



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS
DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON
HARINA DE ARROZ**

Josseline Beatriz Obregón Espino

Asesorado por la MSc. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO 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

JOSELINE BEATRIZ OBREGÓN ESPINO
ASESORADO POR LA MSC. INGA. HILDA PIEDAD PALMA RAMOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba 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 Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADORA	Inga. Dinna Lisete Estrada Moreira de Rossal
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO 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

Josseline Beatriz Obregón Espino



EEPFI-PP-0040-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales y/o innovadores**, presentado por la estudiante **Josseline Beatriz Obregón Espino** carné número **201503636**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

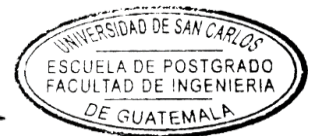
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Hilda Piedad Palma Ramos De Martíni
Asesor(a)

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453

Mtra. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.0040.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**, presentado por el estudiante universitario **Josseline Beatriz Obregón Espino**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

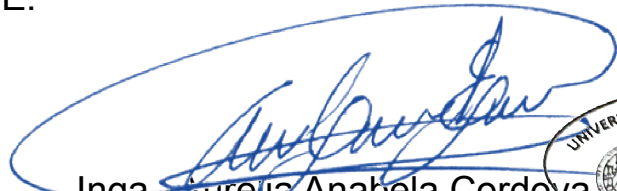

Ing. Williams G. Álvarez Mejía
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.238.2022

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 Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO PELÍCULAS PROTECTORAS ELABORADAS CON HARINA DE ARROZ**, presentado por: **Josseline Beatriz Obregón Espino** , después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova 
Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

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 la <i>alma 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
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Generalidades del arroz	15
7.1.1. Aspectos generales	15
7.1.1.1. División de las partes del arroz.....	15
7.1.1.2. Componentes del grano de arroz	17
7.1.2. Propiedades del arroz.....	18

7.1.3.	Cultivo de arroz en Guatemala.....	19
7.1.4.	Harina de arroz y su procesamiento.....	20
7.2.	Generalidades de las películas protectoras	21
7.2.1.	Definición y aplicaciones	21
7.2.2.	Procesamiento de las películas de protección	22
7.2.3.	Propiedades de las películas de recubrimiento	24
7.2.4.	Métodos de aplicación.....	26
7.3.	Generalidades de los plastificantes comestibles.....	26
7.3.1.	Definición de un plastificante.....	26
7.3.2.	Tipos de plastificantes comestibles	27
7.3.3.	Plastificantes empleados en películas protectoras	28
7.4.	Producción de magdalenas.....	30
7.4.1.	Materias primas y aditivos	30
7.4.2.	Proceso de elaboración.....	31
7.4.3.	Vida útil.....	32
7.5.	Producción de magdalenas.....	33
7.5.1.	Análisis sensorial.....	33
7.5.2.	Características físicas sensoriales y organolépticas en panificación	34
7.5.3.	Pruebas de aceptabilidad	35
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	39
9.	METODOLOGÍA	43
9.1.	Tipo de estudio.....	43
9.2.	Diseño de investigación	43
9.3.	Variables de estudio.....	43
9.4.	Fases del estudio	46

9.4.1.	Fase 1: Exploración bibliográfica	46
9.4.2.	Fase 2: Elaboración de la película de recubrimiento	46
9.4.3.	Fase 3: Elaboración de la magdalena	47
9.4.4.	Fase 4: Análisis de la vida útil.....	49
9.4.4.1	Métodos de análisis microbiológico	50
9.4.4.2	Métodos de análisis físico.....	50
9.4.5.	Fase 5: Evaluación sensorial.....	51
9.4.6.	Fase 6: Presentación y discusión de resultados.....	53
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	55
10.1.	Herramientas de recolección de la información.....	55
10.2.	Herramientas de estadística descriptiva.....	56
11.	CRONOGRAMA.....	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	59
13.	REFERENCIAS.....	61
14.	APÉNDICES.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta origen de arroz y sus partes.....	16
2.	Porcentajes de producción de arroz en Guatemala	20
3.	Función de un recubrimiento o film en un alimento.....	25
4.	Estructura del glicerol.....	29
5.	Estructura del sorbitol.....	29
6.	Magdalena	31
7.	Panel sensorial.....	36
8.	Muffin control vrs muffin película protectora de harina de triticales.....	47
9.	Proceso de elaboración de la magdalena	49

TABLAS

I.	Composición aproximada del grano de arroz y sus fracciones	18
II.	Características obtenidas en películas a base de polisacáridos	23
III.	Propiedades de las películas con diferentes fuentes de proteína	25
IV.	Recubrimientos comestibles en mango, fresa y manzana	28
V.	Ingredientes de una magdalena.....	30
VI.	Descripción de variables	44
VII.	Porcentaje de ingredientes en la película de recubrimiento	47
VIII.	Notas de aspectos físicos	50
IX.	Escala Hedónica de 7 puntos	51
X.	Evaluación sensorial por panelistas	52
XI.	Evaluación sensorial con y sin película	52

