

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

Octubre, 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

Octubre, 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

Agradezco principal y profundamente a **Dios**, fuente de sabiduría y guía en mi camino. Su luz divina y voluntad me han permitido superar desafíos y alcanzar mis metas. Durante mi desarrollo como estudiante y profesional, Él ha sido mi fortaleza y mi inspiración. Sin su guía, no habría encontrado la fuerza para renovarme cada día en esta Institución. Con Dios, todo es posible.

A mi **ALMA TERRA MATER** mi más sincero agradecimiento por haberme brindado la oportunidad de cumplir mi sueño. Esta experiencia ha sido enriquecedora, llena de momentos y aprendizajes valiosos que me han enseñado la importancia de luchar y perseverar por mis objetivos.

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 más profundo agradecimiento por ser mi asesora de carrera y tesis, por su invaluable apoyo y orientación durante este proceso. Su dedicación, consejos y disposición han sido fundamentales para mi formación académica y personal. Su motivación y guía me permitieron alcanzar mis metas y crecer en diferentes áreas. Agradezco especialmente su paciencia, tiempo y organización, que fueron esenciales para el éxito de este trabajo. Su influencia ha trascendido el ámbito académico y siempre recordaré su contribución a mi crecimiento. †

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 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 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 **José Ángel Cruz Silva**, quien me apoyó y aportó de manera incondicional su conocimiento, disponibilidad y dedicación para apoyar en la realización de los experimentos desde el día uno. Sin duda mi mayor respeto y admiración por su gran desempeño 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 expreso mi más profundo agradecimiento y amor a mi madre, por ser mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Su amor, consejos y aliento en momentos difíciles me han permitido crecer y enfrentar los desafíos con determinación. Su dedicación y sacrificio han sido fundamentales para mi formación y logro de metas. Agradezco profundamente los valores que me ha inculcado, especialmente el valor de la familia y la importancia del esfuerzo y la perseverancia. Hoy, al alcanzar este logro, quiero reconocer su influencia y amor, que siempre estarán presentes en mi corazón. Sin duda, eres un modelo a seguir y la mejor madre del mundo.

Rosendo Hernández Jiménez mi más profundo agradecimiento y admiración a mi padre, por ser mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Su amor, dedicación y sacrificio han sido fundamentales para mi crecimiento y logro de metas. Agradezco profundamente su influencia en mi formación como persona y estudiante, y por haberme enseñado el valor de la perseverancia y la determinación. Su presencia en mi vida ha sido invaluable, y siempre estarás en mi corazón. Sin duda, eres un modelo a seguir y un ejemplo de fortaleza y dedicación.

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.

Agradezco profundamente a mi **Familia**, tanto materna como paterna, por su apoyo incondicional y orientación a lo largo de mi camino. Su respeto por mis decisiones y sus palabras de aliento han sido fundamentales en la construcción de mi identidad. Reconozco la deuda de gratitud que tengo con todos ellos, y espero que compartan mi entusiasmo al ver el fruto de este proyecto.

Aunque no compensa mi ausencia en algunos momentos, este logro me ha brindado felicidad y sé que ellos también se sienten felices por mí. Este logro no es solo mío, sino de toda mi familia y de todas las personas que han contribuido a él.

¡Gracias por tanto!

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	4
1.2. Objetivos específicos	4
1.3. Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	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
2.4.2.4 Método DPPH.....	19
2.4.3 Acción antimicrobiana.....	20
2.4.4 Análisis sensorial	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	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
3.7.1 Caracterización del alimento funcional	30
3.7.1.1 Determinación de color.....	30
3.7.2 Análisis 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
3.7.3.3 Determinación de grasa – fibra	34
3.7.4 Evaluación sensorial.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 Contenido de Fenoles Totales (CFT) y Antioxidantes.....	37
4.2 Análisis microbiológico	44
4.3 Análisis bromatológico	46
4.4 Color	49
4.5 Evaluación sensorial	52
V. CONCLUSIONES	56
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

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 ^o -180 ^o 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 ^o 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 ^o 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 ⁻³ y agar nutritivo x10 ⁻³	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

La planta de moringa posee una gran cantidad de propiedades nutritivas y terapéuticas, actuando como antiviral y antibacteriano. Se conoce su utilización en el control y tratamiento de enfermedades respiratorias, endocrinas, del sistema nervioso central, del sistema inmunológico, problemas gastrointestinales, cardiovasculares, e inclusive el cáncer. El principal órgano de interés en la planta son sus hojas, ya que secas conservan una buena cantidad de macro y micronutrientes. También posee una actividad antioxidante muy importante como conservador de alimentos, retardando la acción oxidante de los lípidos, lo que evita la aparición de microorganismos. Su alto valor nutricional, medicinal y quimiopreventivo la convierten en un alimento eficiente en la dieta humana y animal. En la presente investigación se elaboró un alimento funcional a partir de polvo de hojas de moringa como ingrediente activo. El alimento fue caracterizado determinando el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante mediante los métodos ABTS y DPPH. Se realizaron análisis microbiológicos, bromatológicos y sensoriales, cuyos resultados mostraron una relación estrecha entre sí. Se obtuvo un alto rendimiento en actividad antioxidante en los extractos EHE, EA y EE, así mismos valores de proteína 8.25 ± 0.76 , cenizas 1.77 ± 0.075 , grasa 15.07 ± 1.74 y fibra 0.30 ± 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, polifenoles, sistema inmunológico, terapéuticas.

ABSTRACT

The moringa plant has numerous nutritional and therapeutic properties, acting as an antiviral and antibacterial agent. Its use is known for the control and treatment of respiratory, endocrine, central nervous system, immune system, gastrointestinal, and cardiovascular diseases, and even cancer. The plant's main organ of interest is its leaves, as when dried, they retain a significant amount of macro- and micronutrients. It also possesses significant antioxidant activity as a food preservative, delaying the oxidative action of lipids, thereby preventing the growth of microorganisms. Its high nutritional, medicinal, and chemopreventive value makes it an efficient food for human and animal diets. In this research, a functional food was prepared using moringa leaf powder as the active ingredient. The food was characterized by determining its total phenol content and antioxidant activity using the ABTS and DPPH methods. Microbiological, bromatological, and sensory analyses were also performed on the extracts. High antioxidant activity was obtained in the EHE, EA, and EE extracts, as well as protein values of 8.25 ± 0.76 , ash 1.77 ± 0.075 , fat 15.07 ± 1.74 , and fiber 0.30 ± 0.05 . Based on NOM-218-SSA-2011, 5 CFU/g sample and 21 CFU/g sample were established. As well as average sensory evaluation percentages of 40-65%.

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

I. INTRODUCCIÓN

Existe una creciente preocupación a nivel mundial respecto a la propagación de enfermedades causadas por microorganismos patógenos, las cuales representan un riesgo significativo para la salud humana. En este contexto, la resistencia a los antibióticos y antivirales se ha convertido en un tema de gran relevancia e interés para la salud pública en la actualidad. El uso de productos naturales para el tratamiento de diversas enfermedades, incluidas aquellas causadas por microorganismos, representa actualmente un desafío para la medicina moderna; sin embargo, es importante destacar que constituyen una alternativa prometedora frente a los tratamientos convencionales (Domingo y López, 2003).

