

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS,
MICROBIOLÓGICAS, ANTIOXIDANTES Y SENSORIALES DE
LAMINILLAS DE HIGO (*Ficus carica* L.).**

POR

ALI MONTSERRAT DÍAZ GÁLVEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS,
MICROBIOLÓGICAS, ANTIOXIDANTES Y SENSORIALES DE
LAMINILLAS DE HIGO (*Ficus carica* L.).**

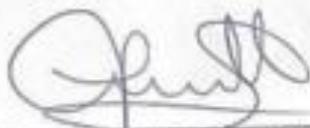
POR:

Ali Montserrat Díaz Gálvez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:



Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Director



Dr. José Juan Buenrostro Figueroa
Codirector

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS,
MICROBIOLÓGICAS, ANTIOXIDANTES Y SENSORIALES DE
LAMINILLAS DE HIGO (*Ficus carica* L.).**

POR:

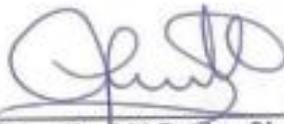
Ali Montserrat Díaz Gálvez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



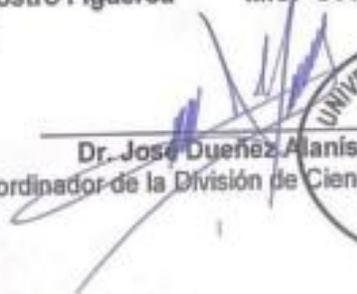
Dra. Xochitl Ruélas Chacón
Asesor principal



Dr. José Juan Buenrostro Figueroa
Coasesor



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Coasesor



Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS,
ANTIOXIDANTES Y SENSORIALES DE LAMINILLAS DE HIGO (*Ficus carica*
L.).

POR:

Ali Montserrat Díaz Gálvez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO EXAMINADOR



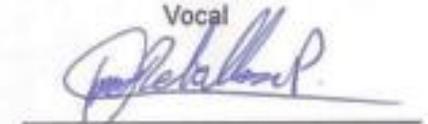
Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Residente


Q.F.B. María del Carmen Julia García
Vocal

Dr. José Juan Buenrostro Figueroa

Vocal


M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal

Declaración de no plagio

Saltillo, Coahuila, Noviembre del 2022

Declaro que:

El trabajo de investigación fue realizado por mi Ali Montserrat Diaz Gálvez y no se llevaron a cabo acciones que puedan interpretarse como plagio o robo de información de alguna tesis o trabajo de investigación, respetando así las citaciones de los autores originales para reproducir material en este documento ante cualquier contexto: textos, imágenes, cuadros, gráficas, etc.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias que conlleva el plagio, declarando que este documento es de mi autoría.

ATENTAMENTE



Ali Montserrat Diaz Gálvez

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme llegar con salud hasta esta etapa de mi vida y lograr en el transcurso muchas metas y propósitos.

A **mi Alma Terra Mater** que me recibió con tanto cariño y me permitió aprender y culminar mi carrera con éxito, gratas experiencias y grandes amistades.

A **mis amigos Danery, Luz, Carmen, Karina, Liz, Shala, Toñita, Toni, Lucero, Jorge, Abi, Miguel, Ezri, Andrea, Carmen, Dani** por hacer mi vida universitaria divertida, por el apoyo que siempre me brindaron, por su cariño y consejos. Los quiero mucho.

A **mis amigos Aranza, Marian, Jimena, Brandon, Giovanni, Emir, Carlos, Osvaldo, Lorena, Sami, Pineda, Ale, Portillo, Mara, Alito, Aza, Deni, Angel, José Luis, Pisca, Irving y Naian** por su apoyo, amistad, cariño, por todos esos buenos momentos que pasé con ustedes desde que los conocí hasta ahora.

A mi **Mamá Gaby** que siempre estuvo al pendiente de mí y mi hermano, que nos dio la mano en todo momento y nos hizo sentir en casa.

A **la Dra. Xochitl Ruelas Chacón** que siempre estuvo dispuesta a apoyarme a lo largo de mi carrera tanto en el ámbito académico como personal fungiendo como maestra y tutora. Por todo el tiempo, paciencia, atención en el transcurso de estos 9 semestres.

Al **Dr. José Juan Buenrostro Figueroa** a la **Q.F.B. María del Carmen Julia García**, al **MC. Oscar Noé Reboloso Padilla**, al **Dr. José Antonio Hernández Herrera** por su dedicación y tiempo para culminar satisfactoriamente a este proyecto.

DEDICATORIA

A **mis padres** que hicieron todo lo posible por sacarme adelante, apoyándome y al mismo tiempo darme consejos para ser una persona de bien, por su amor, paciencia y regaños, por impulsarme a seguir y conseguir lo que quiero. LOS AMO.

A **mi abuela Ana** por siempre apoyarme en todo momento, por consentirme y darme ese cariño que no se compara con nada, por procurar que no me faltara nada en todos los aspectos.

A **mis tíos Héctor, Mode y Rosario** que me dieron consejos sobre la vida universitaria, apoyo emocional cuando lo necesitaba, regaños y ánimos para siempre lograr mis metas.

A **mis hermanos Fátima e Israel** por nunca dejarme sola ante cualquier situación, por siempre darnos la mano como hermanos. Los amo.

A mi **abuelo Liborio** que, aunque ya no estás con nosotros, me hubiese gustado que me vieras lograr esta meta, te amo tanto abuelo, gracias por enseñarme muchas cosas de la vida, fuiste un pilar importante para mi formación en muchos aspectos, fungiste papel como mi padre.

A mi **Familia** que me han dado consejos a lo largo de la vida, que me cuidan, apapachan y se preocupan por mí, por todos y cada uno de los momentos que paso con ustedes.

CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 HIPÓTESIS	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPÍTULO II	5
2 REVISIÓN LITERARIA	5
2.1 Tendencias por alimentos a base de frutas.	5
2.1.1 Propiedades nutricionales y funcionales de los productos a base de frutas.	7
2.1.2 La fruta como fuente de aditivos alimentarios.	8
2.2 Higo 10	
2.2.1 Descripción botánica.....	10
2.2.2 Clasificación taxonómica.....	11
2.2.3 Miel de Agave.....	11
2.2.4 Comercialización de la miel de agave a nivel nacional	11
2.2.5 Ventajas de consumir miel de agave.....	12
2.2.6 Características químicas de la miel de agave	12
2.2.7 Funcionamiento de la fructosa en el organismo humano	14
2.3 Análisis sensorial	14
2.3.1 Requerimientos para la realización de análisis sensorial.....	14
2.3.2 Condiciones del ensayo sensorial.....	15
CAPÍTULO III	17
METODOLOGÍA.....	17
3. Materiales y métodos	17
4. Análisis estadístico de variables en estudio de los tratamientos.....	17
4.1 Materia prima	17
4.1.1 Materiales utilizados:	17
4.1.2 Equipos utilizados.....	18
4.1.3 Reactivos utilizados	19

4.1.4	Elaboración y formulación de las laminillas de higo	19
4.1.5	Preparación de la materia prima.....	20
4.1.6	Molido de la chía	20
4.1.7	Elaboración de las laminillas de higo	21
4.2	Evaluación de parámetros físicos y químicos de las laminillas de higo	22
4.2.1	Color	22
4.2.2	Grosor.....	22
4.2.3	Actividad acuosa.....	22
4.2.4	Humedad	22
4.2.5	Cenizas.....	22
4.2.6	Proteína cruda.....	23
4.2.7	Grasa total	23
4.2.8	Fibra cruda.....	23
4.2.9	Acidez titulable (AT)	24
4.2.10	Vitamina C	24
4.3	Análisis de componentes bioactivos y capacidad antioxidante	24
4.3.1	Determinación de polifenoles hidrolizables por método Folin-Ciocalteu	24
4.3.2	Determinación de flavonoides o taninos condensados por la técnica HCl- butanol	25
4.3.4	Contenido de antocianinas	25
4.3.5	Determinación de actividad antioxidante	25
4.5	Análisis microbiológico.....	27
CAPITULO IV		28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		28
5.1	Evaluación de parámetros físicos	28
5.1.1	Colorimetría	28
5.1.2	Grosor (mm)	29
5.1.3	Aw (Actividad acuosa)	30
5.1.3	Evaluación de parámetros químicos	31
5.3	Evaluación de parámetros microbiológicos	34
5.4	Evaluación de parámetros del análisis sensorial.....	36
CAPÍTULO V		42

CONCLUSIONES.....	42
CAPÍTULO VI.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	44

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Información nutrimental de la miel de agave.	13
Cuadro 2. Cantidad de microorganismos permitidos en la miel de agave de acuerdo a las NMX.	13
Cuadro 3. Equipos utilizados.....	19
Cuadro 4. Formulación de los diferentes tratamientos.	20
Cuadro 5. Caracterización fisicoquímica de las laminillas de higo.	31
Cuadro 6. NOM-130-SSA1-1995, bienes y servicios para alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico.	36

Índice de Figuras

Figura 1. Higo lavado y desinfectado con la madurez requerida.....	20
Figura 2. Chía previamente pesada lista para someterse a la molienda.....	21
Figura 3. Panelista realizando evaluación de muestras.....	26
Figura 4. Gráfica de los resultados de colorimetría en base a los parámetros L*a*b, obtenidos en las laminillas de higo.....	29
Figura 5. Gráfica de los resultados del grosor de las laminillas de higo.....	30
Figura 6 . Gráfica del análisis de aw en laminillas de higo.....	30
Figura 7. Desarrollo de bacterias aeróbicas psicrófilas en los tratamientos natural y con mantequilla a una dilución de 10-5.....	34
Figura 8. Gráfica del desarrollo de bacterias aeróbicas mesofílicas totales en los tratamientos con mantequilla y natural a la dilución de 10-5..	35
Figura 9. Atributo de apariencia global.....	36
Figura 10. Atributo de color.....	37
Figura 11. Atributo de olor.....	38
Figura 12. Atributo de textura.....	38
Figura 13. Atributo de sabor.....	39
Figura 14. Atributo de aceptación global.....	40
Figura 15. Atributo de aceptación global.....	40

RESUMEN

Los alimentos deshidratados han tenido gran demanda con el paso de los años, debido a su larga vida de anaquel, su contenido de nutrientes y poca adición de ingredientes sintéticos para su conservación, ya que la clave está en el tiempo y temperatura de secado. El presente trabajo tuvo como finalidad la elaboración de un snack saludable a partir de higo como ingrediente principal, el cual, en conjunto con miel de agave natural (edulcorante) y chía, se le dio forma de laminilla, sin conservadores y alto contenido de nutrientes propios del higo. Se evaluaron dos formulaciones de laminilla de higo con chía molida y miel de agave al natural, con la adición o no de mantequilla en spray. Cada tratamiento se sometió a un análisis físico, que consistió en la determinación de parámetros de colorimetría (L , a^* y b^*), grosor y actividad de agua (A_w); análisis bromatológico para determinar el % de materia seca total, humedad, cenizas, proteína cruda, fibra cruda, grasa, y carbohidratos; análisis de componentes funcionales como flavonoides, polifenoles y capacidad antioxidante; y análisis microbiológico para analizar presencia de microorganismos psicrófilos y mesófilos aerobios. Adicionalmente, se realizó una evaluación sensorial, mediante una prueba hedónica y otra de aceptación (30 panelistas).

En los análisis físicos la laminilla natural mostró menos disminución de tonalidad en cuanto a la prueba de colorimetría obteniendo como resultado $L=36$, $a^*=12.12$, $b^*=18.15$. En cuanto al grosor, la adicionada con mantequilla presentó menor grosor (0.64mm) que la natural (0.66mm). Los valores de A_w fueron 0.40, 0.43 y 0.50 para el dulce, la laminilla natural y la laminilla con mantequilla, respectivamente. La adición con mantequilla a la laminilla le permitió incrementar los valores de materia seca total, cenizas, grasa total y fibra cruda, comparando con el control. Sin embargo, el contenido de proteína no presentó cambios significativos ($p>0.05$) entre tratamientos. En el análisis funcional, el tratamiento natural presentó los valores más altos en cuanto al contenido de dichos componentes funcionales como polifenoles (229.46 mg/100g), flavonoides (29.26 g/mL), vitamina C (0.65 mg/100g), antocianinas (24.43 mg/100g), lo cual cumple con las expectativas esperadas acerca del producto. Respecto al

análisis microbiológico, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, pero los valores obtenidos están fuera de lo establecido por la normatividad mexicana. De acuerdo a la prueba de nivel de agrado (prueba hedónica), los mejores valores de textura, sabor y aceptación global se obtienen en la laminilla con mantequilla. En cuanto a la prueba sensorial de aceptación de los 4 tratamientos evaluados [(laminilla de higo natural (LN), laminilla de higo natural con chile tipo tajín® (LNCH), laminilla de higo con mantequilla (LM) y laminilla de higo con mantequilla y chile tipo tajín® (LMCH), el tratamiento LNCH obtuvo la mejor aceptación global (4.41).