XII.	Cronograma de la investigación	57
XIII.	Gastos del estudio	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
W	Contenido de humedad
CO₂	Dióxido de carbono
°	Grados
°C	Grados Celsius
g	Gramos
h	Horas
W1	Masa inicial
W2	Masa muestra seca
CH₄	Metano
mL	Mililitros
N₂	Nitrógeno
O₂	Oxígeno
%	Porcentaje
Q	Quetzales
SC	Sin cobertura

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 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 busca desarrollar una película protectora para prolongar la vida de anaquel de productos de panificación tipo magdalena, utilizando harina de arroz. Se determinará la cantidad adecuada de harina de arroz para obtener una película protectora que sea estable y adherible. Se evaluarán las características sensoriales de las magdalenas con y sin película, concluyendo con un estudio de la vida de anaquel de estas.

Para la elaboración de las películas protectoras se utilizarán harina de arroz y un plastificante grado alimenticio como la glicerina, estos se optimizarán en varias proporciones de fórmula, buscando la mejor adherencia y estabilidad. También se elaborará una formulación de magdalena que servirá al estudio como forma de ensayo para la película propuesta.

Se evaluará 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 sin entrenamiento, como prueba inicial.

Se determinará 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 durante tiempos establecidos. También se confirmarán estas observaciones con análisis microbiológicos del producto en especial de mohos y levaduras.

Se espera que la película mejore 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.

1. INTRODUCCIÓN

Después de la elaboración de las magdalenas, estas 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 que alteran la textura y provocan crecimientos microbiológicos (mohos y levaduras). 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 (como la elaborada a base de harina de arroz) han sido poco investigadas, a pesar de usar materias primas fáciles de encontrar y de bajo costo. Esta investigación aportará la elaboración de una película protectora usando como ingrediente principal la harina de arroz, especial para productos de panificación. Se mostrará 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 serán obtenidos en los análisis y ensayos darán a conocer la efectividad de esta aplicación. Se espera que se prolongue la vida de anaquel y no se alteren 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 elaborarán las películas protectoras a base de harina de arroz, buscando la mejor adherencia y estabilidad. Se ensayará 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. Posteriormente se determinará la vida de anaquel, por medio de una prueba de envejecimiento. Se confirmarán estas observaciones con análisis microbiológicos del producto en especial de mohos y levaduras.

Se presentarán los antecedentes de la investigación, que resumen investigaciones previas sobre el tema. Se hará una exploración bibliográfica de los temas que sirva como base teórica de la aplicación propuesta. Se presentará la factibilidad del procedimiento de la elaboración de la película protectora de harina de arroz, así como una evaluación de su adherencia y estabilidad, al aplicarla a un producto de panificación.

2. 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, Bello, Yee y González (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, García, Ramos, Gallegos, Bello, y Salgado (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.

3. 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?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización del presente trabajo se justifica en la línea de investigación del desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales o innovadores de la Maestría de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

En Guatemala se tiene una amplia cosecha de arroz, es un cereal que aporta baja humedad como ingrediente principal en formulación de películas protectoras. Las películas con este tipo de cereales han sido poco investigadas, a pesar de ser un cereal fácil de encontrar y de bajo costo. Esta investigación aportará la elaboración de una película protectora elaborada con harina de arroz, especial para productos de panificación. Se mostrará 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.

Para la realización de esta investigación se necesitará la formulación y desarrollo de un procedimiento para elaborar la película protectora a base de harina arroz; lo cual, es un aporte que se puede ampliar para su aprovechamiento en panificación. Se elaborarán distintos ensayos para encontrar la proporción óptima de harina que prolongue de manera eficiente la vida de anaquel. Esta cantidad será encontrada por medio de análisis sensoriales, ensayos físicos y pruebas microbiológicas que darán a conocer la aceptabilidad y estabilidad de protección de la película, para poder lograr una posible comercialización.

Los datos que sean obtenidos en los análisis y ensayos darán a conocer la efectividad del uso de la harina como una película protectora en nuevas aplicaciones, en especial en la industria de panificación, lo cual puede beneficiar

a los productores de pan y las industrias de panificación al ofrecer una alternativa que prolongue la vida de anaquel conservando características sensoriales aceptables, ya que les dará mayores posibilidades de ventas y conservación de sus productos. También beneficiará a los consumidores, pues podrán conservar el producto en sus hogares sin que se dañe fácilmente. Por otro lado, se beneficia también al ámbito académico, ya que se tendrá un estudio en donde se muestre cómo puede ser aprovechado el producto local y de bajo costo económico. Puede ser una propuesta de aplicación a nivel industrial y ampliarse en nuevas investigaciones futuras.

La importancia de esta investigación radica en que se estudiará una nueva aplicación con un producto que se encuentra fácilmente en el país. Guatemala tiene un amplio mercado de panificación, 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.