La especie más representativa de la familia Moringaceae es el árbol de *Moringa oleifera* (Alegbeleye, 2018), reconocido a nivel mundial como la “planta milagrosa” o el “árbol de la vida” debido a la amplia variedad de aplicaciones y usos que se le atribuyen, especialmente en los ámbitos medicinal y nutricional. Las hojas constituyen su principal órgano de interés, ya que en su forma deshidratada concentran una elevada cantidad de micro y macronutrientes, lo que refuerza su valor alimenticio y funcional. La planta de Moringa posee una gran cantidad de propiedades nutritivas, así como terapéuticas por lo que también es indispensable conocer y aprovechar otras partes de su estructura morfológica como: las flores, la semilla, las vainas, las raíces y/o los frutos. Así mismo, la Moringa posee propiedades antioxidantes que han sido ampliamente documentadas en diversos estudios científicos, demostrando su potencial en la prevención de enfermedades respiratorias, cancerígenas, endócrinas, del sistema nervioso central, inmunológicas, gastrointestinales y cardiovasculares, además de mostrar actividad antiviral y antibacteriano (Jung, 2014).

En México, se promueve la producción y aprovechamiento del cultivo de Moringa, principalmente en los estados de: Yucatán, Chiapas, Jalisco, Sonora y Nuevo León, con el propósito de evaluar su adaptación agronómica, así como algunos de sus posibles usos, entre ellos, como alimento forrajero, en la alimentación humana y con fines terapéuticos. Se busca también desarrollar sistemas de comercialización y procesamiento, como el encapsulado de folíolos, orientados tanto al mercado nacional como a la exportación, por ejemplo, hacia países del continente africano. 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 derivados de esta planta brindan nutrición y beneficios terapéuticos al contribuir tanto a la alimentación humana como al alivio de diversas enfermedades. Asimismo, representa una importante fuente de nutrientes para la alimentación animal. Además, sus múltiples aplicaciones se extienden a sectores industriales como la industria alimentaria, farmacéutica y de la salud, donde se aprovechan sus propiedades funcionales y bioactivas.

En el área alimentaria, se ha identificado que la moringa se emplea para añadir valor agregado a productos como el yogurt y el jamón de pescado. Diversos estudios han demostrado que presenta una mayor actividad antioxidante que la chía, ya que retarda la oxidación de los lípidos, favorece la conservación de los alimentos e inhibe el desarrollo de microorganismos, contribuyendo así a mejorar su calidad y vida útil (Elhadi *et al.*, 2017; Cutz *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). La liberación de los compuestos fenólicos varía según el área del tracto digestivo que se encuentre, el 48 % 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 generado un notable interés debido a sus propiedades nutricionales, industriales y farmacocinéticas (Lakshmipriya *et al.*, 2016), las cuales pueden impactar positivamente en la calidad de vida de las comunidades rurales ubicadas en zonas afectadas por condiciones climáticas adversas y escasez de agua (Hernández y Méndez, 2018).

Existe una amplia cantidad de estudios científicos e información disponible sobre los usos y propiedades del cultivo de moringa. Estas investigaciones se han desarrollado bajo diversas condiciones ambientales y en distintas regiones del mundo, lo que evidencia que la variabilidad genética de la especie puede originar diferencias en su comportamiento de acuerdo al sitio donde se establezca. Por ello, se recomienda implementar prácticas agronómicas adaptadas a las condiciones específicas de cada región para optimizar su desarrollo (Olson, 2002; Toral *et al.*, 2013). La Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León ha impulsado entre los productores el interés por el aprovechamiento de la Moringa, mediante la divulgación técnica y científica de sus beneficios. Esta labor resulta fundamental para difundir el conocimiento agronómico relacionado con el cultivo y su potencial productivo.

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. Las propiedades de cada estructura morfológica de la moringa (compuestos fitoquímicos, orgánicos e inorgánicos) la señalan como un blanco importante para la investigación, así como en aplicaciones medicinales e industriales.

Esta especie se caracteriza por su elevado contenido de compuestos bioactivos, su alto valor nutricional y su notable actividad antioxidante, cualidades que contribuyen a satisfacer las necesidades nutricionales humanas. Gracias a estas propiedades, posee un gran potencial para su aplicación en la industria

alimentaria, tanto como ingrediente funcional o aditivo nutricional, así como en la industria farmacéutica, donde puede aprovecharse como fuente natural de antioxidantes y para el desarrollo de productos nutraceuticos. 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. La 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, se realizaron los siguientes objetivos para el presente trabajo de investigación:

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

La *Moringa oleifera* Lam. es una especie clasificada como un árbol perenne (Pandey *et al.*, 2011), perteneciente a la familia: Moringaceae, orden Capparidales y clase Magnoleopsida (Liñán, 2010). En México es conocida comúnmente como “Moringa” (Olson y Fahey, 2013).

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 a través de la Nao de China, por los españoles desde Filipinas (Olson y Fahey, 2013). En México, se distribuye 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).

2.1.2 Taxonomía

La moringa es una especie que pertenece a la familia de las moringaceas en el año 2009 se sitúa en el orden de las Brassicales, según la APG III, (López - García, 2016).

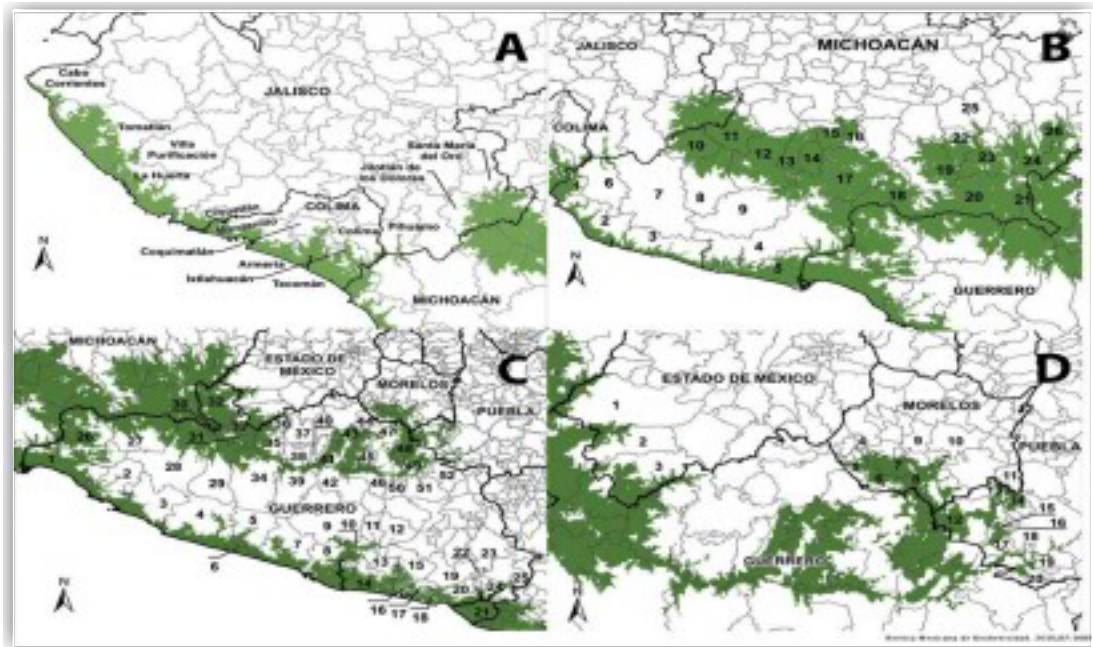


Figura 1. Distribución potencial en México de *Moringa oleifera*-Lam.
Fuente: Olson y Alvarado (2016).