Ambas formulaciones de bocadillo mostraron buenos resultados en base a los análisis realizados, cumplen con las expectativas de un producto tipo snack saludable, ya que tiene un gran contenido de nutrientes, compuestos bioactivos, sin la adición de conservadores químicos (a excepción de la prueba sensorial que se realizó a las laminillas adicionadas con tajín, el cual si contiene conservadores).

Palabras claves: alimento deshidratado, laminillas de frutas, snack de frutas, componentes bioactivos, alimento funcional.

Correos electrónicos:

Tesista: Ali Montserrat Díaz Gálvez ali.montse1416@gmail.com

Asesora principal: Dra. Xochitl Ruelas Chacón xruelas@uaaan.edu.mx,
xruelas@yahoo.com

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se han dado cambios en el estilo de vida asociados a un aumento en el consumo de comida rápida y snacks poco saludables, y con ello, un aumento en la incidencia de trastornos metabólicos. Debido a esto, hay un interés creciente por los alimentos funcionales que aportan un beneficio adicional a la salud (Mesías, Martín & Hernández, 2021; Cyklis, 2022). A pesar de esto, la manera como se ofrecen los alimentos funcionales para que sean aceptados por los consumidores es un factor importante a considerar (González-Herrera et al., 2018). Los consumidores generalmente perciben los alimentos a base de frutas deshidratadas como productos saludables con atributos sensoriales aceptables. Además, se ha reportado que son buenos portadores de nutraceuticos como fitoquímicos, probióticos y prebióticos (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018).

El higo es un fruto succulento apreciado en casi todo el mundo por su valor nutricional, su consumo es en fresco, deshidratado y procesado mínimamente. Además, es rica fuente de benzaldehídos, contiene enzimas y flavonoides que ayudan en el proceso digestivo, cantidades significativas de hierro, potasio, betacaroteno y fibra. El higo, como fruta fresca, tiene una alta capacidad nutritiva y nutraceutica con alto contenido de antioxidantes (1800 mg de fenoles y 400 mg de antocianinas por cada 100g comestibles) (Wallace, 1999).

Por sus pequeñas semillas y cáscara, el higo es fuente importante de fibra, la cual no sólo tiene efectos benéficos en el sistema digestivo sino también en la regulación de la glucosa en la sangre, el mantenimiento del peso y de una flora bacteriana saludable, que protege de desarrollar obesidad y sus enfermedades asociadas, como la diabetes. También es fuente de algunas vitaminas del complejo B, vitamina A y K, que participan en múltiples funciones vitales. Respecto a los minerales, contiene manganeso y calcio, ambos necesarios para la salud ósea, y potasio, que ayuda a regular la presión

sanguínea, en especial cuando las personas suelen consumir pocas verduras y frutas, y mucha comida ultraprocesada alta en sodio (Aguilar, 2021).

En México, la planta de higo es utilizada como componente florístico en los huertos familiares en todas las regiones ecológicas de México. Sin embargo, el fruto es la principal estructura que se emplea en la alimentación para consumo en fresco o deshidratado, así como procesado en mermeladas, almíbar, cristalización, licor, pasteles o en barras rellenas. Para la comercialización se prefiere la deshidratación o cristalización del fruto, ya que el transporte del fruto en fresco es riesgoso por ser una fruta perecedera (INTAGRI S.C., 2020).

El higo deshidratado concentra todas estas y otras sustancias, generando un efecto antioxidante importante (Martínez, 2019). Para procesar el higo y generar otros productos a base del mismo, se combina con otros ingredientes para diseñar productos comercialmente demandables y aceptados por los consumidores que buscan alternativas nutritivas.

El jarabe de agave azul (*Agave tequilana Weber var. azul*) es la sustancia dulce natural producida por hidrólisis de los fructanos (polímeros de fructosa) almacenados en la planta de maguey como carbohidrato de reserva. Este endulzante se ha popularizado por su capacidad prebiótica e índice glucémico bajo respecto a otros jarabes y mieles naturales (López et al., 2003; Mancilla-Margalli y López, 2006). Según la Norma Mexicana (NMX-FF-110-SCFI-2008) el jarabe de agave azul “es la sustancia dulce natural producida por hidrólisis de sus fructanos y no debe contener aditivos alimentarios, almidones, melazas, glucosa, dextrinas, fructosa u otros azúcares de otro origen”.

El desarrollo de nuevas alternativas nutritivas permite otorgar un valor agregado a los frutos que no tienen la calidad comercial para venta al consumidor. Lo anterior es de importancia y representa una oportunidad para ofrecer laminillas de higo para consumo, de manera que desarrollar un proceso de elaboración del producto a base de higo y analizar sus características de calidad es la razón que impulsa realizar la presente investigación.

1.2 HIPÓTESIS

Es posible elaborar un snack saludable en forma de laminillas de higo con propiedades nutritivas, bioactivas y sensoriales agradables para el consumidor.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Estudiar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, bioactivas y sensoriales de dos tratamientos de laminillas de higo para introducirlas como un snack o colación saludable en el mercado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Formular y elaborar las laminillas a base de higo.
- Determinar la composición fisicoquímica, bioactiva y microbiológica de las laminillas de higo.
- Realizar pruebas de evaluación sensorial del producto elaborado.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En México existe una gran problemática en cuanto al exceso de azúcares que contienen la mayoría de los snacks y que dichos snacks no son lo bastante saludables. El índice de personas diabéticas en el país es muy alto de acuerdo a los datos reportados por el INEGI (2020), reportándose que 151,019 personas fallecieron a causa de la diabetes mellitus, lo que equivale al 14% total de defunciones (1'086, 743) ocurridas en el país, debido a esto la tasa de mortalidad por diabetes para 2020 es de 11.95 personas por cada 10 mil habitantes, "la cifra más alta en los últimos 10 años". De igual manera, la obesidad es un foco rojo y alarmante en México, de acuerdo a Kánter (2021) en el 2019 más de 260 mil muertes fueron a causa de la obesidad y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2019) estima que, como consecuencia del sobrepeso y las enfermedades relacionadas, durante los siguientes 30 años la vida promedio de las y los mexicanos se reducirá 4.2 años. En

un periodo de tiempo muy corto, estas enfermedades crónicas no transmisibles tuvieron un aumento sin precedentes en México, ubicándose en las primeras causas de mortalidad. Las enfermedades cardiovasculares fueron la primera causa de mortalidad entre las y los mexicanos, en tanto que la diabetes se ubicó como la segunda causa de defunción tanto general, como en mujeres, pero la primera entre las y los adultos mayor de 65 años según las estimaciones de OCDE (2019). Por ello, es necesario la innovación de alimentos para prevenir enfermedades y consigo no causar algún daño a la salud del consumidor.

En el presente proyecto se utilizó la miel de agave como sustituto del azúcar para la elaboración de un snack saludable a base de higo (*Ficus carica L.*). Utilizar la miel de agave como edulcorante tiene una gran cantidad de beneficios debido a que proporciona: vitaminas A, B, B₂, C, hierro, fósforo, proteínas y niacina. Estos componentes permiten limpiar, drenar y desintoxicar a las venas y arterias, mejora la metabolización de toxinas en el cuerpo al reducir los niveles de colesterol y triglicéridos, ayuda a mejorar la capacidad de eliminación de grasas y toxinas, previene enfermedades de colon.

Por todos los beneficios que aporta el snack, hace que este sea beneficioso para los consumidores, por el nulo contenido de ingredientes artificiales. Cada una de las características que describen el producto, lo hace ser innovador y con valor agregado de alto interés para el público. Este snack podría ser una alternativa de consumo para las personas diabéticas, ya que solo estará endulzado con la miel de agave cuyo consumo se recomienda para este sector de la población y además conservará los azúcares propios y naturales del higo. Cualquier persona podrá consumir el producto por el contenido de sus propiedades nutricionales y sin algún perjuicio.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN LITERARIA

2.1 Tendencias por alimentos a base de frutas.

Los hábitos alimentarios han ido cambiando progresivamente durante la última década, siendo los alimentos funcionales cada vez más demandados por los consumidores. Debido a estilos de vida más ocupados, las personas comen más a menudo "sobre la marcha" (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Mesías, Martín & Hernández, 2021). La industria alimentaria viene atendiendo la demanda cada vez mayor de productos específicos con diferentes ingredientes, formatos, colores, sabores, olores, texturas y mezclas, en la búsqueda de responder a las expectativas de los consumidores. Sin embargo, las tendencias de alimentos más saludables van en paralelo con este aumento, como la búsqueda de dietas equilibradas, donde las frutas y los productos a base de frutas están en la parte superior de la lista de opciones. Los consumidores de todo el mundo son cada vez más conscientes de los beneficios para la salud de los productos a base de frutas y, por ello, el consumo de frutas y productos a base de frutas va en aumento (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018).

Los productos que contienen frutas, como pastas para untar, confitería, productos lácteos, postres helados, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, han entrado y permanecen en el mercado. La demanda de productos frutícolas está determinada por una variedad de fuerzas del mercado. Una combinación de factores como el bienestar, la indulgencia, la conveniencia, el origen étnico, el valor y las fuerzas demográficas que actúan de manera interdependiente o independiente influyen en los patrones de consumo y la demanda de productos de frutas (González-Herrera, et al., 2018; Mesías, Martín & Hernández, 2021).

La demanda de los consumidores de productos bajos en azúcar, frutas exóticas y súper frutas ofrece oportunidades para la expansión de productos a base de frutas. El consumo de azúcar está bajo presión, aunque sigue siendo el ingrediente clave en las elecciones de muchos consumidores. Debido a esto, las empresas están buscando e introduciendo sustitutos/alternativas del azúcar y, al mismo tiempo, utilizan estrategias

para reducir los niveles de azúcar, muchas de las cuales dan como resultado el desarrollo de nuevos productos a base de frutas (Osborn & Marley, 2016).

La industria de jugos es un ejemplo de lo anterior, ya que los procesadores de jugo de frutas comenzaron a desarrollar nuevos productos en los que se utiliza la fruta como ingrediente. Las bebidas a base de frutas llevan a los consumidores a percibir el producto como alternativas más saludables a los jugos convencionales (Cyklis, 2022). Los productos en base a fruta líquida es una tendencia cada vez más importante que están atrayendo la atención y el interés de los consumidores (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Cyklis, 2022).

Los productos con mayor crecimiento en el sector de las frutas son los purés de frutas, utilizados para la producción de jugos y frutas congeladas, ya que muestran una demanda creciente en los últimos años, esto atribuido a la percepción de salud, seguridad y comodidad por parte de los consumidores (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Cyklis, 2022). Los lanzamientos de productos más nuevos incluyen desde frutas secas/deshidratadas hasta productos en muesli (mezcla de nuez, avena, frutas y semillas), mezclas con nueces comestibles y bocadillos aislados como saludables. Algunos productos nuevos están dirigidos a grupos específicos (por ejemplo, productos diseñados para niños o mujeres, productos para diferentes mercados étnicos, etc.), mientras que otros ingresan al mercado en las líneas de productos gourmet y de alto nivel (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018).

La innovación de snacks a base de frutas son un desafío para el mercado, ya que los consumidores buscan frecuentemente nuevos productos para snacks. Productos como frutas (durazno, cerezas, kiwi, fresas) bañadas en chocolate y/o yogur, mermeladas de frutas, y el aceite de coco como sustituto de mantequilla en sándwiches han comenzado a ser una opción de refrigerio para los niños en las escuelas, así como los rollos de frutas de arroz similares al sushi, son ejemplos de los desarrollos más recientes en snacks a base de frutas (González-Herrera, et al., 2018; Oliviera, Amaro & Pintado, 2018).

Además del desarrollo de diferentes productos comerciales a base de frutas, las tendencias en el comportamiento de los consumidores también han ido cambiando con el creciente interés en comidas y momentos caseros. Los consumidores están aumentando el tiempo dedicado a las comidas caseras utilizando frutas y mezclas de frutas, agregando ingredientes tradicionales y/o nuevos, cambiando así las matrices de las comidas y, por lo tanto, el valor nutricional y funcional de estas comidas (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Mesías, Martín & Hernández, 2021).

2.1.1 Propiedades nutricionales y funcionales de los productos a base de frutas.

Actualmente se acepta una definición conceptual mundial de alimentos funcionales, definiéndolos como “alimentos que se han demostrado satisfactoriamente que afectan beneficiosamente una o más funciones del cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados, de una manera que es relevante para mejorar el estado de salud y bienestar y/o reducción del riesgo de enfermedad” (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018). Existe una creciente demanda de productos alimenticios con capacidades nutraceuticas e incluso de promoción de la salud y prevención de enfermedades. En este sentido, los productos a base de frutas se incluyen implícitamente en este concepto, siendo alimentos de alta calidad biológica y presentando capacidades promotoras de la salud debido a la presencia de varias moléculas bioactivas naturales.

