

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Elaboración de un Alimento Funcional a Partir de Polvo de Hojas de Moringa  
(*Moringa oleifera* Lam.) como Ingrediente Activo

Por:

**JESSICA HERNÁNDEZ ISIDRO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Elaboración de un Alimento Funcional a Partir de Polvo de Hojas de Moringa  
(*Moringa oleifera* Lam.) como Ingrediente Activo

Por:

**JESSICA HERNÁNDEZ ISIDRO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. Daniel Aldaco Gómez  
Asesor Principal

  
Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez  
Coasesor

  
Dra. Susana Gómez Martínez  
Coasesor

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025.

## Derechos de autor y Declaración de no Plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Autor principal



---

Jessica Hernández Isidro

## AGRADECIMIENTOS

Externo mi agradecimiento principalmente a **Dios**, fuente de sabiduría, que guía mis pasos y me brinda la voluntad necesaria para superar desafíos y cumplir mis metas, pues ha sido el que con su luz divina y voluntad me la a saciado durante mi desarrollo como estudiante y profesional, sin él mis fuerzas no hubieran sido renovadas cada día cursado en esta Institución. Tomada de la mano de Dios todo es posible.

A mi **ALMA TERRA MATER** por abrirme las puertas y marcar mi vida, por ser mi sueño hecho realidad, llenándome de experiencias, oportunidades, pero sobre todo de aprendizajes, que me ha dejado claro que por los sueños se lucha y se persevera.

A mi **Familia**, pues es un gran pilar que sostiene mi vida y fuertes motores que hacen andar mis sueños; personas que me enseñaron que cada esfuerzo vale la pena, que los días grises no son para toda la vida y que cada paso atrás es solo para tomar impulso, son quienes siempre han estado dispuestos a levantarme, sostenerme y no soltarme en la adversidad.

† A la **Dra. Martha Gómez Martínez**, mi asesora de carrera y tesis, gracias por apoyarme durante su lapso, por los consejos y tiempo, por la disposición y por poner un granito de arena para mi formación tanto estudiantil como personal, por contribuir al logro de mis metas, por la motivación que inspiraba el trabajar con ella, por su paciencia, tiempo, organización y dedicación, por guiarme. Sin duda, el trabajar con ella me retroalimentó en diferentes áreas, no sólo en la académica. Nunca olvidaré que Dios proveerá. †

A la **Dra. Susana Gómez Martínez**, asesora de carrera y tesis, gracias por apoyarme durante y posterior a esta etapa, por la motivación, inspiración, dedicación, paciencia y disponibilidad para el logro y progreso de este trabajo; sin duda, un agradecimiento incondicional por el impulso de seguir en este proyecto de victoria, por estar presente tanto en mi formación estudiantil como personal, llevándome una gran admiración de ella, por una gran experiencia en esta colaboración de gran dedicación y sobre todo de aprendizaje.

A la **Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez**, por contribuir con los laboratorios del Departamento de ICTA, pues gracias a ello se llevó a cabo gran parte del experimento, apoyándome con su gran experiencia y disponibilidad aclarando cada una de las dudas que surgían durante el desarrollo de la investigación, una gran experiencia el haber colaborado con ella.

A la **T.L.Q Mariela Villela Orejón**, quien dedicó cada grato momento, desde el día uno de este gran proyecto gracias por la disposición de su tiempo, interés, paciencia, dedicación y motivación. Por ser la persona constante e indicada logrando el énfasis de trabajo en equipo; sin duda, mi respeto y admiración por hacer esto posible.

Al **T.L.Q Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel**, quien, con su gran experiencia, disponibilidad y dedicación, se logró con gran eficacia la estabilidad de la metodología establecida, es gracias a él que los resultados obtenidos fueron satisfactorios; sin duda, mi mayor respeto, admiración e inspiración por la dedicación a su gran trabajo.

A el **M.C. Daniel Aldaco Gómez** quien estuvo presente y constante en los días de colaboración del proyecto, siempre contribuyendo con su tiempo, dedicación, paciencia y disponibilidad para llegar a los objetivos planteados.

A **José Ángel Cruz Silva**, quien me apoyó y aportó de manera incondicional su conocimiento, disponibilidad, dedicación y motivación para llevar a cabo el experimento desde el día uno; sin duda mi mayor respeto y admiración por su gran desarrollo como compañero de licenciatura.

A **mis Amigos**, quien diría que se convertirían en mis amigos de sustento, a pesar de las indiferencias, en altas y bajas siempre un buen equipo en el lapso, gracias por la alegría, la paciencia, el respeto y la empatía.

## DEDICATORIA

**Lucila Isidro Gerónimo**, quien me brindo la vida siendo mi motor, pilar y mi modelo a seguir en este trayecto llamado vida, por brindarme el amor, cariño, apoyo, consejos y en los momentos más difíciles me alentó a seguir adelante, anhelando que siempre me preparará para enfrentarme a la vida, hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos y mis deseos iniciando así una etapa en mi vida en la que siempre estarás en mi corazón; sin duda, la mejor madre del mundo, por enseñarme el gran valor de la familia, que la vida no es fácil e inculcándome que todo esfuerzo siempre valdrá la pena, y que dar un paso atrás es solo para tomar impulso, admirándote y amándote profundamente.

**Rosendo Hernández Jiménez**, quien me brindo la vida siendo mi mayor orgullo y admiración, brindándome su amor, cariño y apoyo sin escatimar esfuerzo alguno, me ha convertido en persona de provecho ayudándome al logro de una meta más en mi vida, por compartir las tristezas y alegrías, éxitos y fracasos, hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos iniciando así una etapa en mi vida en la que siempre estarás en mi corazón, por todos los detalles que me has brindado durante mi vida como estudiante y por ser de mi lo que hoy en día soy; sin duda, mi gran ejemplo y modelo a seguir, por enseñarme el gran valor de la vida y a seguir adelante sin mirar atrás, admirándote y amándote profundamente.

**Antonio Hernández Isidro**, quien ha sido un ejemplo a seguir como hermano mayor, enfrentado retos y circunstancias a lo largo del trayecto compartiendo y estando para mí en momentos de alegrías y tristezas, dejando en claro el gran valor de hermandad, por entenderme, escucharme, apoyarme y motivarme a salir adelante en la adversidad, llevándote por siempre en mi corazón.

**Javier Hernández Isidro**, quien ha sido mi otro ejemplo a seguir apoyándome y motivándome de manera incondicional durante mi lapso de vida, compartiendo momentos de alegrías y tristezas en las que siempre llevare en el corazón, he podido aprender de él, el cómo poder enfrentar las cosas de una manera más sencilla y especialmente por lo que hemos compartido de cerca estando tan lejos.

**Jesús Hernández Isidro**, quien ha sido mi impulso a salir adelante en esta línea de vida desde su llegada, siendo mi fuente de inspiración y motivación en momentos de éxito y fracaso, reflejándose en mí a pesar de la adversidad, por siempre creer en mí y anhelando nuestra felicidad, por ser mi curita al corazón por el simple hecho de existir y ser mi muñequito de carne y hueso que anhelé y esperé tanto, llevándote profundamente en mi alma, corazón y ser.

A mi **Familia**, materna y paterna por estar ahí apoyándome y guiándome, para que logre tener un mejor futuro, respetando mis decisiones, por esas palabras que han contribuido a construir mi identidad.

Sin lugar a duda tengo una deuda con todos ellos, pero espero compartan mi entusiasmo al traerles como fruto la realización de este proyecto, que no compensa mi ausencia. Sin embargo, trae a mi vida felicidad y sé que ellos son felices si yo lo soy, éste logro no es mío, es de toda mi familia y de todas las personas que fueron partícipes de ello.

¡Gracias por tanto!

# ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1. Objetivo general .....	4
1.2. Objetivos específicos .....	4
1.3. Hipótesis .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1 Generalidades de la Moringa.....	5
2.1.1 Origen .....	5
2.1.2 Taxonomía .....	5
2.1.3 Descripción morfológica de la Moringa .....	7
2.1.4 Condiciones ambientales.....	7
2.1.5 Establecimiento .....	8
2.1.6 Valor nutricional .....	8
2. 2 Usos de la moringa.....	9
2.2.1 Alimenticios.....	9
2.2.3 Medicinal .....	9
2.2.4 Servicios ambientales .....	10
2.3. Composición nutricional de la hoja de <i>Moringa oleifera</i> .....	10
2.4. Composición físico-química de la hoja de <i>Moringa oleifera</i> .....	12
2.4.1. Compuestos fenólicos .....	13
2.4.1.1 Estructura.....	15
2.4.2. Radicales libres .....	16
2.4.2.1 Antioxidantes.....	17
2.4.2.2 Capacidad antioxidante .....	18
2.4.2.3 Método ABTS.....	18
2.4.2.4Método DPPH.....	19
2.4.3 Acción antimicrobiana.....	20
2.4.4 Análisis sensorial .....	21
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	23
3.1 Sitio experimental .....	23
3.2 Material vegetal .....	23
3.3 Reactivos.....	23
3.4 Obtención de la materia prima.....	24

3.5 Producción de extracto de <i>Moringa oleifera</i> .....	24
3.5.1 Cuantificación de Fenoles totales.....	25
3.5.2. Actividad antioxidante.....	26
3.5.2.1 Preparación por el método ABTS.....	26
3.5.2.2 Preparación por el método DPPH.....	27
3.6 Análisis de datos.....	29
3.7 Formulación del alimento funcional a base de polvo de MO.....	29
3.7.1Caracterización del alimento funcional .....	30
3.7.1.1Determinación de color.....	30
3.7.2Análisis microbiológico.....	31
3.7.3 Análisis Bromatológico .....	32
3.7.3.1 Determinación de cenizas o minerales totales.....	32
3.7.3.2 Determinación de nitrógeno – proteína.....	33
3.7.3.3Determinación de grasa – fibra .....	34
3.7.4Evaluación sensorial.....	35
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Contenido de Fenoles Totales (CFT) y Antioxidantes.....	37
4.2 Análisis microbiológico .....	44
4.3 Análisis bromatológico .....	46
4.4 Color .....	50
4.5 Evaluación sensorial .....	52
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura No.</i>		<i>Página</i>
1	Distribución potencial en México de <i>Moringa oleifera</i> -Lam.....	6
2	Importancia de los compuestos poli -fenólicos en Moringa.....	15
3	Estructura química de un compuesto fenólico simple.....	16
4	Capacidad antioxidante del método ABTS.....	19
5	Capacidad antioxidante del método de DPPH.....	20
6	Preparación de la materia prima: a) secado de muestra; b) obtención del polvo de la muestra; c) peso de la moringa en polvo para muestra. ....	24
7	Fenoles totales: a) muestra de moringa (hidroetanólico, etanólico y acuosa; b) muestras en agitador Shaker; c) dilución de las muestras; d) absorbancias bajo espectrofotómetro.....	26
8	Actividad antioxidante método ABTS y DPPH: a) dilución método DPPH; b) dilución método ABTS; c) muestras concentradas; d) absorbancias bajo espectrofotómetro.....	28
9	Elaboración de galletas de moringa: a) muestra homogénea de la materia prima; b) galletas moldeadas; c) horno 150°-180°C.....	30
10	Medición del colorímetro: a) antes de la cocción; B) después de la cocción.....	31
11	Inoculación del extracto de la galleta de moringa. ....	32
12	Determinación de minerales totales: a) determinación del peso; b) muestras bajo mufla a 600°C. ....	33
13	Determinación de grasa – fibra: a) muestras bajo campana de extracción de gases; b) muestra ácido sulfúrico; c) muestras desengrasadas; d) extracción Soxhlet; e) obtención de fibra y f) muestras bajo estufa a 150°C.....	35
14	Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de Moringa.....	36
15	Mesófilos aerobios de extracto de <i>M. oleifera</i> en cultivos de PDA x10 <sup>-3</sup> y agar nutritivo x10 <sup>-3</sup> .....	45
16	Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de moringa.....	52
17	Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de moringa.....	54

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
1	Clasificación taxonómica de <i>Moringa oleifera</i> Lam. ....	6
2	Aminoácidos presentes en las hojas secas de moringa.....	11
3	Composición físico-química de hojas de moringa.....	12
4	Receta de las galletas a base de moringa.....	29
5	Determinación de fenoles totales de <i>Moringa oleifera</i> . Saltillo, Coah 2024. ....	37
6	Capacidad antioxidante de hojas de <i>Moringa oleifera</i> .....	39
7	Análisis de varianza de la primera lectura de absorbancia Saltillo, Coah. 2023. ....	40
8	Comparación de medias de los extractos.....	40
9	Análisis de varianza segunda lectura de absorbancia Saltillo, Coah. 2023. ....	41
10	Comparación de medias para el método de DPPH y ABTS.....	41
11	Comparación de medias de los extractos utilizados en la segunda absorbancia en moringa. ....	42
12	Análisis de varianza de la tercera lectura de absorbancia Saltillo, Coah. 2024.....	42
13	Comparación de medias para el método de DPPH y ABTS.....	43
14	Comparación de medias de los extractos.....	43
15	NOM-218-SSA-2011 (2011) para productos y servicios de bebidas saborizantes de microorganismos. ....	46
16	Caracterización fisicoquímica de hojas de moringa. Saltillo, Coah. 2024.....	47
17	Medición de color de galletas con diferentes concentraciones de Moringa antes de la cocción. ....	50
18	Medición de color de galletas con diferentes concentraciones de Moringa después de la cocción.....	51
19	Evaluación sensorial de galletas de moringa. Saltillo, Coah 2024.....	55

## RESUMEN

En la presente investigación se elaboró un alimento funcional a partir de polvo de hojas de moringa como ingrediente activo. Sus hojas son el principal órgano de interés de esta planta, ya que las hojas secas conservan una cantidad notable de macro y micronutrientes. Posee innumerables propiedades nutritivas y terapéuticas, aprovechando todas sus estructuras morfológicas, tales como: semillas, raíz, hojas, flores, vainas y frutos. Así mismo, ayuda en enfermedades respiratorias, cardiovasculares, gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, cáncer, en el sistema inmunológico, antiviral y como antibacteriano. La planta de Moringa tiene una actividad antioxidante muy importante, ya que retarda la acción oxidante de los lípidos, evita la aparición de microorganismos actuando como conservador de alimentos, contiene compuestos polifenólicos con efectos antiproliferativos y produce muerte celular en las células de cáncer de colon. Su alto valor nutricional, medicinal, y quimiopreventiva, su fibra dietética tiene una gran capacidad de absorción de nutrientes minerales, y proteínas, siendo utilizada en la alimentación humana y animal. Se determinó los fenoles totales también, así como la actividad antioxidante mediante los métodos ABTS y DPPH. Se realizó análisis microbiológico, bromatológico y sensoriales donde los resultados son relativamente emparentados. Se obtuvo un alto rendimiento en actividad antioxidante en los extractos EHE, EA y EE, así mismos valores de proteína  $8.25 \pm 0.76$ , ceniza  $1.77 \pm 0.075$ , grasa  $15.07 \pm 1.74$  y fibra  $0.30 \pm 0.05$ . Con base en la NOM-218-SSA-2011 se estableció 5 UFC/g muestra 21 UFC/g muestra. Así como porcentajes medios de evaluación sensorial 40-65%.