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

<i>Taxonomía</i>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Eudicotyledoneae
Subclase	Rosidae
Orden	Brassicales
<i>Familia</i>	Moringaceae
<i>Género</i>	<i>Moringa</i>
<i>Especie</i>	<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). Sus ramas son extendidas y dispuestas en 4 a 6 pares de folíolos, con un folíolo en la parte final.

Presenta una raíz gruesa y profunda, con un sistema extenso de raíces laterales tuberosas, siendo fuente de reserva de agua en 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, las cuales son redondas con un casco semipermeable parduzco; el casco tiene tres alas blancas (Liñán, 2010).

2.1.4 Condiciones Ambientales

La moringa se ha extendido en varios países debido a que presenta características climáticas y edáficas óptimas para el crecimiento de la moringa.

La especie en cuestión posee una notable plasticidad ecológica, lo que le permite adaptarse a diversas condiciones ambientales, entre sus características destacan la resistencia a sequías (García, 2017) y adaptabilidad a suelos arcillosos y arenosos, excepto a suelos con falta de drenaje (Velázquez *et al.*, 2016). Óptimo crecimiento en zonas tropicales con precipitación anual comprendida entre 500 y 1.500 mm, tolerancia a altitudes bajas hasta 2.000 msnm así mismo un rango de temperatura óptimo entre -1°C y 48°C, si bien se han reportado casos de mortalidad por cambios bruscos de temperatura menores a 5C^o o mayores a 40C^o, durante periodos cortos de tiempo. (Falasca y Bernabé, 2008; Godino *et al.*, 2013)

2.1.5 Establecimiento

La moringa puede propagarse mediante esquejes o semillas. Para la germinación de las semillas, no es necesario remover la cubierta seminal (Velázquez *et al.*,

2016). El establecimiento de plantaciones de moringa se favorece en climas cálidos, con temperaturas óptimas entre 25 y 30 °C, buena exposición solar y suelos bien drenados con un pH comprendido entre 4,5 y 9.

2.1.6 Valor Nutricional

La moringa posee un elevado valor nutricional y comercial, dado que todas las partes de la planta, incluyendo hojas, flores, frutos y raíces, pueden ser utilizadas como fuente de proteínas, fibra, vitaminas, minerales y compuestos fitoquímicos. fitoquímicos (Velázquez *et al.*, 2016).

Las hojas son particularmente ricas en vitaminas, aminoácidos (Fuglie, 2001) y diversos fitoquímicos, tales como glucosinolatos, isotiocianatos, flavonoides, antocianinas y otros compuestos bioactivos (Fröhlich y Plate, 2000). Así mismo vainillina, ácidos grasos poliinsaturados, carotenoides, ascorbatos, tocoferoles, β -sitosterol, moringina, moringinina y fitoestrógenos (Singh, 2009).

Las hojas de *Moringa oleifera* exhiben un contenido nutricional excepcional, superando significativamente a otros alimentos de referencia en términos de concentración de micronutrientes esenciales. Se ha determinado que 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 comparables a las del huevo. Además, las semillas de *M. oleifera* contienen entre un 35% y un 40% de aceite de alta calidad, similar al aceite de oliva, y pueden ser consumidas crudas, hervidas, secas o tostadas. La evaluación científica exhaustiva de los procesos de utilización de la planta, así como la identificación de principios activos y mecanismos de acción, han proporcionado una base sólida para explicar muchos de los beneficios previamente conocidos de su utilización, potenciar su explotación y proponer nuevas aplicaciones.

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 en América durante el siglo XIX con propósitos alimenticios (Falasca y Bernabé, 2008). Actualmente se utiliza en productos de yogurt y jamón de pescado, como agente antioxidante, retardando la oxidación de los lípidos, ayudando en la conservación de los alimentos e inhibiendo la aparición de microorganismos (Elhadi *et al.*, 2017; Cutz, 2019; López *et al.*, 2018). También se utiliza como suplemento nutricional, con infusiones ricas en antioxidantes y capsuladas (Rathnayake y Navarathne, 2017); en la elaboración de bebidas energéticas (López *et al.*, 2017; Vanajakshi *et al.*, 2015); en la industria de la panadería y repostería (Rathnayake y Navarathne, 2017) y en la comida típica como sopas, ensaladas, frituras, cuajada, etc. (Yameogo *et al.*, 2011).

2.2.2 Medicinal

La moringa se utiliza con fines terapéuticos debido a su contenido de vitamina C, hierro, calcio, potasio y fósforo (Iglesias *et al.*, 2018). Se le atribuyen propiedades curativas en el tratamiento de diversas afecciones (López-Martínez, 2016). Incluyendo enfermedades respiratorias como el asma, epilepsia, enfermedades gastrointestinales, inflamatorias, nutricionales, fiebre y hemorroides (Velázquez *et al.*, 2016).

2.2.3 Servicios Ambientales

La moringa tiene múltiples usos ambientales: mejora la calidad del suelo mediante la fitorremediación, ayuda a la purificación del agua eliminando turbidez y metales pesados (Vats y Gupta, 2017), y contribuye a la mitigación del cambio climático al reducir el carbono y proteger contra la erosión y la desertificación. Por su rápido crecimiento y fácil adaptación, también es una opción viable con fines de reforestación y restauración de tierras degradadas.

Las semillas de moringa han sido objeto de estudio para su aplicación en el tratamiento de aguas residuales. Algunos de los usos potenciales incluyen el

tratamiento de aguas de río con sólidos suspendidos, aguas subterráneas, aguas fluviales y aguas turbias, así como la extracción de aceite para la producción de biodiesel, según lo reportado por Velázquez et al. (2016).

2.3 Composición Nutricional de Hojas de *Moringa oleifera*

Gracias a las recientes investigaciones se sabe que las partes de la moringa contienen una gran cantidad de minerales, aminoácidos y biomoléculas (González, 2018).

