....	17
6.	Magdalena	19
7.	Panel sensorial.....	24
8.	Película en la magdalena	26
9.	Elaboración de la película de harina de arroz	27
10.	Ingredientes de la magdalena.....	28
11.	Magdalenas para horneó.....	28
12.	Panelistas.....	29
13.	Formulario de panel sensorial.....	30
14.	Muestras de magdalena.....	34
15.	Muestras de magdalena con película día 8.....	36
16.	Muestras de magdalena sin película día 8.....	36
17.	Película protectora de harina de arroz.....	38
18.	Magdalena con película (A) y sin película (B).....	38
19.	Nivel de aceptabilidad promedio con película y sin película.....	39

TABLAS

I.	Composición aproximada del grano de arroz y sus fracciones	6
----	--	---

II.	Características obtenidas en películas a base de polisacáridos.....	11
III.	Propiedades de las películas con diferentes fuentes de proteína.....	13
IV.	Recubrimientos comestibles en mango, fresa y manzana.....	16
V.	Ingredientes de una magdalena	18
VI.	Porcentaje de ingredientes en la película de recubrimiento.....	25
VII.	Costo de elaboración de la película protectora de harina de arroz para 100 gramos.....	27
VIII.	Escala hedónica de 7 puntos.....	29
IX.	Anova para color.....	30
X.	Anova para olor.....	31
XI.	Anova para sabor.....	32
XII.	Anova para apariencia.....	32
XIII.	Notas de aspectos físicos.....	35
XIV.	Porcentaje de ingredientes en la película de recubrimiento.....	37
XV.	Aceptabilidad por atributo con y sin película.....	39
XVI.	Aceptabilidad promedio general con y sin película.....	40
XVII.	Resultados de análisis estadístico.....	40
XVIII.	Análisis físico sin película.....	41
XIX.	Análisis físico con película.....	41
XX.	Recuento de mohos con y sin película.....	42

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CC	Con cobertura
W	Contenido de humedad
CO₂	Dióxido de carbono
°	Grados
°C	Grados Celsius
g	Gramos
h	Horas
Kwh	Kilowatt por hora
CH₄	Metano
W1	Masa inicial
W2	Masa muestra seca
mL	Mililitros
N₂	Nitrógeno
O₂	Oxígeno
Q	Quetzales
SC	Sin cobertura
UFC	Unidad formadora de colonia
%	Porcentaje

GLOSARIO

Almidón	Es un hidrato de carbono complejo.
Arroz	Es un grano de tallos de forma redonda.
Cáscara	Se encuentra debajo de la cáscara del arroz y protege de la luz solar.
Endospermo	Capa del arroz donde se encuentran contenidos los carbohidratos del arroz.
Evaluación sensorial	Herramienta que mide el grado de aceptabilidad de un producto nuevo.
Germen	Parte interna del grano que aporta ácidos grasos esenciales.
Hoja	Parte de la planta del arroz se desarrollada en los nudos de la planta.
Panícula	Son las flores que contiene la planta del arroz.
Película protectora	Es una capa fina y de estructura continua de un material biodegradable y comestible.

Pericarpio	Espesor que tiene alrededor de 10 nanómetros y es de forma pilosa.
Plastificante	Son moléculas con una masa molecular baja y volátil.
Raíz	Parte de la planta del arroz.
Tallo	Estructura conformada por los nudos y entrenudos.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación buscó desarrollar una película protectora para prolongar la vida de anaquel de productos de panificación tipo magdalena. Se evaluaron las características sensoriales de las magdalenas con y sin película, concluyendo con un estudio de la vida de anaquel de esta.

Para la elaboración de la película protectora se utilizó harina de arroz y un plastificante de grado alimenticio en este caso la glicerina, estos se optimizaron en varias proporciones de fórmula, en donde se buscó la mejor adherencia y estabilidad obteniendo una proporción de 40 % de harina de arroz y 60 % de glicerina. También se elaboró una formulación de magdalena que sirvió al estudio como forma de ensayo para la película propuesta.

Se determinó la vida de anaquel que otorga a las magdalenas, la protección de la película elaborada, esto por medio de una prueba de envejecimiento, basado en la observación, la cual se le dio un tiempo de vida de anaquel de 8 días. También se confirmó estas observaciones con análisis microbiológicos de mohos, en donde la muestra sin película presentó presencia de coliformes totales y la muestra que contenía la película estuvo libre de los mismos, por otro lado también demostró que fue inocua y apta para su uso.

Se evaluó la aceptabilidad del producto protegido con la película, en comparación con uno que no contenía la película, se realizó por medio de una prueba hedónica de siete puntos en un panel sin entrenamiento, como prueba inicial, está demostró que no existió diferencia significativa entre ambas muestras.

La película mejoró sustancialmente la vida de anaquel de las magdalenas, sin afectar su aceptación sensorial, siendo entonces un aporte importante a la conservación de los alimentos, en especial de los productos de panificación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años el desarrollo de películas y recubrimientos a base de materias primas biodegradables han sido implementados en las industrias. Su uso es común en muchos alimentos, sin embargo, para los productos de panadería, si bien este tipo de producto es una alternativa técnica muy prometedora, su uso aún no se ha realizado de manera industrial y no se ha investigado de manera necesaria para explotar el potencial del desarrollo en productos de panificación.

Después de ser elaboradas las magdalenas tienden a tener como consecuencia un fenómeno llamado envejecimiento, el cual es básicamente la pérdida de la calidad, por otro lado, afecta la vida útil y de anaquel, por lo que posteriormente a ser compradas los consumidores no pueden mantenerla muchos días en su hogar y que siga manteniendo su calidad y características organolépticas.

La humedad es el factor de mayor importancia en productos de panificación, debido a que los cambios de humedad en el producto pueden llegar a afectar algunas características finales, en especial la textura y provocar que sea afectado de manera microbiológica. La humedad por otro lado también es posible controlarse con el tipo de empaque que se utilice, ya que este actuará como una barrera primaria de protección.

En cuanto al deterioro por hongos y levaduras se puede decir que el crecimiento de hongos es el factor primordial en conjunto con la actividad del agua los cuales afectan de manera significativa la vida útil de los productos de

panificación en general. Por lo que la magdalena siendo un producto de humedad intermedia, los mohos y levaduras serán la principal causa de que el producto sea deteriorado.

Uno de los aspectos físicos que más afecta a los productos de panificación es el endurecimiento y envejecimiento, ya que es la característica más importante en cuanto a calidad de este tipo de productos, ya que estos se endurecen relativamente rápido según las condiciones de almacenamiento, también cabe mencionar que los productos que no son tan altos en azúcar como las magdalenas tienden a envejecer más rápido que los que son sumamente altos en azúcar y grasa.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Podrá la harina de arroz servir como recubrimiento protector para prolongar la vida anaquel en productos de panificación tipo magdalena?

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es la cantidad adecuada de harina de arroz para obtener una película protectora que sea estable y adherible?
- ¿Cuál es el resultado de las características sensoriales al comparar las magdalenas con y sin película?
- ¿Cuál es la vida de anaquel de las magdalenas recubiertas con la película en comparación con las no recubiertas?

OBJETIVOS

General

Desarrollar una película protectora para prolongar la vida de anaquel de productos de panificación tipo magdalena, utilizando harina de arroz.

Específicos

1. Establecer la cantidad adecuada de harina de arroz para obtener una película protectora que sea estable y adherible.
2. Determinar la aceptabilidad basado en las características sensoriales de las magdalenas con y sin película.
3. Comparar la vida de anaquel de las magdalenas con la película protectora y sin esta.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio es de tipo cuantitativo con un alcance descriptivo, debido a que se tomó en cuenta las muestras de una película de cubierta a base de harina de arroz, midiendo su capacidad de protección reflejada en la vida de anaquel y definiendo las variables de la formulación.

Se realizó un diseño de tipo experimental, debido a que se hizo una toma de datos a pequeña escala. Estas muestras fueron no probabilísticas, dado que se realizó distintas combinaciones en la formulación a conveniencia de los mejores resultados.

Para la elaboración de las películas protectoras se requirió de materiales básicos los cuales son fibra, celulosa, proteínas, lípidos, almidones y gomas. La película finalmente se estableció que el porcentaje de harina de arroz fue de 40 % y un 60 % de glicerol. Todos estos materiales son agentes biopoliméricos lo suficiente capaces de construir una resistencia mecánica adecuada, por otro lado, también se requiere del empleo de plastificantes estos con el fin de mejorar la elasticidad y resistencia.

A partir de la formulación establecida de la película protectora, se procedió a realizar las muestras de magdalenas. El proceso de elaboración de las magdalenas se dividió en ciertas etapas para que el resultado sea el adecuado. Las etapas de elaboración fueron las siguientes:

- Pesaje de todos los ingredientes por separado.

- Formación de la masa, se tamizó en un recipiente los ingredientes secos de primero los cuales son: la harina, el azúcar y el polvo para hornear.
- En otro recipiente se mezclaron los ingredientes húmedos los cuales fueron: huevo, vainilla, mantequilla derretida y la leche.
- Después de tamizar los ingredientes se incorporaron los ingredientes secos con los húmedos aproximadamente durante 2 minutos de manera manual hasta que se obtuvo una masa homogénea.
- Llenado de los moldes en donde se agregó la mezcla en una cantidad aproximada de 35 gramos por cada molde (fueron magdalenas pequeñas).
- Se horneó durante 20 minutos a 180 grados Celsius.
- Se dejaron enfriar las magdalenas en los moldes a temperatura ambiente.

Posteriormente se procedió a aplicar la película por medio de la técnica de *brushing*. Luego de que las magdalenas ya estuvieran recubiertas, se hornearon durante 10 minutos a 180 grados Celsius con el fin de que la magdalena absorbiera.

Se llevó a cabo un estudio de vida de anaquel, por medio de dos métodos. El primer método fue un método de análisis microbiológico en donde se pesó 20 gramos de una muestra de la magdalena con película y sin película, posteriormente estas fueron diluidas en una solución diluyente especial para alimentos en cajas petri, estas muestras fueron incubadas y analizadas. Se mostró en el análisis que se dio un crecimiento de mohos en la muestra que no contenía la película y la muestra que estaba con la película protectora no mostros

aparición de mohos. Para el análisis físico se realizó observando los cambios físicos del producto a lo largo de los días anotando los cambios desde el día 1 hasta el día 8, anotando los cambios que fue sufriendo a lo largo del tiempo.