5. OBJETIVOS

5.1. General

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

5.2. Específicos

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

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En Guatemala se ha aprovechado el potencial del uso de la harina de arroz, debido a la falta de investigación para la creación de nuevas aplicaciones, además de ser limitado a utilizar este tipo de harina solamente en productos para elaboración directa en preparaciones de productos como panecillos o chips. Este tipo de harina puede ser utilizado como recubrimiento en productos de panificación debido a su bajo contenido de humedad, aportando un efecto positivo sensorialmente y de beneficio para el producto final.

Se propondrá una formulación para el recubrimiento de panes tipo magdalena la cual sea estable y adherible. La película se podrá utilizar en diferentes productos de panificación debido a que no contendrá gluten, prolongará la vida útil y no alterará el sabor de manera significativa del producto final.

Existe una tendencia en nuevas alternativas que sean libres de gluten y esta película puede ser un producto de interés, ya que es fuente de vitaminas y minerales como calcio y potasio. Además, esta película será ideal, debido a que el sabor de la harina de arroz es neutral y libre de gluten, lo cual es un factor importante para la aceptación de parte de los consumidores que tengan alergias al gluten.

La película que se elaborará tendrá un impacto innovador en el mercado nacional, debido a que existe la necesidad de tener una mayor preservación y conservación de los productos de panificación. Esta será una formulación en

donde la materia prima local tendrá un mejor aprovechamiento y se convertirá en una aplicación tecnológica en la industria.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. 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.

7.1.1. Aspectos generales

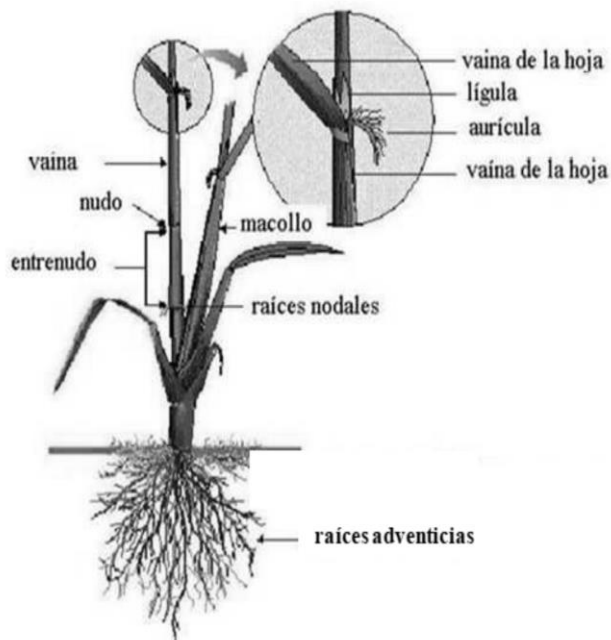
Para Alarcón, Vides y Ayala (2018), el arroz es un grano de tallos en forma redonda, la cual está contenida de nudo y entrenudos, hojas planas las cuales están en conjunto con el tallo lo cual los une. La planta se encuentra en una altura aproximada de 0.4 a 0.7 metros.

7.1.1.1. 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.

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



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

7.1.1.2. Componentes del grano de arroz

Según Pincioli *et. al.* (2015), 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.

7.1.2. 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 *et. al.* (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 que en otros granos si están contenidos (Pinciroli *et. al.*, 2011).

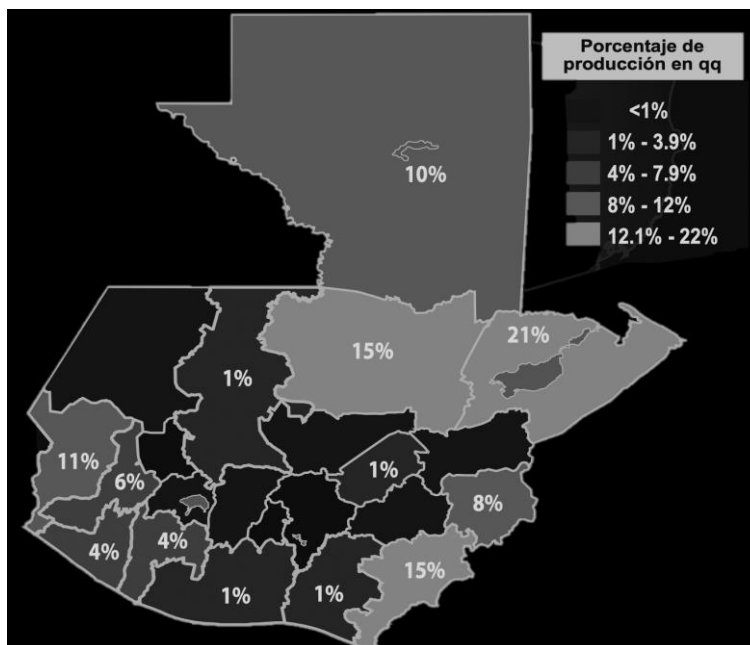
7.1.3. Cultivo de arroz en Guatemala

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 en Izabal, Jutiapa, Chiquimula, Petén, Alta Verapaz y San Marcos según la imagen del ICTA (Contreras, 2016).