**Palabras clave:** Antioxidante, moringa, poli fenoles, sistema inmunológico, terapéuticas.

## ABSTRACT

In this research, a functional food was developed using moringa leaf powder as the active ingredient. Moringa leaves are the plant's primary organ of interest, as the dried leaves retain a significant amount of macro- and micronutrients. Moringa possesses countless nutritional and therapeutic properties, taking advantage of all its morphological structures, such as seeds, roots, leaves, flowers, pods, and fruits. Moringa also helps with respiratory, cardiovascular, gastrointestinal, endocrine, and central nervous system diseases, as well as cancer and the immune system, as well as having antiviral and antibacterial properties. The Moringa plant has significant antioxidant activity, delaying the oxidative action of lipids, preventing the growth of microorganisms, and acting as a food preservative. It contains polyphenolic compounds with antiproliferative effects and induces cell death in colon cancer cells. Its high nutritional, medicinal, and chemopreventive value, along with its dietary fiber, allows for the absorption of minerals and proteins, making it useful in human and animal nutrition. Total phenols were also determined, as well as antioxidant activity using the ABTS and DPPH methods. Microbiological, bromatological, and sensory analyses were performed, with relatively similar results. High antioxidant activity was obtained in the EHE, EA, and EE extracts, with protein values of  $8.25 \pm 0.76$ , ash  $1.77 \pm 0.075$ , fat  $15.07 \pm 1.74$ , and fiber  $0.30 \pm 0.05$ . Based on NOM-218-SSA-2011, 5 CFU/g of sample and 21 CFU/g of sample were established. Average sensory evaluation percentages were 40-65%.

Keywords: Antioxidant, moringa, polyphenols, immune system, therapeutics.

## I. INTRODUCCIÓN

La proliferación de enfermedades es una preocupación que constituye un riesgo para la salud humana a nivel mundial, en especial, aquellas causadas por microorganismos patógenos. Es por eso, que la resistencia hacia los antibióticos y los antivirales también son temas importantes en salud pública. La utilización de productos naturales en el tratamiento de diferentes enfermedades, incluidas las de etiología infecciosa, constituye en la actualidad un desafío en la medicina y se ofrece como una alternativa (Domingo y López, 2003).

El árbol de *Moringa oleifera* es el cultivo más importante de la familia Moringaceae del género *Moringa* (Alegbeleye, 2018), también se le conoce como el árbol de la vida o la “planta milagrosa” a nivel mundial por sus diversas aplicaciones y distintos usos, destacando principalmente los usos medicinales y su aplicación en la nutrición humana. Las hojas de esta planta son su principal órgano de interés, ya que estas, en estado seco conservan una cantidad notable de macro y micronutrientes. Esta planta posee innumerables propiedades nutritivas y terapéuticas por lo cual también se pueden aprovechar otras partes como: semillas, raíz, flores, vainas y frutos. Las propiedades antioxidantes de la *Moringa* se han demostrado en diversos estudios, ayudando en enfermedades respiratorias, cardiovasculares, gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, cáncer, en el sistema inmunológico, antiviral y como antibacteriano (Jung, 2014). En México, se está promoviendo la producción y aprovechamiento principalmente en: Sonora, Yucatán, Jalisco, Chiapas y Nuevo León, con el fin de evaluar su comportamiento agronómico, uso forrajero, alimentación humana, incluyendo la comercialización, al procesar y encapsular los folíolos, para venta nacional y exportación a países africanos. La *moringa* pertenece a una familia monogénica de árboles y arbustos llamada

Moringaceae (Ramachandran *et al.*, 1980). Es una planta nativa del noroeste de la India de clima tropical y subtropical, pero se adapta y se desarrolla perfectamente en las zonas áridas y semiáridas (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016; Gómez-Martínez *et al.*, 2020) del norte de México. Los productos obtenidos de esta planta brindan alimento y alivio a diversas enfermedades humanas, así como una fuente nutricional alta en los animales. Además, de sus aplicaciones en productos industriales de diferentes áreas como son: la industria alimenticia, farmacéutica y salud. En el área alimenticia, se ha encontrado que la moringa es utilizada para darle un valor agregado a yogurt y jamón de pescado. En esta área se ha encontrado que tiene mayor actividad antioxidante que la chía, ya que retarda la oxidación de los lípidos, ayuda a la conservación de los alimentos e inhibe la aparición de microorganismos (Elhadi *et al.*, 2017; Cutz de Ocampo *et al.*, 2018; López *et al.*, 2018). En la planta de moringa se encuentran alimentos bioactivos que al ser digeridos por el tracto intestinal son degradados por las enzimas y la flora bacteriana del intestino humano en diferentes metabolitos como ácido cafeico, rutina, apigenina y luteolina (Gómez - Martínez *et al.*, 2020). El 48 % de sus compuestos polifenólicos son liberados en el intestino delgado y 42 % en el intestino grueso donde se llevan a cabo funciones metabólicas de los polifenoles (Surco-Laos *et al.*, 2016) así como en el hígado. Las hojas pueden considerarse como alimento funcional, ya que contienen y almacenan proteínas y micronutrientes que son importantes para el metabolismo celular del organismo. La Moringa ha tenido un gran auge por sus propiedades nutritivas, industriales y farmacocinéticas (Lakshmipriya *et al.*, 2016; Tesfay *et al.*, 2016), lo cual puede contribuir a elevar la calidad de vida de las comunidades rurales de las zonas áridas (Hernández *et al.*, 2018).

Existe mucha información científica respecto a las propiedades y usos de la moringa, generada en diferentes condiciones ambientales y regiones del mundo, la variabilidad genética de la especie puede propiciar un comportamiento diferente según la región del mundo en donde se establezca, por lo que se recomienda utilizar prácticas agronómicas que se adapten a esta especie (Olson, 2002; Espinosa *et al.*, 2013; Toral *et al.*, 2013). La Facultad de Agronomía de la

Universidad Autónoma de Nuevo León, ha promovido entre los productores el interés a través de la divulgación técnica y científica en el aprovechamiento del cultivo de Moringa, por lo que es muy importante la extensión del conocimiento agronómico de esta.

La industria alimentaria se encuentra en constante cambio, asegurando el desarrollo alimentario y nutricional de la población, así como las propiedades y fortificación en nutrientes que son de beneficio para la salud del ser humano.

Los compuestos fitoquímicos, orgánicos e inorgánicos, que caracterizan las propiedades de cada estructura morfológica de la moringa, la identifican como fuente de investigación, incluyendo aplicaciones medicinales e industriales.

*Moringa oleifera* es una especie que presenta alto contenido de compuestos bioactivos, alto valor nutricional y una alta actividad antioxidante, lo que contribuye a satisfacer las necesidades nutricionales humanas, por lo cual tiene el potencial de ser utilizada en la industria alimentaria como ingrediente alimentario o funcional, así como en la farmacéutica por su potencial como antioxidante natural y explotada para el desarrollo de nutracéuticos.

Es importante la elaboración de alimentos funcionales que contengan compuestos bioactivos ricos en aminoácidos, vitaminas, minerales, enzimas y compuestos polifenólicos que tienen un efecto positivo en la salud humana, ya que la falta de ellos en la dieta puede causar una fuerte deficiencia nutricional, así como riesgos en la salud. Moringa es rica en todos estos compuestos bioactivos, además de tener actividad antioxidante y antimicrobiana que ayuda a la eliminación de microorganismos patógenos y conservación de los alimentos funcionales.

Por lo anterior este trabajo de investigación se diseñó con los siguientes objetivos:

## **Objetivo General**

Elaborar un alimento funcional a base de polvo de hojas de *Moringa oleifera*, para incrementar sus propiedades nutricionales para la salud humana.

## **Objetivos Específicos**

1. Elaborar galletas a base de polvo de hojas de moringa como ingrediente activo.
2. Evaluar la calidad físico-química y microbiológica de las galletas elaboradas.
3. Realizar una evaluación sensorial del alimento elaborado con *M. oleifera*.
4. Comparar las propiedades nutricionales del polvo de moringa y del alimento funcional.

## **Hipótesis**

En las galletas elaboradas (alimento funcional) se incrementará al menos una propiedad nutricional debido a los compuestos bioactivos presentes en el polvo de las hojas de *Moringa oleifera*.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de la Moringa

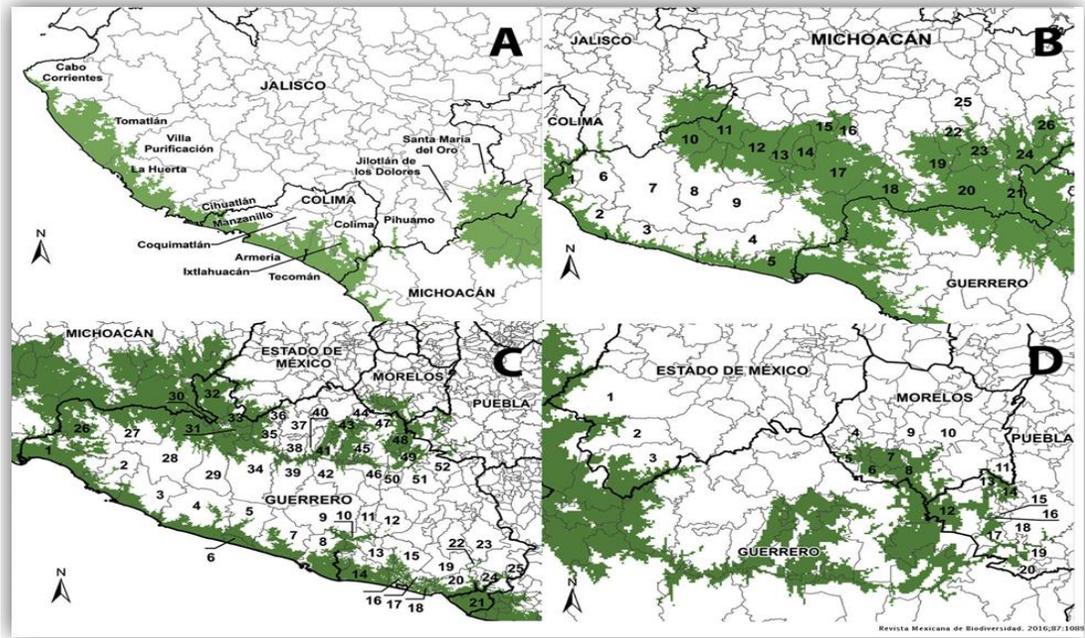
*Moringa oleifera* Lam. en México es conocida comúnmente como “Moringa” (Olson y Fahey, 2011). Esta especie está clasificada como un árbol perenne (Pandey *et al.*, 2011), perteneciente a la familia: Moringaceae, orden Capparidales y clase Magnoleopsida (Liñán, 2010).

#### 2.1.1 Origen

*Moringa oleifera* es un árbol originario de la región de los Himalayas, nativo de países tales como la India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán. Se introdujo en América durante el siglo XIX desde Filipinas por los tripulantes de la Nao de China (Olson y Fahey, 2011). En México, se encuentra distribuido por toda la costa del Pacífico, desde Baja California hasta Chiapas. Actualmente se cultiva en muchos lugares de los trópicos, tanto así que hasta se ha naturalizado. Los estados donde más se cultiva son: Michoacán, Chiapas, Sonora, Yucatán, Jalisco, Querétaro e Hidalgo, aunque su producción se ha incrementado principalmente en Guerrero y Sonora (Fig. 1) (SAGARPA, 2014; SIAP, 2018).

#### 2.1.2 Taxonomía

La moringa es una especie que pertenece a la familia de las moringaceas, anteriormente algunos autores la ubicaban en el orden Caparales, mientras que otros autores la sitúan en el orden de las Maringales (relacionado con Caparales y Caricales), pero en el año 2009 según la APG III, se sitúa a esta familia en el orden Brassicales, que a su vez es un orden mucho más extenso a los mencionados y donde estos quedan suprimidos (López - García, 2016).



**Figura 1.** Distribución potencial en México de *Moringa oleifera*-Lam.  
**Fuente:** Olson y Alvarado (2016).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Moringa oleifera* Lam.

<b><i>Taxonomía</i></b>	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Eudicotyledoneae
<b>Subclase</b>	Rosidae
<b>Orden</b>	Brassicales
<b>Familia</b>	Moringaceae
<b>Género</b>	<i>Moringa</i>
<b>Especie</b>	<i>Moringa oleifera</i>

### **2.1.3 Descripción Morfológica de la Moringa**

*M. oleifera* es un árbol de crecimiento muy rápido, pudiendo alcanzar alturas de 7 a 12 m, el diámetro de su tallo mide de 0.20-0.40 m, su copa tiene forma de sombrilla, cuenta con hojas compuestas de 0.20 a 0.70 m de largo, son alternas y tripinnadas (Foidl *et al.*, 2001; García, 2017). Las ramas de moringa son extendidas y están dispuestas en 4 a 6 pares de folíolos con un folíolo en la parte final.

La raíz es gruesa y profunda, con un sistema extenso de raíces laterales tuberosas, siendo fuente de reserva de agua para épocas de sequía. Las flores son bisexuales, con pétalos blancos y estambres amarillos. El fruto es capsular, lineal, 3-angular, pendular, de 20 a 45 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho, las vainas de los frutos contienen de 12 a 35 semillas, redondas con un casco semi-permeable parduzco, el casco tiene tres alas blancas (Liñán, 2010).

### **2.1.4 Condiciones Ambientales**

La Moringa posee características agronómicas que le permiten adaptarse a diferentes ambientes, tiene: fácil propagación mediante estacas y semillas, plántulas tolerantes a la salinidad pendular, de 20 - 45 cm de largo y 2 a 2.5 cm de ancho, donde se pueden encontrar entre 12 y 35 semillas redondas con un casco semi-permeable, parduzco, con tres alas blancas que le permiten una mayor anemocoria, crece adecuadamente en zonas tropicales y en lugares con una altitud baja hasta 2000 msnm.

La moringa se ha diversificado en varios países del mundo debido a su gran plasticidad ecológica, lo que le ha permitido adaptarse a diversas condiciones ambientales, puede inclusive soportar sequías (García, 2017) y establecerse en diferentes tipos de suelos (arcillosos y arenosos), a excepción de los suelos con mal drenaje (Velázquez *et al.*, 2016).

Reyes (2006) menciona que la moringa es resistente a la sequía y se desarrolla con una precipitación anual de 500 a 1,500 mm. Se establece en un rango de pH entre 4.5 y 8, presentando problemas en suelos de condición arcillosa. Tolera

temperaturas de  $-1\text{C}^{\circ}$  a  $48\text{C}^{\circ}$  (Falasca y Bernabé, 2008). Sin embargo, Godino *et al.* (2013) señalan que una de las principales causas de mortalidad de las plantas, son los cambios bruscos de la temperatura, ya sea menores a  $5\text{C}^{\circ}$  o mayores a  $40\text{C}^{\circ}$ , durante periodos cortos de tiempo.

### **2.1.5 Establecimiento**

La moringa se puede establecer por estaca o por semilla, en el crecimiento por semilla, no es necesario quitar la cascara para la emergencia de la plántula (Velázquez *et al.*, 2016).

### **2.1.6 Valor Nutricional**

La moringa es considerada por su valor nutritivo y cualquier parte de su estructura pueden ser usada tanto en la alimentación humana como en la alimentación animal (hojas, flores, frutos y raíces). Las hojas son excepcionalmente ricas en vitaminas y diferentes aminoácidos (Fuglie, 2001). Reportes sobre su composición química revelan la presencia de diferentes fitoquímicos como: glucosinolatos, isotiocianatos, flavonoides, antocianinas, proantocianidinas y cinamatos (Fröhlich y Plate, 2000). Así mismo se ha reportado un alto contenido de vitaminas, minerales y otros fitoquímicos como vainillina, ácidos grasos poliinsaturados, carotenoides, ascorbatos, tocoferoles,  $\beta$ -sitosterol, moringina, moringinina y fitoestrógenos (Singh, 2009). Compuestos aislados de la planta como el isotiocianato de bencilo y el 4-(L-aramnopiranosiloxi)-glucosinolato de bencilo presentan actividad anticancerígena, hipotensiva y antibacteriana (Fahey, 2005). La evaluación científica en los procesos de utilización de la planta, así como en la identificación de principios activos y mecanismos de acción, han dado la pauta para explicar muchos de los beneficios de su utilización previamente conocidos, incrementar su explotación y proponer nuevas aplicaciones.