A partir de las dos muestras con y sin película protectora se realizó una evaluación sensorial con un panel no entrenado de 30 personas a las cuales fueron evaluadas mediante una escala hedónica de 7 puntos. Mediante la evaluación sensorial se determinó que la muestra con mayor aceptabilidad en donde se comparó aroma, sabor, color, textura y olor. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en donde se encontró la muestra con mayor aceptabilidad.

INTRODUCCIÓN

Las magdalenas posterior a su elaboración y horneado, tienden a tener un fenómeno llamado envejecimiento, el cual es básicamente la pérdida de la calidad, lo que afecta la vida útil y de anaquel. Estos fenómenos se deben a cambios en la humedad del ambiente que alteran la textura y provocan crecimientos microbiológicos (mohos). Se han desarrollado películas y recubrimientos a base de materias primas biodegradables, estos son una alternativa técnica muy prometedora, sin embargo, su uso aún no se ha realizado de manera industrial y no se ha investigado de manera amplia para explotar el potencial del desarrollo en productos de panificación.

Las películas protectoras a base de harina de arroz han sido poco investigadas, sobre todo en Guatemala a pesar de ser materias primas fáciles de encontrar y de bajo costo. Esta investigación aporta la elaboración de una película protectora usando como ingrediente principal la harina de arroz y glicerina de grado comestible especial para productos de panificación. Se muestra la comparación del efecto que tiene la película protectora en la vida de anaquel con este tipo de harina, así como su procedimiento de elaboración.

Los datos que se obtuvieron en los análisis y ensayos dieron a conocer la efectividad de esta aplicación. Se demostró que esta película formulada prolonga la vida de anaquel sin alterar las propiedades organolépticas del producto de panificación. Guatemala tiene un amplio mercado de esta industria, por ello se desarrollará una nueva alternativa utilizando materias primas de bajo costo, con un efecto en la prolongación de la vida de anaquel, contribuyendo así con la

calidad del producto y manteniendo sus características organolépticas de manera aceptable.

Se elaboró una película protectoras a base de harina de arroz, en donde se buscó la mejor adherencia y estabilidad. Se estudió la aceptabilidad del producto protegido con la película, en comparación con uno sin esta, por medio de una prueba hedónica de siete puntos en un panel sensorial en donde se mostró que no existió diferencia significativa entre ambas muestras, lo cual es un indicador que la película no afectará el sabor sin embargo si beneficiará en prolongar la vida de anaquel. La vida de anaquel se determinó por medio de una prueba de envejecimiento en donde se estudió por medio de un lapso de 8 días, estas observaciones físicas se confirmaron con análisis microbiológicos en un laboratorio con una prueba de mohos en la cual se determinó que la prueba era apta para su aplicación.

En el capítulo 1 se presenta el marco teórico en donde se muestran los antecedentes de la investigación, que resumen investigaciones previas sobre el tema. En el capítulo 2, se muestra como se elaboró el procedimiento de la elaboración de la película. En el capítulo 3, se muestran la presentación de los resultados en donde se observan los porcentajes de aceptabilidad y las pruebas a las que fueron sometidas las muestras.

En el capítulo 4 se presentará el procedimiento de evaluación sensorial del producto aplicado en una magdalena y la comparación con uno sin este. En el capítulo 5 se presenta la discusión de resultados. Por último, se presentarán las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En Guatemala, no se encontraron antecedentes de recubrimientos parecidos a los que se realizarán en este trabajo, en otros países se encontraron estudios en base a las películas elaboradas con harina, en donde se tomó en consideración ciertas características como agente de barrera protectora y sus propiedades. Las más importantes a mencionar se encuentran a continuación.

En la publicación *Propiedades mecánicas y de barrera de películas elaboradas con harina de arroz y plátano reforzadas con nanopartículas: estudio con superficie de respuesta*, Rodríguez-Marín, Bello-Perez, Yee-Madeira y González-Soto (2013), demostraron en sus resultados que al realizar la película con harina de arroz en donde se utilizó como agente plastificante a un 30 % el glicerol y en su formulación tuvo un efecto significativo e importante basándose en sus propiedades mecánicas diseñadas especialmente para la barrera de la película, siendo una con una mayor efectividad en la prolongación de la vida útil en la superficie.

En su investigación sobre una película con harina de triticale, Bartolozzo (2015), concluyó en sus resultados que el agregar una película biodegradable a alimentos de panificación, conservan un aspecto fresco prolongado que uno que no esté recubierto con una película biodegradable, ya que ayudan a prevenir que el peso del producto se vea afectado y que pueda ser causada por la deshidratación del producto, a pesar de no presentar porcentajes que dieran un valor exacto del resultado, por otro lado menciona que las películas son eficaces

para retrasar de manera eficiente un envejecimiento reflejando suavidad en su textura, además indicó que la técnica que se utilizó para aplicar la película fue aspersión ya que consideró que la película se adaptó de una manera más informe, sin embargo menciona que la película se puede aplicar por otros métodos que también son eficaces.

Según el estudio de Viteri (2020) en sus resultados encontró que la concentración de la harina que se coloque en la mezcla de la película tiene gran influencia, la cual para este estudio fue 1.5 % de harina con 1.5 % de glicerol, esto dio como resultado una mayor fuente de fibra, lo cual es de gran ayuda para la realización del recubierto con harina de arroz debido a que es buena fuente de fibra y según el estudio la fibra aportará mayor opacidad, lo que al mismo tiempo arrojará mayores valores de solubilidad y resistencia al agua, por otro lado si se aumenta la cantidad de glicerol también se tendrá aumento de solubilidad y consecuentemente una flexibilidad y resistencia al agua.

En la publicación de soluciones formadoras de películas, Zamudio–Flores, García–Amezquita, Ramos–Martínez, Gallegos, Bello–Pérez, y Salgado–Delgado (2013), recalcan la importancia de evaluar la permeabilidad de oxígeno en los recubrimientos que se deseen aplicar, debido a que es de suma importancia, ya que llevará a determinar de una manera correcta el tiempo de vida útil del producto y al mismo tiempo ayudará a que se puedan conservar de una manera correcta las propiedades tanto sensoriales como nutricionales del producto para lograr tener un producto de calidad y también de aspecto óptimo. Por otro lado, mencionan que trabajó a concentraciones de 0.5, 1 y 1.5 % de almidón oxidado, también indica que, si se tiene una harina a base de almidón, lo ideal es oxidarla, ya que al tener un almidón oxidado permite que la película tenga mejores propiedades mecánicas que las que se obtienen con el almidón de manera nativa.

García, Delgado, Escamilla, García y Regalado (2018), en su artículo mencionan que tomando en cuenta la calidad los parámetros para las películas que son comestibles se deben tomar en cuenta la permeabilidad a vapor de agua, ya que de este factor va a depender la conservación de las propiedades que tenga el alimento, debido a que lo que se necesita es reducir al mínimo la humedad que presente el alimento y el ambiente para evitar el crecimiento de mohos y levaduras. A pesar de que no presentó resultados con valores exactos indica que la reducción de la permeabilidad al vapor de agua debería ser lo más bajo como sea posible para poder aumentar de manera óptima la vida de anaquel y su vida útil.

1.2. Generalidades del arroz

Entre las generalidades del arroz se puede mencionar la estructura del grano y las divisiones que existen en las partes de la planta que dan origen a este grano.

1.2.1. Aspectos generales

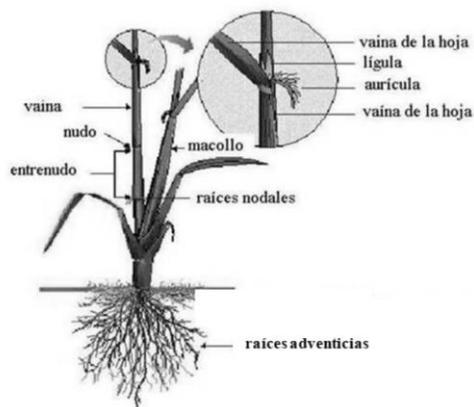
El arroz es un grano de tallos en forma redonda, la cual está contenida de nudo y entrenudos, hojas planas las cuales están en conjunto con el tallo lo cual los une. La planta se encuentra en una altura aproximada de 0.4 a 0.7 metros.

1.2.1.1. División de las partes del arroz

- Raíz: la planta del arroz tiene dos tipos de raíces en su desarrollo las cuales son: permanentes o adventicias y temporales o seminales.

- Tallo: los nudos y entrenudos son los que conforman la estructura del tallo de la planta de arroz, por otro lado, los dos entrenudos se separan en nudo en su parte interna. Entre las características del entrenudo maduro dependerán del color (dependiendo de la variedad En cuanto a longitud el entrenudo será de mayor altura en la parte superior del tallo.
- Hoja: a lo largo del tallo se hallan las hojas de la planta de arroz, en la base del tallo se encuentra la primera hoja, esta es la principal, estará constituida por dos brácteas aquilladas. La hoja se desarrolla en cada uno de los nudos de la planta a excepción al nudo que se encuentra en la panícula.
- Panícula: la panícula son las flores que contiene la planta del arroz y se encuentran agrupadas en una inflorescencia. En el nudo apical del tallo se encuentra ubicada la panícula, este nudo también puede ser llamado como base de la panícula (Alarcón, Vides y Ayala, 2018).

Figura 1. **Planta origen de arroz y sus partes**



Fuente: Pincioli, Ponzio y Salsamendi (2015). *El arroz alimento de millones*.

1.2.1.2. Componentes del grano de arroz

El grano del arroz a pesar de ser tamaño pequeño está constituido de diferentes capas, las cuales van desde la parte externa hasta el núcleo y cada una tiene función en específico.