7.1.4. **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).

7.2. 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.

7.2.1. 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).

7.2.2. 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, Tapia y Menegalli, 2012).

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

- Lípidos como ceras, ácidos grasos, acilglicérido, entre otros.
- Hidrocoloides, entre estos los alginatos, proteínas y polisacáridos.

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 cantalupo (<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, Alamilla y Jiménez (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 cohesión 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).

7.2.3. 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 Parzanese (2011), 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.

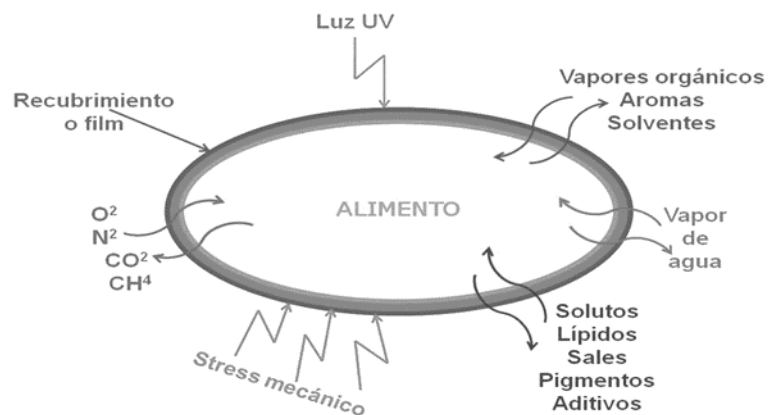
- Poseer estabilidad de condiciones de almacenamiento distintas.
- Ser de bajo costo de elaboración y aplicación.
- Cumplir con el reglamento vigente del país de aditivos alimentarios.

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 *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.*

7.2.4. Métodos de aplicación

Para Bartolozzo (2015), 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*.

7.3. 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.

7.3.1. 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 *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 León, 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 dé 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.

7.3.2. 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 que 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.*

Para Solano *et. al.* (2018), 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.

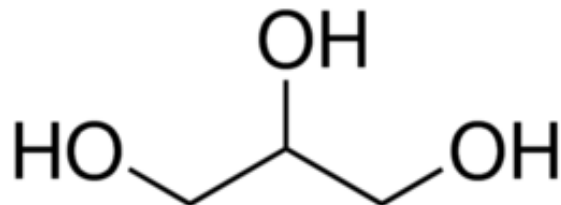
7.3.3. **Plastificantes empleados en películas protectoras**

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,

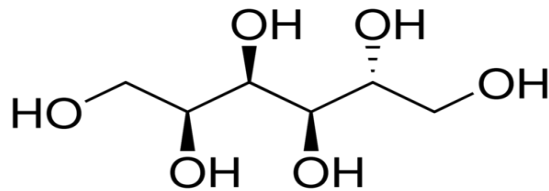
polietilenglicol, entre otros. Por otro lado, el glicerol y el sorbitol debido a sus características son abundantemente utilizados en la elaboración de películas de recubierta biodegradables.

Figura 4. **Estructura del glicerol**



Fuente: Merck (2021). *Glycerol*.

Figura 5. **Estructura del sorbitol**



Fuente: Merck (2021). *Sorbitol*.

Según Gutiérrez (2015), 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.

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).

7.4. 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.

7.4.1. 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.

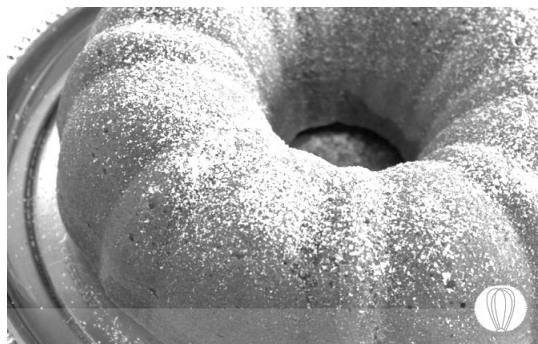
Tabla V. **Ingredientes de una magdalena**

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)*.

7.4.2. Proceso de elaboración

Para Bartolozzo (2015), 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 minimagdalenas a temperatura ambiente hasta que el molde se encuentre suficientemente frío.

7.4.3. 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.

Para Bartolozzo (2015), 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.

7.5. 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.

7.5.1. 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).

7.5.2. 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).