Se ha estimado que las hojas de moringa contienen: cuatro veces más vitamina A que las zanahorias; siete veces más vitamina C que las naranjas; cuatro veces más calcio que la leche; tres veces más hierro, potasio y fósforo que el plátano y

concentraciones de proteína comparable a las del huevo. Además, la semilla posee de un 35 a 40% de aceite de alta calidad con características similares al de olivo, y pueden consumirse crudas, hervidas, secas o tostadas.

La moringa ha despertado un gran interés nutricional y comercial, debido a que se ha logrado identificar en esta planta una alta cantidad de proteínas, fibra, vitaminas, minerales y metabolitos secundarios (carotenos y tocoferoles) (Velázquez *et al.*, 2016).

## **2.2 Usos de la Moringa**

La moringa ha sido utilizada desde los antiguos romanos y egipcios por su valor cosmético (López, 2016).

### **2.2.1 Alimenticios**

Se introdujo a América durante el siglo XIX, esto como una especie con propósitos alimenticios (Falasca y Bernabé, 2008). Es por eso que hoy en día la moringa se emplea como valor agregado en yogurt y jamón de pescado, donde se ha encontrado que tiene mayor actividad antioxidante que otros cultivos como la chía, retardando la oxidación de los lípidos, ayudando a la conservación de los alimentos e inhibiendo la aparición de microorganismos (Elhadi *et al.*, 2017; Cutz de Ocampo *et al.*, 2018; López *et al.*, 2018) así como en suplementos nutricionales, infusiones ricas en antioxidantes y capsuladas (Rathnayake *et al.*, 2019); elaboración de las bebidas energéticas (López *et al.*, 2017; Vanajakshi *et al.*, 2015); industria de la panadería y repostería (Rathnayake y Navarathna, 2017) y en la comida típica como sopas, ensaladas, frituras, cuajada, etc. (Yameogo *et al.*, 2011).

### **2.2.2 Medicinal**

Se puede usar con fines medicinales ya que es una importante fuente de vitamina C, hierro, calcio, potasio y fósforo (Iglesias *et al.*, 2018), en este sentido, algunas propiedades medicinales que se le atribuyen a la moringa son: tratamiento de

enfermedades respiratorias (mediante infusiones) (López-Martínez, 2016), padecimientos como asma, epilepsia, enfermedades gastrointestinales, inflamatorias, nutricionales, fiebre y hemorroides (Velázquez *et al.*, 2016).

### **2.2.3 Servicios Ambientales**

La moringa también puede ser usada en el ámbito no alimentario, la presencia del 1,1,3- trietoxubutano en todas las partes de la planta permite su uso en el tratamiento de aguas residuales (Vats y Gupta, 2017). Se han realizado estudios usando las semillas de moringa en el tratamiento de aguas de río con sólidos suspendidos, aguas subterráneas, aguas fluviales y aguas turbias. Otro uso de carácter no alimentario es su utilización como fuente de aceite para la producción de biodiesel (Velázquez *et al.*, 2016).

La moringa es una planta de gran versatilidad, por lo que se puede aprovechar todas sus partes (vainas, flores, hojas, corteza y raíces). Las hojas son las que generalmente tienen mayor uso, ya que se pueden comercializar como hojas deshidratadas, encapsulados, polvo de las hojas deshidratadas y tés. A las hojas y té de moringa se les atribuyen propiedades antimicrobianas, antibacterianas, antivirales, antiparasitarias, antidiabéticas y antidiuréticas (Guzmán *et al.*, 2015).

## **2.3 Composición Nutricional de Hojas de *Moringa oleifera***

En los últimos años se han realizado investigaciones de las diferentes partes de la moringa, lo que permite confirmar que son ricas en minerales, aminoácidos y biomoléculas (González, 2018). Como dato de importancia respecto a la proteína presente en la moringa, es que cuenta con todos los aminoácidos esenciales, lo anterior no es común en vegetales, así pues, la buena proporción de estos aminoácidos hace que la proteína sea altamente considerada de calidad y de fácil digestión (Cuadro 2). Además, la proteína de la moringa muestra buenos niveles de lisina, este aminoácido es importante porque asegura una mejor absorción del calcio (González, 2018).

**Cuadro 2.** Aminoácidos presentes en las hojas secas de moringa

<b>Aminoácido</b>	<b>Cantidad (mg/100g muestra)</b>
<i>Histidina</i>	700 – 1357
<i>Isoleucina</i>	890 – 2253
<i>Leucina</i>	1750 – 4289
<i>Lisina</i>	1325 – 1530
<i>Metionina- Cisteína</i>	140 – 835
<i>Fenilalanina</i>	890 – 2714
<i>Treonina</i>	790 – 2197
<i>Valina</i>	1130 – 2758
<i>Triptófano</i>	1528

El contenido de calcio en las hojas de moringa es alto, sin embargo, aproximadamente el 37.5% se encuentra en forma de oxalato, lo que disminuye considerablemente la cantidad realmente disponible, a pesar de ello, supera a valores encontrados en otros alimentos como la leche entera de vaca (119 mg/100 g) o la soya seca (277 mg/100 g) (Álvarez, 2017).

El contenido de hierro en la moringa también es relativamente alto, comparable al de las leguminosas como la soya. Sin embargo, la presencia de ácido fítico, taninos y saponina limitan la biodisponibilidad de este mineral. Además, se ha encontrado que el hierro presente en la moringa es del tipo no heme, lo que hace que su absorción sea menos eficiente por el organismo, por lo que no se puede asegurar que la moringa sea antianémica ya que requeriría un consumo en altas cantidades (Álvarez, 2017).

## 2.4 Composición Físico-Química de las Hojas de *Moringa oleifera*

Existen diversos autores que han reportado la composición química de las hojas de moringa antes y después de ser sometidas a diversos tratamientos de secado. Umar *et al.* (2015) reportan las variaciones entre la composición química de hojas frescas y liofilizadas de moringa. Por su parte, Alakali *et al* (2015) reportaron la composición de las hojas secadas en un horno a 60 °C (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Composición físico-química de hojas de moringa

<b>Parámetros</b>	<b>Hojas Frescas %</b>	<b>Liofilizado %</b>	<b>Secado en horno %</b>
<i>Carbohidratos</i>	5.15	37.20	49.08
<i>Cenizas</i>	1.23	8.36	5.22
<i>Fibra</i>	7.30	13.39	17.61
<i>Grasa</i>	72.50	8.15	2.47
<i>Humedad</i>	72.50	5.88	5.00
<i>Proteína</i>	6.34	27.02	20.75

Las proteínas son uno de los componentes esenciales de las hojas de moringa, ya que estas están presentes en alrededor del 30% de la hoja seca, por eso se dice que son los componentes de mayor interés, dado que contienen todos los aminoácidos esenciales. En este sentido, el consumo de hojas de moringa en situaciones de desnutrición puede tener una repercusión positiva en la población o subpoblación a la cual se proporcione. Cabe destacar que a pesar de que la mayoría de los alimentos derivados de vegetales son ricos en proteínas, por lo general las contienen en sus frutos. Sin embargo, la moringa las contiene en sus hojas con lo cual se asegura la distribución proteica durante todo el año, por tratarse de un árbol de hojas perennes, mientras que los frutos se producen durante una o dos veces al año. Así mismo es importante comentar que el precio

de las hojas es menor al de los frutos, así pues, siguiendo esta misma línea también es aún más bajo que el precio de la carne u otros productos animales, razón por la cual las hojas de moringa se pueden utilizar como una fuente principal de alimento para combatir la desnutrición, especialmente en niños y bebés (Moyo *et al.*, 2011; Koul y Chase, 2015); por lo que su consumo ha sido promovido desde 1998, por la Organización Mundial de la Salud “WHO” (World Health Organization).

Otra ventaja de esta planta es que sus hojas ya sean frescas, cocidas o secas en polvo, pueden ser almacenadas por algunos meses sin refrigeración, sin que pierdan el valor nutrimental antes de ser consumidas (Hsu *et al.*, 2006). Se ha reportado que al consumir hojas hervidas de moringa la absorción de proteínas incrementa considerablemente, sin embargo, sus compuestos bioactivos disminuyen de manera notoria, así como el contenido de algunas vitaminas y minerales (Saini *et al.*, 2014). Por esta razón se considera conveniente emplear otras tecnologías de procesamiento que permitan aprovechar de manera integral los compuestos de la Moringa.

#### **2.4.1 Compuestos Fenólicos**

Los compuestos fenólicos son una de las tres principales clases de metabolitos secundarios de las plantas que presentan interés comercial (junto con los terpenos y compuestos nitrogenados), estos disponen diversas funciones fisiológicas, en la planta participando en su crecimiento y reproducción, también se ha encontrado que participan en procesos defensivos contra agentes patógenos, depredadores y radiación ultravioleta. Tradicionalmente han sido considerados como sustancias anti nutritivas debido al efecto adverso de uno de sus componentes principales (taninos) en la digestibilidad de las proteínas. Sin embargo, en la actualidad generan gran interés por la variedad de actividades biológicas que presentan, al punto de estimar uno de los compuestos fitoquímicos alimentarios más importantes debido a que contribuyen en el mantenimiento de la salud humana (García *et al.*, 2015).

Se sabe que el etanol tiene la capacidad de desplazar mayor cantidad de compuestos polares como fenoles, taninos, flavonoides a otros metabolitos. Estos compuestos poseen, actividad antimicrobiana, debido a que inhiben la formación de la pared celular y la síntesis de ADN o ARN e impiden el crecimiento bacteriano ya que actúan en la inhibición de enzimas por los compuestos oxidados posiblemente mediante reacciones del grupo sulfhídrico o por interacciones no específicas con proteínas.

Las mezclas hidroalcohólicas favorecen una mejor solubilidad de los componentes activos responsables de la actividad bactericida y aumenta la permeabilidad de la pared celular. El extracto acuoso se contribuye que el agua extrae otros metabolitos que pueden interactuar antagónicamente en la actividad y es probable que necesite altas concentraciones para tener mejor efecto antibacteriano. Martín (1998) reporta que los extractos acuosos presentan poca actividad antimicrobiana y que los principios activos de las plantas no son fácilmente extraídos con agua. La alteración en la variabilidad de la actividad antibacteriana de los extractos frente a las diferentes cepas se puede deber al grado de polaridad y solubilidad relacionada con los solventes en la obtención de metabolitos activos con acción directa sobre la pared celular de los patógenos (Selesha y Kang, 2019).

Rahman (2009) Presentó en su investigación la actividad antibacteriana de extractos acuosos y etanólicos de las hojas de *Moringa oleifera in vitro* en las que ambos extractos mostraron una actividad microbiana frente a bacterias gram (-) y gram (+), siendo el extracto etanólico el que presentó mayor actividad que el acuoso. La eficiencia de extractos de *M. oleifera* como agente antibacteriano parecen deberse a unos componentes activos que contienen, los cuales deberían trabajar juntos en sinergismo como antagonistas del crecimiento y viabilidad celular.

Estos compuestos responsables de la actividad pueden fácilmente pasar a través de la membrana celular debido a la presencia de los grupos etílicos los cuales inhiben las enzimas esenciales de la membrana celular a la síntesis de peptidoglucano, también puede generar radicales libres cargados negativamente que queden desorganizar o romper la membrana celular. Algunos compuestos solubles presentes en Moringa pueden perjudicar y dañar la membrana celular afectando la permeabilidad celular, el crecimiento y supervivencia bacteriana (Wang *et al.*, 2016).

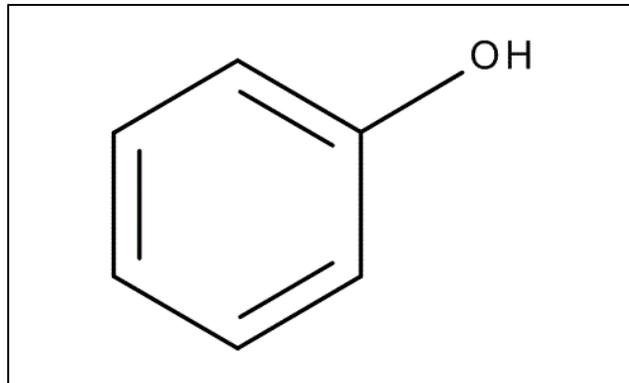


**Figura 2.** Importancia de los compuestos poli -fenólicos en Moringa.

**Fuente.** Carrión *et al* (2017).

### 2.4.1.1 Estructura

Los compuestos fenólicos se caracterizan por contener un grupo fenol y un grupo funcional hidroxilo en un anillo aromático (García, 2017).



**Figura 3.** Estructura química de un compuesto fenólico simple

Los grupos hidroxilo de los fenoles son ácidos en comparación con otros grupos hidroxilo, esto se debe a que están en un anillo, lo cual les permite estabilizar inmediatamente un sustituyente oxigenado desprotonado (García, 2017), es decir, son capaces de donar el átomo de hidrógeno de su grupo fenol a los radicales libres, deteniendo el paso de propagación de la cadena durante el proceso de oxidación (Guija *et al.*, 2015).

Los compuestos fenólicos son moléculas muy reactivas que normalmente se encuentran combinadas con azúcares, como la glucosa, arabinosa, galactosa, ramosa, xilosa o los ácidos glucurónicos y galacturónicos. Así mismo pueden estar unidos con ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, lípidos y aminoácidos (García *et al.*, 2015). Se determina que algunos son solubles únicamente en disolventes orgánicos, mientras que otros son ácidos carboxílicos y ácidos glucosídicos solubles en agua, finalmente hay otro grupo que son polímeros grandes insolubles (García, 2017).

### **2.4.2 Radicales Libres**

Los radicales libres son figuras químicas que tienen uno o más electrones desapareados en su estructura, estos compuestos forman parte de las llamadas especies reactivas del oxígeno (ERO) o ROS (Reactive Oxygen Species). Son

liberados durante el metabolismo humano por lo que pueden ser relacionados con una alimentación no adecuada, consumo de tóxicos como el tabaco, alcohol y drogas; uso de tóxicos como los pesticidas, también son producidos por radiaciones (ultravioleta, gamma, hertziana) y por contaminantes ambientales del tipo acuático, atmosférico y suelos (Coronado *et al.*, 2015).

En el organismo estas especies regulan procesos como la migración, proliferación, supervivencia, apoptosis y autofagia celular transmitiendo mensajes a las células, son fundamentales en procesos fisiológicos, en la inmunología y en la neurociencia. También se ha señalado que dentro de sus funciones está potenciar la función neuronal y juegan un papel importante en la ovulación, capacitación espermática y fertilización. Sin embargo, los radicales libres en una concentración sobresaliente es dañina e implica numerosos procesos patológicos, como el cáncer, la arteriosclerosis, la toxicidad por fármacos, la infertilidad (Ruiz, 2018), alteración del ADN y cambios diversos que aceleran el envejecimiento del cuerpo (López *et al.*, 2017).