- **Cáscara:** es la parte exterior del arroz, funciona como barrera y protector de los agentes externos como los microorganismos, esta se elimina después de que el arroz es procesado.
- **Salvado:** esta se encuentra debajo de la cáscara, esta capa se encarga de ser la protección ante la luz solar, agua o enfermedades de las plantas. En el salvado se encuentra la fibra, vitaminas y minerales.
- **Endospermo:** es hallado en la parte intermedia del grano, siendo esta la parte más grande esta representa en un 80 % el peso total del grano de arroz. En esta capa están contenidos los carbohidratos, entre estos el almidón y las proteínas. Sin el endospermo la semilla no se desarrollaría correctamente, debido a que el endospermo es el que le suministra energía a la semilla.
- **Germen:** en la parte interna del grano se encuentra el germen, siendo esta la parte más pequeña y valiosa del grano ya que aporta ácidos grasos esenciales como el omega 6, proteínas, vitaminas, minerales y fitonutrientes.
- **El pericarpio:** tiene un espesor alrededor de 10 nanómetros y es de forma pilosa (Pincioli *et. al.*, 2015).

1.2.2. Propiedades del arroz

Las propiedades del grano de arroz están basadas en el estado del grano: integral o blanco. Una de las diferencias entre el arroz integral y el arroz blanco es que el blanco es sometido a un proceso de refinado para eliminar el salvado, a consecuencia de esto pierde ciertas propiedades como vitaminas, minerales y fibra. Por otro lado, el grano integral conserva el salvado, de ahí viene su coloración oscura. El integral contiene más fibra y proteínas en comparación al blanco refinado.

Tabla I. **Composición aproximada del grano de arroz y sus fracciones**

	Arroz cáscara	Grano integral	Grano pulido	Cáscara	Salvado	Embrión
Proteína	6,7 - 8,3	8,3 - 9,6	7,3 - 8,3	2,3 - 3,2	13,2 - 17,3	17,7 - 23,9
Lípidos	2,1 - 2,7	2,1 - 3,3	0,4 - 0,6	0,4 - 0,7	17,0 - 22,9	19,3 - 23,8
Fibra cruda	8,4 - 12,1	0,7 - 1,2	0,3 - 0,6	0,4 - 0,7	9,5 - 13,2	2,8 - 4,1
Cenizas	3,4 - 6,0	1,2 - 1,8	0,4 - 0,9	15,3 - 24,4	9,5 - 13,2	6,8 - 10,1
Almidón	62,1	77,2	90,2	1,8	16,1	2,4
Fibra dietaria	19,1	4,5	2,7	77,3	27,6 - 33,3	-

Fuente: Pincirolí (2011). *Proteínas de arroz: propiedades estructurales y funcionales*.

El arroz actúa como fuente de energía ya que es fuente de hidratos de carbono. Está formado por hidratos de carbono de cadenas largas las cuales

tardan en ser descompuestas en el cuerpo. En comparación a otros cereales que contienen almidón el arroz es un grano relativamente bajo en carbohidratos.

El arroz se considera saludable y antioxidante para el corazón, puesto que es un grano con muy baja cantidad de grasa saturadas y colesterol, ayudando así a la aparición de posibles enfermedades del corazón o bien derrames. Por otro lado, posee propiedades que ayudan para la disentería debido a su propiedad diurética.

Para personas que tienen enfermedades celíacas el arroz es una buena opción, ya que no tiene gluten en su contenido, de forma que será beneficioso para aquellas personas celíacas que no toleran el consumo de las proteínas del gluten con que en otros granos si están contenidos (Pinciroli, 2011).

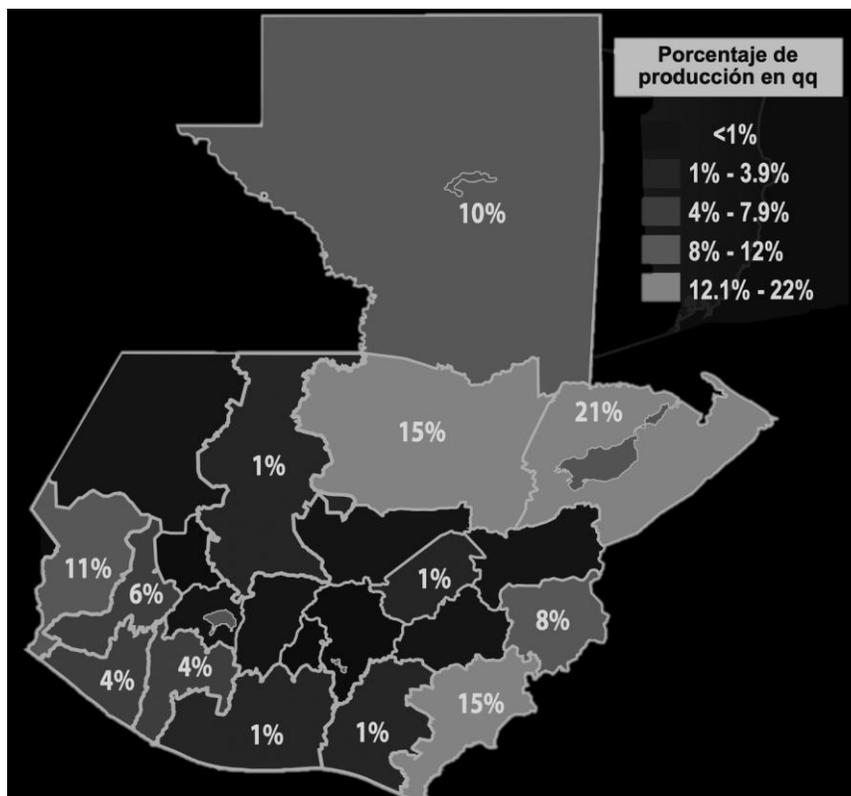
1.2.3. Cultivo de arroz en Guatemala

En la dieta de los guatemaltecos el arroz es el tercer grano más consumido en la dieta básica diaria, después del maíz y el frijol. Aproximadamente por año el consumo de arroz por persona en el país, se calcula que es de 18.6 libras.

En Guatemala se tiene un cultivo de siembras de arroz de alrededor de 16,000 manzanas. Por otro lado, también se producen 741,000 quintales de los cuales se obtiene un rendimiento de 46.32 quintales por manzana en promedio. El arroz es cultivado en el país en condiciones de secano, de las cuales la mayor parte se encuentra en la zona norte del país.

La distribución de cultivo y producción a nivel nacional se muestra en la siguiente imagen:

Figura 2. **Porcentajes de producción de arroz en Guatemala**



Fuente: Contreras (2016). *El agro en cifras*.

La mayor parte en donde el arroz es cultivado está en Izabal, Jutiapa, Chiquimula, Petén, Alta Verapaz y San Marcos según la imagen del ICTA (Contreras, 2016).

1.2.4. **Harina de arroz y su procesamiento**

Está constituida principalmente por el germen de arroz, pericarpio, granos astillados del arroz y pericarpio. A partir del grano de arroz y posteriormente de ser pulido se obtiene el subproducto de la harina de arroz. Esta harina es básicamente hecha a partir de un molido fino del grano de arroz, la cual tiene

múltiples usos e importancia ya que se puede elaborar papel de arroz comestible.

En el mercado normalmente se encuentra la harina con el grano refinado, aunque también se es posible encontrarla del grano integral. La harina de arroz es un alimento poco valorado, el cual tiene excelentes propiedades nutricionales y múltiples usos. Cuenta con propiedades únicas de la cual una de las más importantes es que tiene resistencia a la absorción de aceite. Los alimentos que han sido elaborados con harina de arroz han demostrado que puede absorber aproximadamente un rango de 25 - 50 % menos de aceites al ser cocinado.

A largo del tiempo esta se ha utilizado como uno de los ingredientes básicos en la elaboración de galletas, pasteles y muffins, cabe recalcar que la harina de arroz tiene cualidades que no aportan otro tipo de harinas, debido a que no contiene gluten siendo este un factor importante para las personas que son sensibles al gluten.

Para que la harina de arroz pueda ser procesada es necesario retirar la cascarilla para así obtener el arroz crudo, posteriormente es molido finamente y da como resultado la llamada polvo o harina de arroz (Pincioli *et. al.*, 2015).

1.3. Generalidades de las películas protectoras

Las películas protectoras hacen referencia a una capa que beneficiará al alimento, tiene como función principal extender la vida de anaquel del producto.

1.3.1. Definición y aplicaciones

Una película protectora es una capa fina y de estructura continua de un material biodegradable y comestible, esta se aplica sobre el alimento, por lo que cuando la película ya ha sido formada a su aplicación en el alimento, ya se habla de un película o film, sin embargo, si esta es formada directamente sobre el alimento, entonces se tratará de un recubrimiento.

Las películas comestibles o films son definidas como capas finas las cuales son elaboradas con polímeros que serán capaces de proporcionar una fuerza mecánica a su estructura. Este tipo de recubrimientos se aplican particularmente directamente sobre el alimento (Bartolozzo, 2015).

1.3.2. Procesamiento de las películas de protección

Para las películas protectoras, en su elaboración es necesario materiales básicos los cuales son fibra, celulosa, proteínas, lípidos, almidones y gomas. Todos estos materiales son agentes biopoliméricos lo suficiente capaces de construir una resistencia mecánica adecuada, también se requiere del empleo de plastificantes para contribuir con la mejora de la elasticidad y resistencia (Andrade-Mahecha, Tapia-Blácido y Menegalli, 2012).

Los componentes para poder procesar las películas de protección comestibles son necesario principalmente de lo siguiente:

- Lípidos como ceras, ácidos grasos, acilglicerol entre otros.
- Hidrocoloides, entre estos los alginatos, proteínas y polisacáridos (Bartolozzo, 2015).

Tabla II. **Características obtenidas en películas a base de polisacáridos (almidón y celulosa)**

Nombre	Características
Efecto de una película de hidroxipropil metilcelulosa-parafina en melón Cantaloupe (<i>Cucumis melo</i>) almacenado en frío.	Disminución de la lipasa Reducción del 50 % de daños por frío Sin afectaciones por pérdida de peso.
Películas de Almidón termoplástico con influencia de la incorporación de hidroxipropil-metil-celulosa y ácido cítrico.	Agregar ácido cítrico disminuyó la permeabilidad al vapor de agua. La adición de ácido proporcionó mejor apariencia.
Películas de almidón de papa reforzadas con celulosa bacteriana.	Se observó incremento en el módulo de elasticidad y resistencia a la tracción.