La incorporación de frutas (procesadas o no) en diversos productos aumenta su valor nutricional y funcional, una vez que se reconoce que los tejidos de las frutas son fuentes importantes de compuestos bioactivos (Mesías, Martín & Hernández, 2021).

Debido a la figura fresca y saludable de las frutas para los consumidores, en varios países se han desarrollado productos funcionales a base de frutas como, por ejemplo, jugos o bebidas funcionales. Las frutas que se usan con más frecuencia incluyen arándano, granada, manzana, grosella negra, yaca, guaraná, mango, uvas, cerezas, kiwis, fresas, melocotón, ciruelas, y granada. Estas frutas contienen varios nutrientes y componentes bioactivos que promueven la salud, como polifenoles, vitamina A,

vitamina C, minerales y fibra dietética (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Mesías, Martín & Hernández, 2021).

2.1.2 La fruta como fuente de aditivos alimentarios.

Numerosos aditivos alimentarios, entre ellos colorantes, edulcorantes, conservantes, aditivos nutricionales, emulsionantes, acidificantes, aromatizantes, etc., se desarrollaron tanto para evitar que los alimentos se descompongan como para mejorar el sabor de estos en un sentido amplio. Los consumidores de todo el mundo, conscientes de los efectos perjudiciales de los aditivos alimentarios, seleccionan cada vez más alimentos que contienen ingredientes naturales o que se derivan completamente de fuentes naturales (Mesías, Martín & Hernández, 2021).

Los aditivos naturales obtenidos a partir de frutas frescas o de los pasos/productos de procesamiento de frutas pueden llevar a cabo diferentes funciones cuando se incorporan a diferentes productos alimenticios y conferir valor agregado cuando se incorporan en el desarrollo/innovación de productos alimenticios. Se puede utilizar una gran cantidad de frutas diferentes como fuentes y aditivos de frutas naturales vitaminas, carotenoides, antocianinas, compuestos fenólicos y aceites esenciales (Mesías, Martín & Hernández, 2021).

De entre los efectos positivos relevantes son las actividades antimicrobiana y antioxidante; aromatizantes y colorantes; y valor añadido nutricional de las frutas o sus derivados. Los aditivos de frutas se utilizan actualmente en diversas industrias alimentarias como la panadería y confitería, carne y productos lácteos. Sin embargo, algunos de estos compuestos de frutas o grupos de compuestos que se utilizan como aditivos pueden interactuar con proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, lo que podría no resultar ser beneficioso o no ejercer las funciones deseadas en los alimentos (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Mesías, Martín & Hernández, 2021).

Consumir más fruta ha sido un símbolo de la tendencia de un estilo de vida saludable. La fruta reestructurada, como laminillas de la misma, puede ser un sustituto de valor agregado económico y conveniente para las frutas naturales como fuente de una variedad de elementos nutritivos, especialmente vitamina C; además, también puede

ser una salida útil para frutas de baja calidad y subproductos de procesamiento de las mismas. Por otra parte, la laminilla de frutas, al igual que la mayoría de frutas reestructuradas, tiene menos calorías que otros alimentos. Las laminillas de frutas se obtienen mediante el secado de puré de frutas o una mezcla de concentrado de jugo de frutas y otros ingredientes sobre una superficie plana en un horno, desecador o bajo la luz solar directa. Casi cualquier tipo de fruta es adecuada para hacer laminillas de frutas, incluyendo manzanas, albaricoques, bayas, uvas, yacas, kiwis, naranjas, papayas, melocotones, peras, tomates y varias otras frutas (Huang & Hsieh, 2005; Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Mesías, Martín & Hernández, 2021).

La laminilla de frutas es fácil de comer, cómoda de empacar y es un refrigerio ideal en casi cualquier lugar. Incluso lo comen los astronautas durante la exploración espacial y el personal armado en acción. Si bien las laminillas de frutas son populares en América del Norte, sorprende que la mayor parte de la investigación sobre el desarrollo de productos y la optimización de la formulación se haya realizado en otros lugares, especialmente en países asiáticos. Se ha reportado la elaboración de laminillas a partir de papaya, kiwi, durian y yaca, evaluando el proceso de deshidratación y estabilidad en almacenamiento, así como pruebas de aceptación del consumidor (González-Herrera, et al., 2018; Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Kubra Akman et al., 2019). En Estados Unidos, en las décadas de 1970 y 1980, el Departamento de Agricultura de EE.UU. y los servicios de extensión de algunas universidades produjeron varias recetas de laminillas de frutas para la producción casera (González-Herrera, et al., 2018). Sin embargo, se ha informado muy poco sobre sus atributos de textura, que son críticos para la aceptación del consumidor.

Las laminillas de la fruta, a menudo también llamado hoja de fruta, barra de fruta o rollo de fruta, se produce por deshidratación del puré de fruta (Phimpharian et al., 2011; González-Herrera, et al., 2018). Por lo general, la porción comestible de la fruta se hace puré, se mezcla con otros ingredientes para mejorar las características fisicoquímicas y sensoriales, posteriormente se calienta y se aplanan para dar la forma,

y luego se seca en una bandeja plana hasta que se logra la lámina cohesiva de la fruta.

Se han incorporado jarabe de glucosa y pectina en diversas laminillas de frutas para mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales (González-Herrera et al., 2018). González-Herrera et al. (2018) y Kubra Akman et al. (2019) informaron que la adición de jarabe de glucosa y pectina aumentó el color, la dureza, la cohesión y la transición vítrea, pero disminuyó el contenido de humedad, la higroscopicidad y la velocidad de secado de las laminillas obtenidas. Todas las laminillas de frutas en los estudios mencionados anteriormente se prepararon manualmente o se formaron en una bandeja plana. Las laminillas de frutas pueden considerarse un refrigerio seco más saludable en comparación con otros dulces. Aunque las laminillas de frutas son populares en América del Norte, la mayor parte de la investigación sobre el desarrollo de productos y la optimización de la formulación se llevó a cabo en otros lugares (Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Kubra Akman et al., 2019). El proceso manual para producir las laminillas de frutas requiere mucho tiempo, produce productos con una calidad inconsistente y exige mayor mano de obra (González-Herrera et al., 2018; Oliviera, Amaro & Pintado, 2018; Kubra Akman et al., 2019).

2.2 Higo

La higuera común (*Ficus carica* L.) es un árbol frutal que fue domesticado en la antigüedad, en Asia occidental (Condit, 1969); posteriormente, se distribuyó por todo el Mediterráneo, y fueron considerados como los manjares en la época de la Grecia clásica.

2.2.1 Descripción botánica

Ficus carica L. es un arbusto que oscila en un rango de 6 a 8 m de altura. Presenta una copa muy amplia en relación con su altura, pues sus ramas son muy largas y casi horizontales. Las hojas son muy grandes, ásperas al tacto, con el limbo palmeado, en ocasiones es entero, pero la mayoría de las veces se entrecorta en lóbulos más o menos profundos (Rawsui, 1992). El fruto característico de la higuera llamado sicono, es una infrutescencia formada por muchos frutillos que se encuentran en un

receptáculo carnosos. La parte comestible del higo no es un tejido ovárico, sino un fruto accesorio (Kerzdorn y Adriance, 1984).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae
Filo: Magnoliophyta
Clase: Urticales
Familia: Moraceae
Género: Ficus
Especie: *Ficus carica* L.

2.2.3 Miel de Agave

Hernández (2008) señala que los aztecas empleaban la mayor parte del aguamiel que producían para fabricar el néctar del Maguey (miel de agave) ya que también era utilizado como remedio energético y curativo, pero en la época de la colonización, la miel de agave se sustituyó por el azúcar de caña y se redujo a la producción de pulque. La miel de agave puede utilizarse en apoyo al tratamiento de diversas enfermedades que incluyen el cáncer de colon, sobrepeso, obesidad, diabetes y osteoporosis. Por su alta solubilidad y compatibilidad con diversos alimentos, se emplea en la producción de snacks entre otros productos alimenticios (Espinosa et al., 2021).

2.2.4 Comercialización de la miel de agave a nivel nacional

La producción de miel también minimiza los problemas de sobreproducción y bajo precio del agave, ya que es posible obtener diversos productos como lo es la miel de agave, la cual es muy parecida a la miel de abeja y se utiliza como endulzante natural SADER (2020).

SIAP reporta que en el año 2019 se reportaron 120,897.45 ha sembradas de agave. Sosa (2006) reportó que hace aproximadamente una década se encareció la materia prima, pero el mercado se ha reactivado desde 2004 y ahora se descubre que existe una gran oportunidad para colocar el producto a nivel internacional.

2.2.5 Ventajas de consumir miel de agave

De acuerdo a Hernández (2008) el consumo de miel de agave aporta los siguientes beneficios:

- Es 25% más dulce que el azúcar de mesa.
- Resalta los sabores naturales de los alimentos.
- No se cristaliza aún en bajas temperaturas.
- Soluble en cualquier alimento o bebida.
- Producto natural y sin ningún agente químico o extraño.
- Evita el crecimiento de microorganismos por su alto índice osmótico.
- Mantiene una frescura y humedad por más tiempo dadas a sus características higroscópicas.
- Puede almacenarse hasta por dos años a temperaturas de 5 a 35°C.
- Aumenta la absorción del calcio y del magnesio, siendo un auxiliar en la prevención de osteoporosis.
- Facilita la motilidad intestinal, y se recomienda a las personas con estreñimiento.

2.2.6 Características químicas de la miel de agave

El néctar de maguey posee un alto contenido de fructosa, con un índice glicémico de 33, rico en fructoligosacáridos, (FOS, Fibra Dietética Soluble) que mejoran el sistema digestivo y la capacidad de eliminación de grasas y toxinas que dañan al cuerpo humano (Hernández, 2008). Es un estimulante del crecimiento de la flora intestinal (prebiótico), lo cual ayuda a personas con gastritis, además contiene vitamina A, B, B₂, C, hierro, niacina, fósforo y proteínas, tiene la función de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas (*E. coli*, *Listeria*, *Shigella*, *Salmonella*). Disminuye los niveles de colesterol y triglicéridos, mejorando la metabolización de toxinas en el cuerpo. La niacina permite limpiar, drenar y desintoxicar el sistema circulatorio. En el cuadro 1 se muestra la cantidad y tipo de componentes que contiene la miel de agave en una porción de 100 g.

Cuadro 1. Información nutrimental de la miel de Agave.

Componentes	Ración de 100 g.
Humedad	24-26%
Energía	45 Kcal.
Carbohidratos totales	99.9 g
Fructosa	71.8 -72.5 g
*Inulina	0.67 g
Potasio	9.05 mg.
Calcio	8.33 mg.
Magnesio	6.52 mg.
Proteína	0.50 mg.
Grasas	0.00 mg
Sólidos solubles totales	60-70 °Brix
pH	4.0- 4.5
*Densidad	1.38 g/mL

Fuente: Empresa Pointer, 2000. * Empresa Madyava, 2008.

En el cuadro 2 se muestran las cantidades de microorganismos que son permisibles en la miel de agave, empleada como referencia para el análisis microbiológico de las laminillas formuladas.

Cuadro 2. Cantidad de microorganismos permitidos en la Miel de Agave de acuerdo a las NMX.

Parámetro	Límites permisibles	Métodos de prueba
Cuenta bacteriana total	Máximo 100 UFC/g	NOM-092-SSA1-1994
Hongos	< 10 UFC/g	NOM-111-SSA1-1994
Levaduras	< 10 UFC/g	NOM-111-SSA1-1994
Coliformes	<3	NOM-210-SSA1-2014
<i>Salmonella</i> Spp.	Negativo en 25g	NOM-210-SSA1-2014
<i>E.coli</i>	<3	NOM-210-SSA1-2014

Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SAGARPA-2016, Relativa a las características de sanidad, calidad agroalimentaria, autenticidad, etiquetado y evaluación de la conformidad del jarabe de agave.

2.2.7 Funcionamiento de la fructosa en el organismo humano

La fructosa se digiere en el hígado para producir principalmente glucosa (-50%) y pequeñas partículas de glucógeno (>17%), lactato (-25%) y una pequeña cantidad de ácidos grasos. La glucosa viaja a través del torrente sanguíneo a todos los órganos y músculos, donde se transforma en energía. El lactato y los ácidos grasos también son fuente de energía para el cuerpo. La fructosa proporciona la misma energía calórica por gramo que cualquier otro azúcar o carbohidrato digestible, es decir, 4 kcal/g (Mirtschink et al., 2018).

2.3 Análisis sensorial

El análisis sensorial comprende una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones hacia las características de los alimentos y materiales. Al consumir un alimento se estimulan diferentes sentidos.

- Estímulos visuales: color, forma y brillo del alimento
- Estímulos táctiles percibidos con la superficie de los dedos y el epitelio bucal: características rugosas, suaves, ásperas, líquidos, geles, jugosos, fibroso, grumoso, harinoso, grasosos, etc.
- Estímulos olorosos percibidos por el epitelio olfativo: aromático, fetídico, ácido.
- Estímulos auditivos: crujientes, burbujeantes.
- Estímulos gustativos percibidos por las papilas gustativas: dulce, salado, agrio, ácido.