#### **2.4.2.1 Antioxidantes**

Los antioxidantes son sustancias que forman parte de los alimentos que se consumen a diario (Coronado *et al.*, 2015), estos son micronutrientes que han demostrado interés en los últimos 16 años debido a que tienen la habilidad para neutralizar los radicales libres (Huerta *et al.*, 2015), es por eso por lo que permiten proveer beneficios para la salud, disminuyendo las enfermedades cardiovasculares (López *et al.*, 2017). Las hojas de moringa son buena fuente de antioxidantes naturales (RSA-CONICET, 2016), este contenido se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides, licopeno, ácido ascórbico y antocianinas (Vats y Gupta, 2017).

Los antioxidantes tienen propiedades que no solo deben ser estudiadas por sus interacciones químico-biológicas, sino también por la importancia que tienen en el deterioro de oxidación que afecta a los alimentos (Coronado *et al.*, 2015), en

este sentido, los antioxidantes naturales han venido ganando mayor importancia en cuanto a la efectividad de los antioxidantes de origen sintético como el butilhidroxitolueno (BHT) o butilhidroxianisol (BHA), debiéndose a que estos últimos presentan inestabilidad y una sospecha de acción como promotores de la carcinogénesis (Fitriana *et al.*, 2016).

#### **2.4.2.2 Capacidad Antioxidante**

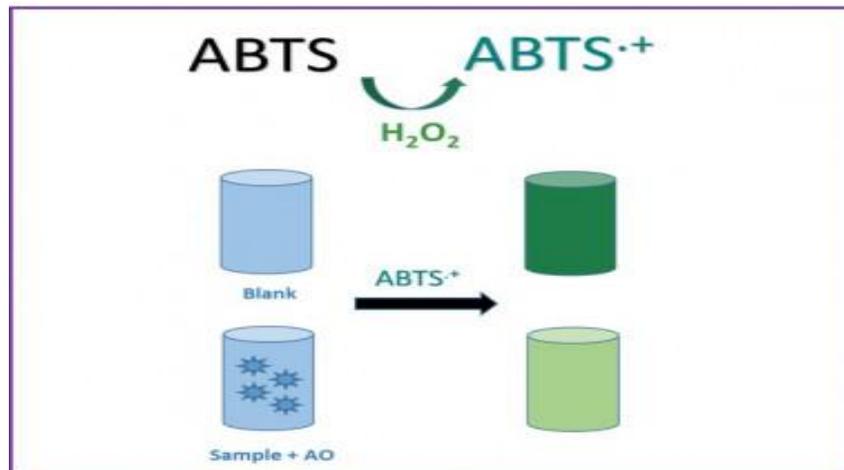
En los alimentos es importante la determinación de la capacidad antioxidante porque permite conocer el potencial antioxidante *in vitro* que tienen los alimentos antes de su consumo, dicha capacidad permite conocer y cuantificar la protección frente a la oxidación por los radicales libres, por esta razón, los métodos de determinación de capacidad antioxidante se basan en sistemas generadores de estos radicales libres (Figueroa y Mollinedo, 2017).

Un estudio realizado por García (2017) evaluó la capacidad antioxidante presente en hojas de moringa deshidratadas, utilizando para ello los métodos DPPH y ABTS, dando como resultado una alta cantidad de antioxidantes y demostrando también que la mejor manera de extraerlos es utilizando agua destilada como solvente. Por otro lado, Coz y Guzmán (2015) evaluaron la capacidad antioxidante de las hojas de moringa en su presentación como té herbal, utilizando los métodos ABTS, DPPH y FRAP, permitiendo detectar una alta capacidad antioxidante.

#### **2.4.2.3 Método (ABTS)**

En el ensayo ABTS se valora la decoloración del ABTS oxidado ( $ABTS^{+\bullet}$ ), es decir se mide la reducción del radical catiónico como un porcentaje de inhibición de la absorbancia a 734 nm (García, 2017). El radical  $ABTS^{+\bullet}$  se genera a partir de su precursor el ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín) -6- sulfónico (ABTS) y persulfato de potasio (Re *et al.*, 1999). El radical catiónico es una composición de color verde - azulado, estable y con un espectro de absorción en el UV-visible.

La reducción del  $ABTS^{+\bullet}$  es medida en el espectro, durante la reducción, el ABTS oxidado pasa de un color inicial verde azulado a su estado neutro incoloro (Fitriana *et al.*, 2016). Este método también es conocido como TEAC (troloxequivalent antioxidant capacity).

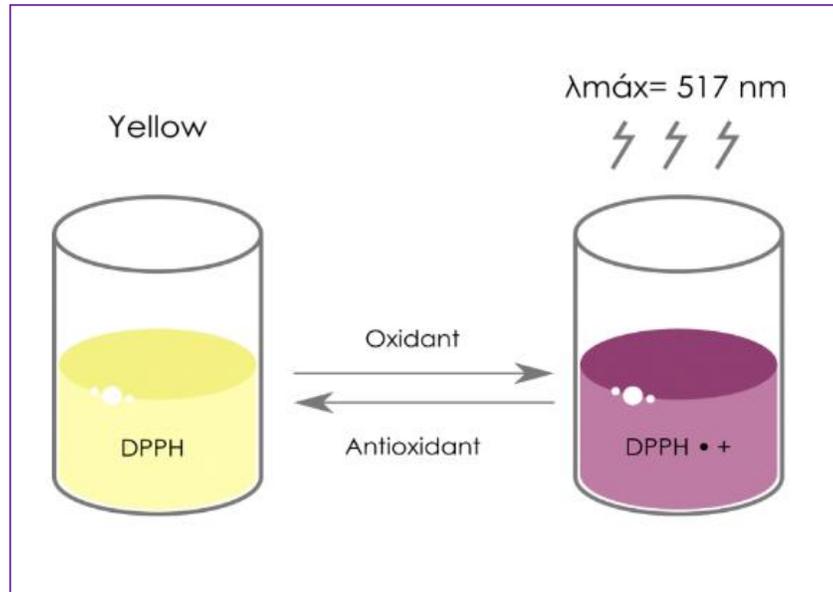


**Figura 4.** Capacidad antioxidante del método ABTS  
**Fuente:** Miller y Rice-Evans (1993)

#### 2.4.2.5 Método (DPPH)

La capacidad antioxidante se puede determinar por diversos métodos, uno de los más utilizados es el DPPH, este ensayo se basa en la determinación espectrofotométrica de la decoloración de una solución de un compuesto cromógeno oxidado (DPPH) en un medio antioxidante (Castro, 2016), específicamente, esta decoloración se da por el descenso de la absorbancia a 515 nm de la solución metanólica de radical difenil 1-picrilhidrazil (DPPH) (color púrpura) hasta convertirse en el 1-1, difenil-2-picrylhidrazil (color amarillo pálido) debido a que los componentes con capacidad de eliminar radicales libres tienen la habilidad de reducir el radical DPPH donándole un átomo de hidrógeno, esta interacción se basa en la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno (Fitriana *et al.*, 2016), la pérdida de color es proporcional al grado de captura del radical DPPH, la cual brinda una medida de la eficiencia antioxidante de los extractos (Teixeira *et al.*, 2013), los valores son expresados de acuerdo a un

compuesto patrón, utilizando una solución del radical DPPH como blanco (Castro, 2016).



**Figura 5.** Capacidad antioxidante del método de DPPH

### 2.4.3 Acción Antimicrobiana

La proliferación de enfermedades causada por microorganismos patógenos es una preocupación generalizada, ya que constituye un factor de riesgo para la salud humana. La resistencia a los antibióticos y los antivirales es uno de los temas más sobresalientes en salud pública a nivel mundial. La utilización de sustancias naturales en el tratamiento de diferentes enfermedades, incluidas las de etiología infecciosa, constituye en la actualidad un desafío en la medicina y se ofrece como una alternativa (Domingo, 2003).

Se considera que la parte área de las plantas, especialmente en las hojas, existen alrededor de  $1 \times 10^{-6}$  a  $1 \times 10^7$  célula/cm<sup>2</sup> de microorganismos, principalmente bacterias las cuales son gran parte de la ecología vegetal, estableciendo un equilibrio que se fragmenta por diversos motivos, por ejemplo, con la colonización de un microorganismo patógeno. De manera general las plantas producen más

de 100.000 productos naturales de bajo peso molecular, los cuales son conocidos como metabolitos secundarios diferentes a los primarios en que no son especiales en la planta. Esta diversidad tan amplia es parte de un proceso evolutivo llevado a cabo por la selección natural y adquiere una amplia defensa frente a los ataques de microorganismos.

#### **2.4.4 Análisis Sensorial**

La evaluación sensorial se ha declarado como la disciplina científica registrada y utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Stone y Sidel, 2004).

La evaluación sensorial se realiza con el fin de brindar a la industria, la oportunidad de aprovechar y aplicar estas mediciones. El carecer de una evaluación sensorial podría condicionar el fracaso de los avances e innovaciones que se producen en la tecnología de alimentos. Es de conocimiento general el ejemplo de un producto elaborado para un determinado grupo de personas perfectamente adecuado y equilibrado desde el punto de vista nutritivo. Sin embargo, pudiera ser descartado por sus potenciales consumidores, porque no les gusta su sabor, su color o su textura. Hay una alta cantidad de análisis que se les hacen a los alimentos para estar estables de la calidad que se quiere brindar, como: composición química, carga microbiana y, sobre todo, sus características sensoriales (agrado, sabor, dulce olor, color, textura), pues de ello depende la demanda que tendrán los consumidores hacia dicho producto. Para este propósito se requiere de personas entrenadas para llevar a cabo dichos análisis.

La evaluación sensorial optimiza una ciencia y presta atención a la precisión, exactitud y reproducibilidad de sus metodologías proporcionadas, pero también considera y analiza la relación entre un estímulo físico dado y la respuesta del sujeto, el resultado a menudo se considera como una sucesión de un solo paso.

Algunos manejan al menos tres pasos en el proceso:

1. El estímulo interactúa con el órgano sensorial y se convierte en una señal nerviosa que viaja al cerebro.
2. Con experiencias previas en la memoria, el cerebro interpreta, organiza e integra las sensaciones entrantes en las “percepciones”. Finalmente,
3. Se formula una respuesta basada en la percepción del sujeto, que le permite saber si lo que está percibiendo es dulce, duro, amarillo o cualquier otro atributo sensorial (Schiffman 1996).

Se estima que el ser humano es considerado como un elemento esencial para el control de la calidad del alimento, ya que puede detectar la calidad del aroma, sabor, color y textura a través de sus sentidos. Para ello se necesita un grupo de personas llamado Panel (Jueces) Sensorial debidamente entrenado para que los resultados sean más fidedignos, precisos, exactos y representativos en la evaluación.

El **sabor** y el sentido del **gusto**

El **olor** y el sentido del **olfato**

El **color** y el sentido de la **vista**

La **textura** y su relación con los sentidos

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Fermentaciones y Biomoléculas del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, México. La investigación de este trabajo se realizó en seis etapas:

- 1) Determinación de fenoles totales
- 2) Actividad antioxidante mediante los métodos ABTS y DPPH
- 3) Elaboración de un alimento funcional a base de polvo de *M. oleifera*
- 4) Análisis microbiológico
- 5) Análisis bromatológico
- 6) Evaluación sensorial

### 3.2 Material Vegetal

El trabajo de investigación se realizó con el polvo de hojas de *Moringa oleifera* de los tipos vaina larga y vaina corta registrados por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### 3.3 Reactivos

Todos los reactivos que se utilizaron en esta investigación son grado analítico. La base en la disolución de los reactivos fue agua destilada, y etanol absoluto 99.9% en algunas pruebas. Para la determinación de fenoles totales se analizó con el reactivo Folin ciocalteu, carbonato de sodio y ácido gálico. Para la actividad antioxidante el reactivo DPPH, ABTS y Persulfato de K. Agua peptonada, agar

papa dextrosa (PDA), agar nutritivo para los análisis microbiológicos. Para la determinación de nitrógeno en los análisis bromatológicos se utilizó ácido bórico, hidróxido de sodio y fenolftaleína.

### 3.4 Obtención de la Materia Prima

Se recolectaron manualmente hojas de la planta de moringa (*Moringa oleifera* Lam) durante los meses de enero a mayo de 2023, en el invernadero 8 del Departamento de Fitomejoramiento. Posteriormente las hojas se secaron en una estufa a 180°-200°C por 24 h, se licuó por 5 minutos para obtener el polvo de la muestra (Fig 5).



**Figura 6.** Preparación de la materia prima: a) secado de muestra; b) obtención del polvo de la muestra; c) peso de la moringa en polvo para muestra.

### 3.5 Producción de Extracto de *Moringa oleifera* Lam

Para la preparación de los extractos se pesaron 11.5g de hojas de moringa en polvo se mezclaron con 100/50ml del solvente de interés. Para la obtención de extractos, los solventes empleados fueron: mezcla hidroetanólico (50:50, etanol:agua), etanol al 100%, y agua destilada al 100%.

### 3.5.1 Cuantificación de Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales (CFT) fue determinado en celdillas de 45mm, para ello se pesaron las muestras de moringa, posteriormente se pasaron a un matraz Erlenmayer de 250ml previamente etiquetados, se tomó el volumen del solvente en la probeta y se cubrió con papel aluminio sellando la boquilla del matraz con parafilm.

Se pesaron 20g de carbonato de sodio en 100ml de agua destilada para después llevar al agitador el tiempo necesario, posteriormente se aforó en el matraz hasta cubrir los 100ml. La solución del matraz se vació al vaso de precipitado de 150ml. Se procedió a filtrar la muestra en la bomba de aire para aplicar los 50 $\mu$ L a los tubos de ensayo, se utilizaron tres repeticiones de cada muestra aplicando 200 $\mu$ L de Folin ciocalteu a cada repetición de la muestra, 500 $\mu$ L de carbonato de sodio y 5ml de agua destilada se llevó a baño maría por 30min a 45°C; transcurrido el tiempo se colocó en el espectrofotómetro para la lectura de absorbancia a (750Nm).



**Figura 7.** Fenoles totales: a) muestra de moringa (hidroetanólico, etanólico y acuosa; b) muestras en agitador Shaker; c) dilución de las muestras; d) absorbancias bajo espectrofotómetro.

### **3.5.2 Actividad Antioxidante**

Para determinar la actividad antioxidante de los extractos de la moringa se siguió el método descrito por Moutinho *et al.* (2013), donde se emplea el radical estable de ABTS y DPPH.

#### **3.5.2.1 Método ABTS**

Se pesaron 38.4mg de muestra de la moringa disolviéndolo en 10µL de agua destilada para una concentración de 7mM, preparando 6.62mg de persulfato de K en 10ml de agua destilada para una concentración de 2.45mM, la solución se dejó en la parrilla de agitación de 14 a 16 hr. Se ajustó con etanol al 20%, para después tener una absorbancia de 700Nm. Se procedió a filtrar a 1ml de muestra para ponerlo en los tubos de ensayo posteriormente se agregaron 9ml de agua destilada. Para la solución que se va a trabajar se ajustó 1055µL de etanol al 20%.

Se colocaron 10µL de la muestra diluida con 200µL de la solución de ABTS, se mantuvo en espera durante 10min bajo luz y posteriormente se leyó la absorbancia a 750Nm.

Blancos de ABTS

Acuoso 10µL

Etanólico 10µL

Hidroetanólico 5 + 5

Dilución 1/20 = 950µL agua + 50µL extracto

### **3.5.2.2 Método DPPH**

Para este método se obtuvo 20ml de etanol en 1.18ml de DPPH, centrifugando las muestras por 10min – 400rpm (revoluciones por minuto), diluyendo las muestras a 975µL de agua y 50µL del extracto.