7.5.3. 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).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Generalidades del arroz

1.1.1. Componentes y descripción

1.1.1.1. Las partes de la planta del arroz

1.1.1.2. Componentes del grano de arroz

1.1.2. Propiedades del arroz

1.1.3. Cultivo del arroz en Guatemala

1.1.4. Harina de arroz y su procesamiento

1.2. Generalidades de las películas protectoras

1.2.1. Definición y aplicaciones

1.2.2. Composición y procesamiento de películas de protección

1.2.3. Propiedades de las películas de recubrimiento

1.2.4. Métodos de aplicación

- 1.3. Generalidades de los plastificantes
 - 1.3.1. Definición de los plastificantes
 - 1.3.2. Tipos de plastificantes comestibles
 - 1.3.3. Plastificantes empleados en películas protectoras
- 1.4. Producción de magdalenas
 - 1.4.1. Materias primas y aditivos
 - 1.4.2. Proceso de elaboración
 - 1.4.3. Vida útil
- 1.5. Análisis de producción de magdalenas
 - 1.5.1. Análisis sensorial
 - 1.5.2. Características físicas sensoriales y organolépticas en panificación
 - 1.5.3. Pruebas de aceptabilidad

- 2. ELABORACIÓN DE LA PELÍCULA PROTECTORA
 - 2.1. Formulación y elaboración de la película protectora
 - 2.2. Evaluación de adherencia y estabilidad
 - 2.3. Determinación de costos

- 3. EVALUACIÓN SENSORIAL
 - 3.1. Preparación de muestra
 - 3.2. Panel sensorial

- 4. EVALUACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL
 - 4.1. Preparación de muestras
 - 4.2. Prueba de envejecimiento
 - 4.3. Evaluación microbiológica

- 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo cuantitativo con un alcance descriptivo, debido a que se tomarán 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.

9.2. Diseño de investigación

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

9.3. Variables de estudio

A continuación, se presenta en la tabla VI la descripción de las variables que serán evaluadas en el presente estudio.

Tabla VI. Descripción de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Porcentaje y composición de harina de arroz formulación	Porcentaje en masa de cada elemento presente en un compuesto o en un todo.	Porcentaje en peso de la harina de arroz y glicerol a utilizar en cada formulación (%).	40 % glicerol 60 % harina de arroz
Peso	Esta es una medida en función del tiempo de almacenamiento del pan.	Se calcula por diferencia de la magdalena en el día uno al día 8 de la aplicación de la magdalena con la película y sin la película.	Peso gramo /día Se determina pesando la muestra día a día
Color	Es una medida de apariencia en el producto a lo largo del tiempo.	Se observará el cambio de color en la magdalena a lo largo de los días.	Tono de magdalena Se determinará observando desde el día 1 al día 8
Humedad	El grado de humedad está directamente relacionado con la porosidad de las partículas.	El contenido de humedad se representa por medio de las siguientes variables <ul style="list-style-type: none"> • W es el contenido de humedad (%); • W1 es la masa inicial de muestra (g) y • W2 es la masa de la muestra seca (g). 	% humedad = W Masa inicial gr = W1 Masa muestra seca gr = W2

Continuación tabla VI.

Porcentaje de aceptabilidad	Es el grado de preferencia del producto	Se medirá por el porcentaje de panelistas a los que fue de su agrado las muestras que se evaluaron por medio de una escala hedónica.	Prueba hedónica de 7 puntos. Diferencia significativa utilizando ANOVA para determinar el grado de aceptabilidad.
Apariencia física	Es el aspecto del producto a lo largo de los días de haberse producido.	Se analiza por medio de la observación del comportamiento de la magdalena a lo largo de los días de haber sido horneado.	Apariencia/día
Cantidad de mohos y levaduras	Es una medida de la cantidad del recuento de mohos y levaduras.	Se realiza por medio de un análisis microbiológico.	Recuento de mohos y levaduras totales Se incuba por 5 días a 30 grados Celsius, después del tiempo de incubación se hace el recuento en donde se ve el cálculo de mohos y levaduras

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel,

9.4. Fases del estudio

Las fases del estudio se desglosan en una serie de pasos que incluyen la exploración bibliográfica, elaboración del producto con los análisis respectivos que llevarán a la discusión de resultados finales.

9.4.1. Fase 1: Exploración bibliográfica

Se realizará un análisis sobre los conceptos y generalidades sobre la harina de arroz y su capacidad de protección en alimentos. Se realizará una recopilación de documentos sobre el procesamiento de la harina, tipos de plastificantes y la elaboración de películas de protección. Para la elaboración de la película de recubrimiento se deben realizar ciertos procedimientos enfocados en operaciones unitarias para su uso, desde la elaboración de una magdalena hasta la aplicación de la misma en el producto de panificación, debido a esto se expondrán éstas. Finalmente se realizarán distintas pruebas de aceptación y evaluaciones tanto físicas como microbiológicas de la magdalena con la película de protección y sin esta.