2.3.1 Requerimientos para la realización de análisis sensorial

Existen cuatro tipos de evaluadores y dependiendo del producto que se vaya a analizar y el fin con el que se haga dicho análisis, será el tipo de evaluador que se utilizará.

Evaluador Experto: es aquel que posee una gran experiencia en probar un tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para determinar diferencias entre muestras, distinguir y evaluar las características del alimento (Ackerman, 1990).

Evaluador entrenado: Es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura particular. Esta persona ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial y sabe exactamente lo que se desea medir en una prueba de evaluación sensorial (Anzaldúa-Morales, 1994). Para la realización de un ensayo, no conviene que sean menos de siete evaluadores o más de 15 (Larmond, 1977).

Evaluador semientrenado: Son evaluadores entrenados pero que solamente van a diferenciar entre muestras y no a medir propiedades o usar escalas (Larmond, 1977; Anzaldúa-Morales, 1994).

Consumidor: Son personas tomadas al azar. Deben emplearse solamente para pruebas afectivas y nunca para discriminativas o descriptivas (Anzaldúa-Morales, 1994).

Para formar un panel de evaluadores para análisis sensorial, los candidatos han de someterse a un proceso de formación que generalmente consta de cuatro etapas: preselección, selección, entrenamiento y comprobación (Ruiz Pérez-Cacho, 2000).

Todos estos pasos y el posterior ensayo se llevarán a cabo bajo la dirección de un líder de panel, que entrenará, guiará y monitoreará a los panelistas, con la responsabilidad ulterior del desarrollo del ensayo propiamente dicho (IRAM 20004:1996 (ISO 3972:1991); IRAM 20005-1:1996 (ISO 8586-1:1993); IRAM 20005-2:1996 (ISO 8586- 2:1994); IRAM 20006:1996 (ISO 5496:1992); IRAM 20014:1998 (ISO 4121:1987)).

2.3.2 Condiciones del ensayo sensorial

Para que los resultados de la prueba sensorial sean válidos es necesario tener en cuenta ciertos detalles a la hora de comenzar una evaluación.

- **El panel o sala de evaluación:** El local donde se realiza el análisis debe contribuir a crear una atmósfera de trabajo idónea para la evaluación sensorial (da Silva Boavida, 2000).

Las cabinas deben ser individuales, libre de olores y ruido molestos, con color de pared gris neutro, la iluminación general que sea uniforme y difusa. Además, el lugar debe ser cómodo, agradable. Se aconseja también, que haya una sala de preparación de muestras y casi lo más importante, buena disposición de los evaluadores, con compromiso por las tareas (IRAM 20003:1995 (ISO 8589:2006)).

- **Las muestras:** deben estar adecuadamente presentadas, codificadas con números (no menos de tres dígitos) al azar. Las mismas tienen que presentar la temperatura de evaluación adecuada y todas las muestras deben ser dispuestas al evaluador uniformemente entre sí.

- **No se deben evaluar muchas muestras por sesión,** para evitar la fatiga y cansancio en el evaluador.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3. Materiales y métodos

La fase de desarrollo, elaboración, análisis físico, funcional, microbiológico, y sensorial de las laminillas de higo se llevó a cabo en el laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, mientras que el análisis bromatológico del producto se realizó en el laboratorio de Ciencias Básicas, ambos laboratorios ubicados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila.

4. Análisis estadístico de variables en estudio de los tratamientos

Para el análisis de los datos obtenidos en la presente investigación, se realizó el análisis estadístico donde se analizaron las variables físicas como el color (L^* , a^* y b^*), grosor (mm) y actividad de agua (A_w). También se analizaron las variables químicas como la humedad, cenizas, proteína cruda, grasa total, fibra cruda, carbohidratos, acidez titulable, y vitamina C. Además, también se analizaron variables microbiológicas donde se determinaron bacterias aerobias mesofílicas totales y bacterias psicrófilas aeróbicas. De igual forma se realizó el análisis de componentes funcionales (polifenoles, flavonoides, capacidad antioxidante, antocianinas) y el análisis sensorial para determinar el nivel de agrado y aceptación de los consumidores. El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar, los resultados de las variables físicas, químicas y microbiológicas se analizaron con el paquete estadístico InfoStat aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y en caso de haber una diferencia significativa se realizó una prueba de Fisher para la comparación de medias a una $P > 0.05$; y para las variables sensoriales se aplicó una prueba Kruskal-Wallis.

4.1 Materia prima

El higo (*Ficus Carica*) fue adquirido en el año 2020, en el mes de julio, en un campo de cultivo en el Municipio de Tlaltizapán, Morelos.

4.1.1 Materiales utilizados:

- Papel secante
- Papel encerado

- Recipientes de plástico
- Mantequilla
- Cuchillo
- Tabla de plástico
- Tapetes de silicón
- Matraces bola
- Probetas de 10 y 15 mL.
- Crisoles de porcelana
- Tijeras
- Bolsas ziploc
- Pinzas para crisol y matraces
- Espátula de acero inoxidable
- Bureta
- Dedales de asbesto
- Perlas de vidrio
- Papel filtro
- Pizetas
- Vasos de precipitados de 250 y 10 ml
- Tubos de ensaye
- Matraz Kjeldhal
- Guantes de látex
- Espátulas de silicón
- Frascos de plástico
- Puntillas
- Agitadores
- Termómetro
- Vasos desechables con agua
- Vasos desechables para desecho
- Vasos con tapa para colocar las muestras
- Popotes de plástico
- Servilletas
- Marcador para colocar los códigos en cada vaso de muestra

4.1.2 Equipos utilizados

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron diversos equipos.

Cuadro 3. Equipos utilizados

Equipo	Marca	Modelo
Equipo de digestión y destilación Kjeldhal	Labconco	
Extractor Soxhlet	Labconco	
Balanza digital	Explorer OHAUS	Scout Pro SP 601
Refractómetro	Milwaukee	MA871
Deshidratador	Weston	Model #74-1001-w
Balanza semianalítica	LEEX	USS-DBS15-3
Centrifuga	DLAB	DM0412S
Parrilla de calentamiento y agitación	Lab Companion	HP-3100
Medidor de actividad acuosa (Aw)	AMTAST	WA-60 ^a

4.1.3 Reactivos utilizados

Los reactivos utilizados se mencionan en cada una de las metodologías utilizadas.

4.1.4 Elaboración y formulación de las laminillas de higo

En esta etapa se realizaron dos formulaciones de laminillas de higo, tal como se muestra en el (cuadro 4.), la diferencia entre formulaciones fue la adición o no de mantequilla al molde. Cabe mencionar que la mantequilla solo se utilizó para lubricar el tapete de silicón y de esta manera la laminilla no se pegara, pero debido a esto sus características y apariencia se percibían diferentes.

Cuadro 4. Formulación de los diferentes tratamientos.

Ingredientes	Tratamiento 1 (sin mantequilla), %	Tratamiento 2 (con mantequilla), %
Higo	77.82	77.82
Chía	1.95	1.95
Miel de agave	4.67	4.67
Agua	15.56	15.56

4.1.5 Preparación de la materia prima

Una vez ya teniendo la materia prima se procedió a analizarla y prepararla, para esto se realizaron actividades de lavado, observación del color y madurez del fruto, así como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Higo lavado y desinfectado con la madurez requerida.

Aquí se procedió a realizar el troceado de cada uno de los higos de modo que quedaran en partes pequeñas.

4.1.6 Molido de la chía

Se molieron 1.95 g de chía por separado para cada una de las composiciones a realizar. Como se muestra en la figura 2, la chía sometida a molienda esta previamente pesada y posteriormente de la molienda se mezcla con los demás ingredientes.



Figura 2. Chía previamente pesada lista para someterse a la molienda.

4.1.7 Elaboración de las laminillas de higo

1. Para la elaboración de cada una de las laminillas de higo, se pesaron las cantidades necesarias y/o adecuadas de cada uno de los ingredientes. Los frutos se lavaron y desinfectaron (Hipoclorito de sodio al 0.05%), se retiró el pedúnculo y ostiolo, y los frutos se trocearon. Posteriormente, se mezcló la chía con el higo y se sometieron a una molienda, adicionando la miel de agave hasta obtener una mezcla homogénea. Esta mezcla se colocó en los moldes, y estos a su vez se colocaron en un deshidratador a 60-62°C durante 2 h. Pasado este tiempo, los diferentes tratamientos se sometieron a diversos análisis.
2. Se lavaron y desinfectaron los higos con una solución de hipoclorito de sodio (5 mL/L) para después retirar el pedúnculo y ostiolo para enseguida trocearlos en partes más pequeñas.
3. Se molió la miel de agave con los ingredientes anteriores hasta obtener una mezcla homogénea, extendiéndola en cada uno de los moldes.
4. Posteriormente se pasaron al deshidratador a 60-62°C durante 2 h.
5. Pasado ese tiempo, los diferentes tratamientos se sometieron a diversos análisis.

4.2 Evaluación de parámetros físicos y químicos de las laminillas de higo

4.2.1 Color

Se tomaron seis muestras de cada tratamiento, y se registró el color mediante un colorímetro Beley FRU WR-10QC, realizando tres repeticiones por muestra.

4.2.2 Grosor

Para la realización de este análisis se tomaron tres tiras cada tratamiento, y con ayuda de un vernier se determinó el grosor en tres diferentes zonas de cada laminilla.

4.2.3 Actividad acuosa

El análisis de la actividad del agua (A_w) nos indica la cantidad de agua disponible para el crecimiento y desarrollo de microorganismos en el producto, se realizó de acuerdo al procedimiento del manual del equipo analizador de actividad del agua (WA-60^a), el cual consiste en colocar una porción del producto a evaluar en cada uno de los recipientes los cuales vienen incluidos con el aparato y enseguida se coloca este encima de los recipientes (uno a uno) para poder hacer el muestreo, las lecturas se realizaron por triplicado para cada laminilla o tratamiento .

4.2.4 Humedad

El contenido en agua de las muestras se obtuvo mediante el método gravimétrico (AOAC, 1980), para ello se colocó un peso conocido (1g) de muestra en una estufa a 90 ± 1 °C por 24 h.

Cálculos:

$$\%MST = \frac{(\text{peso de crisol} + \text{muestra seca}) - \text{peso de crisol}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

$$\%Humedad = 100 - \%MST$$

4.2.5 Cenizas

La determinación de cenizas se efectuó por calcinación a 500°C (AOAC, 1980) empleando un horno mufla por 24 h, hasta la obtención cenizas blancas.

Cálculos:

$$\%Ceniza = \frac{(\text{peso de crisol} + \text{ceniza}) - \text{Peso de crisol}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

4.2.6 Proteína cruda

El análisis del contenido de proteínas se realizó según el método de Kjeldhal (AOAC, 1980), que consta de 3 etapas: digestión, destilación y valoración. El método consiste en el análisis del contenido en nitrógeno total y la aproximación al contenido de proteínas multiplicando por un factor de conversión.

Cálculos:

$$\%N = \frac{(\text{ml gastados de ac. sulfúrico} - \text{mL blanco})(N \text{ del ac.})(0.014)(100)}{\text{gramos de muestra}}$$

Donde:

Normalidad del ácido sulfurico:0.10785

Equivalente del nitrógeno: 0.014

$$\%Proteina Cruda = \%N * 6.25$$

4.2.7 Grasa total

La determinación del contenido en grasa se realizó mediante una extracción directa con hexano en un extractor tipo Soxhlet según el protocolo de la A.O.A.C., (1980).

Cálculos:

$$\%GT = \frac{(\text{peso de matraz} + \text{grasa}) - \text{peso de matraz vacio}}{\text{g de muestra}} * 100$$

4.2.8 Fibra cruda

La determinación del contenido en fibra cruda se realizó según el método A.O.A.C., (1975). La muestra desengrasada, se digirió durante 30 min con soluciones sucesivas de ácido sulfúrico al 0.255 N e hidróxido de sodio al 0.313 N. El residuo obtenido se separó por filtración empleando un embudo y tela de lino para filtrar, se lavó con agua destilada, se secó en estufa a 90°C, se pesó y se calcinó en un horno mufla a 600°C

durante 2 h. La pérdida de peso debida a la calcinación corresponde a la fibra cruda de la muestra.

Cálculos:

$$\%FC = \frac{(\text{peso de crisol estuda} - \text{peso de crisol mufla})}{g \text{ de muestra desengrasada}} * 100$$

4.2.9 Acidez titulable (AT)

La determinación del porcentaje de acidez titulable se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al., (2012) y Fuentes-Lara (2020). Esta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulante, el titulado y el colorante. Cuando un ácido base y una base reaccionan, se produce una reacción; reacción que puede ser observada con un colorante como la fenolftaleína que cambia de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácido-base.