Fórmula de ecuación de la recta

$$y = mx + b$$

*Donde:*

*y= Absorbancia*

*mx= concentración*

$$x = \frac{y-b}{m}$$

*Dilución*

1/100 = 990µL agua + 10µL extracto

1/20 = 950µL agua + 50µL extracto

Fenoles 980µL agua + 20µL extracto

25µL de cada dilución y 200µL de DPPH, se espera 30min bajo luz para después leer la absorbancia a 520N.

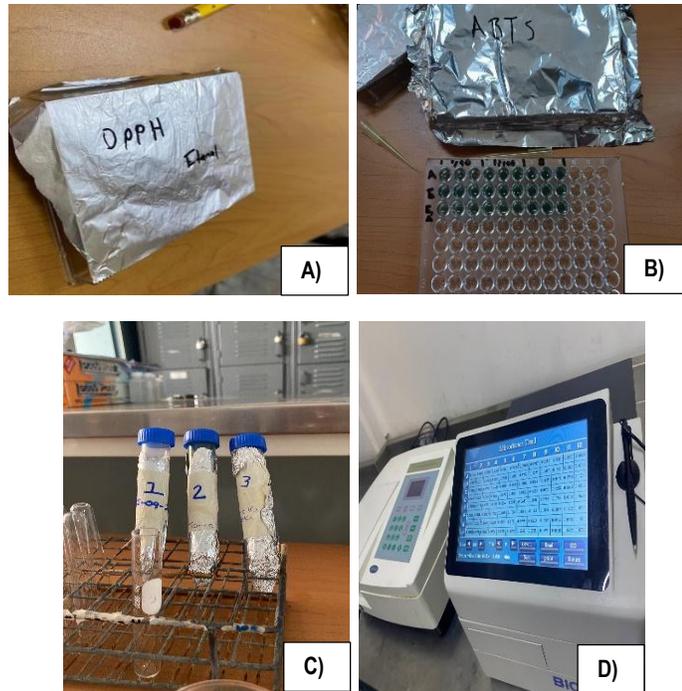
Para los blancos de DPPH

Acuoso 25µL

Etanólico 25µL

Hidroetanólico 12.5 +12.5

Se agregó cada porcentaje en el pocillo de la placa, posteriormente se agregaron los 200µL de DPPH se esperó 30min bajo luz para después leer la absorbancia.



**Figura 8.** Actividad antioxidante método ABTS y DPPH: a) dilución método DPPH; b) dilución método ABTS; c) muestras concentradas; d) absorbancias bajo espectrofotómetro.

### 3.6 Análisis de Datos

Los datos obtenidos en las tres absorbancias bajo el espectrofotómetro, se concentraron en excel y se sometieron a la técnica de análisis de varianza, utilizando el programa estadístico (INFOSTAT 2020).

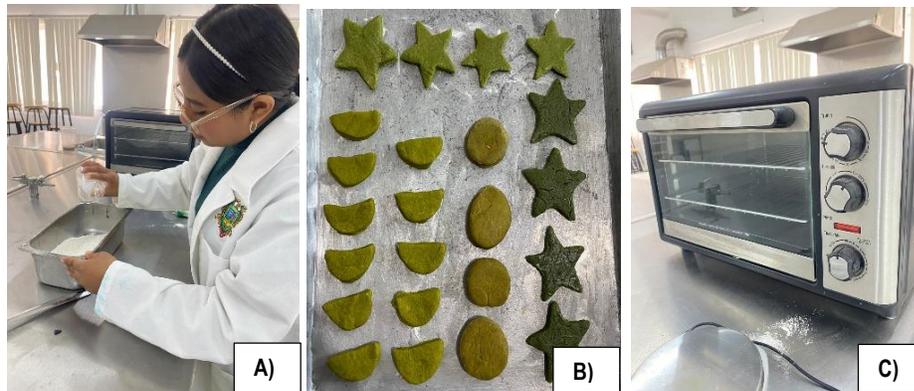
### 3.7 Formulación de un Alimento Funcional a Base de Polvo de *Moringa oleifera*

Para la elaboración de las galletas, se realizaron varias pruebas con el polvo de las hojas de la moringa para la obtención de las fórmulas para la receta de las galletas (Cuadro 4). Finalmente se utilizó la siguiente fórmula:

**Cuadro 4.** Receta para la elaboración de las galletas a base de moringa

Material	Formulación (gr-ml)
Muestra de moringa	3g
Extracto de vainilla	5ml
Harina de trigo	38g
Azúcar glass	15g
Mantequilla	18g
Sal fina	1.5g
huevo	8g

Se obtuvo una mezcla homogénea de esta receta y se procedió a moldear la masa para elaborar las galletas, se les dio una forma de estrella, posteriormente se llevó a hornear durante 15min a una temperatura de 150° a 180°C.



**Figura 9.** Elaboración de galletas de moringa: a) muestra homogénea de la materia prima; b) galletas moldeadas; c) horno 150°-180°C.

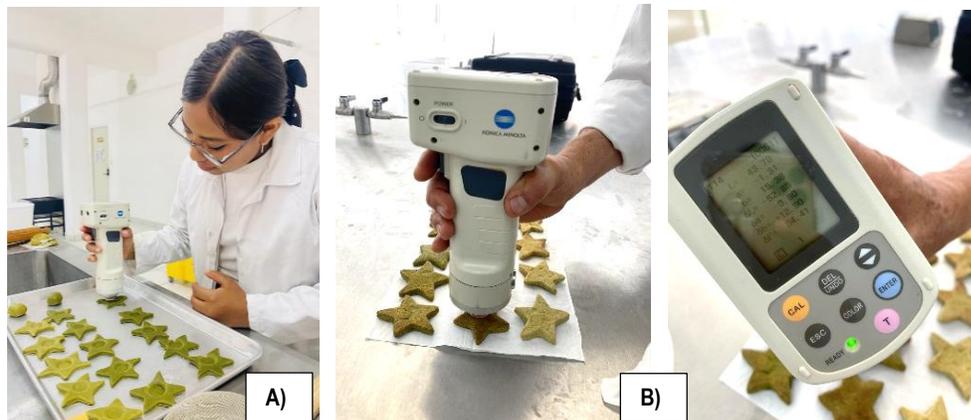
### 3.7.1 Caracterización del alimento funcional

Las galletas de la formulación fueron caracterizadas en color, bromatológicos, microbiológicos y análisis sensorial (Cuadro 4).

### 3.7.1.1. Determinación de color

Para la determinación de este parámetro, se realizó la elaboración del producto con tres concentraciones: (1, 3, 5g) con cinco repeticiones. Se determinó el color antes y después de la cocción de las muestras mediante un colorímetro MINOLTA CR400 L\*a\*b los cuales fueron ubicados en el diagrama de cromaticidad (Fig 10).

- L= luminosidad
- a y b= coordenadas de cromaticidad
- a (+) = indica color rojo
- a (-) = indica color verde
- b (+) = indica color amarillo
- b (-) = indica color azul



**Figura 10.** Medición del colorímetro: a) antes de la cocción; B) después de la cocción.

### 3.7.2 Análisis Microbiológico

Se prepararon seis cajas Petri para realizar la inoculación, tres cajas con agar nutritivo ( $\times 10^{-1}$ ,  $\times 10^{-2}$ ,  $\times 10^{-3}$ ) y tres con papa dextrosa (PDA  $\times 10^{-1}$ ,  $\times 10^{-2}$ ,  $\times 10^{-3}$ ), la técnica de vaciado de placa consistió en homogenizar el extracto de la galleta molida agitando vigorosamente la muestra, se transfirió 1g de la muestra al tubo de ensayo conteniendo 4.5ml de agua peptonada, se agitó el contenido del tubo y se transfirió 1ml a otro tubo como en el caso anterior (dilución  $10^{-3}$ ). En la

técnica de inoculación de superficie consistió en realizar la siembra en las cajas Petri tres con 500µL de agar nutritivo y tres contenidas de 500µL de PDA, se introdujo la varilla en alcohol y flameándola dejando enfriar a un extremo de la caja, se extendió con la varilla el inóculo en toda la superficie de la placa pasando la varilla repetidas veces. Se procedió a dejar secar la superficie de las cajas aproximadamente 15min, invirtiendo e introduciendo a la incubadora de cultivo a 37°C por 48 h (Fig 11).



**Figura 11.** Inoculación del extracto de la galleta de moringa

### **3.7.3 Análisis Bromatológico**

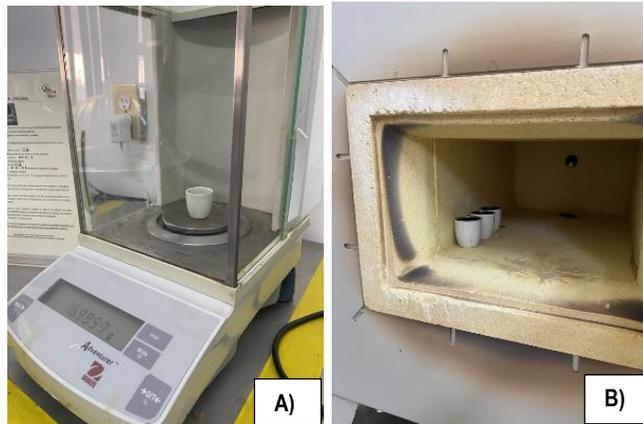
#### **3.7.3.1 Determinación de Cenizas o Minerales Totales**

El análisis para cenizas o minerales totales se realizó mediante la obtención del peso de la muestra seca total, se sacaron los tres crisoles de la estufa donde estuvieron por 24 hr a 105°C, y se colocaron en un desecador por 18min, posteriormente se tomó el peso de cada crisol en una balanza analítica y se registró en orden. De igual manera se registró e identificó el crisol, posteriormente se pesaron 2g de la muestra para cada crisol y nuevamente se llevaron a la estufa por 24 hr entre 100 a 105°C, después de este tiempo se pesó nuevamente el crisol más la muestra seca. Posteriormente se llevaron los crisoles a la campana de extracción de gases sobre una parrilla, pasado el tiempo transcurrido se metió

a la mufla a 600°C por 2hr y de esta forma se obtuvo el contenido de cenizas mismas que se pesaron en la balanza analítica (Fig 12).

Cálculos:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso crisol más cenizas} - \text{Peso crisol solo}}{\text{gr de muestra}} * 100$$



**Figura 12.** Determinación de minerales totales: a) determinación del peso; b) muestras bajo mufla a 600°C.

### 3.7.3.2 Determinación de Nitrógeno – Proteína por Kjeldhal

La determinación de este parámetro se llevó a cabo mediante el método de la AOAC (1986) el cual consiste en realizar una destilación, se utilizó 30ml de ácido bórico al 2.2%, hidróxido de Na al 50% y fenolftaleína 0.1g por cada litro al 50%, se realizó la titulación con una bureta de 50ml y ácido sulfúrico al 0.025. Para la obtención de la proteína se obtuvieron los ml gastados en la titulación por los meq de N por el ácido sulfúrico entre los gramos de la muestra multiplicado por 100. Al obtener estos resultados se utilizó un factor de conversión multiplicado el cual nos arrojó el porcentaje de proteína cruda/ bruta/ total.

Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{Ml gastados en la titulación} * 0.014 * 0.025}{\text{gr de muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} * 6.25$$

Donde:

- $0.014 = \text{MEq de Nitrógeno}$
- $0.025 = \text{Normalidad del ácido}$
- $6.25 = \text{Factor de conversación}$

### 3.7.3.3 Determinación de Grasa – Fibra

Se pesó y separó 0.1g de la muestra obtenida, colocándolos en cada matraz, una vez identificados se llevaron a la campana de extracción de gases, al cambiar el color a un verde cristalino claro nos indicó que la muestra a realizado su digestión, posteriormente se aplicó a cada matraz 4ml de ácido sulfúrico al 0.025.

Se preparó el papel filtro con 3g de la muestra, se pesaron los matraces fríos, y posteriormente se pasaron al equipo de extracción Soxhlet, en donde las muestras desengrasadas se colocaron en los vasos.

Se calentó agua destilada a temperatura ambiente y se midió el ácido sulfúrico, posteriormente en un matraz bola fondo plano, se agregaron 1000ml de agua destilada y también los 7.01ml de AS, ya obtenida la mezcla homogénea se añadieron 100ml a los vasos de precipitado con los 2g de muestra para la obtención de fibra en la balanza analítica.

Una vez que se obtuvo la titulación total, se rasparon las muestras para ponerlo en el crisol correspondiente, transcurrido el tiempo de los crisoles y matraz en la estufa se pasaron al desecador por 20min y se llevaron a la mufla, de igual manera se obtuvieron los resultados en la balanza analítica (Fig 13).

Se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso del matraz con grasa} - \text{Peso matraz solo}}{\text{gr de muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{Peso del crisol} - \text{Peso del crisol con ceniza fibra}}{\text{gr de muestra desengrasada}} * 100$$



**Figura 13.** Determinación de grasa – fibra: a) muestras bajo campana de extracción de gases; b) muestra ácido sulfúrico; c) muestras desengrasadas; d) extracción Soxhlet; e) obtención de fibra y f) muestras bajo estufa a 150°C.

### 3.7.4 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se realizó en el laboratorio de Análisis sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, para ello se invitó a alumnos de diferentes carreras y docentes del Departamento de

Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. A cada persona se le proporcionaron las galletas elaboradas a base de moringa, y una hoja con una serie de preguntas para llevar a cabo la evaluación.

Se registraron las siguientes características: agrado, sabor dulzor, textura y color de las galletas (Fig 14).



**Figura 14.** Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de Moringa

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Contenido de Fenoles Totales (CFT) y Antioxidantes

El extracto acuoso presentó el mayor contenido de CFT, seguido por el extracto hidroalcohólico (EHE) y el de menor contenido fue el obtenido empleando etanol como solvente (extracto etanólico) (cuadro 5).

Flores-López *et al* (2016b) reportó una influencia del solvente sobre mayores CFT para extractos acuosos sobre etanólicos, similares a los detectados para extractos de hojas de *A. vera* de 47.4 y 9.6% para extractos acuoso y etanólicos respectivamente.

**Cuadro 5.** Determinación de fenoles totales de *Moringa oleifera*. Saltillo, Coah. 2024.

Contenido de Fenoles Totales	
<i>Solventes</i>	<i>mgET/g extracto</i>
<i>EHE (50:50)</i>	<i>52.2426 ± 1.23</i>
<i>E. Acuoso</i>	<i>123.0635 ±4.45</i>
<i>E. Etanólico</i>	<i>3.2546 ± 0.27</i>

\*mgET/g = mg equivalente Trolox por g

\*EHE-extracto hidroetanólico; EA-extracto acuoso; EE-extracto etanólico.

Los rendimientos están en función de la solubilidad de los compuestos bioactivos, ya que esto condiciona el solvente que se emplea para su extracción (Bachtler y Bart, 2021). Posiblemente podría favorecer la extracción, ya que provoca el hinchamiento de la matriz, proporcionando una superficie superior de contacto hacia la extracción de compuestos (Both *et al.*, 2014).

En diversos estudios se ha reportado que las hojas de moringa tienen un alto contenido de compuestos bioactivos o fitoquímicos (Rodríguez *et al.*, 2015; Sankhalkar y Vernekar, 2016; Castillo-López *et al.*, 2017), los cuales son sustancias que se encuentran de manera natural en las plantas y pueden exhibir un potencial para modular el metabolismo humano en una manera favorable que repercute en la prevención de enfermedades crónico-degenerativas, entre los cuales se encuentran los fenoles y flavonoides (Ganesan y Xu, 2017). Se ha reportado que la elevada cantidad de fenoles (Coppin *et al.*, 2013) y flavonoides es una de las razones a las que se deben las propiedades medicinales de la moringa (Lin *et al.*, 2018), además de sus conocidos efectos antioxidantes (El Sohaimy *et al.*, 2015).