Fuente: Solano-Doblado, Alamilla-Beltrán, y Jiménez-Martínez (2018). *Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados*.

Para el procesamiento de las películas se requiere al menos de un componente que sea competente para la formación de una matriz estructural con una cohesividad adecuada. En ciertos casos se emplean varias sustancias para reducir las desventajas que estas puedan provocar en el momento de realizar la película y para complementar las propiedades funcionales de cada uno de los componentes.

En general para las películas de protección se necesita de un compuesto hidrófobo en su procesamiento, para su matriz estructural se usa comúnmente un lípido en conjunto con un hidrocoloide. Las sustancias que conforman las películas forman estructuras por medio de las interacciones entre las macromoléculas, por interacciones hidrofóbicas o bien por reacciones de su naturaleza química (Bartolozzo, 2015).

Los materiales adecuados para preparar las películas de recubrimiento y su aplicación adecuada en alimentos pueden ser formulados a través de proteínas, lípidos o polisacáridos (Khan, Schutyser, Schroën y Boom, 2014).

1.3.3. Propiedades de las películas de recubrimiento

Entre las características de las películas de recubierta tienen el fin de ser funcionales para preservar la calidad o con fin de ser un tipo de empaque biodegradable. Funcionan como barrera en su almacenamiento ante las sustancias que no pueden ser controladas en el alimento siendo estos: el oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua, sales, minerales, entre otros.

Una de las propiedades más importante e innovadora sobre las películas de recubrimiento es que son capaces de servir como un tratamiento de conservación de alimento y al mismo tiempo funcionar como una especie de empaque natural.

Para una película de recubierta es necesario que tenga ciertas propiedades de barrera los cuales serán de beneficio para la preservación del producto. Estas propiedades son las siguientes:

- Contener propiedades organolépticas y nutricionales compatibles con el alimento que se desea recubrir.
- Poseer propiedades mecánicas que sean aptas para no presentar una rotura de la película.
- Tener la capacidad de adherirse de manera sencilla en la superficie del alimento que se desea recubrir.

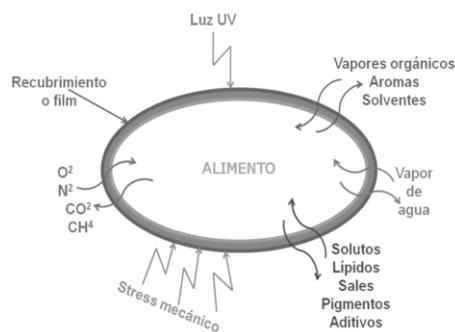
- Poseer estabilidad de condiciones de almacenamiento distintas.
- Ser de bajo costo de elaboración y aplicación.
- Cumplir con el reglamento vigente del país de aditivos alimentarios (Parzanese, 2011).

Tabla III. **Propiedades de las películas con diferentes fuentes de proteína**

Materia prima	Proteína	Propiedades
Zeína	Vegetal	Brillantes, impermeables
Gluten de trigo	Vegetal	Baja permeabilidad a los gases
Suero de leche	Animal	Buena flexibilidad
Caseína	Animal	Transparencia

Fuente: Solano-Doblado *et. al.* (2018). *Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados.*

Figura 3. **Función de un recubrimiento o film en un alimento**



Fuente: Bartolozzo (2015). *Desarrollo de películas de harina de triticale como recubrimiento en productos de panificación tipo muffins y su efecto durante el almacenamiento.*

1.3.4. Métodos de aplicación

Las películas protectoras al ser aplicadas directamente sobre el alimento se pueden aplicar con diferentes métodos, sin embargo, se debe realizar por medio de un agregado de una solución líquida que formará la película. Entre las aplicaciones más comunes están:

- Aplicación con un pincel o bien llamada técnica en inglés de *paintbrush*.
- Aplicación por medio de pulverización o atomización, comúnmente spray o aspersión.
- Aplicación por inmersión o comúnmente llamado en inglés *dipping* (Bartolozzo, 2015).

1.4. Generalidades de los plastificantes comestibles

Los plastificantes comestibles hoy en día son esenciales para los recubrimientos biodegradables, estos al ser de parte del alimento mejoran las propiedades del producto final.

1.4.1. Definición de un plastificante

Los plastificantes son de una naturaleza química similar a los polímeros formadores de un recubrimiento, ya que estos son moléculas con una masa molecular baja y volatilidad (Solano-Doblado *et. al.*, 2018)

Para la preparación de las películas de recubierta comestibles se utilizan una variedad de plastificantes, estos son compuestos que se agregan a la solución de la película con el fin de mejorar las propiedades generales. Los

plastificantes son en su mayoría aditivos que contienen moléculas con un peso molecular bajo y un punto alto de ebullición (Aguirre, Borneo y Leon, 2013).

La forma en la que un plastificante afecta a la película dependerá de ciertos factores tales como el tipo de selección de su plastificante (configuración, tamaño molecular y grupos oxhidrilo totales), su concentración y la formación del polímero contenido.

Los plastificantes en general generan una mezcla de manera homogénea evitando que se de una separación de fases. En algunas ocasiones debido al exceso de plastificante se ha observado que una separación de fase, también otro factor que ha influido en esa separación además del exceso es la incompatibilidad entre el plastificante y el polímero (Bartolozzo, 2015).

1.4.2. Tipos de plastificantes comestibles

Los tipos de plastificantes comestibles que generalmente se han utilizado se puede mencionar los siguientes:

- Glicerol
- Sorbitol
- Monoglicérido acetilado
- Sacarosa
- Algunos aceites comestibles

Estos tipos comúnmente se utilizan para poder alterar las propiedades mecánicas de barrera de las películas, esto es debido a que para modificar las propiedades de barrera se da la incorporación de moléculas reducidas en la red polimérica conforme la película (Bartolozzo, 2015).

Tabla IV. **Recubrimientos comestibles en mango, fresa y manzana**

Tipo de Fruta	Matriz de la P/R	Plastificantes y aditivos	Función en la P/R
Mango	CMC	Lecitina, PEG, AC	Mantenimiento del color
Fresa	CPS + Caseína + Pectina + Alginato	Glicerol, aceite de girasol, AA, Cloruro de Calcio	Reducción del pardeamiento y prevención del crecimiento fúngico
Manzana	CPS, APS Carragenato, Alginato, gelana	Glicerol PEG, AA, AO, Aceite de girasol, CAB, Ncys	Mantenimiento de la textura y color, reducción de pérdida de humedad, barrera a los gases, efecto antifúngico

Fuente: Gutiérrez (2015). *Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal.*

Además de los plastificantes comestibles también se utilizan otros aditivos como las sales de calcio, que intervienen en la textura y aumentan la resistencia en aspectos mecánicos. Para prevenir que los productos puedan oscurecer debido a que están propensos al pardeamiento enzimático se deben utilizar agentes antioxidantes. Los colorantes, agentes probióticos y colorantes pueden ayudar a mejorar los aspectos en sentido sensorial de los alimentos que estén mínimamente procesados. (Solano-Doblado et al., 2018)

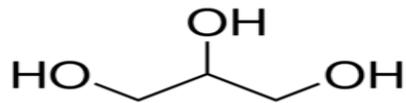
1.4.3. **Plastificantes empleados en películas protectoras**

Para las películas de recubrimiento se emplean plastificantes comestibles en su elaboración para poder ayudar a mejorar sus propiedades, por otro lado, es recomendable también adicionar surfactantes, emulsionantes y antioxidantes.

Existen plastificantes que ayudan a mejorar y reafirmar la textura de las películas de recubierta, tales como el glicerol, goma gelana, sorbitol,

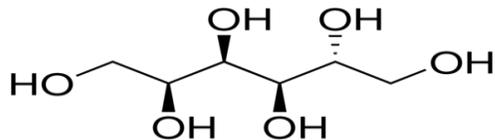
polientilenglicol, entre otros. Por otro lado, el glicerol y el sorbitol debido a sus características son abundantemente utilizados en la elaboración de películas de recubierta biodegradables.

Figura 4. **Estructura del glicerol**



Fuente: Merck (2021a). *Glycerol*.

Figura 5. **Estructura del sorbitol**



Fuente: Merck (2021b). *Sorbitol*.

Se ha determinado que ciertos aditivos según la aplicación son más efectivos en los alimentos cuando estos son aplicados como una película comestible de recubrimiento que si fueran aplicadas con disoluciones acuosas por inmersión, la razón de esto se debe a que las películas o coberturas son capaces de mantener por más tiempo los aditivos de la superficie del alimento (Gutiérrez ,2015).

Plastificantes comestibles con mejores resultados permiten tener una mejor flexibilidad, no obstante, en cuanto a la permeabilidad de vapor de agua esta disminuirá (Rezaei y Motamedzadegan, 2015).

1.5. Producción de magdalenas

La producción de magdalenas en Guatemala es muy común, debido a que es uno de los productos más vendidos en las industrias panificadoras del país, siendo estas de bajo costo y aceptable para el consumidor.

1.5.1. Materias primas y aditivos

Las magdalenas en su elaboración no se requieren de ingredientes de alto costo, ya que su realización es sencilla y requiere los siguientes ingredientes.

Tabla V. **Ingredientes de una magdalena**

Ingrediente	Cantidad
Harina todo uso	225 g
Polvo para hornear	3 cucharaditas
Sal	1 cucharadita
Azúcar	110 g
Leche	240 ml
Huevo	1 unidad
Esencia de vainilla	1 cucharadita
Mantequilla	85 g

Fuente: Bartolozzo (2015). *Desarrollo de películas de harina de triticale como recubrimiento en productos de panificación tipo "muffins" y su efecto durante el almacenamiento.*

Para productos como las magdalenas o de panificación en general que se busque ser sometidos a pruebas con películas de recubierta se recomienda que sean sin conservantes, con el propósito de no atribuir el resultado en su formulación (Bartolozzo, 2015).

Figura 6. **Magdalena**



Fuente: Florido (2011). *Magdalena (Pastel de 4 minutos)*.