4.2.10 Vitamina C

La determinación de contenido de vitamina C se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al. (2012) y Fuentes-Lara (2020). Este método cuantitativo se basa en el poder reductor del ácido ascórbico (Vit C) sobre los reactivos utilizados. Se trata de utilizar una disolución a una concentración y volumen conocida de un compuesto que se reduce, mientras el ácido ascórbico se oxida. Al añadir el colorante a la muestra, este es reducido mientras la Vit C es oxidada. Durante este proceso el colorante se vuelve incoloro. De esta forma mientras haya Vit C en la muestra, no se verá el color del indicador. Una vez que se haya oxidado toda la Vit C presente en la muestra, el colorante dejará de verse incoloro y comenzará a tornarse de un color rosado.

4.3 Análisis de componentes bioactivos y capacidad antioxidante

4.3.1 Determinación de polifenoles hidrolizables por método Folin-Ciocalteu

La determinación del contenido en polifenoles por método Folin-Ciocalteu se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al. (2012) y Fuentes-Lara (2020). El método se basa en la presencia de los ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico en el

reactivo, los cuales se reducen al oxidar a los fenoles debido a la transferencia de electrones a pH básico, dando lugar a la formación de compuestos cromógenos como óxido de molibdeno y de tungsteno de coloración azul-verde. La concentración producida es proporcional a la concentración de polifenoles presentes en la muestra. Los resultados fueron expresados en mg/100g y para la elaboración de la curva de calibración se utilizó solución estándar de ácido gálico a una concentración de 500ppm.

4.3.2 Determinación de flavonoides o taninos condensados por la técnica HCl-butanol

La determinación del contenido en flavonoides o taninos condensados por la técnica HCL- butanol se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al., (2012) y Fuentes-Lara (2020). Dicha técnica permite analizar el contenido de proantocianidinas en equivalentes de catequina un polifenol del tipo flavan 3-ol. Esta reacción es catalizada por un ácido que depolimeriza los taninos condensados produciendo antocianidinas rojas. Las unidades en las que se expresaron los resultados fueron g/ml, la curva de calibración se realizó con catequina a 500ppm.

4.3.4 Contenido de antocianinas

La determinación de contenido de antocianinas se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al. (2012) y Fuentes-Lara (2020). La palabra antocianina deriva del griego anthos (flor) y kyanos (azul oscuro). Las antocianinas son las responsables de los colores rojos, azulados o violetas de la mayoría de las frutas y flores. Es el pigmento más importante, después de la clorofila, que es visible al ojo humano. Las antocianinas son derivados del catión 2-fenilbenzopirilio y debido a la poca solubilidad de éstas en agua, no se encuentran de manera libre en la naturaleza, sino en su forma glucosilada (Walford, 1980). Los resultados se expresaron en mg/100g. Como solución extractora se utilizó metanol al 85%, peróxido de hidrógeno 30% y ácido clorhídrico 3N (HCL 3N).

4.3.5 Determinación de actividad antioxidante

La determinación del contenido en la capacidad antioxidante por método DPPH se realizó según la metodología descrita por Medina-Morales et al. (2012) y Fuentes-Lara

(2020). El radical 2,2-difenil-1-picril-hidracil (DPPH) posee coloración morada, cuando encuentra un H⁺ con el cual completar su estructura, pierde la coloración. El cambio de coloración es lo que permite cuantificar el poder de antioxidante de la sustancia colocada como muestra. Se utilizó Trolox como solución estándar y los resultados se expresaron en μ MET/g, que corresponden a la media de las tres repeticiones realizadas a cada tratamiento.

4.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó con la participación de panelistas consumidores a los cuales se les presentaron tres muestras (dulce comercial “cachetada”, laminilla con mantequilla LM y laminilla natural LN) para la evaluación de nivel de satisfacción (hedónica), y enseguida cuatro muestras [natural(LN), natural con chile tipo Tajín (LNCH), con mantequilla (LM) y mantequilla con chile tipo Tajín (LMCH)], esto se realizó con la finalidad de evaluar la aceptación de muestras sin chile o con chile. Los atributos que se evaluaron fueron: color, olor, sabor, textura, apariencia global y aceptación global para las primeras tres muestras y para las cuatro siguientes solo se evaluó el atributo de aceptación global.

Cada panelista evaluó en los cubículos del laboratorio de Evaluación sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, donde se les proporcionó el material para realizar la evaluación de las muestras (Fig. 3).



Figura 3. Panelista realizando evaluación de muestras.

4.5 Análisis microbiológico

El análisis se realizó de acuerdo a las técnicas descritas por Duan et al., (2005), en la cual se evaluó la carga microbiológica de bacterias mesofílicas totales y bacterias psicrófilas. A continuación, se describe el procedimiento:

1. Para cada tratamiento se prepararon medios de agar papa dextrosa (PDA) y de agar cuenta total, 750mL de cada uno en matraces Erlenmeyer de 1 L. Para taparlos se les colocó un trozo de algodón en la boquilla con un pedazo de aluminio. Por cada tratamiento se realizó triplicado por dilución, finalizando con 30 cajas de agar cuenta total y 30 de PDA.
2. Se homogeneizaron 10 g de cada muestra en 90 mL de agua peptonada (dilución 10^{-1}). Se realizaron diluciones decimales consecutivas hasta la concentración de 10^{-5} .
3. Teniendo todo el material listo y previamente limpio (puntillas, agua destilada, agares, peptona, tubos de ensayo con tapa y vasos de precipitados) se colocó en la autoclave para esterilizarlo.
4. Una vez esterilizado el material, enseguida se procedió a vaciar los agares en cada una de las cajas Petri, esperando su solidificación.
5. Para bacterias mesofílicas aeróbicas totales se sembró en agar cuenta estándar, incubando a 37 °C durante 48 h, los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).
6. Para bacterias psicrófilas aeróbicas se sembró en agar papa dextrosa (PDA), incubando a 7°C durante 72 h, los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se evaluó Colorimetría, Grosor, Actividad acuosa (Aw), Materia seca total, Humedad, Cenizas, Proteína, Grasa, Fibra, Polifenoles, Flavonoides, Actividad antioxidante, Acidez titulable, Vit C, Antocianinas y se llevó a cabo un análisis sensorial en el cual se evaluó: Apariencia global, Color, Olor, Textura, Sabor y Aceptación global.

5.1 . Evaluación de parámetros físicos

5.1.1 Colorimetría

El color es de suma importancia y valor en los alimentos a la hora de consumirlos, ya que a través del sentido de la vista podemos dar una idea al consumidor de que tan agradable puede ser el producto para él. Las pruebas de colorimetría proporcionan datos numéricos de las características de los parámetros de color de la escala CIELab tales como L, a*, b* (McGuire, 1992), donde L representa la luminosidad, a* representa el croma y b* representa la saturación. Mediante estos parámetros se puede establecer la descripción del color que poseen las laminillas de higo.

En los resultados obtenidos para el valor de L, se observó que LN obtuvo los valores más altos de luminosidad (L) en comparación a LM, con diferencia significativa entre ellos (Fig. 4). Ambas laminillas presentaron un tono morado y rojizo, indicándonos que su tonalidad no se distorsionó con la aplicación de calor a la hora del deshidratado. En cuanto a los valores de *a (+a indica lo rojo y -a indica lo verde), hubo una diferencia significativa entre LN Y LM, al igual que con el parámetro *b (+b indica amarillo y -b azul). Silva et al., (2019) elaboraron laminillas de mango y dentro de los parámetros que determinaron en las laminillas mencionan los valores promedio de L, a* y b*, siendo esos valores L=61.19, *a= -6.35 y *b=47.68. Al comparar los resultados obtenidos existen diferencias de esos valores con los de la presente investigación, esto debido a que las laminillas son de diferente fruta (mango vs higo). Los valores dados para las laminillas de higo están dentro de las tonalidades morado oscuro y un poco rojizas (Fig.4).

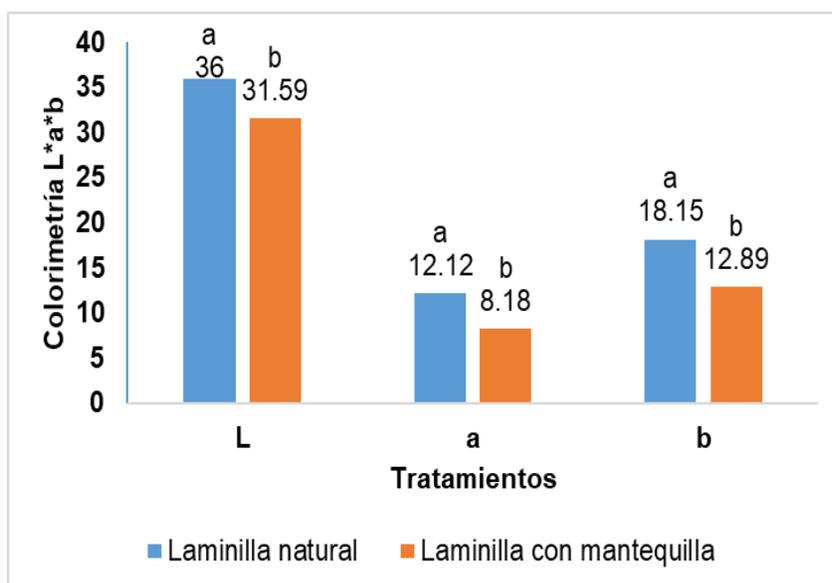


Figura 4. Gráfica de los resultados de colorimetría en base a los parámetros L*a*b, obtenidos en las laminillas de higo, donde a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Fisher ($P > 0.05$).

5.1.2 Grosor (mm)

Los grosores obtenidos en los dos tratamientos analizados de laminillas fueron distintos (Fig. 5), por lo que se obtuvo una diferencia significativa entre ellos, teniendo un valor mayor la laminilla natural, atribuido a que, a diferencia de la que contiene mantequilla, no había mucha facilidad de esparcimiento a la hora de colocar cada una de las porciones en los moldes por lo que quedaron un poco más gruesas.

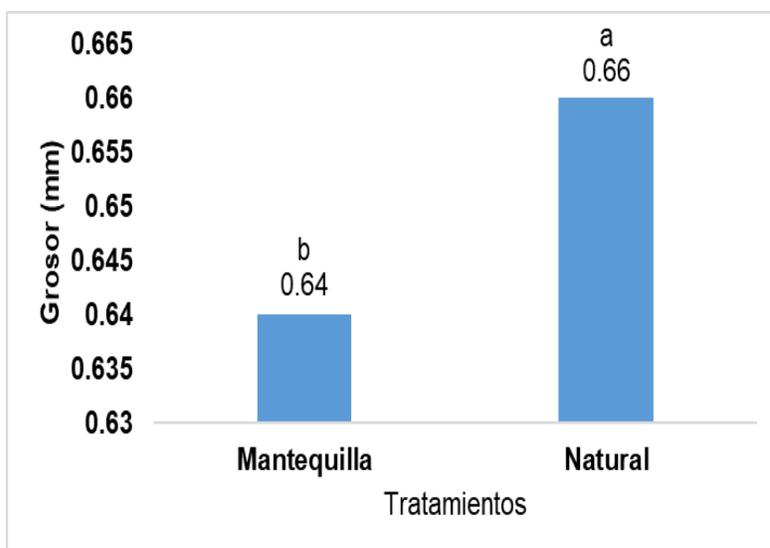


Figura 5. Gráfica de los resultados del grosor de las laminillas de higo, donde a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Fisher ($P > 0.05$).

5.1.3 Aw (Actividad acuosa)

Para que un alimento se conserve por más tiempo, es recomendable tener valores de actividad de agua bajos, ya que de esta manera hay poca agua disponible para el crecimiento y desarrollo de microorganismos. En los tratamientos evaluados (Fig. 6), se encontraron diferencia entre ellos, con valores de 0.4, 0.5 y 0.43 para el control (dulce), LM y LN, respectivamente. Estos valores son menores que los reportados por Meyer et al. (2016) para laminillas de kiwi y fresa (0.64 y 0.55)

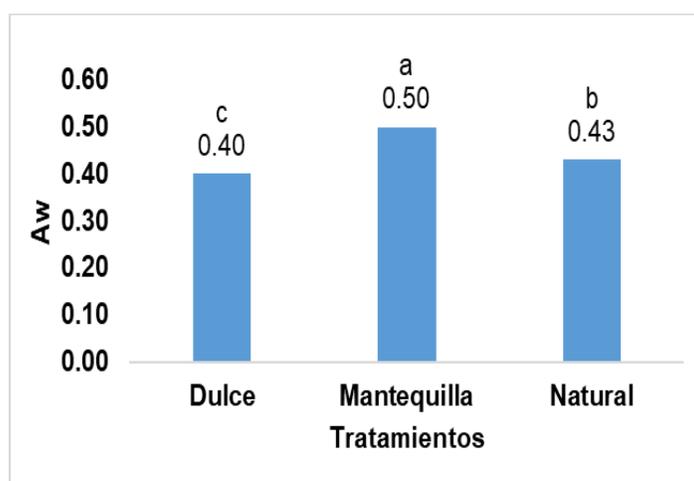


Figura 6 . Gráfica del análisis de Aw en laminillas de higo, donde a, b y c indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Fisher ($P > 0.05$).