Estos compuestos presentan otras propiedades como: el impacto sobre la regulación del crecimiento celular e inducción de enzimas de detoxificación (Stahl *et al.*, 2002), pueden prevenir mutaciones e inestabilidad cromosómica (George *et al.*, 2017) y tiene un efecto positivo en la función cognitiva (Bakoyiannis *et al.*, 2019). De igual manera Joung *et al.* (2017), reportan que el extracto fermentado de hojas de moringa reduce el daño asociado a dietas altas en grasas (obesidad, estrés oxidativo y enfermedades cardiovasculares), y Tragulpakseeronjn *et al.* (2017) encontraron que el extracto metanólico muestra actividad antiproliferativa en células de colon HCT 116.

En el Cuadro 6 se muestra la capacidad antioxidante de los extractos EA, EHE y EE de moringa. La capacidad antioxidante empleando el método de ABTS mostró valores menores con respecto al método DPPH en función del solvente utilizado para la extracción. El agua destilada sigue siendo el solvente que más actividad antioxidante posee en el método DPPH con EA ( $202.8406 \pm 7.84$  mgET/g, seguido del EE con  $9.2833 \pm 0.31$  mgET/g y en menor proporción el EHE con valores de  $5.8957 \pm 1.18$  mgET/g en comparación de ABTS siendo el de mayor rendimiento el EHE  $1.9136 \pm 0.01$  mgET/g.

**Cuadro 6.** Capacidad antioxidante de hojas de *Moringa oleifera*

	<b>DPPH</b>	<b>ABTS</b>
<b>Solventes</b>	<i>mgET/g</i>	<i>mgET/g</i>
<b>EHE (50:50)</b>	$5.8957 \pm 1.18$	$1.9136 \pm 0.01$
<b>E. Acuoso</b>	$202.8406 \pm 7.84$	$1.2900 \pm 0.07$
<b>E. Etanólico</b>	$9.2833 \pm 0.31$	$1.4902 \pm 0.18$

\*EHE-extracto hidroetanólico; EA-extracto acuoso; EE-extracto etanólico.

El radical DPPH se utiliza con la finalidad de evaluar la capacidad de los antioxidantes para eliminar los radicales libres (Zhenbao *et al.*, 2007). Charles-Rodríguez *et al.* (2020) reportaron valores de concentración de inhibición media (CI50) de 0.13 mg mL<sup>-1</sup> y 0.17 mg mL<sup>-1</sup> para el extracto acuoso e hidroalcohólico de frutos de *R. microphylla*; mientras que Cid-Pérez *et al.* (2019) detectaron valores en el rango de 83.7 mg L<sup>-1</sup> para aceites esenciales de *Poliomintha longiflora*.

El análisis de varianza para la capacidad antioxidante presentó diferencia altamente significativa ( $p < 0.04$ ) para los ensayos DPPH y ABTS (Cuadro 7). El contenido de polifenoles totales obtenidos en moringa fueron de 22.03%. Moyo *et al.* (2011) reporta 2.02% en base seca. Sin embargo, Mariana (2011), reporta que hojas secas de té negro pueden alcanzar un 36% de polifenoles en base seca.

**Cuadro 7.** Análisis de varianza de la primera lectura de absorbancia Saltillo, Coah. 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F <math>\alpha</math></b>
Tratam	5	0.42	0.08	22.03**	0.009
E. Exp	6	0.02	3.8		
Total	11	0.44			

Siddhuraju y Becker (2003) reportaron que los mayores compuestos bioactivos en la moringa son los flavonoides, de los cuales la quercetina y el kaempferol son los principales compuestos, también presentes en té negro y cebollas. Balentine *et al.* (1997) mencionan que estos compuestos conforman de un 2 a 3% del extracto hidrosoluble del té. Por otra parte, los métodos de extractos fueron estadísticamente iguales con 0.63, 0.40 y 0.33 para agua etanol agua y etanol respectivamente (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Comparación de medias de los extractos

<b>Extracto</b>	<b>Media</b>	
Agua – Etanol	0.33	A
Agua	0.40	A
Etanol	0.63	A

1. Valores con la misma literal indican, que son iguales estadísticamente Tukey ( $P < 0.05$ ).

El análisis de varianza para la capacidad antioxidante de la segunda absorbancia bajo espectrofotómetro de *M. oleifera* detectó diferencias altamente significativas ( $p > 0.01$ ) para los ensayos DPPH y ABTS (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Análisis de varianza segunda lectura de absorbancia Saltillo, Coah. 2023.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F <math>\alpha</math></b>
Tratam.	5	0.40	0.08	9.41**	0.0083
E. Exp	6	0.05	0.01		
Total	11	0.45			

En el Cuadro 10 se presenta la comparación de medias de la capacidad de extractos de fenoles totales en la segunda absorbancia. El valor más alto lo obtuvo el blanco DPPH (0.79), seguido del blanco ABTS (0.64), el cual a su vez fue estadísticamente igual al ABTS (0.39), El DPPH con un valor de 0.34 fue estadísticamente diferente a todos los métodos restantes

**Cuadro 10.** Comparación de medias para el método de DPPH y ABTS

	<b>Media</b>	
DPPH	0.34	A
ABTS	0.39	B
Blancos ABTS	0.64	B
Blancos DPPH	0.79	C

1. Valores con literales distintas, indican diferencias estadísticas. Tukey ( $P < 0.05$ ).

El comportamiento de los métodos de extractos utilizados, al igual que en la primera absorbancia, fueron estadísticamente iguales entre sí, con valores de 0.56, 0.54 y 0.52 para EHE, EA, EE respectivamente (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Comparación de medias de los extractos utilizados en la segunda absorbancia en moringa.

Extracto	Media	
Agua – Etanol	0.56	A
Agua	0.54	A
Etanol	0.52	A

1. Valores con la misma literal indican, que son iguales estadísticamente Tukey ( $P < 0.05$ ).

El análisis de varianza (ANVA) para la capacidad antioxidante en la tercera absorbancia bajo espectrofotómetro de *M. oleifera* presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los ensayos DPPH y ABTS (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de la tercera lectura de absorbancia Saltillo, Coah. 2024

FV	GL	SC	CM	FC	F $\alpha$
Tratam.	5	0.65	0.13	4.55*	0.0462
E. Exp.	6	0.17	0.03		
Total	11	0.82			

En la tercera absorbancia, el blanco DPPH obtuvo una mayor capacidad de extractos de fenoles totales (0.82) y fue estadísticamente diferente a los demás, que a su vez fueron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Comparación de medias para el método de DPPH y ABTS

Método	Media	
DPPH	0.31	A
ABTS	0.39	A
Blancos ABTS	0.27	A
Blancos DPPH	0.82	B

Valores con literales distintas, son diferentes estadísticamente Tukey ( $p < 0.05$ ).

Los extractos al igual que en la primera y segunda absorbancia fueron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Comparación de medias de los extractos

Extracto	Media	
Agua – Etanol	0.39	A
Agua	0.56	A
Etanol	0.38	A

1. Valores con la misma literal indican que son iguales estadísticamente Tukey ( $p < 0.05$ ).

El radical DPPH se emplea con la finalidad de valorar el potencial de los antioxidantes para eliminar los radicales libres (Zhenbao *et al.*, 2007). Este método DPPH se empleó para determinar el potencial antirradical de los compuestos antioxidantes contenidos en los extractos de *Moringa O. Lam* (EHE, EA, y EE). Los resultados de actividad antioxidante se presentan en términos de CI50, que expresa la concentración requerida de compuestos para provocar la inhibición de la oxidación en un 50%; siendo que, valores más bajos indican mayor potencial antioxidante. De acuerdo a Flores-López *et al* (2016b) existe una correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante.

Este comportamiento fue confirmado en el presente estudio, ya que el EHE presento mayores valores de CFT y mayor actividad antioxidante con el EA. La

capacidad antioxidante de las hojas de moringa deshidratadas supera ampliamente a los reportados por Moreno *et al* (2015) en frutos liofilizados de aguacate Hass (*Persea americana* Mill), con un valor de 1.65  $\mu\text{mol TE/g}$  en base húmeda, también superan a la capacidad antioxidante de frutos deshidratados del aguaymanto (*Physalis peruviana* L) que fluctúa entre 2.27 y 2.70  $\mu\text{mol TE/g}$  reportados por (Ponce y Rodríguez, 2014).

García (2017) evaluó, mediante los métodos DPPH y Trolox, la actividad antioxidante en hojas de moringa secadas a 70°C y 48 hr, él reportó valores de 34,633 y 58,699  $\mu\text{mol TE/g}$ .

Las diferencias entre los resultados obtenidos por DPPH y ABTS, pueden atribuirse a que: aunque ambos métodos se basan en la estabilización de radicales libres, cuya reacción con un antioxidante genera un cambio de coloración, se sabe que con el uso del ABTS se puede evaluar la actividad de antioxidantes tanto hidrofílicos como lipofílicos, y su mecanismo de reacción implica tanto la transferencia de átomos de hidrogeno como de electrones (Miller, 1993; Pietta *et al* ., 2000), mientras que por su parte el DPPH si bien combina de igual manera estos dos mecanismo, la estabilización transcurre principalmente mediante una transferencia de electrones (Brand-Willians *et al.*, 1995).

## **4.2 Análisis Microbiológico**

Se prepararon seis cajas Petri para realizar la inoculación, tres cajas con agar nutritivo ( $\times 10^{-1}$ ,  $\times 10^{-2}$ ,  $\times 10^{-3}$ ) y tres con papa dextrosa agar (PDA  $\times 10^{-1}$ ,  $\times 10^{-2}$ ,  $\times 10^{-3}$ ).

En la Figura 15 se observa el crecimiento de mesófilos aerobios, estos se obtuvieron principalmente en PDA con 5000 UFC/g muestra y en agar nutritivo  $\times 21000$  UFC/g muestra.



**Figura 15.** Mesófilos aerobios de extracto de *M. oleifera* en cultivos de PDA  $\times 10^{-3}$  y agar nutritivo  $\times 10^{-3}$ .

La capacidad antimicrobiana que poseen los extractos de moringa, indica que esta planta puede ser utilizada para este fin. Sin embargo, se requiere aislar y purificar los fitoquímicos responsables de esta actividad, así como evaluar su citotoxicidad y genotoxicidad.

Debido a que no se ha publicado una norma para realizar el análisis de hojas de moringa en polvo, se tomó como base el producto seco y molido como un polvo para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas (Cuadro 15) como lineamiento para establecer su especificación; de igual manera tendrán que seguirse los lineamientos de acuerdo a cada producto que con ella se realice. El contenido de BMA y CT en la muestra HR60 se considera atípico, este puede deberse a la manipulación de la muestra durante todo el procesamiento, puesto que el equipo, charolas y ambiente en donde se realizó el secado fue el mismo que se empleó para HR40 y este no presentó la carga bacteriana. Considerando lo anterior y para ambos secados se utilizó la carga original, se descarta que la contaminación se deba únicamente al método de secado.

Con base en la NOM-218-SSA-2011 para productos y servicios de bebidas saborizantes de microorganismos. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Se recomienda que los polvos para preparar bebidas saborizantes no

alcohólicas, congelados y bebidas con cafeína, no deben de rebasar los límites marcados en el Cuadro 15.

**Cuadro 15.** NOM-218-SSA-2011 (2011) para productos y servicios de bebidas saborizantes de microorganismos.

Microorganismos	Límite máximo
Mesófilos aerobios UFC/g	5000
Coliformes totales NMP/g	<10
<i>Escherichia coli</i> NMP/g	<3 **
<i>Salmonella sp.</i> En 25g	Ausente **

### 4.3 Análisis Bromatológico

La caracterización fisicoquímica y bromatológica de las hojas de Moringa se presenta en el Cuadro 16.

El contenido de materia seca parcial obtenida en esta investigación fue  $98.54 \pm 0.02$ . La materia seca total en hojas de moringa (*Moringa oleifera*) puede variar según el método de secado utilizado. Otros estudios han reportado que el contenido de proteína cruda en las hojas de moringa osciló entre 25.6% y 31.5% después de un proceso de deshidratación. Además, se ha evaluado el efecto de la temperatura y el tiempo de secado sobre el contenido de proteína, se recomienda utilizar 40 °C y 60 °C para conservar un mayor contenido de proteína cruda. Estos resultados son más altos a los reportados en esta investigación.

**Cuadro 16.** Caracterización fisicoquímica de hojas de moringa. Saltillo, Coah. 2024.

Análisis	Valor por 100g (%)
Materia seca total	98.54 ± 0.02
Proteína cruda	8.25 ± 0.76
Ceniza	1.77 ± 0.075
Grasa	15.07 ± 1.74
Fibra	0.30 ± 0.05
Extracto libre de Nitrógeno	74.59 ± 1.44

\*Extracto libre de N: extracto libre de nitrógeno

Valdez-Solana *et al.* (2015) realizaron un estudio en hojas de moringa de dos cultivares mexicanos, reportaron valores bajos de proteína ( $10.74 \pm 1.3 \pm$  y  $11.48 \pm 1.4\%$ ) Estos mismos autores presentaron valores más altos de proteína (19.08%) para variedades de Querétaro.

El valor de proteína obtenidos en este trabajo de investigación  $8.25 \pm 0.76$  es más bajo al reportado por estos autores. Souza A (2018) en la elaboración de galletas, sustituyendo la harina de trigo (*Triticum aestivum*), por harina de moringa, reportó 8.92 % de proteína sustituyendo un 8% de harina de moringa con valor de 115 g de proteína/% de harina de moringa aportada en su formulación. Gutiérrez (2015) reportó valores de 15.62% de proteína en galletas con una sustitución del 15% de harina de moringa, haciendo 41 g de proteína/% de harina de moringa.

Debido a su alto valor nutricional y alto porcentaje de proteínas las hojas de moringa son altamente demandadas, además de que son fáciles de digerir, al igual que la leche en polvo y proporcionan aminoácidos esenciales (aquellos que el cuerpo no puede producir) (Olson, 2013). Además de que tienen vitamina C, que ayuda a la fijación de hierro en la sangre (cofactor), es un antioxidante y

agente reductor, y se asocia con la prevención de cáncer (Romero *et al.*, 2016; Padayatty y Levine, 2016).

Blanco y Boucher (1997), mencionan que normalmente en los alimentos el contenido de minerales se expresa en función del contenido de cenizas. El contenido de estas en un alimento indica los elementos inorgánicos.

El valor de cenizas obtenido en este estudio es de  $1.77 \pm 0.075$  Ruiz - Castillo (2018) en su trabajo de investigación denominada Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por la mezcla de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): harina de hoja de moringa (*Moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta, reporta valores de ceniza de 2.64%. estos valores son más altos al obtenido a esta investigación. Gutiérrez (2015), en un estudio realizado con galletas de trigo (90%) con una proporción de harina de moringa (10%), reportó un bajo contenido de minerales (0,85%), la diferencia entre los valores podría atribuirse al tipo de harina utilizada para elaborar los diferentes productos.