Un detalle excepcional sobre la proteína de la moringa es que contiene todos los aminoácidos esenciales, lo cual no es algo usual en fuentes vegetales. Gracias a la armoniosa proporción de estos aminoácidos se le atribuye una alta calidad y una fácil asimilación en el tracto digestivo (Cuadro 2). Un beneficio adicional de la proteína de la moringa es su alto contenido de lisina, un aminoácido esencial para asegurar la absorción del calcio (González, 2018).

Cuadro 2. Contenido de Aminoácidos en hojas secas de moringa

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

Si bien las hojas de moringa poseen una alta concentración de calcio una parte (37.5%) se encuentra como oxalato, lo que limita su biodisponibilidad, sin embargo, incluso con esa limitación, su cantidad aprovechable supera a otros alimentos como la leche entera de vaca (119 mg/100 g) o la soya seca (277 mg/100 g) (Álvarez, 2017).

Aunque la moringa contiene una cantidad de hierro similar a la de las leguminosas como la soya, su absorción se ve dificultada. Esto se debe a la presencia de ácido fítico, taninos y saponina. Dado que este hierro en la moringa no es hemo, su asimilación por el cuerpo es menos eficiente lo que impide asegurar que la moringa tenga un efecto antianémico a menos que sea consumida en altas cantidades (Álvarez, 2017).

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

Distintos investigadores han demostrado cómo la composición química de las hojas de moringa varía antes y después de ser secadas a través de diversos tratamientos, como lo reportado por Umar *et al.* (2015) al analizar la composición química de las hojas frescas y liofilizadas. Por otra parte, también Alakali *et al.* (2015) reportaron la composición de las hojas secadas de moringa en un horno a 60 °C (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición físico-química de hojas de moringa

Parámetros	Hojas Frescas %	Liofilizado %	Secado en horno %
Carbohidratos	5.15	37.20	49.08
Cenizas	1.23	8.36	5.22
Fibra	7.30	13.39	17.61
Grasa	72.50	8.15	2.47
Humedad	72.50	5.88	5.00
Proteína	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, ya que contienen en ellas los aminoácidos esenciales. Por esta razón, el consumo de hojas de moringa es importante, especialmente en situaciones de desnutrición ya que puede tener una repercusión positiva en la población la cual tenga acceso a ella. A diferencia de la mayoría de los vegetales que concentran sus proteínas en sus frutos, la moringa las almacena en sus hojas. Esta característica es clave, puesto que, al ser un árbol de hoja perenne, garantiza la disponibilidad de proteínas a lo largo de todo el año, a diferencia de los frutos que solo se producen estacionalmente. Dado que el precio de las hojas es significativamente más bajo que el de los frutos, la carne y otros productos de origen animal, la Organización Mundial de la Salud “WHO” (World Health Organization) ha promovido su uso desde 1998 como un alimento esencial en la lucha contra la desnutrición infantil (Moyo *et al.*, 2011; Koul y Chase, 2015).

Una de las grandes ventajas de esta planta es que sus hojas, no importa si están frescas, cocidas o en polvo, pueden ser almacenadas por algunos meses sin refrigeración y aun así conservan todos sus nutrientes Hsu (2006). También se sabe que consumir hojas de moringa cocidas en agua aumenta significativamente la absorción de proteínas, no obstante, este proceso reduce drásticamente, sus compuestos bioactivos el contenido de ciertas vitaminas y minerales (Saini *et al.*, 2014). Es por eso por lo que es importante considerar emplear otras tecnologías de procesamiento para que se permita aprovechar de mejor manera los componentes nutrimentales de la Moringa.

2.4.1 Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos son uno de los tres grupos principales de metabolitos secundarios de las plantas, junto con los terpenos y los compuestos nitrogenados. Estos compuestos poseen un valor comercial significativo y desempeñan funciones fisiológicas importantes en las plantas, incluyendo la regulación del crecimiento y la defensa contra agentes patógenos, depredadores y la radiación ultravioleta.

Los taninos, tradicionalmente clasificados como compuestos antinutricionales han sido objeto de debate en el campo científico de la nutrición, debido a la capacidad para formar complejos con macromoléculas como las proteínas, lo que resulta en una reducción de la digestibilidad proteica y, en consecuencia, una menor disponibilidad de aminoácidos esenciales para el organismo. No obstante, investigaciones recientes han revelado que esta perspectiva es simplista y han puesto de manifiesto una amplia gama de actividades biológicas beneficiosas asociadas a estos compuestos, siendo actualmente de interés científico y viendo el potencial terapéutico reconociendo a los taninos como uno de los compuestos fitoquímicos alimentarios más relevantes por su contribución en el mantenimiento de la salud humana (García *et al.*, 2015).

El etanol puede ser utilizado como disolvente en la extracción de compuestos fenólicos, taninos y flavonoides. Estos metabolitos presentan actividad antimicrobiana, atribuido a diversos mecanismos de acción como la inhibición de la pared celular y la síntesis de ADN o ARN, y el retraso del crecimiento bacteriano ya que actúan en la inhibición de enzimas a través de interacciones no específicas con proteínas o mediante la oxidación del grupo sulfhídrico. Las mezclas hidroalcohólicas son más efectivas para disolver los compuestos activos responsables de combatir la actividad bacteriana, ya que el alcohol ayuda a que estos componentes penetren con mayor facilidad la pared celular bacteriana. Por el contrario, los extractos que solo usan agua pueden contener otros compuestos que interfieren con la acción antibacteriana reduciendo su efectividad. Por esta razón, se necesitarían concentraciones más altas del extracto acuoso para lograr el mismo efecto. Martín (1998) comunica que los extractos acuosos muestran una actividad antimicrobiana limitada, lo que sugiere una baja eficiencia en la extracción de los compuestos bioactivos de las plantas mediante el uso de agua. La fluctuación en la variación de la actividad antibacteriana de los extractos contra las diferentes cepas se puede atribuir a las variaciones de polaridad y solubilidad de los solventes, lo que afecta directamente a la extracción de metabolitos bioactivos que actúan sobre la pared celular de los patógenos. Selesha y Kang (2019). Rahman *et al.* (2009). evaluaron *in vitro* la actividad antibacteriana de

extractos acuosos y etanólicos derivados de las hojas de *Moringa oleifera*. El estudio demostró que ambos extractos demostraron eficacia contra bacterias gram (-) y gram (+), siendo el extracto etanólico quien mostró una actividad superior en comparación con su contraparte acuosa. La eficacia de extractos de *M. oleifera* como agente antibacteriano se atribuye a la acción sinérgica de compuestos bioactivos los cuales deben antagonizar el crecimiento y la viabilidad celular. La actividad biológica de estos compuestos se atribuye a su capacidad para permeabilizar la membrana celular, lo que se ve facilitado por la presencia de grupos etílicos. Este mecanismo de acción puede manifestarse de dos maneras principales: en primer lugar, con la inhibición de las enzimas esenciales para la síntesis de peptidoglucano o la generación de radicales libres que causan desorganización e incluso romper la membrana celular. La presencia de ciertos compuestos solubles en Moringa puede comprometer la integridad de la membrana celular, lo que resulta en una alteración de la permeabilidad celular, así como en la afectación del crecimiento y la viabilidad 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 poseen una estructura química caracterizada por la presencia de uno o más grupos hidroxilo unidos directamente a un anillo aromático (García, 2017) confiriéndoles propiedades bioactivas destacadas.