5.1.3 Evaluación de parámetros químicos

En el cuadro 5 se presentan los parámetros químicos obtenidos en cada una de las formulaciones.

Cuadro 5. Caracterización fisicoquímica de las laminillas de higo.

Parámetro	LN	LM
Materia seca total (%)	80.57 _b	81.48 _a
Humedad (%)	19.43 _a	18.52 _b
Cenizas (%)	3.47 _a	3.62 _b
Proteína (%)	0.71 _a	0.71 _a
Grasa (%)	1.88 _a	3 _b
Fibra (%)	0.06 _a	0.07 _b
Polifenoles (mg/100 g)	229.46 _b	127.69 _a
Flavonoides (g/mL)	29.26 _b	21.3 _a
Actividad antioxidante (μMET/g)	3062.13 _a	3139.36 _b
Acidez titulable (g/100 mL)	0.08 _a	0.11 _b
Vitamina C (mg/100 g)	0.65 _a	0.6 _a
Antocianinas (mg/100 g)	24.43 _b	14.1 _a

*Las letras a y b que se muestran al lado de cada uno de los valores indican la diferencia significativa que hay entre los dos tratamientos analizados (Fisher $p \leq 0.05$).

Uno de los principales parámetros de calidad en el higo seco es el contenido en agua, esto de acuerdo con el Reglamento CEE nº 1.709/84 de la Comisión Europea, donde se establece la clasificación y normas de calidad de los higos secos. El contenido de humedad de los higos secos no deberá ser superior al 24 %, ya que de lo contrario se pueden producir alteraciones tanto sensoriales como microbiológicas, pudiendo dar lugar a la aparición de mohos y su posible producción de micotoxinas. Villalobos Rivera et al. (2015) mencionan que el higo deshidratado no debe de tener más de un 24% de humedad, los tratamientos de laminillas de higo poseen porcentajes de humedad dentro del rango establecido como máximo y sin diferencia significativa (Cuadro 5).

Según Chavarría-Martínez et al. (2016) el contenido de cenizas que analizaron en una pasta de higo natural fue de 1.03%, las laminillas de higo de esta investigación poseen mayor cantidad de cenizas en comparación con este dato, a esta diferencia se le atribuyen los ingredientes utilizados como la chía y la miel de agave. Estos ingredientes también nos aportan contenido de cenizas. Comparando los resultados de los dos tratamientos que analizamos, hubo una diferencia significativa, siendo el tratamiento con mantequilla quien tiene un valor más alto que el natural (Cuadro 5).

En cuanto al contenido de proteína, no se observó diferencia entre ambos tratamientos con valores de 0.71% como se muestra en el cuadro 5. Blessing, Offia-Olua y Ekwimife (2015) reportaron un contenido de proteína de 0.01 a 0.71% en laminillas a base de una mezcla de plátano, manzana y piña.

Respecto al contenido de grasa (Cuadro 5), el valor es mayor en el tratamiento con mantequilla, comparado con el natural, por lo que existe una diferencia significativa entre tratamientos y esto se debe a la mantequilla agregada. La laminilla a base de plátano, piña y manzana desarrollada por Blessing, Offia-Olua y Ekwimife (2015) presentó un contenido de grasa dentro de un rango de 0.01 a 2.18%. Comparando el porcentaje de grasa de la laminilla de plátano con manzana y piña con la laminilla de higo natural, el porcentaje es similar, mientras que el porcentaje de la laminilla con mantequilla está muy por fuera del rango que reportan Blessing et al. (2015).

Según Revilla Fernández (2017), el higo deshidratado contiene un 8.3% de fibra cruda, valor muy por encima de los obtenidos en LN y LM (0.06 y 0.07 %, respectivamente) mostrados en el cuadro 5. Sin embargo, se observó diferencia significativa entre LN y LM, con un contenido ligeramente mayor de fibra cruda presente en la laminilla con mantequilla.

Yilmaz et al. (2015), establecen que las laminillas de granada contienen 4.312 a 819.547 mg/100g de polifenoles. La laminilla natural resultó tener mayor cantidad que la que contiene mantequilla (Cuadro 5), por tal razón existe una diferencia significativa entre los dos tratamientos. De acuerdo con Yilmaz et al. (2015), las laminillas de higo

cuentan con un contenido considerable de polifenoles en comparación con las laminillas de granada.

Sharma et al. (2016), señalan que las laminillas de piña contienen de 11.11 a 71.43 mg/100g de flavonoides. En el cuadro 5 se observa que el tratamiento natural tiene un valor mayor al tratamiento que contiene mantequilla por lo que hay una diferencia significativa entre las muestras. Comparando los datos de Sharma et al. (2016), se establece que las laminillas de higo tienen un contenido moderado de flavonoides.

Para la determinación de acidez titulable en las laminillas de higo, los resultados obtenidos fueron 0.11g/100mL (mantequilla) y 0.08 g/100mL (natural), observándose una diferencia significativa entre los dos tratamientos (Cuadro 5).

En el análisis de vitamina C realizado a las laminillas de higo, se obtuvieron los datos que se muestran en el cuadro 5, de los cuales la muestra de laminilla natural tiene un valor mayor a la muestra con mantequilla, de tal manera que hay una diferencia significativa entre dichos tratamientos. Estos valores están por debajo de los obtenidos de higos frescos, descritos por Tomalá y Ulloa (2015), quienes establecen que el contenido de Vit C (ácido ascórbico) es de 2.00 mg por cada 100g de parte comestible cruda. En torno a esto se concluye que las laminillas de higo tienen bajo contenido en vitamina C con respecto a lo citado.

Los autores Yilmaz et al. (2015), realizaron un análisis de contenido de antocianinas en laminillas de granada y los resultados obtenidos son 1.245 a 61.971 mg/100g. Las laminillas de higo presentaron 14.1mg/100g (mantequilla) y 24.43mg/100g (natural) de antocianinas, existiendo diferencia significativa entre las muestras (Cuadro 5). Al comparar los datos de las laminillas de granada con las de higo, se establece que las de higo tienen una cantidad considerable de antocianinas.

En el análisis de capacidad antioxidante a laminillas de fresa realizado por Meyer et al. (2016), se reportaron valores de 2,900 a 3,700 μ MET/g, mientras que, en los datos obtenidos en las laminillas de higo, la muestra con mantequilla resultó con un valor mayor que la muestra natural (Cuadro 5). Hubo diferencia significativa entre las dos muestras de laminillas de higo. Al hacer un comparativo de las laminillas de fresa y las

laminillas de higo, la capacidad antioxidante que contienen las laminillas de higo es aceptable.

5.3 Evaluación de parámetros microbiológicos

Los productos deshidratados con un contenido bajo en azúcares y A_w (actividad acuosa) tienden a no descomponerse fácilmente por el desarrollo y/o presencia de algún microorganismo. Lo que conlleva a que el producto tenga una larga vida de anaquel y poca o nula presencia de microorganismos lo cual está normado y permisible.

5.3.1 Bacterias aeróbicas psicrófilos

En la figura 7 se muestra el crecimiento de las bacterias aeróbicas psicrófilas durante 3 días, en el tratamiento con mantequilla y natural podemos observar que en la dilución a la 10^{-5} se presentó una diferencia significativa en las UFC/g. De acuerdo a lo mencionado y con base en los resultados, si hubo gran desarrollo de microorganismos, a pesar de que la temperatura a la que se manejó la incubación que fue de 7°C por 72 h. Se cree que para el tratamiento con mantequilla el causante de que hubiera menos desarrollo de microorganismos fue el hecho de ser un medio graso.

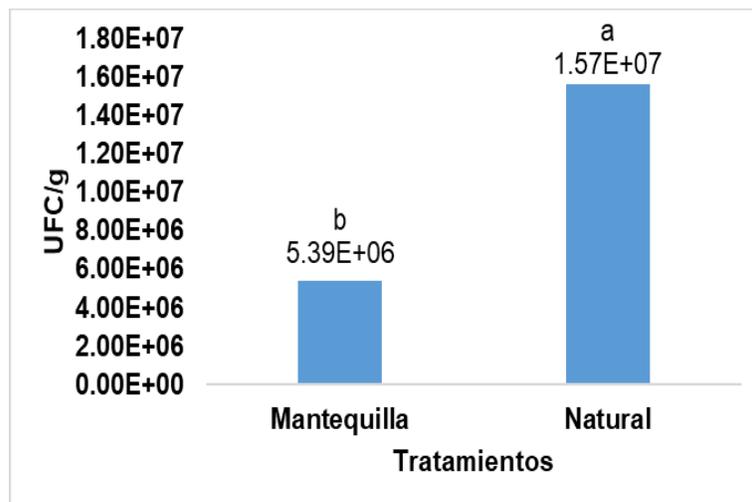


Figura 7. Desarrollo de bacterias aeróbicas psicrófilas en los tratamientos natural y con mantequilla a una dilución de 10^{-5} . Las letras a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Fisher ($P > 0.05$).

5.3.2 Bacterias aeróbicas mesofílicas totales

En la figura 8 se presentan los resultados de los dos tratamientos de laminillas con higo. Se puede observar que hubo más desarrollo microbiano en el tratamiento con mantequilla que en el natural existiendo una diferencia significativa. Este efecto pudiera explicarse por un manejo no muy adecuado de las laminillas de higo con mantequilla, ya que a la temperatura de incubación para realizar el análisis microbiológico de cuenta de mesófilos fue la óptima permitiendo la presencia y desarrollo de los mismos, resultado similar al reportado por Bohm, Heeschen, Teufel (2001).

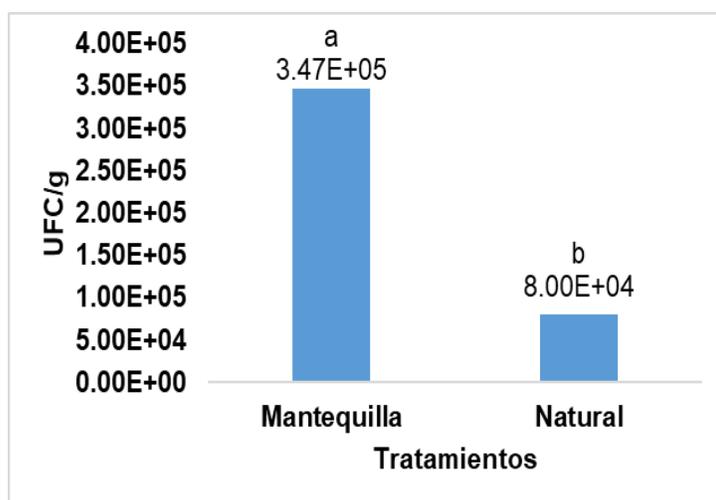


Figura 8. Gráfica del desarrollo de bacterias aeróbicas mesofílicas totales en los tratamientos con mantequilla y natural a la dilución de 10^{-5} . Las letras a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Fisher ($P > 0.05$).

En la norma NOM-130-SSA1-1995, bienes y servicios, se mencionan las cantidades permisibles de los microorganismos mesofílicos aeróbicos, por lo que se considera que, debido a dicho margen establecido, los dos tratamientos de laminillas elaboradas (naturales y con mantequilla) rebasan el margen de acuerdo a lo establecido por la norma (Cuadro 6). Cabe mencionar que el análisis se realizó con el fin de poder observar presencia de microorganismos después de los 3 meses de elaboración.

Cuadro 6. NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios para alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico.

MICROORGANISMO	LIMITE UFC/g
Mesofílicos aerobios	50
Coliformes totales	Menos de 10
Mohos y levaduras	Menos de 10

5.4 Evaluación de parámetros del análisis sensorial

Para la evaluación sensorial se añadió una muestra comercial de una laminilla de dulce conocida como “cachetada” para compararla con las dos laminillas de higo. En el atributo de apariencia global podemos observar que no hubo una diferencia significativa entre las muestras a una $P > 0.05$, por lo que las 3 muestras se consideran similares para el atributo de apariencia global (Fig. 9).

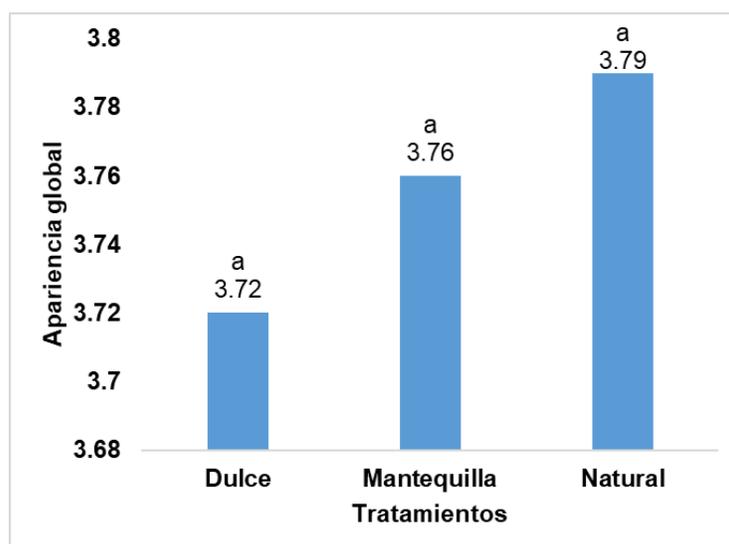


Figura 9. Atributo de apariencia global, donde las letras iguales indican que no hubo diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P > 0.05$).