9.4.2. Fase 2: Elaboración de la película de recubrimiento

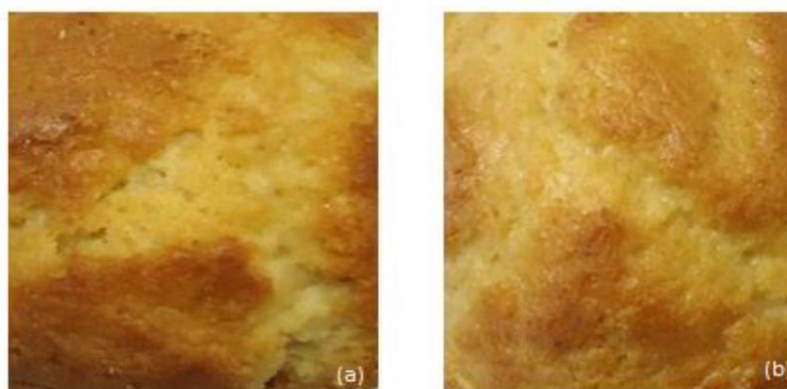
Para la elaboración de las películas protectoras se requiere de materiales básicos los cuales son fibra, celulosa, proteínas, lípidos, almidones y gomas. Todos estos materiales son agentes biopoliméricos lo suficiente capaces de construir una resistencia mecánica adecuada, por otro lado, también se requiere del empleo de plastificantes estos con el fin de mejorar la elasticidad y resistencia.

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

Formulación	Porcentaje %
Harina de arroz	40
Glicerol	60

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel,

Figura 8. **Ejemplo muffin control (a) vs muffin con película protectora de harina de triticales (b)**



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

9.4.3. Fase 3: Elaboración de la magdalena

Para la elaboración de magdalenas no se requiere de ingredientes de alto costo, por lo que su realización es sencilla y requiere los siguientes ingredientes:

Ingrediente por cantidad de acuerdo con Bartolozzo (2015):

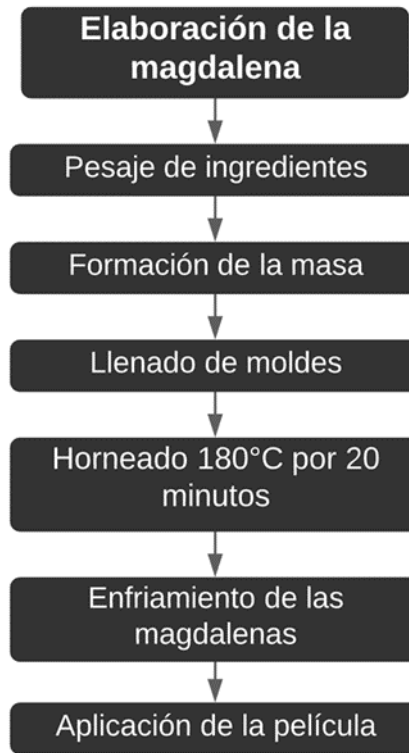
- Harina todo uso 225 g

- 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

El proceso de elaboración de las magdalenas se debe dividir en ciertas etapas para que el resultado sea el adecuado. Las etapas de elaboración son:

- Pesaje de todos los ingredientes por separado.
- Formación de la masa, se deben tamizar en un recipiente los ingredientes secos de primero los cuales son: la harina, el azúcar y el polvo para hornear.
- 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 deben 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 deben dejar enfriar las magdalenas en los moldes a temperatura ambiente.

Figura 9. **Proceso de elaboración de la magdalena**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

9.4.4. Fase 4: análisis de la vida útil

La vida de anaquel de un producto de panificación es posible analizarse por medio de métodos físicos y mediante análisis microbiológicos de mohos y levaduras.

9.4.4.1. Métodos de análisis microbiológico

En este análisis se debe pesar la muestra y posteriormente se agrega el diluyente para realizar una dilución 1:10, se homogeneiza y se realizan las siguientes diluciones con las diferentes muestras.

Cada dilución debe ser sembrada sobre el agar elegido para mohos y levaduras, y se incuba por 5 días a 30 grados, después del tiempo de incubación se hace el recuento en dónde se ve el cálculo de mohos y levaduras.

Este análisis se debe realizar cada 2 días por un tiempo de una semana, o por el tiempo de vida de anaquel del producto.

9.4.4.2. Métodos de análisis físico

Este método se realiza 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 vaya sufriendo a lo largo del tiempo.

Tabla VIII. 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	Característico de la magdalena	Característico de la magdalena	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.

9.4.5. Fase 5: evaluación sensorial

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 influyen en la aceptabilidad del consumidor.

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 es el nivel más bajo de aceptación y 7 es el nivel más alto de aceptación:

Tabla IX. 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.*

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 aroma y sabor
- 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

Tabla X. **Evaluación sensorial por panelista**

Panelista	Formulación							
	Aceptación general	Aroma	Sabor	Defecto físico	Defecto de color	textura	Apariencia	Olor
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Total								
Promedio								

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XI. **Evaluación sensorial con y sin película**

Magdalena	Formulación							
	Aceptación general	Aroma	Sabor	Defecto físico	Defecto de color	textura	Apariencia	Olor
Con película								
Sin película								

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4.6. Fase 6: Presentación y discusión de resultados.