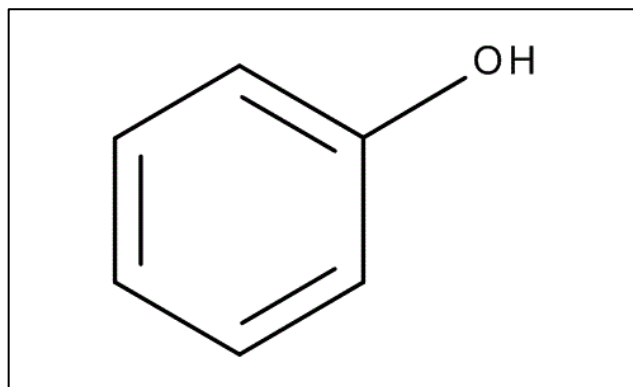


Figura 3. Estructura química de un compuesto fenólico simple

Los grupos hidroxilo de los fenoles tienen una acidez superior en comparación con otros, una propiedad que se deriva de la resonancia con el anillo aromático, este fenómeno les permite estabilizar rápidamente un sustituyente oxigenado desprotonado (García, 2017). Por esta razón, los fenoles actúan como antioxidantes al donar un átomo de hidrógeno a los radicales libres, interrumpiendo así la etapa de propagación de la cadena en el proceso de oxidación (Guija *et al.*, 2015).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios altamente reactivos que frecuentemente se encuentran en forma glicosilada, es decir, unidos a diversos azúcares y ácidos (García *et al.*, 2015). También pueden formar conjugados con otros compuestos. Según su solubilidad, se clasifican en distintas categorías, como aquellos solubles en solventes orgánicos, los solubles en medio acuoso y los polímeros de alto peso molecular que resultan insolubles en ambos (García, 2017).

2.4.2 Radicales Libres

Los radicales libres son moléculas inestables con uno o más electrones no apareados, clasificadas como especies reactivas de oxígeno (ERO o Reactive Oxygen Species, por sus siglas en inglés). Su producción en el metabolismo humano se relaciona con una nutrición y alimentación inadecuada, consumo de productos tóxicos como el tabaco, alcohol y drogas; exposición a pesticidas, radiaciones (ultravioleta, gamma, hertziana) y contaminación ambiental (acuática, atmosférica y del suelo) (Coronado *et al.*, 2015). Las ERO son moléculas que actúan como mensajeros celulares regulando la proliferación, migración y supervivencia de las células. Desempeñan un papel fundamental en la fisiología celular la inmunología y la neurociencia. A nivel neuronal las ERO son cruciales para potenciar la función sináptica y la neurotransmisión, mientras que, en la reproducción, son esenciales para la ovulación, capacitación espermática y fertilización. Los radicales libres, en concentraciones elevadas, pueden ocasionar daños considerables, incluyendo diversos problemas patológicos como cáncer, arteriosclerosis, toxicidad por fármacos e infertilidad (Ruiz, 2018), así como alteraciones en el ADN y envejecimiento prematuro (López *et al.*, 2017).

2.4.2.1 Antioxidantes

Los antioxidantes son micronutrientes presentes en la dieta cotidiana formando parte de los alimentos que se consumen (Coronado *et al.*, 2015), han sido objeto de considerable interés científico en las últimas dos décadas ya que su función principal es la de neutralizar los radicales libres, atenuando así el estrés oxidativo (Huerta *et al.*, 2015). Esta capacidad se asocia con efectos beneficiosos para la salud, particularmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares (López *et al.*, 2017).

Más allá de sus efectos biológicos, los antioxidantes son cruciales para mitigar la oxidación de los alimentos (Coronado *et al.*, 2015). En este contexto los antioxidantes de origen natural han cobrado mayor importancia frente a los

sintéticos como el butilhidroxitolueno (BHT) o butilhidroxianisol (BHA), debido a la inestabilidad y la posible acción carcinogénica de estos últimos (Fitriana *et al.*, 2016). Las hojas de *Moringa oleifera* en origen son rica en antioxidantes naturales, una característica atribuida a su diversa composición fitoquímica (RSA-CONICET, 2016), su capacidad para mitigar el estrés oxidativo se debe a la sinergia de composición de fenólicos, flavonoides, carotenoides, licopeno, ácido ascórbico y antocianinas (Vats y Gupta, 2017). Estos metabolitos secundarios actúan como agentes protectores al neutralizar especies reactivas de oxígeno (ERO) a nivel celular.

2.4.2.2 Capacidad Antioxidante

La cuantificación de la capacidad antioxidante en alimentos es crucial para evaluar su potencial *in vitro* que permite conocer la protección contra el estrés oxidativo. Esta determinación se fundamenta en el empleo de sistemas que generan radicales libres, lo que permite medir y comparar la eficacia de los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos para neutralizar o inhibir la peroxidación lipídica. En un estudio elaborado por García (2017) se determinó la capacidad antioxidante de las hojas deshidratadas de moringa, mediante los ensayos de DPPH y ABTS. Los resultados revelaron un elevado contenido de compuestos antioxidantes, estableciendo que el agua destilada es el solvente más eficaz para su extracción Coz y Guzmán (2015) rectificaron la capacidad antioxidante del té herbal de las hojas de moringa, utilizando los ensayos de ABTS, DPPH y FRAP, encontrando una actividad antioxidante significativa.

2.4.2.3 Método (ABTS)

Para el ensayo de ABTS se cuantifica la capacidad antioxidante de una muestra midiendo su habilidad para reducir el radical catiónico del ABTS ($ABTS^{+\bullet}$), lo cual se evidencia por una disminución en la absorbancia a 734 nm (García, 2017). Esta reducción se expresa como un porcentaje de inhibición, reflejando la eficiencia de la muestra para neutralizar dicho radical.

La generación del radical catiónico del $ABTS^{+\bullet}$ ocurre por la oxidación de su precursor el ácido 2,2'- azinobis (3- etilbenzotiazolín) -6- sulfónico (ABTS) y persulfato de potasio (Re *et al.*, 1999). Este radical, de un característico color verde - azulado, es estable y presenta un espectro de absorción en el rango de UV-visible. Al interactuar con una sustancia antioxidante, el $ABTS^{+\bullet}$ se reduce a su forma neutra e incolora, un cambio que se mide espectrofotométricamente (Fitriana *et al.*, 2016). A este método también se le conoce como TEAC (troloxequivalent antioxidant capacity).