1.5.2. Proceso de elaboración

Las magdalenas se deben dividir en ciertas etapas con el objeto de que su resultado sea el adecuado. Las etapas de elaboración son:

- Pesado por separado de los ingredientes.
- Procesamiento de la masa, se debe tamizar en un recipiente los ingredientes de consistencia seca de primero, tales como: harina, azúcar y royal.
- En otro recipiente se deben mezclar los ingredientes húmedos los cuales son: huevo, vainilla, mantequilla derretida y la leche.
- Después de tamizar los ingredientes se debe incorporar los ingredientes secos con los húmedos aproximadamente durante 2 minutos de manera manual hasta tener una masa homogénea.

- Llenado de los moldes en donde se agregue la mezcla en una cantidad aproximada de 35 gramos por cada molde (Son magdalenas pequeñas).
- Horneado. Se debe hornear durante 20 minutos a 180 grados Celsius.
- Se procede a enfriar las mini magdalenas a temperatura ambiente hasta que el molde se encuentre suficientemente frío (Bartolozzo, 2015).

1.5.3. Vida útil

Los productos como las magdalenas presentan una vida útil menor que a los productos que son elaborados industrialmente, tal y como lo son las galletas, esto se debe a que las magdalenas suelen contener un mayor contenido de humedad, en consecuencia, a esto es importante disminuir el endurecimiento y preservar sus características originales.

La vida útil de un alimento se puede definir de la siguiente forma:

- Ser seguro para el consumidor
- Conservar la calidad deseada y sus características físicas, químicas y microbiológicas.
- Cumplir con las declaraciones de sus datos nutricionales en el proceso de almacenamiento con condiciones recomendadas.

La vida de las magdalenas requiere de ciertos factores, tales como la formulación que se realice tales como: el porcentaje de azúcar, tipo de grasa,

actividad de agua, condiciones de almacenamiento el cual es aproximadamente de 1 a 4 semanas dependiendo de los aditivos que se agreguen.

En la industria se ha buscado poder prolongar la vida útil de este tipo de productos de panificación, sin embargo, esto se ha deseado reduciendo los aditivos en la formulación. En ciertos ensayos se ha buscado minimizar los cambios en la textura y forma de las, magdalenas, panes y tortas durante su almacenamiento prolongado su vida de anaquel, esto se ha logrado con la integración de almidón pregelatinizado, proteínas, almidón resistente, emulgentes, hidrocoloides entre otros (Bartolozzo, 2015).

1.6. Producción de magdalenas

La producción de magdalenas requiere de análisis sensoriales ya que estas deben ser aceptables para el consumidor antes de poder venderlas en el mercado panadero.

1.6.1. Análisis sensorial

Las evaluaciones de análisis sensorial admiten en la fabricación de productos nuevos el diversificar ciertas alternativas de materias primas, de manera que puedan enriquecer la disponibilidad de estas. Este tipo de evaluaciones son esenciales en la creación de nuevos alimentos, tanto los que son destinados para animales, como los que son hechos para humanos (Surco y Alvarado, 2011).

En cuanto al análisis sensorial, cabe mencionar que es una herramienta primordial en el control de calidad en alimentos. Existe un tipo de análisis sensorial de tipo el cual tiene como finalidad determinar la existencia de diferencia

sensorial en la comparación de dos productos. Es una metodología empleada para relacionar en los alimentos su calidad intrínseca con la experiencia que tenga el consumidor al probarla.

La percepción de la calidad en los alimentos es un proceso que estará influenciado por su calidad y los atributos. Por otro lado, la percepción está influenciada también por las expectativas que están asociadas a un producto pero que no son parte de este, por ejemplo, el envasado del producto, la marca, la presentación, el precio entre otros (Bartolozzo, 2015).

1.6.2. Características físicas sensoriales y organolépticas en panificación

Para evaluar ciertas características físicas de un producto se le realiza un análisis sensorial. En la industria panificadora se evalúa comúnmente la apariencia, esta se puede detectar en los alimentos por medio de la vista como sentido humano, los cuales comprende los siguientes aspectos:

- Textura: apariencia en general de la textura visual.
- Color: intensidad y tono que sea medible a la vista.
- Brillo: está relacionado también con la cantidad de luz que refleja y el color.

Otro atributo sensorial es el sabor, cuando se habla de este atributo tiene cierto grado de complejidad debido a que combina tres propiedades en uno, tales como el gusto, aroma y olor, atributos que pueden ser medibles al sentir y saborear el alimento en la boca (Surco y Alvarado, 2011).

1.6.3. Pruebas de aceptabilidad

En los productos de panificación un factor determinante en la aceptabilidad es el envejecimiento del pan, debido a que los productos de panificación que son horneados conllevan un proceso complejo que puede sufrir cambios en la textura en la boca, pérdida del sabor y cierta sequedad del producto. Todos estos factores son los que son afectados en la aceptabilidad del consumidor.

La aceptabilidad y la calidad que se da por parte del consumidor sobre un producto en específico y estos aspectos son medidos por los sentidos, los cuales son:

- Olfato: medición de su sabor y en el aroma
- Gusto: medición de sabor
- Vista: medición de defectos físicos y color
- Tacto: medición de manera bucal y manual
- Oído: medición durante la masticación y tacto

Todos estos aspectos deben ser tomados en cuenta para analizar los aspectos de calidad desde lo interno hasta lo externo y deben ser valorados por el consumidor cuando decida escoger un producto.

El grado de aceptabilidad se puede medir en porcentajes con el número de jueces que se desee escoger, esto se realiza por medio de un panel sensorial en donde un grupo de personas seleccionadas van a realizar una degustación sobre un producto. Las muestras de grado de aceptabilidad se pueden medir con las siguientes afirmaciones, la cual se le llama prueba hedónica de 7 puntos, donde 1 se refiere al nivel más bajo de aceptación y 7 se refiere al nivel más alto de aceptación (Surco y Alvarado, 2011).

Figura 7. **Panel sensorial**



Fuente: Suarez (2018). *Un panel entrenado en análisis sensorial ofrece sus servicios desde el INTA.*

Para mostrar los resultados obtenidos de este tipo de pruebas del grado de aceptabilidad se le debe hacer un análisis estadístico con una prueba de análisis de varianza y una comparación de las medias utilizando un nivel de referencia de significancia de 0.05. Estos análisis tienen el fin de encontrar la homogeneidad de criterio de los panelistas, con una verificación de las diferencias significativas que se pudieron dar en lo largo de la prueba y las formulaciones que se realizaron con los distintos tratamientos.

Para constituir un criterio de las diferencias que se dieron, las cuales pueden indicar la intensidad de un estímulo en específico de las muestras que se trate, por lo que se debe pasar por una prueba de estimación de magnitud, la cual es procesada por una ANOVA. Finalmente, este tipo de análisis es de suma importancia en los diseños experimentales y metodológicos para poder llevar a cabo de manera correcta una evaluación sensorial y que permita así determinar la aceptabilidad del alimento (Surco y Alvarado, 2011).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Elaboración de la película protectora

A continuación, se muestran las etapas de elaboración de la película protectora en donde se establecen los criterios e ingredientes para la elaboración de esta con sus respectivos porcentajes.

2.1.1. Formulación y elaboración de la película protectora

Previo a establecer los porcentajes de harina de arroz y glicerina, se realizaron varias pruebas para determinar cual tenía la mejor consistencia. Las proporciones de cada una de las materias prima se determinaron en base a los estudios previos los cuales fueron la base para determinar la formulación final, la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla VI. **Porcentaje de ingredientes en la película de recubrimiento**

Formulación	Porcentaje %
Harina de arroz	40
Glicerol	60

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2. Evaluación de adherencia y estabilidad

En la formulación esta prueba se determinó al mismo tiempo que se realizó el análisis físico en donde se observó cómo se comportaba la película a lo largo del tiempo.

El factor principal para poder medir la adherencia fue que después de ser aplicada esta se horneó nuevamente durante 10 minutos a 150 °C.

Figura 8. **Película en la magdalena**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.3. Determinación de costos

Para la elaboración de la película se requiere de ciertas materias primas las cuales son de fácil acceso en Guatemala, siendo esta una opción económica para las industrias panaderas del país.

Tabla VII. **Costos de elaboración de la película protectora de harina de arroz para 100 gramos**

Materia prima	Precio (Q)	Unidad de compra
Harina de arroz	2.00	libra
Glicerina líquida	1.00	kilo
Mano de obra	10.00	Hora
Estimado gas	0.44	Libras
Estimado electricidad	09.50	Kwh
TOTAL	Q. 22.94	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.4. Evaluación sensorial

Como primer paso se desarrolló la película protectora a base de harina de arroz como se muestra en la siguiente figura:

Figura 9. **Elaboración de la película de harina de arroz**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

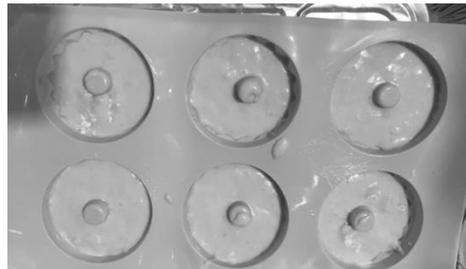
Previo a la elaboración de la película se realizó las muestras de magdalenas como se muestran en las siguientes figuras:

Figura 10. **Ingredientes de la magdalena**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 11. **Magdalenas para horneado**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.4.1. **Panel sensorial**

Las muestras de grado de aceptabilidad se midieron con las siguientes afirmaciones, la cual se le llama prueba hedónica de 7 puntos, donde 1 es el nivel más bajo de aceptación y 7 es el nivel más alto de aceptación:

Tabla VIII. **Escala hedónica de 7 puntos**

Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta poco	3
No me gusta ni me disgusta	4
Me gusta poco	5
Me gusta moderadamente	6
Me gusta mucho	7

Fuente: Surco y Alvarado (2011). *Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación.*

Los participantes fueron organizados en 15 grupos de 2 personas por temas de aforo por el COVID-19. La recolección de datos tuvo una duración de 1 día.

Las muestras fueron presentadas de igual forma, en la cual se les proporcionó una magdalena con cubiertos, servilletas y un lapicero.