El valor de grasa obtenido en este estudio es de  $15.07 \pm 1.74$ , Hernández y Méndez, (2018) en su investigación de galleta de harina de moringa con amaranto reporta valores de grasas para la galleta de 24,03%. Se han reportado valores de 15.99% de grasa en galletas elaboradas sustituyendo un 20% de harina de trigo por harina de *Sargassum* (Velasco *et al*) 2013; citado por Quispe (2016). Este valor fue similar al obtenido en esta investigación. Hernández y Méndez (2018) mencionan que el contenido de grasas está en función a la formulación de la galleta ya que este contempla el uso de un alto contenido de margarina, aunque esta puede incrementar o disminuir el sabor y olor de la moringa. Salinas *et al.* (2011) citado por Quispe (2016) mencionan que el contenido de grasa en la galleta puede influir en la aceptación durante la investigación sensorial de la galleta, ya que las grasas son en gran medida, las responsables del sabor en los alimentos.

En contenido de grasas obtenido en las hojas de moringa deshidratadas (4.92 g/100 g de muestra), se cercano a los 4.62 g/100 g de muestra reportados por (RSA-CONICET, 2016) y 5.6 g/100 g de muestra determinados por Guzmán *et al.* (2015). El contenido de grasas se encuentra dentro del rango determinado también por (González, 2018) que señala un contenido de grasas entre 4.7 y 5% presente en las hojas de moringa.

En esta investigación, el porcentaje de fibra obtenido en las galletas de moringa fue de  $0.30 \pm 0.05$ . Otros autores han reportado valores de 1.79 % de fibra en galleta de harina de moringa y amaranto (Hernández y Méndez, 2018).

Ruiz (2011) menciona que el factor principal de la fibra alimentaria es la celulosa el cual es benéfica para el consumidor; a pesar que está formada por glucosa, los animales no pueden utilizarla como fuente de energía, ya que no cuentan con la enzima necesaria para romper los enlaces  $\beta - 1,4$ - glucosídicos; sin embargo, es importante incluirla en la dieta humana porque facilita la integración de alimentos, por otro lado menciona que en general la fibra alimentaria se expresa como fibra cruda y da cuenta de aquella parte del material que no es soluble en agua y que no es digerido en el tracto digestivo humano, está compuesto por carbohidratos y lignina. Estos al ser digeridos, proporcionan volumen y textura al bolo alimenticio y facilitan su tránsito a través del sistema digestivo; aun cuando no contribuyen con nutrientes a la dieta, ni proporcionan un aporte calórico. De manera similar a otros alimentos, la composición química bromatológica de las hojas de moringa tiene variaciones debido a varios factores, algunos de ellos son: la edad de la planta de la que se obtienen las hojas ((RSA-CONICET, 2016), la altura de la planta en que se recolectan las hojas (Guzmán *et al.*, 2015) y el sitio en el que se establece la moringa, ya que depende del clima y tipo de suelo.

## 4.4 Color

Se determinó el color antes y después de la cocción de las galletas mediante un colorímetro MINOLTA® CR400 donde  $L^*a^*b$  estos se ubican en el diagrama de cromaticidad. En los cuadros 17 y 18 se observan las tres concentraciones de color que se utilizaron para la elaboración de la galleta.

La aceptación de un alimento o bebida depende principalmente del color, se ha observado que la mayoría de los consumidores toman en cuenta esta característica sensorial, ya que si el color no cumple con sus expectativas su respuesta puede ser de rechazo a ese producto (Rakshit y Srivastav, 2022; Patrignani, 2019). El color es el resultado de sus características físicas y de sus compuestos pigmentados, está directamente relacionada con el espectro de luz, por lo que se mide en términos de su longitud de onda (Hart, 1991).

El color de los alimentos, y en general de materiales sólidos y semisólidos de diversa naturaleza, se representa tradicionalmente usando el espacio de color CIELAB (o CIE 1976  $L^*a^*b^*$ ).

**Cuadro 17.** Medición de color de galletas con diferentes concentraciones de Moringa antes de la cocción.

Galleta	L	a	b
1 g	40.83 ± 9.98	4.09 ± 0.12	28.20 ± 0.62
3 g	29.77 ± 0.80	4.47 ± 0.13	14.29 ± 0.42
5 g	25.25 ± 0.57	4.08 ± 0.04	12.49 ± 0.14

**Cuadro 18.** Medición de color de galletas con diferentes concentraciones de Moringa después de la cocción.

Galleta	L	a	b
1 g	55.85 ± 2.38	1.62 ± 1.25	20.07 ± 0.74
3 g	39.94 ± 3.50	1.6 ± 1.97	12.85 ± 2.48
5 g	41.92 ± 1.68	1.01 ± 0.42	13.78 ± 1.60

La Commission Internationale d'Eclairage (CIE) es un estándar internacional para la medición de un color, para ello se definieron espacios de color para expresar objetivamente el color (CIE XYZ, CIE L\*C\*h, y CIE L\*a\*b\*).

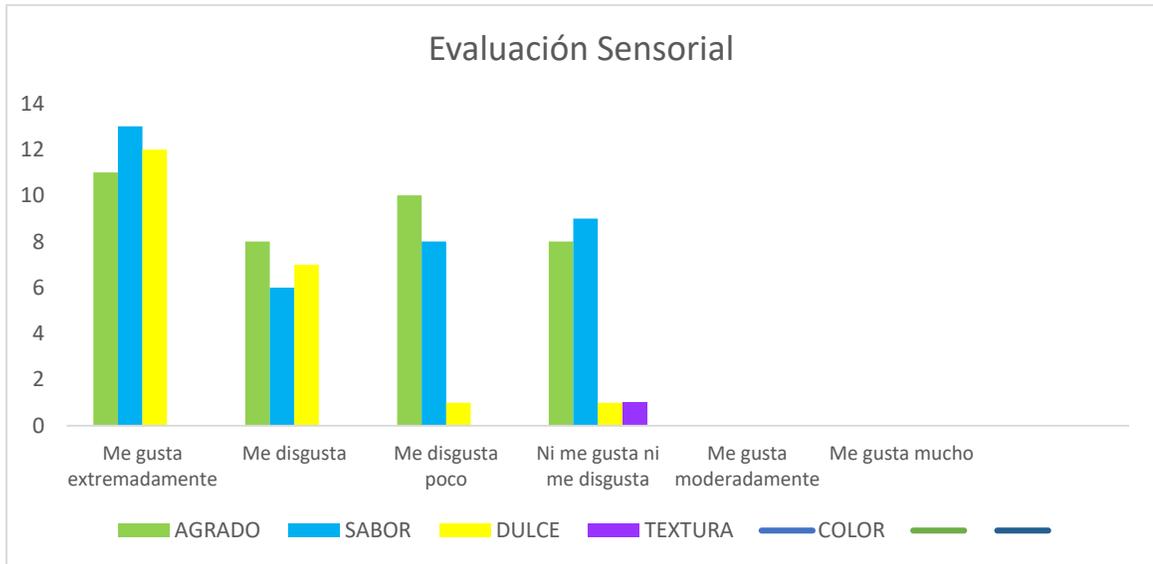
El CIE determina un color mediante tres parámetros L\*, a\* y b\*, que se pueden visualizar en un espacio 3D. L\* En el eje Y se ubica la luminosidad de transparente o blanco al negro, a\* en el eje X varía de verde a rojo y b\* como el eje Z donde se ubica del amarillo al azul (Brühl y Unbehend, 2021).

En el color de las galletas comerciales, los carotenoides tienen un papel importante, por lo regular estos son añadidos como parte de los microingredientes de la formulación (Salehi, 2020). Los carotenoides son responsables del color de una gran cantidad de alimentos vegetales y animales. Estos son pigmentos tetraterpénicos, que proporcionan los colores amarillo, naranja, rojo y púrpura. Se encuentran en los tejidos vegetales, como parte de los cromoplastos, que se consideran cloroplastos degenerados (Maoka, 2020; Meléndez, 2014).

## 4.5 Evaluación Sensorial

Las variables que fueron evaluadas por el panel sensorial fueron: agrado, sabor, dulzor, textura y color (Fig 16).

En la variable de agrado, el 55% de los panelistas opinaron que les gustó extremadamente seguido de aquellos que les disgustó (40%), mientras que 5% no opinaron sobre esta característica. El 65% de los panelistas opinaron que el sabor de las galletas les gustó extremadamente, seguido de un 30% que les disgustó y el 5% no les gustó el sabor. Sobre lo dulce del producto al 60% de los panelistas les gustó extremadamente. Sin embargo, al 35% de ellos le disgustó, mientras que el 5% no opinaron al respecto.



**Figura 16.** Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de moringa.

Cabe indicar que la evaluación sensorial se ve influenciada en cierta parte por las diferentes preferencias que puede asumir cada panelista, a algunas personas les suelen agrandarles las muestras más amargas, que las dulces o viceversa (Ruiz Castillo, 2018).

El 50% de los panelistas les gustó extremadamente la textura de la galleta mientras que al 40% les disgustó y al 5% les disgustó un poco. El color de las

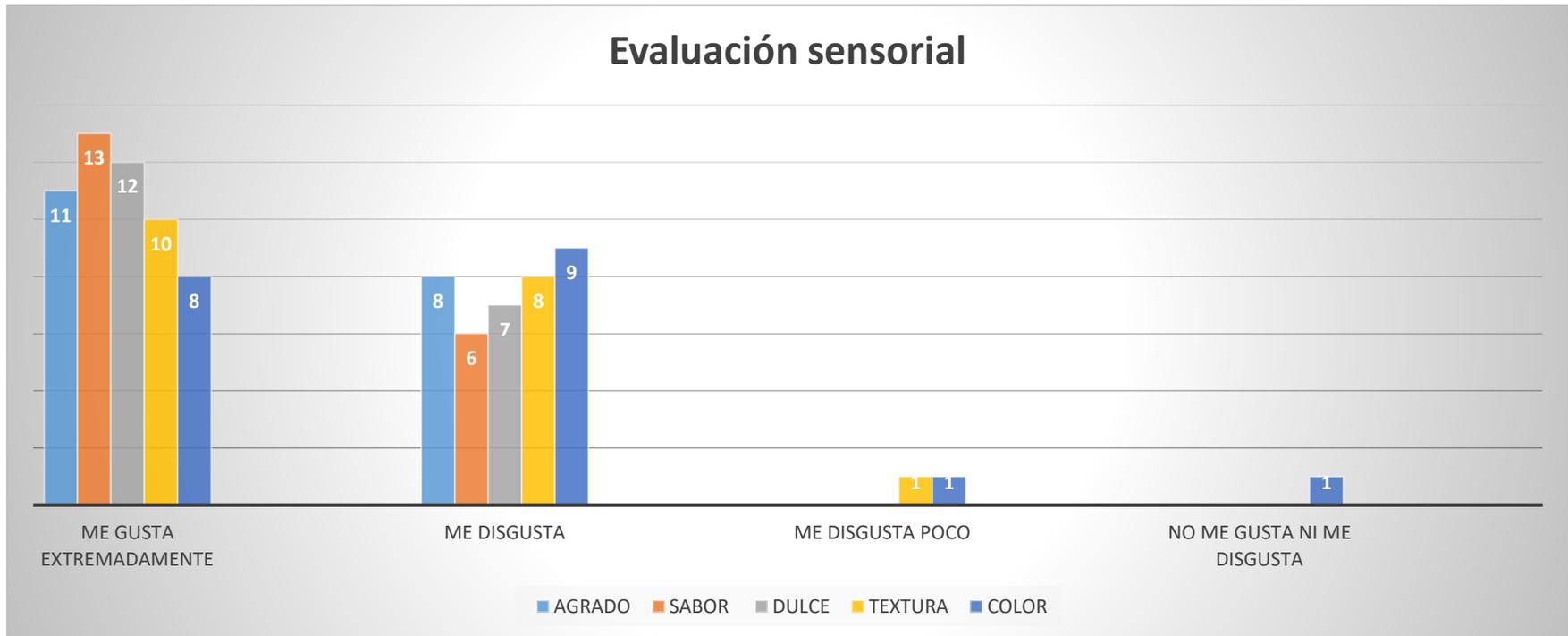
galletas les gustó extremadamente al 45% de los panelistas mientras que al 10% ni les gustó ni les disgustó

Asensi *et al.* (2017) sugieren que para que no se afecte la aceptabilidad del producto al añadir harina de moringa es importante agregar sustancias aromatizantes.

Rodríguez y Soriano (2016) mencionan que, en las galletas, una pequeña sustitución con harina de moringa permite elevar las características sensoriales y exhibir un menor número de irregularidades en las galletas dulces. Por otra parte, Alfaro (2008) menciona que, al añadir harina de moringa, independientemente del alimento a la que se le adicione, no modifica el sabor ni el aroma.

Sin embargo, en este estudio los panelistas no mostraron la misma aceptación en color y sabor con la concentración. Ya que, en las evaluaciones realizadas, se detectaron en repetidas opiniones sobre el grado de astringencia presente en las infusiones.

En el análisis de polifenoles en infusiones de té verde se han reportado la presencia de flavonoides como catequinas, las cuales también están presentes en la *Moringa oleifera* (Von Staszewski, 2011). Estos compuestos hidrosolubles están relacionados con otros compuestos que imparten amargor y astringencia (Balentine *et al.*, 1997).



**Figura 17.** Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de moringa.

	ME GUSTA EXTREMADAMENTE	ME DISGUSTA	ME DISGUSTA POCO	NO ME GUSTA NI ME DISGUSTA
AGRADO	11	8		
SABOR	13	6		
DULCE	12	7		
TEXTURA	10	8	1	
COLOR	8	9	1	1

**Cuadro 19.** Evaluación sensorial de galletas de moringa. Saltillo, Coah 2024

	<i>Me gusta extremadamente</i>	<i>Me disgusta</i>	<i>Me disgusta poco</i>	<i>Ni me gusta, ni me disgusta</i>	<i>Me gusta moderadamente</i>
<b><i>Agrado</i></b>	11	8			
<b><i>Sabor</i></b>	13	6			
<b><i>Dulce</i></b>	12	7			
<b><i>Textura</i></b>	10	8	1		
<b><i>Color</i></b>	8	9	1	1	

## V. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los extractos de moringa presentaron contenidos importantes de polifenoles y antioxidantes, para los extractos acuosos e hidroalcolicos.
2. Las galletas preparadas a base de moringa obtuvieron porcentajes importantes de proteína, grasas, fibras y minerales, reafirmandose como una fuente potencial de nutrientes.
3. El diagrama de cromaticidad indicó la calidad entrando en el eje de carotenoides antes y después de la cocción.
4. Los mesófilos aerobios se encontraron dentro de los límites establecidos por la NOM MX-218-SSA-2011 (2011).
5. Los análisis sensoriales son aceptables ya que a la mayoría de los panelistas les agradó extremadamente el sabor, dulce, textura y color de la galleta elaborada con extracto de moringa.

## VI. LITERATURA CITADA

- Alegbeleye, O. O. (2018). How functional is Moringa Oleífera A review of its nutritive, medicinal, and socioeconomic potential. *Food and Nutrition Bulletin*, 39(1), 149-170. DOI: 10.1177/0379572117749814
- Alvarez, A. (2017). Valor Nutricional de la Moringa oleífera. Mito o Realidad Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6465>
- Alakali JS, Kucha CT y Rabiú IA. (2015) Effect of drying temperature on the nutritional quality of Moringa oleifera leaves. *AJFS*; 9:395-399.
- Alfaro, N.C. (2008). Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco, Moringa oleífera Lam en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimentario-nutricional de Guatemala. INCAP Guatemala, CONCYT, SENACYT, FONACYT No. 26-2006. 135 p.
- Asensi, G.; Villadiego, A, Gaspar (2017). Moringa oleífera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *Archivos latinoamericanos de nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*; 67 (2): 86-96.
- Balentine, D.A., S.A.Wiseman y L.C.M, Bouwens. (1997). The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 693-704.
- Blanco, M., & Boucher, F. (1997). *La Agroindustria Rural. Marco general y Gestión Tecnológica*. Granada: IICA Biblioteca Venezuela.
- Brühl, L., & Unbehend, G. (2021). Precise color communication by determination of the color of vegetable oils and fats in the CIELAB 1976 (L\* a\* b\*) color space. *European Journal of Lipid Science and Technology* 123(7).