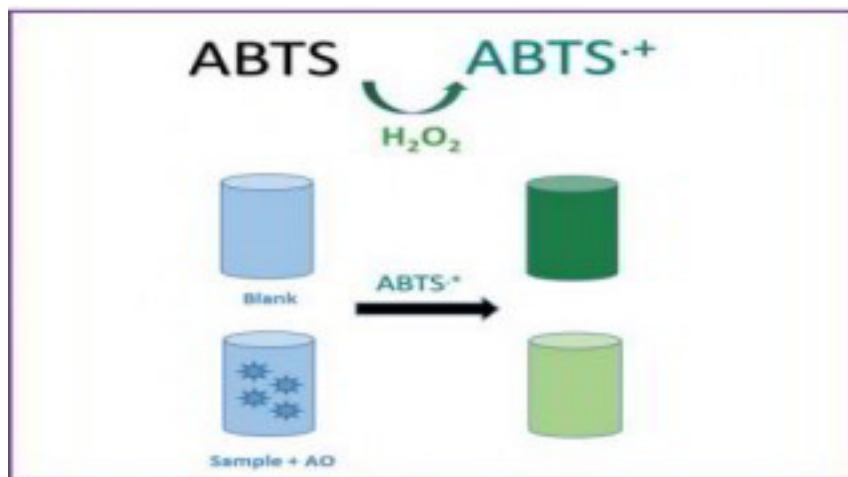


Figura 4. Capacidad antioxidante del método ABTS
Fuente: Miller y Rice-Evans (1993)

2.4.2.5 Método (DPPH)

Una forma común de evaluar la capacidad antioxidante es mediante el ensayo de DPPH. Este método se basa en la medición espectrofotométrica de la decoloración de una solución de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), esta decoloración se da por el descenso de la absorbancia a 515 nm de la solución metanólica de este radical libre de color violeta (Castro, 2016), la presencia de antioxidantes neutraliza este radical, lo que provoca la pérdida de color de la solución. El grado de decoloración es directamente proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra hasta convertirse en el 1-1, difenil-2-picrylhidracil (color amarillo pálido) Teixeira, E. M. B (2013), esta interacción se fundamenta en la

transferencia de electrones o átomos de hidrógeno (Fitriana *et al.*, 2016). Los valores obtenidos se expresan con respecto a un compuesto de referencia, utilizando una solución del radical DPPH como estándar (Castro, 2016).

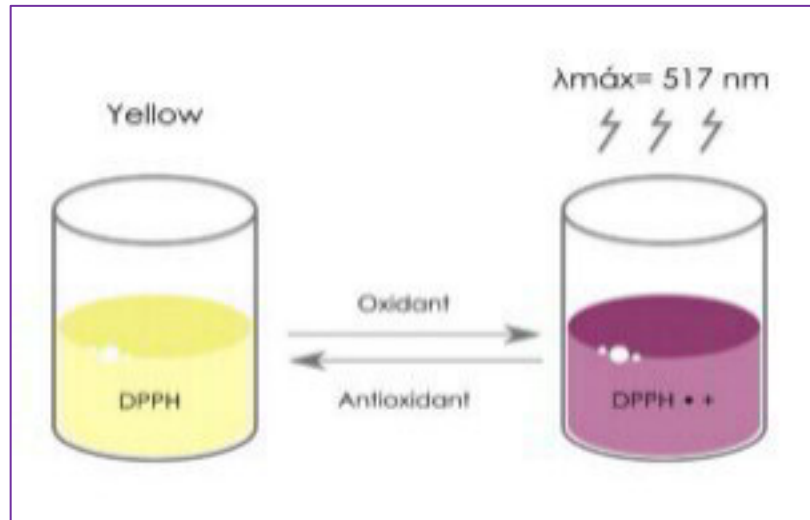


Figura 5. Capacidad antioxidante del método de DPPH

2.4.3 Acción Antimicrobiana

Una alternativa para combatir el aumento de enfermedades infecciosas y la resistencia a los antibióticos es la búsqueda de nuevos agentes terapéuticos en compuestos naturales. El creciente problema de la resistencia antimicrobiana considerada una seria amenaza para la salud pública a nivel global ha impulsado la investigación de estas sustancias como posibles tratamientos para diversas patologías de origen infeccioso (Domingo, 2003).

Se considera que la parte aérea de las plantas, especialmente en las hojas, existen alrededor de 1×10^6 a 1×10^7 célula/cm² 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 esenciales 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 es una disciplina científica dedicada a la medición, análisis e interpretación de respuestas humanas a las características de un producto, tal como las perciben los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto (Stone y Sidel, 2004).

Este tipo de evaluaciones se ejecutan con el propósito de darle a la industria, la facilidad de aprovechar y aplicar estas mediciones. El éxito de las innovaciones tecnológicas en el ámbito alimentario depende de la evaluación sensorial. Si esta se omite, dichos avances podrían no ser aceptados por el consumidor, lo que resultaría en un fracaso comercial.

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.

Para asegurar la calidad de los alimentos se realizan múltiples análisis de laboratorio, incluyendo la evaluación de su composición química, carga microbiana y de manera crucial, sus características sensoriales (sabor, aroma, color y textura) ya que el éxito de un producto en el mercado depende en gran medida de su aceptabilidad por parte de los consumidores.

Por esta razón, se requiere de personas capacitadas para llevar a cabo dichos análisis. La evaluación sensorial se centra en la precisión y reproducibilidad de sus metodologías. Esta área de estudio busca comprender la relación entre un estímulo físico dado y la respuesta del sujeto que lo percibe, considerando esta interacción como una serie de eventos.

El proceso de percepción sensorial comprende tres etapas clave:

1. La interacción del estímulo con el órgano sensorial, convirtiéndolo en una señal nerviosa que se transmite al cerebro.
2. La interpretación y organización de las sensaciones entrantes en percepciones, basada en experiencias previas almacenadas en la memoria.
3. La generación de una respuesta fundamentada en la percepción subjetiva, que permite identificar atributos sensoriales específicos (Schiffman, 1996).

El ser humano desempeña un papel fundamental en la evaluación de la calidad de los alimentos, dado que puede detectar características organolépticas como el aroma, sabor, color y textura mediante sus sentidos. Para obtener resultados fiables y representativos, es necesario contar con un panel sensorial integrado por evaluadores capacitados.

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 asociación 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

La investigación se desarrolló utilizando polvo de hojas de *Moringa oleifera*, específicamente de los cultivares de vaina larga y vaina corta, previamente 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. Los solventes utilizados para la obtención de extractos fueron: una mezcla hidroetanólica (50:50, etanol:agua), etanol absoluto (100%) y agua destilada (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 μ L a los tubos de ensayo, se utilizaron tres repeticiones de cada muestra aplicando 200 μ L de Folin ciocalteu a cada repetición de la muestra, 500 μ 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

La actividad antioxidante de los extractos de Moringa se determinó mediante el método descrito por Moutinho *et al.* (2013), utilizando los radicales estables ABTS y DPPH.

3.5.2.1 Método ABTS

Se pesaron 38.4mg de muestra de la moringa disolviéndolo en 10µL de H₂O 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 980 μ L agua + 20 μ L extracto
- 25 μ L de cada dilución y 200 μ L de DPPH, se espera 30min bajo luz para después leer la absorbancia a 520N.