Figura 12. **Panelistas**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 13. **Formulario de panel sensorial**

The image shows two identical sensory test forms. Each form is titled 'PRUEBA HEDÓNICA'. The first form has a date of 10/03/22, product CP, and name JVIS BARRERA. The second form has a date of 10/03/22, product CP, and name JVIS BARRERA. Both forms include instructions: 'Instrucciones: favor llene la siguiente tabla después de degustar el producto:'. Below the instructions is a 7-point hedonic scale: 1 (Me disgusta mucho), 2 (Me disgusta moderadamente), 3 (Me disgusta poco), 4 (No me gusta ni me disgusta), 5 (Me gusta poco), 6 (Me gusta moderadamente), 7 (Me gusta mucho). At the bottom of each form is a table for recording characteristics: 'Característica' and 'Escala del 1 al 7'. The table has four rows: Color (1), Apariencia (1), Olor (1), and Sabor (1).

Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.5. Análisis estadístico

Para el grado de aceptabilidad las muestras que reflejó cada participante de la prueba sensorial se tabularon en una hoja de cálculo de Excel, con el fin de poder realizar un análisis estadístico ANOVA y determinar el grado de aceptabilidad.

Tabla IX. **Anova para color**

No hay diferencia significativa entre las medias

DESCRPTIO		Alpha		0.05				
N		Coun		Varianc		Std		
Group	t	Sum	Mean	e	SS	Err	Lower	Upper
COLOR con película	30	196	6.53333	0.3954	11.466	0.128	6.2757	6.7910
COLOR sin película	30	187	6.23333	0.59885	17.366	0.128	5.9757	6.4910

Continuación tabla IX.

ANOVA								
<i>Sources</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>	<i>Eta-sq</i>	<i>RMSSE</i>	<i>Omega Sq</i>
Between								
Groups	1.35	1	1.35	2.71561	0.10478	0.0447	0.3009	0.0278
Within Groups	28.83	58	0.497126					
Total	30.18	59	0.511582					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla X. **Anova para olor**

No hay diferencia significativa entre las medias

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
<i>Group</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>SS</i>	<i>Std Err</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	
OLOR con									
película	30	202	6.7333	0.2713	7.8667	0.1054	6.5223	6.944333	
OLOR sin									
película	30	194	6.4667	0.3954	11.467	0.1054	6.2557	6.677666	
ANOVA									
<i>Sources</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>	<i>Eta-sq</i>	<i>RMSSE</i>	<i>Omega Sq</i>	
Between									
Groups	1.0667	1	1.0667	3.2	0.0789	0.0523	0.3266	0.03537	
Within Groups	19.333	58	0.3333						
Total	20.4	59	0.3458						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XI. **Anova para sabor**

No hay diferencia significativa entre las medias

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
SABOR con									
película	30	197	6.5667	0.323	9.36667	0.1095	6.3475	6.7859	
SABOR sin									
película	30	195	6.5	0.3966	11.5	0.1095	6.2808	6.7192	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq	
Between Groups	0.0667	1	0.0667	0.1853	0.66845	0.0032	0.0786	-0.0138	
Within Groups	20.867	58	0.3598						
Total	20.933	59	0.3548						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XII. **Anova para apariencia**

No hay diferencia significativa entre las medias

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
SABOR con									
película	30	201	6.7	0.2172	6.3	0.106	6.4866	6.9133	
SABOR sin									
película	30	194	6.4667	0.4644	13.466	0.106	6.2533	6.6800	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq	
Between Groups	0.8167	1	0.8167	2.3963	0.12706	0.0397	0.2826	0.0227	
Within Groups	19.767	58	0.3408						
Total	20.583	59	0.3489						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los resultados que son calculados por medio del ANOVA se realizaron con un nivel de significancia del 5 %. Para poder realizar estas diferencias en las medias de la formulación por atributos se aplican las diferentes fórmulas:

- Suma de cuadrados o SS

$$SS\ total = \sum (x - \bar{x}_G)^2 \quad (\text{Ec. 1})$$

- Suma de cuadrados de error o SSE

$$SSE = \sum (x - \bar{x}_e)^2 \quad (\text{Ec. 2})$$

Para las desviaciones de cada una de medias se debe realizar una suma de cuadrados de la siguiente forma:

$$TSS = SSE + SST \quad (\text{Ec. 3})$$

Posteriormente se debe calcular los cuadrados medios empleando las siguiente fórmulas:

$$\text{Suma de cuadrados total/grados de libertad} = TSS/n-1 \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\text{Suma de cuadrados del factor/grados de libertad} = SST/k-1 \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\text{Suma de cuadrados del error/grados de libertad} = SSE/N-k \quad (\text{Ec. 6})$$

Finalmente se puede obtener el valor F de la cual podemos obtener si existe o no una diferencia significativa entre las muestras:

F= Cuadrados Medios del Factor/Cuadrados Medios del Error (Ec. 7)

2.6. Evaluación de la vida de anaquel

Se prepararon las muestras de la misma manera como se prepararon para el panel sensorial como se muestra en la siguiente figura.

Figura 14. **Muestras de magdalenas**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.6.1. Prueba de envejecimiento

Este método se realizó observando los cambios físicos del producto a lo largo de los días anotando los cambios desde el día 1 hasta el día 8, anotando los cambios que fue sufriendo a lo largo del tiempo.

Tabla XIII. Notas de aspectos físicos

Notas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Color	Café pálido 	Café pálido 	Café pálido 	Café pálido con puntos blancos 	Café pálido con puntos blancos 	Café pálido con puntos blancos y verde (moho) 	Café pálido con verde (moho) 	Café pálido con puntos blancos y verde (moho) 
Olor	Característico de la magdalena	Olor un poco rancio	Olor Rancio	Olor húmedo y rancio	Olor desagradable a rancio			
Textura	Suave	Suave	Suave	Poco dura	dura	dura	dura	dura
Aspecto	Característico de la magdalena	Característico de la magdalena	Característico de la magdalena	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa abundante

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.7. Evaluación microbiológica

Se realizó un análisis microbiológico en donde se realizó una dilución 1:10 de una muestra de la magdalena con película y sin película en donde se mostró como se desarrolló el crecimiento de moho en cada una de las muestras como se muestra en las siguientes figuras, en la figura 15 se puede mostrar que el recuento de UFC/g fue de <math><10</math>, mientras que el recuento de moho UFC/g en la placa de la figura 16 fue de 90 UFC/g.

Figura 15. **Muestra de magdalena con película día 8**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (San Lucas Sacatepequez, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 16. **Muestra de magdalena sin película día 8**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (San Lucas Sacatepequez, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas que se realizaron en la investigación para cumplir los objetivos planteados:

3.1. Formulación y elaboración de la película protectora

La siguiente tabla detalla las materias primas y los porcentajes que fueron definidos para la elaboración de la película de recubrimiento aplicada a una magdalena.

Tabla XIV. **Porcentaje de ingredientes en la película de recubrimiento**

Formulación	Porcentaje %
Harina de arroz	40
Glicerol	60

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

A continuación, se muestra en la figura 17 el resultado de la mezcla de harina de arroz con glicerol, la cual se llevó a una temperatura de 70 °C durante 2 minutos, posteriormente se dejó enfriar dando como resultado una mezcla homogénea, estable y adherible.

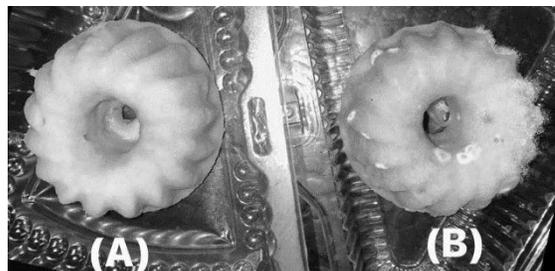
Figura 17. **Película protectora de harina de arroz**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

En la figura 18 se muestra la comparación de la magdalena con película y sin película, en el día 8, ya que este fue rango de vida de anaquel que se le estableció a la magdalena, por lo que se puede observar que, al finalizar los días establecidos, la magdalena con película no presentó ningún crecimiento de mohos, mientras que la que se encontraba recubierta presentó crecimiento de mohos.

Figura 18. **Magdalena con película (A) y sin película (B) día 8**



Fuente: [Fotografía de Josseline Beatriz Obregón Espino] (Mixco, Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.2. Análisis sensorial

Con la evaluación sensorial se calculó la media aritmética para cada atributo que se evaluó las cuales se detallan el nivel de aceptación en una escala hedónica de 7 puntos la cual se llevó a cabo con un panel con 30 personas:

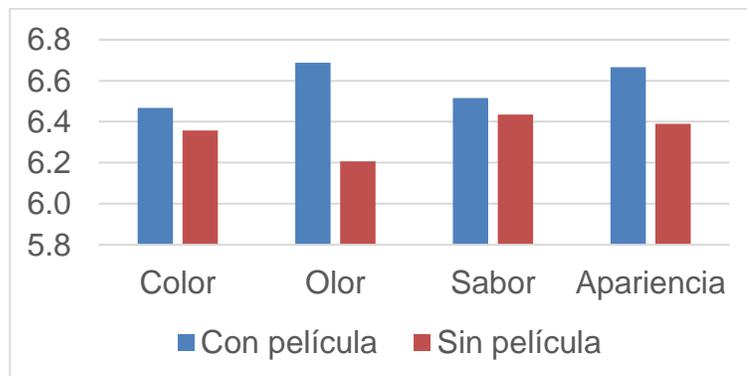
Tabla XV. **Aceptabilidad por atributo con y sin película**

Muestra	Color	Olor	Sabor	Apariencia
Con película	6.5	6.7	6.5	6.7
Sin película	6.4	6.2	6.4	6.4

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Así mismo, se muestra la comparación gráfica con la media aritmética calculada en una escala hedónica de 7 puntos para las muestras con y sin película.

Figura 19. **Nivel de aceptabilidad promedio con película y sin película**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla XVI el promedio general de todos los atributos de las muestras con y sin película, demostrando que el porcentaje de aceptabilidad en la muestra con película obtuvo mayor afinidad.