- Cabrera-Carrión JL, Jaramillo-Jaramillo C, Dután-Torres F, Cun-Carrión J, García PA, Rojas L. (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleifera* Lam. en función de su edad y altura. *Bioagro* 29(1): 53-60.
- Castro, A. (2016). Mejora de la propagación *in vitro* de *Vaccinium corymbosum* y evaluación de la actividad antioxidante en arándanos comerciales, de [ruc.udc.es](http://ruc.udc.es)  
Sitio web: <http://hdl.handle.net/2183/17519>
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M. y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*. 42(2), 206-212. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Coz, X. y Guzman, S. (2015). Composición fenólica y capacidad antioxidante de infusiones de hoja de moringa y su actividad antiinflamatoria sobre células RAW 264.7 [Sesión de Congreso]. Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia, León, México.
- Cutz de Ocampo, Joel Javier (2018) Caracterización de un producto tipo jamón de pescado adicionado con *Salvia hispanica* Ly *Moringa oleifera*. Tesis de Maestría Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología. 2-12
- Domingo, D., & López-Brea, M. (2003). Plantas con acción antimicrobiana. *Rev Esp Quimioterap*. 16(4), 385-393. <http://www.seq.es/seq/0214-3429/16/4/385.pdf>
- Elhadi, A.E., Elgasim, E.A., and Mohamed Ahmed, I.A. 2017. Microbial and oxidation characteristics of refrigerated chicken patty incorporated with moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder. *CyTA-Journal of Food*. 15: 234-240
- Falasca SL, Bernabé MA, (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Revista virtual. REDESMA*; 3:1-16.
- Falasca, S., y M. A. Bernabe. (2008). Potenciales Usos y Delimitación del Área de Cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Revista virtual REDESMA*.
- Fahey, J. (2005). "Moringa oleifera: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties". *J. Trees for Life*. 1:5.

- Fitriana, W., Ersam, T., Shimizu, K. y Fatmawat, S. (2016). Antioxidant Activity of Moringa oleifera Extracts [Actividad antioxidante de los extractos de Moringa oleifera]. Indones. J. Chem, 3, 297-301. <https://doi.org/10.22146/ijc.21145>
- Foidl N., P.S. Makkar H., and K. Becker. (2001). The potential of moringa oleifera for agricultural and industrial uses. What development potential for Moringa products ?. Managua, Nicaragua. 2nd.
- Fröhlich, B. and Plate, J. (2000). "The cubic mouse: a new device for three-dimensional input". In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (The Hague, The Netherlands). CHI '00. ACM, New York, NY, 526-531. Recuperado de: DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/332040.332491>.
- Fuglie, L. J. (2001). The Miracle Tree. Moringa oleifera: Natural Nutrition for the Tropics. CWS, Dakar, Senegal. p.115.
- García, R. (2017). Estudio sobre la capacidad antioxidante de extractos de hoja de Moringa oleífera de diferente origen geográfico Tesis de Grado, Universidad de La Coruña. <http://hdl.handle.net/2183/19625>
- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. <http://hdl.handle.net/10251/52056>
- Godino, M., T. Vázquez., M. I. Izquierdo., y C. Pérez. (2013). Estudio de la Incidencia de los Factores Ecológicos Abióticos (Temperatura y Humedad) en la Germinación y Desarrollo de la Moringa oleifera Lam. Sociedad Española de Ciencias Forestales. DOI: 978-84-937964-9-5.
- Gómez-Martínez, M., Ascacio-Valdés, J.A., Flores-Gallegos, A.C., González-Domínguez, J., Gómez-Martínez, S., Aguilar, C.N., Morlett-Chávez, J.A. and Rodríguez-Herrera, R. (2020). Location and tissue effects on phytochemical composition and in vitro antioxidant activity of Moringa oleifera. Industrial Crops & Products 151: 1-8.
- Guzmán-Maldonado, S.H., Herrera-Hernández, G., Hernández-López, D., Reynoso Camacho, R., Guzmán-Tovar, A., Vaillant, F., Brat, P. (2010). Physicochemical,

- nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (Myrtillocactus) produced in central Mexico. Food Chem. 121, 381–386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.039>
- Guija, E., Inocente, M., Ponce, J. y Zarzosa, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1 Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Horizonte Médico (Lima), 15(1), 57-60. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2015.v15n1.08>
- Gutiérrez, G., (2015) Elaboración de galletas adicionadas con harina de moringa. Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Hart, L. (1991). Análisis moderno de los alimentos. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Acribia, Zaragoza.
- Hernández, A., Méndez, R., (2018) Galleta de harina de moringa (Oleífera Lam) y amaranto (Amaranthus caudatus)", Tesis Lic. Ciencias y Tecnología de Alimentos. Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. p. 36 – 49. Disponible <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/1663>
- Hsu R. (2006) The Netherlands: *Moringa oleifera* medicinal and Economic uses. International course on Economic botany, National Herbarium, Leiden <http://dx.doi.org/10.1089/jmf.2016.3860>.
- Huerta, A., Sanchez, A., Alcantara, H., Magdaleno, I., Paniagua, D. y Capataz, J. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante de extractos crudos de raíz y hoja de Moringa oleífera crecidas en el invernadero del ITSTB [Sesión de Congreso]. XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, Guadalajara, México.
- Iglesias, R., Grimaldi, R., Villanueva, B., Hernández, J., López de Paz, P. y Lastres, O. (2018). Cinética de secado de *Moringa oleifera*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9(5) 935-947. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1503>
- Jung, I. L. (2014). Soluble extract from *Moringa oleifera* leaves with a new anticancer activity. PloS one, 9(4), e95492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095492>

- Koul B y Chase N. (2015) *Moringa oleifera* Lam.: Panacea to several maladies. J. Chem. Pharmaceut. Res. 7: 687-707.
- Lakshmipriya, G., Doriya, K., Santos, KD (2016) *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. Food Science and Human Wellness 5: 49-56.
- Liñan, T. F. (2010). *Moringa oleifera* El Árbol de la Nutrición. Ciencia y Salud Virtual, Vol. 2 No.1 pp. 130-138. ISSN: 2145-5333.
- López GJ. (2016) *Moringa oleifera* Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y Medicinales. Universidad de Sevilla. 1-46.
- López Martínez, R. (2016). Curvas de secado y su relación a características sensoriales, composición química y uso energético de follaje de *Moringa oleifera*.
- López, L., Matute, N. y Echevarría, A. (2017). Evaluación fisicoquímica y capacidad antioxidante de moringa (*Moringa oleifera*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). Cumbres, 3(2), 09-16. Recuperado de <http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/196/117>
- López-Aguirre, D. Martínez-González, J.1Limas-Martínez, A.1 Estrada-Drouaillet, B.1 Hernández-Meléndez. (2018 ). Usos de *Moringa oleifera* Lam. (MORINGACEAE) en la alimentación de rumiantes. 2018, Vol. 11:2: 89-93.
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. Journal of natural medicines. 74(1): 1-16.
- Melendez, A. (2014). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Venezuela, Caracas: Scielo.
- Miller NA. (1993) Novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clinical Science (London, England);(84):407-412.

- Moyo B, Masika PJ, Hugo A, Muchenje (2011) V. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr J Biotechnol*; 10:12925-12933.
- Olson, M. E. (2002). Combining data from DNA sequences and morphology for a phylogeny of Moringaceae (Brassicales). *Systematic Botany*, 27(1): 55-73.
- Olson ME, Alvarado-Cárdenas LO. (2016). ¿Dónde cultivar el árbol milagro, Moringa oleifera, en México? Un análisis de su distribución potencial. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 87: 1089-1102.
- Olson ME, Fahey J. (2011) *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82 1071-1082.
- Organización Mundial de la Salud “WHO” (World Health Organization). 1998
- Pandey, A., K. Pradheep., Rita. Gupta., E. Roshini Nayar., and D. C. Bhandari (2011). ‘Drumstick tree’ (*Moringa oleifera* Lam.): A multipurpose potential species in India. *Genet Resour Crop Evol* 58:453–460. DOI 10.1007/s10722-010-9629-6.
- Patrignani, M. (2019). Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. Incorporación de productos regionales en la formulación de galletitas saludables. Buenos Aires: CIDCA.
- Quispe, M. (2016). Desarrollo de galletas dulces funcionales con harina de trigo, harina de plátano, semillas de ajonjolí y pulpa de guanábana. Tesis de ingeniería, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 45 – 72.
- Ramachandran C., Peter, K.V. & Gopalakrishnan, P.K. Drumstick (1980). Morfología y Taxonomía de la (*Moringa oleifera*): *Multiusos* 34: 276–283.
- Rahman, M. M., Sheikh, M. M. I., Sharmin, S. A., Islam, M. S., Rahman, M. A., Rahman, M. M., & Alam, M. F. (2009). Antibacterial activity of leaf juice and extracts of *Moringa oleifera* Lam. against some human pathogenic bacteria. *CMUJ Nat Sci*, 8(2): 219.

[https://cmuj.cmu.ac.th/uploads/journal\\_list\\_index/842304671.pdf](https://cmuj.cmu.ac.th/uploads/journal_list_index/842304671.pdf)

- Rakshit, M., & Srivastav, P. P. (2022). Sensory evaluation and storage stability of fat reduced shortdough biscuit using hydrolysable tannin encapsulated double emulsion as fat replacer. *LWT*, 154, 112816.
- Rathnayake A.R.M.H.A. and Navarathne S.B., (2017b), Determination of Dehydration Pattern and Sensory Properties variation of Blanched and Un-blanched, Cut and Whole *Moringa oleifera* Leaves, *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(3): 110-115.
- Red de Seguridad Alimentaria del CONICET. (2016). Grupo ad Hoc *Moringa oleifera*. <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2019/04/2016-12-21-Documento-Moringa-oleifera-RSA.pdf>
- Rodríguez, J; Soriano, J (2016) Evaluación del grado de sustitución de harina de avena (*Avena sativa*) y harina de hojas de quinua (*Chenopodium quinoa*) para formular una galleta enriquecida. *Revista Científica Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Vol 3.
- Ruiz, B. (2018). Breve historia de los radicales libres. SEBBM [http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv\\_RPC.2018.04.1](http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2018.04.1).
- Ruiz-Castillo. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por la mezcla de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): harina de hoja de moringa (*Moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta. Tesis Ing. Trujillo, Perú. Universidad Cesar Vallejo. p. 34 – 42. Disponible en: 62
- <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3426>
- Ruiz Funez. (2011) Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con paraíso blanco (*Moringa oleifera*) y su respectiva evaluación nutricional. Tesis de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 157 – 205.

- SAGARPA. (2014) Promueve INIFAP cultivo de moringa, especie con altas propiedades nutricionales y energéticas. Disponible <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2014B1018.aspx>
- Saini RK, Manoj P, Shetty NP. (2014a). Dietary iron supplements and *Moringa oleifera* leaves influence the liver hepcidin messenger RNA expression and biochemical indices of iron status in rats. *Nutr Res.* 34:630–638.
- Saini RK, Prashanth KV, Shetty NP, Giridhar P. Elicitors, (2014b) SA and MJ enhance carotenoids and tocopherol biosynthesis and expression of antioxidant related genes in *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Acta Physiol Plant:* 36:2695–2704.
- Saini RK, Shetty NP, Giridhar P.(2014c) Carotenoid content in vegetative and reproductive parts of commercially grown *Moringa oleifera* Lam. cultivars from India by LC–APCI MS. *Eur Food Res Technol:* 238:971–978.
- Saini RK, Shetty NP, Giridhar P. (2014d) GC-FID/MS analysis of fatty acids in Indian cultivars of *Moringa oleifera*: potential sources of PUFA. *J Am Oil Chem Soc:* 91:1029 1034.
- Saini RK, Shetty NP, Prakash M. and Giridhar P. (2014) Effect of dehydration methods on retention of carotenoids, tocopherols, ascorbic acid and antioxidant activity in *Moringa oleifera* leaves and preparation of a RTE product. *JFST;* 51:2176-2182.
- Salehi, F. (2020). Recent applications of powdered fruits and vegetables as novel ingredients in biscuits: A review. *Nutrire.* 45 1-10p.
- York: John Wiley & Sons. Schiffman, H (1996) Sensation and perception. An integrated approach, 4a ed.
- Seleshe, S., and Kang, S. N. (2019). In vitro antimicrobial activity of different solvent extracts from *Moringa stenopetala* leaves. *Preventive nutrition and food science*, 24(1), 70. DOI:[10.3746/pnf.2019.24.1.70](https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.1.70) [ [Links](#) ]
- Singh, B.N. (2009). “Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*.” *Food Chem. Toxicol.* 47:1109.

- Souza A, C. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*), por harina de moringa (*Moringa oleifera*), en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en galletas. Tesis de Ingeniería. Universidad Cesar Vallejo, 17 – 41p.
- Stone, H. and Sidel, J. (2004) Sensory evaluation practices, 3a ed. Elsevier Academic Press.
- SURCO-LAOS, Felipe *et al* (2016) Actividad antioxidante de metabolitos de flavonoides originados por la microflora del intestino humano. Rev. Soc. Quím. Perú, Lima, vol 82 (1) 29-37.
- Teixeira, E. M. B. *et al*. Caracterização de hambúrguer elaborado com farinha de folhas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, v. 38, n. 3, p. 220–232, 2013.
- Toral O, Cerezo Y, Reino J, Santana H (2013) Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleifera* (Lam.) en condiciones de vivero. Pastos y Forrajes 36(4): 409-416
- Umar YB, Isyaku AH, Mohammed DIA, Bilal S, Mashi AH, y Adamu MS. (2015) Effect of drying techniques on the nutrients of moringa leaves 1: 213-218.
- Valdez-Solana *et al.*, 2015; Vázquez-Flores *et al.*, 2012. *Moringa oleifera* importancia tropical (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016, Gómez-Martínez).
- Vats, S. y Gupta, T. (2017). Evaluation of Bioactive Compounds and Antioxidant Potential of Hydroethanolic Extract of *Moringa oleifera* Lam. From Rajasthan, India. *Physiol Mol Biol Plants*, 23 (1): 239-248. <https://doi.org/10.1007/s12298-016-0407-6>
- V. Vanajakshi, S.V.N. Vijayendra, M.C. Varadaraj, G. Venkateswaran, Renu Agrawal (2015) Optimization of a probiotic beverage based on *Moringa* leaves and beetroot. Volume 63:2:1268-1273.

- Velázquez, M., Peón, I., Zepeda, S. y Jiménez, M. (2016). Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 12, 95-116. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.07.018>
- Von Staszewski, M. (2011). Impacto de la interacción entre polifenoles de té verde y proteínas del lacto suero sobre las propiedades biológicas y funcionales de las mezclas Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires 249p.
- Wang, L., Chen, X., & Wu, A. (2016). Mini review on antimicrobial activity and bioactive compounds of *Moringa oleifera*. *Med. Chem*, 6(9), 2161-0444. DOI:[10.4172/2161-0444.1000402](https://doi.org/10.4172/2161-0444.1000402)
- Yameogo, C.W., M.D. Bengaly, A. Savadogo, P.A. Nikiema and S.A. Traore, 2011. Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. *Pak. J. Nutr.*, 10: 264 268.