Para los blancos de DPPH:

- Acuoso 25 μ L
- Etanólico 25 μ L
- Hidroetanólico 12.5 +12.5

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

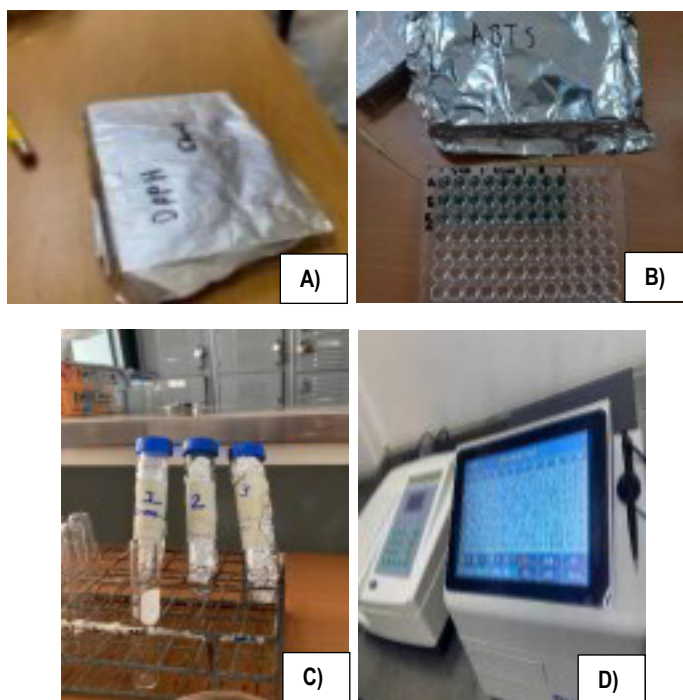


Figura 8. Actividad antioxidante método ABTS y DPPH: a) dilución método DPPH; b) dilución método ABTS; c) muestras concentradas; d) absorbancias bajo espectrofotómetro.

3.6 Análisis de Datos

Los datos de absorbancia obtenidos se recopilaban en Excel y se sometieron a análisis de varianza utilizando el software 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.

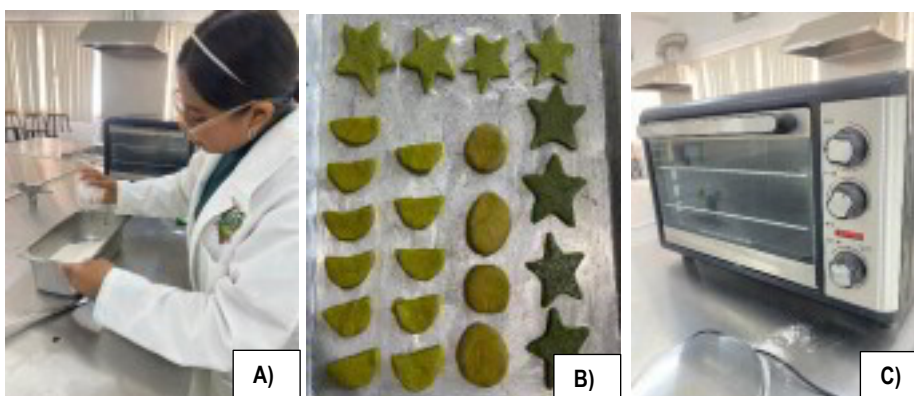


Figura 9. Elaboración de galletas de moringa: a) muestra homogénea de la materia prima; b) galletas moldeadas; c) horno 150°-180°C.

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

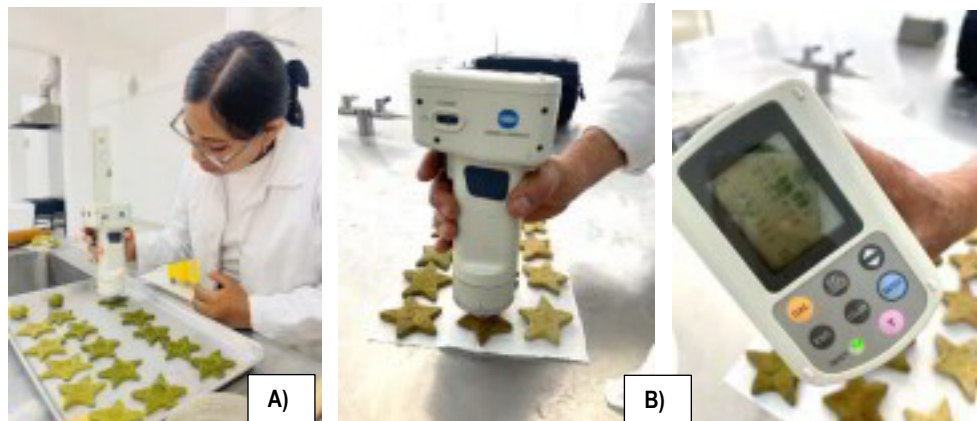


Figura 10. Medición del colorímetro: a) antes de la cocción; B) después de la cocción.

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 500 μ L de agar nutritivo y tres contenidas de 500 μ L 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:

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

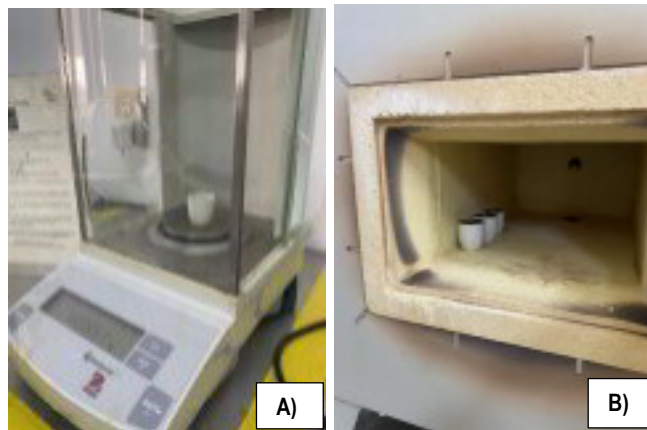


Figura 12. Determinación de minerales totales: a) determinación del peso; b) muestras bajo mufla a 600°C.

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

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de CFT, El mayor contenido se obtuvo cuando se utilizó el extracto acuoso (EA), el extracto hidroalcohólico (EHE) ocupó el segundo lugar y cuando se utilizó el extracto etanólico como solvente el contenido de CFT fue menor.

Flores-López *et al.* (2016) reportaron que el tipo de solvente influye en los valores de CFT, siendo mayores en los extractos acuosos en comparación con los etanólicos. Estos hallazgos coinciden con los reportados en extractos de hojas de *A. vera*, que presentaron valores de 47.4% y 9.6% para los extractos acuoso y etanólico, respectivamente.