Se mostrará el método y técnicas necesarios para obtener una película de recubrimiento a base de harina de arroz. Se expondrán los resultados de los análisis de vida anaquel, análisis sensoriales y de aceptabilidad del producto final y se llevará a discusión los aspectos mencionados anteriormente.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo del análisis de información respectiva se utilizarán las siguientes herramientas de recolección de datos y se analizarán con las siguientes herramientas de estadística descriptiva:

10.1. Herramientas de recolección de la información

- Tabla de porcentaje de ingredientes en la película de recubrimiento.
- Tabla de resultados de análisis microbiológico de mohos y levaduras.
- Tabla de notas de evaluación física de la magdalena a lo largo de su vida de anaquel.
- Análisis de varianza de las magdalenas con y sin película.
- Formulario de evaluación sensorial para la magdalena sin película por medio de escala hedónica de 7 puntos.
- Formulario de evaluación sensorial para la magdalena con película por medio de escala hedónica de 7 puntos.
- Tablas de resultados del nivel de aceptación de la evaluación sensorial.

10.2. Herramientas de estadística descriptiva

- Análisis de varianza para las medias de evaluación sensorial del resultado de la magdalena con y sin película.
- Gráfica radial para la comparación de los parámetros evaluados en el panel sensorial.
- Gráfica de barras de la comparación de la aparición de mohos a lo largo de los 8 días de vida de anaquel.
- Gráfica de barras de la comparación de la aparición de levaduras a lo largo de los 8 días de vida de anaquel.
- Gráfica de barras de la comparación de la vida de anaquel de la magdalena con y sin película (días).

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta en la tabla XII, un cronograma de la ejecución de la investigación a desarrollar. Este se presenta de acuerdo con las fases definidas en la metodología.

Tabla XII. **Cronograma de la investigación**

Actividades	Año 2022																											
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio							
	Semanas																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Fase 1: exploración bibliográfica.	■	■																										
2. Fase 2: elaboración de la película			■	■																								
3. Fase 3: elaboración de la magdalena y aplicación de la película					■	■	■	■																				
4. Fase 4: análisis físico de la magdalena con y sin película									■	■	■																	
5. Fase 5: evaluación sensorial.													■	■	■	■												
6. Fase 6: presentación y discusión de resultados.																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La elaboración de la película y el análisis físico de vida de anaquel se llevará a cabo en una industria panificadora. Las evaluaciones sensoriales se realizarán en la Universidad de San Carlos de Guatemala con panelistas no entrenados.

Los análisis microbiológicos de mohos y levaduras para la vida de anaquel se realizarán en un laboratorio de análisis de alimentos. A continuación, en la tabla XIII se presenta un detalle de los gastos que se proyectan para la realización del estudio.

Tabla XIII. **Gastos del estudio**

Rubro	Costo	Observación
Materias primas	Q. 300.00	Harina, azúcar, huevos, glicerol, harina de arroz, canela.
Materiales y equipo	Q. 200.00	Moldes, gas, brocha, recipientes y paletas.
Insumos para evaluación sensorial	Q. 100.00	Platos, vasos, servilletas, botellas de agua
Análisis microbiológicos de mohos y levaduras.	Q. 2,000.00	Análisis de magdalenas con y sin película.
TOTAL	Q 2,600.00	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los gastos serán sufragados en su totalidad por el estudiante. Dado que la cantidad es asequible, la realización de estudio es posible.

13. REFERENCIAS

1. Aguirre, A., Borneo, R., y León, 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, El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
3. Andrade, M., Tapia, 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, Guatemala: MAGA. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/download/El%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 (12 de enero, 2021) Glycerol. [Mensaje en un blog]. Recuperado de https://www.sigmaaldrich.com/GT/es/product/sigma/g5516?gclid=CjwKCAjwr56IBhAvEiwA1fuqGgU6QXyiuHsWUPfEM3VaWfqYcvfmlbj5Mm4WboBKoxnGLGwK5AHNiRoCQ5YQAvD_BwE.
11. Merck (12 de enero, 2021) 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. Pinciroli, M. (2011). *Proteínas de arroz: propiedades estructurales y funcionales* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