Meyer, D'Ignoti, Saez, Díaz y Torres (2016) al realizar una evaluación sensorial de laminillas de kiwi y de fresa, destacan que hubo preferencia por las laminillas de fresa debido a que su color fue rojo intenso. Sin embargo, el color de las laminillas de kiwi fue más oscuro el cual no favoreció la prueba de tal atributo. En la fig. 10, se muestra

una diferencia significativa entre el dulce y las laminillas de higo (con mantequilla y natural). Esta diferencia indica que el color del dulce les agrado más a los panelistas por ser de un tono morado, el cual se asemeja más al color del higo, mientras que las dos muestras de laminilla de higo fueron calificadas de manera similar, ambas con un tono café, además de opaco. Esto no agrado tanto a los panelistas porque no le daban parecido característico al color original del higo, por lo que la prueba resultó semejante al estudio de Meyer et al. (2016), pudiendo concluir que la intensidad del color si influye al momento de evaluar.

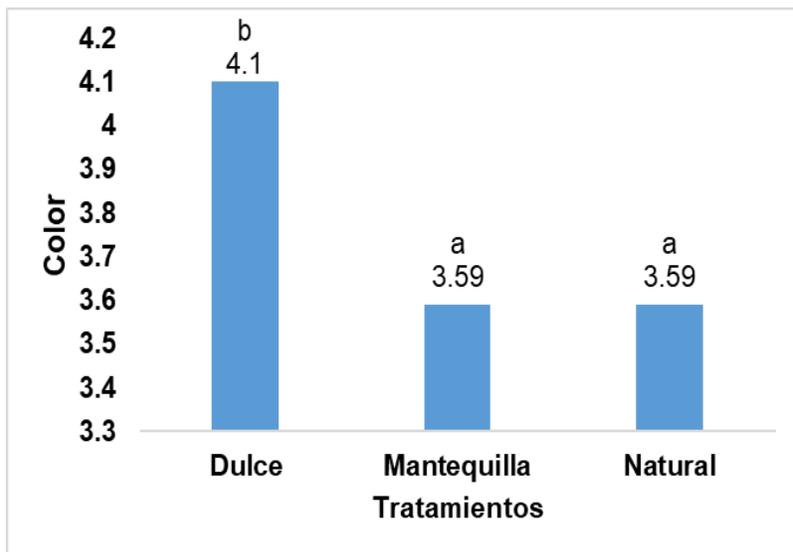


Figura 10. Atributo de color, donde a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P>0.05$).

Los autores Meyer et al. (2016) llevaron a cabo una evaluación sensorial para el atributo de olor a dos laminillas, una de kiwi y otra de fresa. Destacan que hubo preferencia por las laminillas de fresa por su delicioso olor característico a la fruta, mientras que para la laminilla de kiwi el olor no fue algo de mucho agrado, porque la percepción fue a fruta cocida. En el atributo evaluado para la presente investigación, no hubo diferencia significativa en cuanto a las 3 muestras analizadas (Fig. 11). De acuerdo a la comparación del trabajo de Meyer et al. (2016) y a la presente investigación es recomendable cuidar que el olor de las frutas de las cuales están hechas las laminillas no se pierdan.

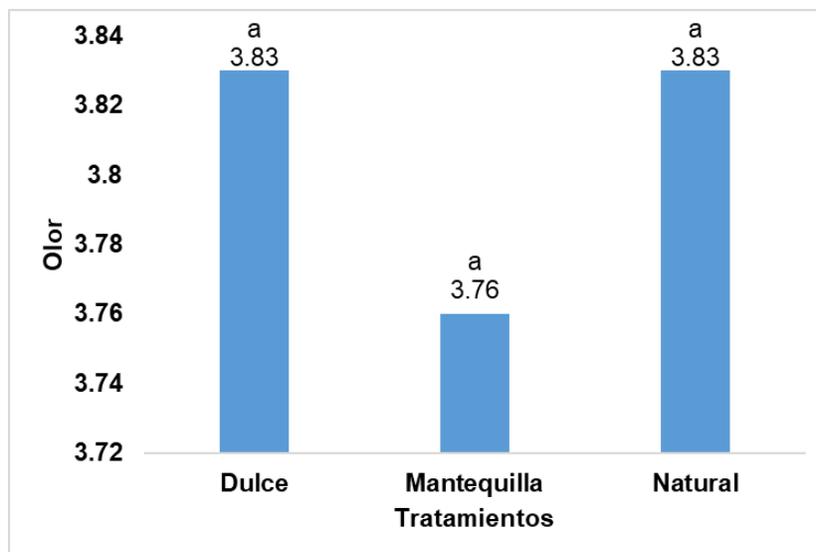


Figura 11. Atributo de olor, las letras iguales indican que no hubo diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P>0.05$).

En las laminillas de higo hubo una diferencia significativa entre los tratamientos de acuerdo al atributo de textura, teniendo mayor calificación la laminilla que contiene mantequilla debido a que no mostraba tanta adhesión, dureza y aspereza como el dulce y la laminilla natural (Fig. 12).

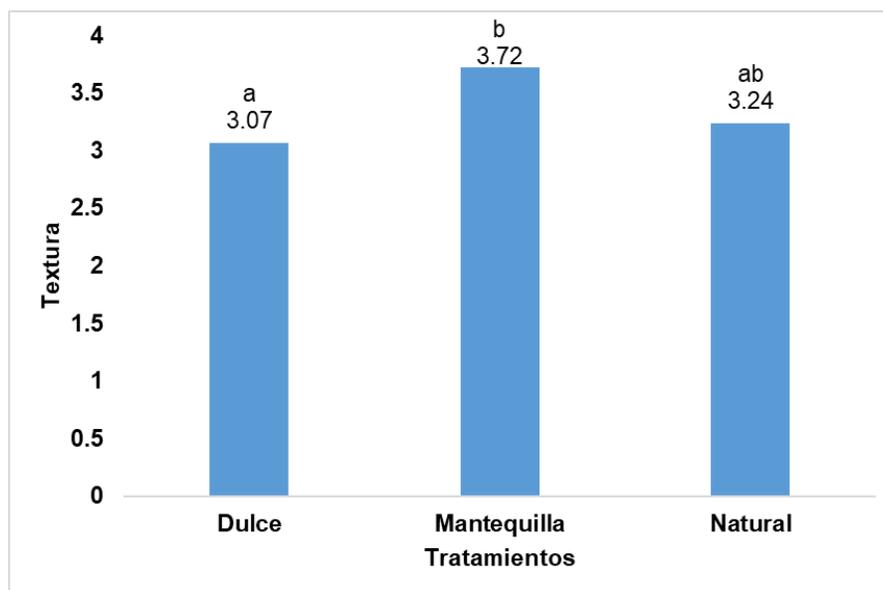


Figura 12. Atributo de textura, donde a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P>0.05$).

Del análisis sensorial para el atributo de sabor de los tres tratamientos evaluados (LM, LN y laminilla de dulce comercial), se obtuvo una diferencia significativa de la laminilla de dulce (comercial) hacia las laminillas con mantequilla y natural. De las laminillas de higo no se encontraron diferencias significativas entre ellas, pero los comentarios por parte de los panelistas hacían referencia a que la laminilla natural y con mantequilla estaban un poco simples en comparación con la laminilla de dulce (laminilla comercial) porque tenía un sabor más azucarado (Fig. 13).

Meyer, D'Ignoti, Saez, Díaz y Torres (2016) elaboraron dos laminillas de kiwi y fresa, y describieron que, respecto al sabor, la laminilla de fresa tuvo mayor éxito que la de kiwi, pero esta tuvo detalles por su carácter ácido. Por lo tanto, se determinó que es importante mantener en balance lo ácido y dulce de las laminillas según el fruto con el que se elaboren.

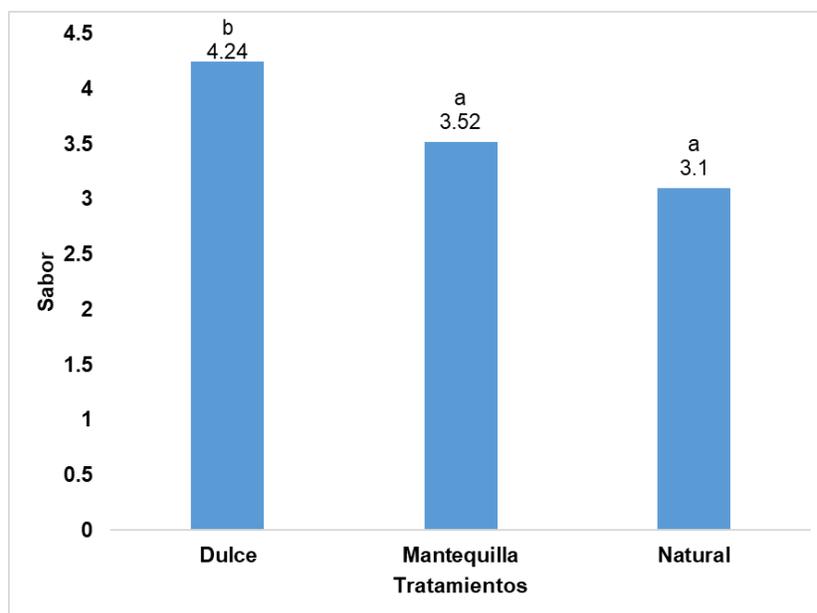


Figura 13. Atributo de sabor, donde a y b indican la diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P > 0.05$).

En el análisis sensorial de la aceptación global de las laminillas de higo, se muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos y el control (Fig. 14). Por lo tanto, se puede decir que hubo una buena aceptación de los productos elaborados a base de higo.

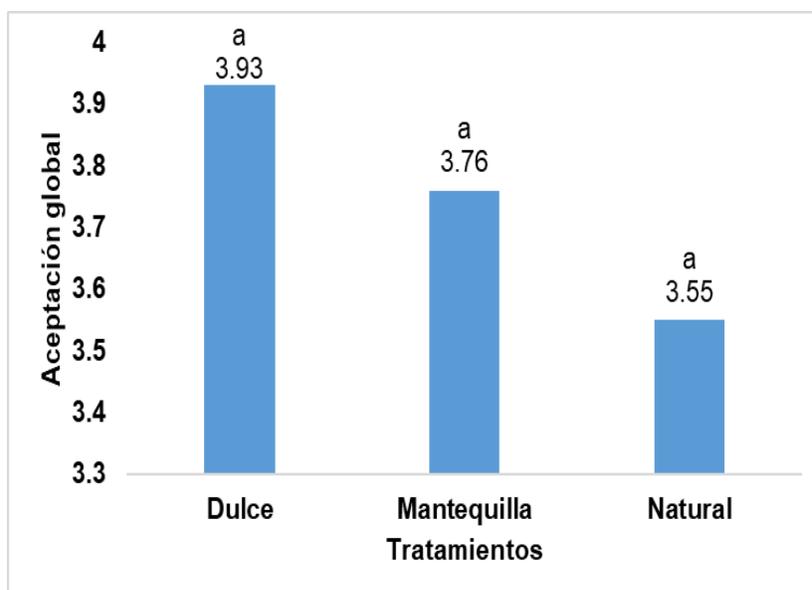


Figura 14. Atributo de aceptación global, donde letras iguales indican que no hubo diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P>0.05$).

Para el siguiente análisis sensorial, se evaluó la aceptación global a 4 muestras de laminillas de higo, con la adición no de mantequilla (LN y LM), así como la adición o no de chile en polvo tipo Tajín® (LNCH y LMCH). Los resultados se muestran en la figura 15.