Tabla XVI. **Aceptabilidad promedio general con y sin película**

Muestra	Promedio de aceptabilidad	Porcentaje de aceptabilidad
Con película	6.6	94 %
Sin película	6.3	90 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla XVII se muestran los resultados obtenidos por medio de una prueba de hipótesis con ANOVA en donde se comparó las medias de los atributos para la muestra con y sin película.

Tabla XVII. **Resultados de análisis estadístico**

Atributo	Alpha	Valor P	Resultado
Color	0.05	0.105	No hay diferencia significativa entre las medias
Olor	0.05	0.079	No hay diferencia significativa entre las medias
Sabor	0.05	0.668	No hay diferencia significativa entre las medias
Apariencia	0.05	0.127	No hay diferencia significativa entre las medias

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.3. Vida de anaquel

El análisis de vida de anaquel se estudió por medio de dos métodos. En las siguientes tablas se presenta el primer método por medio de análisis físico, en donde se observó día a día el comportamiento de la magdalena con y sin película.

Tabla XVIII. **Análisis físico sin película**

Aspectos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Color	Café pálido	Café pálido	Café pálido	Café pálido con puntos blancos	Café pálido con puntos blancos	Café pálido con puntos blancos y verde (moho)	Café pálido con verde (moho)	Café pálido con puntos blancos y verde (moho)
Olor	Característico de la magdalena	Olor un poco rancio	Olor Rancio	Olor húmedo y rancio	Olor desagradable a rancio			
Textura	Suave	Suave	Suave	Poco dura	dura	dura	dura	dura
Aspecto	Característico de la magdalena	Característico de la magdalena	Característico de la magdalena	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa	Puntos cafés con verde y pelusa abundante

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIX. **Análisis físico con película**

Notas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Color	Café pálido							
Olor	Característico de la magdalena							

Continuación tabla XIX.

Textura	Suave	Suave	Suave	suave	suave	suave	dura	dura
Aspecto	Característico de la magdalena							

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Así mismo se realizó un segundo método por medio de un análisis microbiológico de mohos, la cual fue por medio de la dilución de agua peptonada especial para cultivos de alimentos. La dilución fue a una relación de 1:10, la cual presentó los siguientes resultados:

Tabla XX. **Recuento de mohos en magdalena con y sin película**

Con película	Sin película
<10 UFC/mL	90 UFC/mL

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación analiza y plantea la elaboración de una película protectora elaborada a base de harina de arroz y glicerina líquida comestible como una alternativa de prolongación de la vida de anaquel de productos de panificación, para este caso aplicado a una magdalena.

Para poder llevar a cabo la elaboración de esta película y poder establecer las cantidades de las 2 materias primas a utilizar se tomó en cuenta las cantidades que se habían utilizado con otros tipos de harinas en otras investigaciones como se mostró en los antecedentes.

Todas las harinas tienen diferente cantidad de humedad, textura y constancia se tuvo que realizar varias pruebas en donde finalmente se estableció que para que se tuviera una adherencia y la consistencia esperada se utilizó un 40 % de harina de arroz y un 60 % de glicerina comestible, dando un resultado favorable en su consistencia y adaptación al producto que se estaba ensayando en esta investigación.

Para el análisis de la vida de anaquel se estableció un tiempo de vida de anaquel de 8 días tomando en cuenta que esta era una magdalena libre de aditivos y conservantes que afectarán a la fórmula de la película, ya que se buscó observar y analizar cómo actuaba por sí misma sin necesidad de algún aditivo.

El resultado como se muestra en la figura 18 fue favorable, ya que al final el lapso que se le dio de vida, la magdalena no presentó ningún crecimiento visible, esto se debe a que el plastificante en este caso la glicerina actuó como

una barrera ante la humedad que pudiera penetrar en el poro de la magdalena, evitando así el crecimiento de moho tanto fuera como dentro de la magdalena.

Los resultados del análisis sensorial mostraron que no existe diferencia significativa entre los atributos de la magdalena con y sin película con un α de 0.05.

Para la muestra con película se muestra que el mejor atributo calificado en la escala hedónica de 7 puntos fue la apariencia y el olor, esto debido a que la película le proporcionó no solo una barrera contra los microorganismos sino que también benefició al presentar un olor más dulce y agradable que la que no tenía película, de igual forma la película le dio un aspecto brillante y favorecedor al consumidor, ya que la harina de arroz al ser blanca da un aspecto de recién hecho en la superficie de la muestra.

Por otro lado, se observó que el atributo con menor puntaje en la escala hedónica fue olor sin película, ya que los panelistas expresaron que era más evidente el olor al huevo y la levadura, esto debido a que la que sí contenía la película también ayudó a enmascarar olores que no son agradables para todo el público.

El fin de este panel fue que los panelistas no sintieran una diferencia significativa entre ambas muestras, ya que la película no busca cambiar el sabor particular del producto, sino más bien prolongar su vida después de ser comparada, por lo que el resultado obtenido fue el esperado, ya que además de no cambiarle el sabor, se está utilizando una película biodegradable en donde uno de sus ingredientes es libre de gluten y sin sabor, lo cual amplía la gama de productos en los que se puede emplear esta película.

Gráficamente se puede observar que las personas prefieren la formulación con película ya que ayuda a resaltar los atributos que ya tiene la magdalena teniendo esta un 4 % más de adaptación que la muestra que no contenía la película.

En el análisis físico que se le realizó a las muestras de magdalenas resultaron de la manera esperada, puesto que los cambios en la muestra sin película se pudieron observar desde el día 4, esto debido a que la magdalena al no tener ningún aditivo y ningún plastificante que sirviera de barrera contra la humedad del ambiente se comenzaron a formar los primeros puntos de moho, en donde ya es posible indicar que la magdalena ya no puede ser consumida, debido a que este moho que presentó ya era evidente a la vista y podría ocasionar molestias en el estómago si este se consumiese. Cabe recalcar que muchas veces estas primeras apariciones de moho en los productos de panificación no son vistas por los consumidores y al ingerirse pueden estar siendo afectados sin darse cuenta.

De igual forma se encontró que en la muestra con la película únicamente fue afectada por la textura, ya que con el pasar de los días, el pan tiende a comenzar a endurecer, sin embargo la magdalena presentó una buena barrera contra los microorganismos, esto debido que la glicerina al ser un compuesto orgánico a base de un alcohol de azúcar, ayudó a disminuir la actividad del agua en el poro de la magdalena, lo cual aportó suavidad por más días y mejor conservación de la misma, de igual forma la harina de arroz al ser uno de los granos con la humedad más bajas beneficiaron a la barrera contra el cultivo de los microorganismos.

Las muestras después de observar en el panel que fueron aceptadas se sometieron a un análisis microbiológico en donde se confirmó a escala laboratorio

que la película a base de harina de arroz cumple con <10 UFC/g durante los 8 días establecidos de vida de anaquel para el producto, por otro lado se muestra en el anexo 1, que la película elaborada es adecuada e inocua ya que presentó ausencia cuatro microorganismos que pudieran atacar la muestra, mientras que la muestra que no contenía la película fue mostrando a partir del día cuatro como se muestra de igual forma en el anexo 1 que en los resultados de análisis de laboratorio que el moho fue crecimiento a partir del día 4 tal y como se observó de igual manera en el análisis físico, teniendo un recuento total de 90 UFC/g, lo cual no es aceptable para el consumo humano.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo una película a base de harina de arroz con un porcentaje de glicerina comestible del 60 % y 40 % de harina de arroz, para que fuera estable y adherible se horneó con la magdalena 15 minutos a 250 grados Celsius.
2. En la evaluación sensorial se presentó que no existió estadísticamente una diferencia significativa entre las magdalenas con y sin película, demostrando así que se tuvo una aceptabilidad del 94 % con un nivel de confianza del 95 %.
3. La magdalena sin película presentó envejecimiento y crecimiento de mohos a partir del día 4, mientras que la magdalena con película superó los 8 días de vida de anaquel sin ningún crecimiento de moho, demostrando así que fue apto para el consumo humano sin afectar sus características sensoriales de manera notable.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la investigación probando otras formas de aplicación de la película además de la técnica de *brushing* para encontrar cuál técnica es la más eficiente en cuanto a la adhesividad y estabilidad óptima.
2. Mejorar la fórmula con algún aditivo que ayude a prolongar más días la vida de anaquel tal como un aditivo que sea antihumedad para optimizar la película.
3. Proponer harinas de otras especies siempre tomando en cuenta que sean bajas de porcentaje de humedad para determinar cuál harina es la más óptima para este tipo de productos de panificación.

REFERENCIAS

1. Aguirre, A., Borneo, R., y Leon, A. (agosto, 2013). Properties of triticale protein films and their relation to plasticizing-antiplasticizing effects of glycerol and sorbitol. *Industrial Crops and Products*, 50(1), 297-303.
2. Alarcón, L., Vides, J. y Ayala Morán. (2018) *Cultivo de arroz*. El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
3. Andrade-Mahecha, M., Tapia-Blácido, D., y Menegalli, F. (abril, 2012). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. *Carbohydrate Polymers*, 11(2), 449-458.
4. Bartolozzo, J. (2015). *Desarrollo de películas de harina de triticale como recubrimiento en productos de panificación tipo "muffins" y su efecto durante el almacenamiento* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
5. Contreras, S. (2016). *El agro en cifras*. Guatemala: MAGA. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/download/EI%20agro16.pdf>.
6. Florido, K. (15 de febrero, 2011). Magdalena Pastel de 4 Minutos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.thefoodieskitchen.com/es/2011/02/15/magdalena-pastel-de-4-minutos/>.