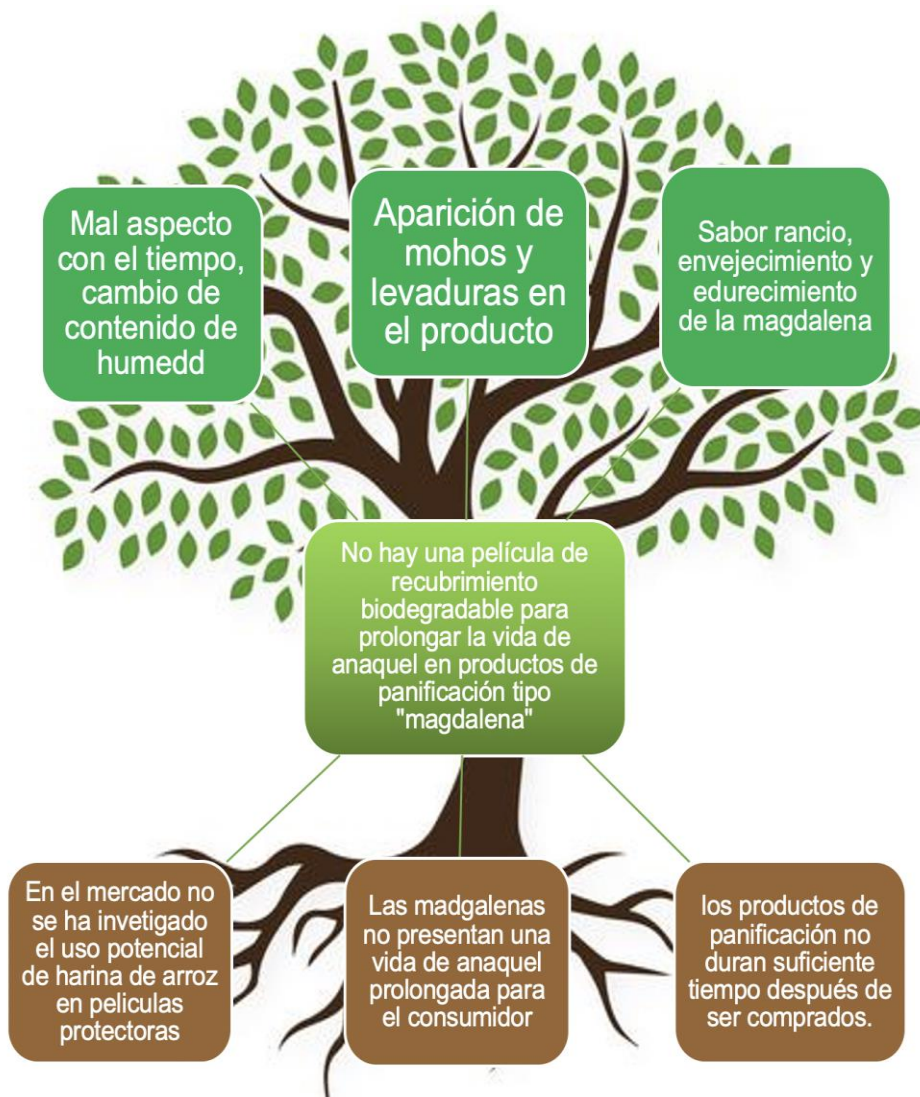
14. Pincirolí, M., Ponzio, N. y Salsamendi, M. (2015). *El arroz*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
15. Rezaei, M. y Motamedzadegan, A. (diciembre, 2015). The Effect of Plasticizers on Mechanical Properties and Water Vapor Permeability of Gelatin-Based Edible Films Containing Clay Nanoparticles. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 5(04), 1-178.
16. Rodríguez, M., Bello, L., Yee, H. y González, 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, L., Alamilla, L., y Jiménez, C. (agosto, 2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21(2), 1-10.
18. Suarez, V. (13 de 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, P., García, L., Ramos, A., Gallegos, J., Bello, L. y Salgado, 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.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	PLAN DE ACCIÓN
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? 2. ¿Cuál es el resultado de las características sensoriales al comparar las magdalenas con y sin película?	Objetivos específicos 1. Determinar la cantidad adecuada para obtener una película con harina de arroz que sea estable y adherible. 2. Demostrar el resultado de aceptabilidad basado en las características sensoriales de las magdalenas con y sin película.	-Porcentaje en peso de la harina de arroz en la formulación. -Características físicas: -Volumen -Peso -Color -Humedad	-Formulación inicial en peso de la harina. -Medición de características físicas en el laboratorio	-Investigar los ingredientes y establecer la formulación adecuada de la película que sea estable y adherible por medio de pruebas preliminares (6 días) -Elaboración de la película de harina de arroz (1 día) -Elaboración de las magdalenas (1 día) -Evaluación de las características físicas de las magdalenas (1 día)
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.	Características físicas: -Color y apariencia Características microbiológicas -mohos -Levaduras	-Mediciones de laboratorio de mohos y levaduras -Evaluación comparativa del color y apariencia.	-Seleccionar y convocar a los panelistas (3 días). -Realizar la documentación y logística adecuada para la evaluación sensorial (2 día) - Realizar la degustación de las magdalenas con la película y sin película con los panelistas (2 días) - Análisis y tabulación de resultados de aceptación con y sin película por parte de los panelistas por medio análisis estadístico (4 días) -Colizar y establecer el laboratorio en el cual se realizará el análisis (4 días). -Realizar el análisis de laboratorio de mohos y levaduras con y sin la película protectora (15 días) - Análisis comparativo de color y apariencia por día con y sin la película protectora (15 días)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.