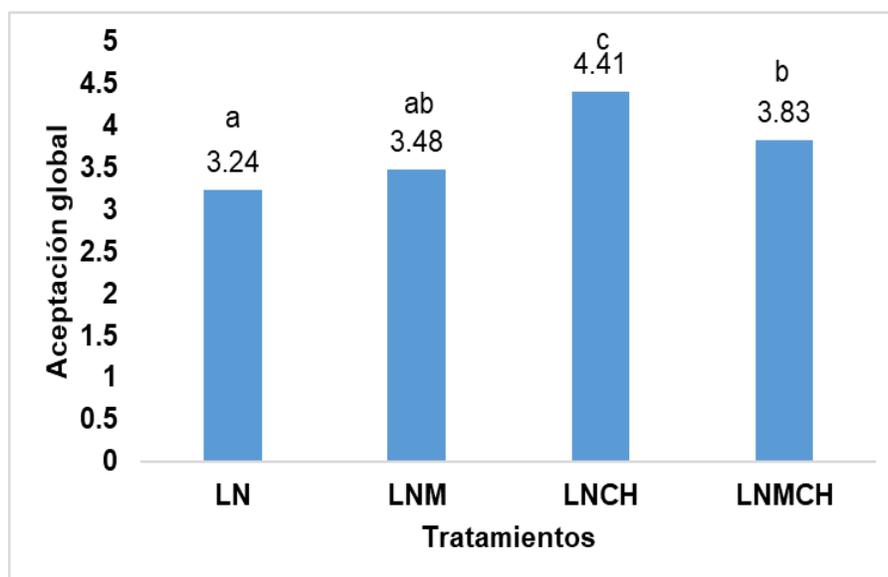


Figura 15. Atributo de aceptación global de 4 muestras de laminillas, 2 al natural (LN, LNM) y 2 con adición de chile Tajín (LNCH, LNMCH). Las letras diferentes indican una diferencia estadística significativa utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($P>0.05$).

Al analizar los resultados (Figura 15). se observaron diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$). La muestra más preferida fue la natural con chile Tajín (LNCH), seguida de la de mantequilla con Tajín (LMCH), después la que contiene mantequilla (LM) y por último la natural (LN). Con base en lo anterior, se observó una mejor preferencia por lo ácido-dulce.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se logró establecer la formulación adecuada para obtener laminillas nutritivas a manera de snack a base de higo con ingredientes naturales como miel de agave (edulcorante), chía y agua. La temperatura establecida para obtener la laminilla de fruta con una cantidad considerable de componentes bioactivos fue de $60\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Ambas laminillas de higo presentaron colores tono morado y rojizo, de acuerdo a los valores de los parámetros L, a* y b*. El grosor de las laminillas fue de 0.66 para la natural y 0.64 para la que contiene mantequilla, siendo estas cualidades las esperadas y en cuanto a la actividad acuosa la laminilla natural presentó el menor valor de Aw de los tratamientos.

Las laminillas con mantequilla presentaron mayor cantidad de materia seca total, cenizas totales, grasa total y fibra cruda, mientras que el contenido de humedad, y en proteína el valor fue similar para ambas laminillas.

El tratamiento de la laminilla natural mantuvo mayor cantidad de componentes bioactivos.

La cuenta de microorganismos en los dos tratamientos de laminillas de higo rebasó las normas mexicanas para productos de ese tipo. Se recomienda controlar las condiciones de manejo del producto y realizar el análisis inmediatamente al término de la elaboración, para verificar que estén dentro de lo normado.

En la evaluación sensorial los consumidores calificaron con mayor preferencia la laminilla con mantequilla de acuerdo al atributo de textura, en el atributo de apariencia global tuvo mayor aceptación la laminilla natural y en los atributos de color, olor, sabor y aceptación global hubo mayor preferencia al dulce comercial “cachetada”.

De la evaluación de las 4 muestras, dos sin chile Tajín y dos con chile Tajín, las calificaciones otorgadas por los panelistas fueron hacia las dos muestras con chile

Tajín, por lo que se afirmó que hay una gran inclinación hacia los productos que llevaban consigo ese picor.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC., 1975. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists, 2nd ed. Washington D.C. 832 pp.
- AOAC: Official Methods of Analysis, 1980. *By Authority of the Code of Federal Regulations: 21 CFR 131.150(c).*
- Azaredo, H., Brito, E., Moreira, G., Farias, V., Bruno, L. 2006. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol.41. P635-638.
- Blessing, Offia-Olua y Ekwimife (2015). Production and evaluation of the physico chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa pumila*), banana (*Musa sapientum*), pineapple (*Ananas comosus*). *Nigerian Food Journal* 33, P22–28.
- Bohm, H; Heeschen, W; Teufel, P. 2001. El nuevo derecho de la higiene de la leche 2000. Gelsenkirchen – Alemania https://www.academia.edu/28249018/microbiologia_pdf_LECHE_pdf
- Cagindi, O y Otlés, S. 2005. Comparación de algunas propiedades sobre los diferentes tipos de pestil: un producto tradicional en pavo. *International Journal of Food Science and Technology*. P897-901.
- Chavarría, E., Gloria. S., Núñez. L., Altamirano.A. (2016). Evaluación bromatológica y microbiológica de una pasta de higo (*Ficus carica L.*) Variedad mission sin adición de azúcar, de *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 1, No. 2. P 334-337.
- Che Man, K Sin. 1997. Processing and Consumer Acceptance of Fruit Leather from the Unfertilized Floral Parts of Jackfruit. P102-108.
- Cyklis, P. 2022. Effect of fouling on falling film evaporator performance in industrial conditions of fruit juice concentrate production. *Journal of Food Engineering*, 317, P110-884.
- da Silva Boavida 2000. Caracterización sensorial y físico-química del Queijo Serpa.

<https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=257>

- Dursun, D., Dalgic, A. 2018. Production and preference mapping of persimmon fruit leather: An optimization study by Box-Behnken. Food Process Engineering. Vol.41, P1-8.
- Fuentes-Lara, L.O 2020. Manual de Prácticas de Laboratorio del Curso de Alimentos Funcionales. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P.18.
- Gálvez, F. 2018. Capacidad Antioxidante y Contenido de Polifenoles en las Hojas de *Ficus carica* (higo), Tesis de licenciatura de la Universidad Católica Los Angeles Chimbote. P.10-34.
- García, A., Ochoa, L., Lara, T., Rutiaga, O., Rosas, W., Gonzales, S. 2019. cambios en las propiedades microestructurales, texturales, térmicas y sensoriales de las laminillas de manzana que contienen agavinas e inulinas añadidas. Food Chemistry. P1-7.
- Gómez, L., Navarrete, C., Moraga, N., Rodríguez, A., Gálvez, A. 2019. Evaluation of different hydrocolloids and drying temperatures in the drying kinetics, modeling, color, and texture profile of murta (*Ugni molinae Turcz*) Berry leather. Food Process Engineering. Vol.43, P1-10.
- González-Herrera, S.M., Rocha-Guzman, N.E., Simental. Mendía, L.E., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar, C.N., Rutiaga-Quiñonez, O.M., López, M.G., & Gamboa-Gómez, C.I. 2018. Dehydrated apple-based snack supplemented with Agave fructans exerts prebiotic effect regulating the production of short-chain fatty acid in mice. Journal of Food Processing and Preservations, 2019, 00e14026, P 1-8.
- Guajardo, F. 2018. Evaluación de la Capacidad Antioxidante de diferentes Variedades Autóctonas de Higo (*Ficus carica*) de las Islas Baleares. Universitat de les Illes Balears. P 5-29.
- Huang, X., & Hsieh, F-H. 2005. Physical properties, sensory attributes, and consumer preferences of pear fruit leather. Journal of Food Science, Vol. 70, P 177-186.

- INTAGRI S.C. 2020. Producción de higo en México. En línea [<https://www.intagri.com/articulos/frutales/produccion-de-higo-en-mexico>] Consultado en febrero 2020.
- Irwandi and Yaakob B. 1995. Durian leather: development, properties and storage stability. Department of Food Technology University Pertanian Malaysia 43400 UPM Serdang Selangor, Malaysia. P479-489.
- Kánder Coronel, Irma. 2021. Magnitud del sobrepeso y obesidad en México: Un cambio de estrategia para su erradicación. Mirada Legislativa No. 197, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República, Ciudad de México, P18.
- Kaya, S., Maskan, A. 2003. Water vapor permeability of pestil (a fruit leather) made from boiled grape juice with starch. Journal of Food Engineering. P295-299.
- Krezdorn y Adriance. 1984. La higuera, recomendaciones para el cultivo y procesamiento de esta fruta. Agricultura de las Américas 8(2): P 26-33.
- Kubra Akman, P., Uysal, E., Ucak Ozkaya, G., Tornuk, F., & Zeki Durak, M. 2019. Development of probiotic Carrier dried apples for consumption as snack food with the impregnation of *Lactobacillus paracasei*. LWT, 103, P60-68.
- Larmond, E. 1977. Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food. Research Branch, Canada Department of Agriculture, Publication No. 1637, P19-63.
- Macho, S. 2020. Análisis Sensorial para control de calidad de los alimentos. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience, Vol.27, 1254-1255.
- Medina-Morales, M.A., Rojas-Molina, R., Rodríguez-Herrera, R. & Aguilar, C.N. 2012. Manual de Métodos de Laboratorio del Departamento de Investigación en Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila. DIA-UAdeC. Vol. 1. Saltillo, Coahuila, México. P.73.
- Mesías, F.J., Martín, A., & Hernández, A. 2021. Consumer's growing appetite for natural foods: perceptions towards the use of natural preservatives in fresh fruits. Food Research International. Vol 150, 110749.

- Meyer, A., D'ignoti, V., Saez, B., Diaz, R., Torres, C. 2016. Effect of Storage on the Physico-Chemical and Antioxidant Properties of Strawberry and Kiwi Leather. *Journal of Food Science*, Vol.18, Nr.3. P569-577.
- Montes Muñoz, J.H. 2014. "Efecto Antidiabético del Fruto del Higo (*Ficus carica L.*), sometido a altas presiones hidrostáticas". Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma de Querétaro. P48.
- Oliveira, A., Amaro, A.L., & Pintado, M. 2018. Impact of food matrix components on nutritional and functional properties of fruit-based products. *Current Opinion in Food Science*, Vol.22. P153-159.
- Osborn, S., & Marley, W. (Eds) 2016. *Developing food products for consumers with specific dietary needs*. Editorial Elsevier. P267-278.
- Phimpharian, C., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., Pinyawiwatkul, W., No, H. 2011. Physicochemical characteristic and sensory optimization of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations. *Food Science and Technology*, Vol.46. P972-981.
- Picallo, A. 2009. Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos. En: *Encrucijadas*, no. 46. Universidad de Buenos Aires. P8.
- Revilla, A. 1996. *Tecnología de la leche*. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. P397.
- Revilla, L. y Carpio, K. 2017. Influencia de la temperatura, tiempo y pH en la formulación del licor de higo (*Ficus carica L.*) En base a pruebas sensoriales en la región de Arequipa. Tesis de licenciatura de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. P173.
- Ruiz, A., Demarchi, S., Giner, S. 2014. Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *International Journal of Food Science & Technology*. Vol. 49. 1799-1804.
- Rwsui, J. 1992. *La higuera (*Ficus carica*) y otras plantas cultivadas en España*. Universidad Madrileña, Madrid, España. P165.
- SADER. 2020. *Las mieles del maguey*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/las-mieles-del-maguey?idiom=es>

- Severino, P. 2021. ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?, de UNAM. vol.7 no.19 Ciudad de México sep./dic. 2019.
- SIAP. 2017. Maguey: un agave que nos provee diversos productos agroalimentarios nativos. Gobierno de México.
- Simao, R., Moraes, J., Souza, P., Mattar, B., Laurindo, J. 2019. Production of mango leathers by cast-tape drying: product characteristics and sensory evaluation. LWT-Ciencia y tecnología de alimentos. P445-452.
- Souza, M., Jemni, M., Otón, M., Leonel, S., Melgarejo, P., Artés, F. 2013. Caracterización Morfológica, Química y Sensorial de Cuatro Variedades de Brevas, de Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 14, núm. 1, 2013, pp. 48-5.
- Suna, S., Karabacak, A. 2019. Investigation of drying kinetics and physicochemical properties of mulberry leather (pestil) dried with different methods Food Processing and Preservation. P1-9.
- Tabasco, A. 2014. Calidad agroalimentaria de los higos amparados bajo la futura marca de garantía Higo de Gredos. de CONAMA 2014, Congreso Nacional del Medio Ambiente. P10.
- Tontul, I., Topuz, A. 2017. Production of pomegranate fruit leather (pestil) using different hydrocolloid mixtures: An optimization study by mixture design. Food Process Engineering. Vol 41. P1-12.
- Usquiano, I. 2013. Evaluación de la capacidad antioxidante y determinación de compuestos fenólicos a partir de extractos de frutas de los valles de la paz. Tesis de licenciatura de la universidad Mayor de San Andres. P4-7.
- Valenzuela, C., Aguilera, J. 2015. Effects of maltodextrin on hygroscopicity and crispness of Apple leathers. Journal of Food Engineering 144. P1-9.
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., Wilkinson, B. 2010. Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach. Food Quality and Preference. P339-345.
- Villalobos, R., Córdoba, M., Serradilla, J., González, M. 2015. Sistemas de secado alternativos al secado al sol en higos, de Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. P180-183.

Walford, J. 1980. Developments in Food Colors. Applied Science Publishers. London
P116 – 142.

Yilmaz, F., Yüksekaya, S., Vardin, H., Karaaslan, M. 2017 The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil). Journal of the Saudi Society of Agricultural Science. Vol. 16. P33-40.