7. García, M., Delgado, F., Escamilla, M., García, B. y Regalado, C. (enero, 2018). Métodos modernos para la caracterización de películas y recubrimientos comestibles. *Bio Tecnología*, 22(1), 37-54.
8. Gutiérrez, M. (2015). *Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal*. (Tesis de doctorado) Universidad Autónoma de Querétaro, México. Recuperado de <https://ri.uaq.mx/handle/123456789/2740>.
9. Khan, M., Schutyser, M., Schroën, K. y Boom, R. (marzo, 2014). Barrier properties and storage stability of edible coatings prepared with electrospraying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23(1), 182–187.
10. Merck (enero, 2021a) Glycerol [Mensaje en un blog] Recuperado de https://www.sigmaaldrich.com/GT/es/product/sigma/g5516?gclid=CjwKCAjwr56IBhAvEiwA1fuqGgU6QXyiuHsWUPfEM3VaWfqYcvfmlbj5Mm4WboBKoxnGLGwK5AHNiRoCQ5YQAvD_BwE.
11. Merck (enero, 2021b) Sorbitol [Mensaje en un blog] Recuperado de <https://www.sigmaaldrich.com/GT/es/product/sial/phr1006>.
12. Parzanese, M. (diciembre, 2011). Películas y recubrimientos comestibles. *Tecnología para industrias alimentarias*, 1(2) 1- 11.
13. Pincioli, M. (2011). *Proteínas de arroz: propiedades estructurales y funcionales* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

14. Pincirolí, M., Ponzio, N. y Salsamendi, M. (2015). *El arroz alimento de millones*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
15. Rezaei, M. y Motamedzadegan, A. (diciembre, 2015). The Effect of Plasticizers on Mechanical Properties and Water Vapor Permeability of Gelatin-Based Edible Films Containing Clay Nanoparticles. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 5(04), 1-178.
16. Rodríguez-Marín, M., Bello-Pérez, L., Yee-Madeira, H. y González-Soto, R. (enero, 2013). Propiedades mecánicas y de barrera de películas elaboradas con harina de arroz y plátano reforzadas con nanopartículas: estudio con superficie de respuesta. *Revista mexicana de ingeniería química*, 12(1), 165-176.
17. Solano-Doblado, L., Alamilla-Beltrán, L., y Jiménez-Martínez, C. (agosto, 2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21(2), 1-10.
18. Suárez, V. (agosto, 2018). Un panel entrenado en análisis sensorial ofrece sus servicios desde el INTA [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://inta.gob.ar/noticias/un-panel-entrenado-en-analisis-sensorial-ofrece-sus-servicios-desde-el-inta>.
19. Surco, J., y Alvarado, J. (marzo, 2011). Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación. *Revista boliviana de química*, 28(2), 79-82.

20. Viteri, J. (2020). *Utilización de cáscaras de plátano (Musa spp), en el desarrollo de películas biodegradables* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

21. Zamudio–Flores, P., García–Amezquita, L., Ramos–Martínez, A., Gallegos, J., Bello–Pérez, L. y Salgado–Delgado, R. (noviembre, 2013). Soluciones formadoras de película a base de almidón oxidado de avena mezcladas con quitosano: caracterización reológica y propiedades mecánicas de sus películas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 14(6), 293-304.

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
Pregunta principal ¿Podrá la harina de arroz servir como recubrimiento protector para prolongar la vida anaquel en productos de panificación tipo magdalena?	Objetivo general Desarrollar una película protectora para prolongar la vida de anaquel de productos de panificación tipo magdalena, utilizando harina de arroz.		
Preguntas auxiliares 1. ¿Cuál es la cantidad adecuada de harina de arroz para obtener una película protectora que sea estable y adherible?	Objetivos específicos 1. Establecer la cantidad adecuada de harina de arroz para obtener una película protectora que sea estable y adherible.	Se obtuvo una película a base de harina de arroz con un porcentaje de glicerina comestible del 60% y 40% de harina de arroz, para que fuera estable y adherible se horneó con la magdalena 15 minutos a 250 grados Celsius.	Se recomienda continuar la investigación probando otras formas de aplicación de la película además de la técnica de "brushing" para encontrar cual técnica es la más eficiente en cuanto a la adhesividad y estabilidad óptima.
2. ¿Cuál es el resultado de las características sensoriales al comparar las magdalenas con y sin película?	2. Determinar la aceptabilidad basado en las características sensoriales de las magdalenas con y sin película.	En la evaluación sensorial se presentó que no existió estadísticamente una diferencia significativa entre las magdalenas con y sin película, demostrando así que se tuvo una aceptabilidad del 94% con un nivel de confianza del 95%.	En la elaboración de la magdalena se recomienda mejorar la fórmula con algún aditivo que ayude a prolongar mas días la vida de anaquel tal como un aditivo que sea antihumedad para optimizar la película.
3. ¿Cuál es la vida de anaquel de las magdalenas recubiertas con la película en comparación con las no recubiertas?	3. Comparar la vida de anaquel de las magdalenas con la película protectora y sin esta.	La magdalena sin película presentó envejecimiento y crecimiento de mohos a partir del día 4, mientras que la magdalena con película superó los 8 días de vida de anaquel sin ningún crecimiento de moho, demostrando así que fue apto para el consumo humano sin afectar sus características sensoriales de manera notable.	Proponer harinas de otras especies siempre tomando en cuenta que sean bajas de porcentaje de humedad para determinar cuál harina es la mas optima para este tipo de productos de panificación.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 2. Formulario de panel sensorial

PRUEBA HEDÓNICA

Fecha: _____

Producto: _____

Nombre: _____

Instrucciones: favor llene la siguiente tabla después de degustar el producto:

Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta poco	3
No me gusta ni me disgusta	4
Me gusta poco	5
Me gusta moderadamente	6
Me gusta mucho	7

Característica	Escala del 1 al 7
Color	
Apariencia	
Olor	
sabor	

PRUEBA HEDÓNICA

Fecha: _____

Producto: _____

Nombre: _____

Instrucciones: favor llene la siguiente tabla después de degustar el producto:

Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta poco	3
No me gusta ni me disgusta	4
Me gusta poco	5
Me gusta moderadamente	6
Me gusta mucho	7

Característica	Escala del 1 al 7
Color	
Apariencia	
Olor	
sabor	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 3. **Resultados del panel sensorial con película**

Juez	Color	Olor	Sabor	Apariencia
1	7	7	7	7
2	7	7	7	7
3	7	7	7	7
4	7	7	7	6
5	7	7	6	6
6	6	7	6	7
7	6	7	6	7
8	6	6	6	7
9	6	6	6	7
10	5	7	6	7
11	7	6	6	7
12	7	7	7	7
13	7	6	7	7
14	7	5	7	7
15	6	6	7	6
16	7	6	7	6
17	6	7	7	6
18	6	7	7	7
19	7	7	7	6
20	7	7	7	7
21	7	7	7	7
22	7	7	7	7
23	5	7	7	7
24	7	7	7	6
25	6	7	5	7
26	7	7	6	7
27	7	7	6	6
28	6	7	6	7
29	6	7	7	6
30	7	7	6	7
DE	0.6	0.5	0.6	0.5
X	6.5	6.7	6.5	6.7

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 4. **Resultados del panel sensorial sin película**

Juez	Color	Olor	Sabor	Apariencia
1	7	7	7	7
2	7	7	7	6
3	6	5	7	7
4	7	7	5	6
5	7	7	6	6
6	6	5	6	7
7	6	6	6	7
8	6	6	6	7
9	6	6	6	7
10	5	7	7	7
11	7	6	6	7
12	7	7	7	5
13	7	6	7	7
14	7	5	7	7
15	6	6	7	6
16	5	6	7	6
17	6	7	7	6
18	6	7	7	5
19	7	5	6	6
20	7	7	7	7
21	7	7	7	5
22	7	5	7	7
23	5	6	7	7
24	7	7	7	6
25	6	7	5	7
26	7	7	6	7
27	7	7	6	6
28	6	6	6	7
29	6	6	7	6
30	7	6	6	7
DE	0.7	0.7	0.6	0.7
X	6.4	6.2	6.4	6.4

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis microbiológico



LABORATORIO SINERGIA INTERNACIONAL
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
AREA: MICROBIOLOGIA
BASADO EN PEO-CC-10

FO-CC-76
No. versión 01

CERTIFICADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTO TERMINADO

Nombre de la muestra: CP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 21/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	<10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia
<i>S. aureus</i>	Ausencia
<i>P. aeruginosa</i>	Ausencia

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo

Nombre de la muestra: SP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 21/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	<10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia
<i>S. aureus</i>	Ausencia
<i>P. aeruginosa</i>	Ausencia

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo


Lidia Magda Santos
Jefatura de Microbiología
LABORATORIO SINERGIA
INTERNACIONAL
CONTROL DE CALIDAD
FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Continuación anexo 1.



LABORATORIO SINERGIA INTERNACIONAL
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
AREA: MICROBIOLOGIA
BASADO EN PEO-CC-10

FO-CC-76
No. versión 01

CERTIFICADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTO TERMINADO

Nombre de la muestra: CP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 22/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	<10 UFC/g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo

Nombre de la muestra: SP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 22/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	20 UFC/g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo


Licda. Magda Santos
Jefatura de Microbiología
**LABORATORIO SINERGIA
INTERNACIONAL
CONTROL DE CALIDAD
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO**

Continuación anexo 1.



LABORATORIO SINERGIA INTERNATIONAL
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
AREA: MICROBIOLOGIA
BASADO EN PEO-CC-10

FO-CC-76
No. versión 01

CERTIFICADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTO TERMINADO

Nombre de la muestra: CP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 23/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	<10 UFC/g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo

Nombre de la muestra: SP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 23/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	70 UFC/g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo


Licda. Maida Santos
Jefatura de Microbiología
**LABORATORIO SINERGIA
INTERNACIONAL
CONTROL DE CALIDAD
FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO**

Continuación anexo 1.



LABORATORIO SINERGIA INTERNACIONAL
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
AREA: MICROBIOLOGIA
BASADO EN PEO-CC-10

FO-CC-76
No. versión 01

CERTIFICADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTO TERMINADO

Nombre de la muestra: CP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 24/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	<10 UFC/g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo

Nombre de la muestra: SP
Fecha de Inicio de Análisis: 17/03/2021
Fecha final de lectura del análisis: 24/03/2021
Cantidad Analizada: 10 g

ANALISIS	RESULTADO
Recuento Mohos	90 UFC/g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo


Licda. Magda Santos
Jefatura de Microbiología
**LABORATORIO SINERGIA
INTERNACIONAL
CONTROL DE CALIDAD
FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**

Fuente: Laboratorio Sinergia internacional S.A. (2021). *Certificado análisis microbiológicos de producto terminado.*