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

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

*mgET/g = mg equivalente Trolox por g

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

La solubilidad de los compuestos bioactivos es determinante en los rendimientos de extracción, tal como lo destacan Both *et al.* (2014) al influir en la elección del solvente más adecuado Bachtler y Bart (2021).

Este proceso podría verse favorecido por el hinchamiento de la matriz, lo cual incrementa la superficie de contacto y, por ende, facilita la liberación de los compuestos.

Estudios previos han reportado que las hojas de Moringa contienen altos niveles de compuestos bioactivos o fitoquímicos, tal como lo señalan Rodríguez y Soriano (2016). Los cuales son sustancias naturales presentes en las plantas con potencial para modular el metabolismo humano y ayudarlo a prevenir enfermedades crónico-degenerativas. Entre estos compuestos se encuentran los fenoles y flavonoides. Se ha informado que la alta concentración de fenoles y flavonoides constituye uno de los principales factores responsables de las propiedades medicinales de la moringa, además de contribuir a su reconocida actividad antioxidante (Liñan, 2010).

Estos compuestos también poseen propiedades adicionales, entre ellas su influencia en la regulación del crecimiento celular y la inducción de enzimas involucradas en procesos de detoxificación. Pueden prevenir mutaciones e inestabilidad cromosómica y tiene un efecto positivo en la función cognitiva (Bakoyiannis *et al.*, 2019). Estudios previos han demostrado que los extractos de hojas de moringa poseen propiedades benéficas, como la reducción del estrés oxidativo y la obesidad asociada a dietas ricas en grasas (Joung *et al.*, 2017), así como actividad antiproliferativa en células cancerígenas de colon (Tragulpakseerojin *et al.*, 2017).

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. En relación con el método DPPH, y considerando el solvente empleado en la extracción, el agua destilada continúa siendo el que presenta la mayor actividad antioxidante. En el método DPPH con EA (202.8406 ± 7.84 mgET/g, seguido del EE con 9.2833 ± 0.31 mgET/g y en menor proporción el EHE

con valores de 5.8957 ± 1.18 mgET/g en comparación de ABTS siendo el de mayor rendimiento el EHE 1.9136 ± 0.01 mgET/g.

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

	DPPH	ABTS
Solventes	mgET/g	mgET/g
EHE (50:50)	5.8957 ± 1.18	1.9136 ± 0.01
E. Acuoso	202.8406 ± 7.84	1.2900 ± 0.07
E. Etanólico	9.2833 ± 0.31	1.4902 ± 0.18

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

El radical DPPH se emplea para evaluar la capacidad antioxidante de eliminar radicales libres (Zhenbao *et al.*, 2007). Estudios previos han reportado valores de Cl_{50} de 0.13 mg mL^{-1} y 0.17 mg mL^{-1} para extractos acuoso e hidroalcohólico de frutos de *R. microphylla* (Charles-Rodríguez *et al.*, 2020), mientras que Cid-Pérez *et al.* (2019) encontraron un valor de 83.7 mg L^{-1} en aceites esenciales de *Poliomintha longiflora*.

El análisis de varianza para la capacidad antioxidante presentó diferencias significativas ($p < 0.04$) para los ensayos DPPH y ABTS (Cuadro 7). El CFT obtenidos en las hojas de moringa fue de 22.03%. Moyo *et al.* (2011) reportaron un valor de 2.02% en base seca; sin embargo, Mariana (2011) obtuvo resultados diferentes, lo que evidencía la variabilidad entre estudios.

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

FV	GL	SC	CM	FC	F α
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) señalaron que los flavonoides constituyen los principales compuestos bioactivos en la moringa, destacando entre ellos la quercetina y el kaempferol, los cuales también se encuentran en el té negro y en la cebolla.

Balentine *et al.* (1997) mencionan que estos compuestos conforman de un 2 a 3% del extracto hidrosoluble del té. Los extractos utilizados fueron estadísticamente iguales entre sí con 0.63, 0.40 y 0.33 para etanol, agua y agua etanol respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de los extractos

Extracto	Media	
Agua – Etanol	0.33	A
Agua	0.40	A
Etanol	0.63	A

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

En la segunda absorbancia, el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas ($p > 0.01$) entre los ensayos DPPH y ABTS para la capacidad antioxidante (Cuadro 9).

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

FV	GL	SC	CM	FC	F α
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

	Media	
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 y EE respectivamente (Cuadro 11).

Cuadro 11. 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 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 α
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 en la tercera absorbancia, al igual que en la primera y segunda absorbancia fueron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 14).

Cuadro 14. Medias de los extractos utilizados en *M. oleífera*.

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 para evaluar la capacidad antioxidante de neutralizar radicales libres (Zhenbao *et al.*, 2007). En este estudio, se utilizó para determinar el potencial antirradical de los compuestos antioxidantes presentes en los extractos de *Moringa oleífera* (EHE, EA y EE), expresando los resultados como CI_{50} , que corresponde a la concentración necesaria para inhibir en un 50% el proceso de oxidación; de manera que valores más bajos reflejan un mayor potencial antioxidante.

De acuerdo con Flores-López *et al.* (2016), se observa una correlación directa entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante. En este estudio, dicha relación se confirmó, ya que el EHE presentó valores superiores de CFT y una mayor actividad antioxidante en comparación con el EA. Además, la capacidad antioxidante de las hojas deshidratadas de moringa fue notablemente superior a la reportada por Moreno *et al.* (2015) en frutos liofilizados de aguacate (1.65 $\mu\text{mol TE/g}$) y a los valores obtenidos en frutos de *Physalis peruviana* L. (2.27 y 2.70 $\mu\text{mol TE/g}$). García (2017) reportó valores de 34,633 y 58,699 $\mu\text{mol TE/g}$ en hojas secas de moringa secadas a 70°C por 48 horas, utilizando los métodos DPPH y Trolox, respectivamente. Las diferencias observadas entre los resultados obtenidos con los métodos DPPH y ABTS pueden atribuirse a las particularidades de cada técnica. Aunque ambos métodos se basan en la estabilización de radicales libres y generan un cambio de color al reaccionar con antioxidantes, el método ABTS permite evaluar la actividad de compuestos tanto hidrofílicos como lipofílicos, involucrando mecanismos de reacción de transferencia de átomos de hidrógeno y electrones (Miller, 1993; Pietta *et al.*, 2000). En contraste, aunque el método DPPH también combina ambos mecanismos, la estabilización ocurre principalmente a través de la transferencia de electrones (Brand-Williams *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.

Dado que no existe una norma específica para el análisis de hojas de moringa en polvo, se tomó como referencia el producto seco y molido destinado a bebidas saborizadas no alcohólicas para establecer sus especificaciones (Cuadro 15). Es importante considerar los lineamientos pertinentes según el producto final. El contenido de BMA y CT en la muestra HR60 se consideró atípico, posiblemente debido a la manipulación durante el procesamiento, ya que se utilizaron los mismos equipos y condiciones que en HR40, donde no se detectó contaminación. Esto sugiere que la contaminación no se atribuye exclusivamente al método de secado, considerando que ambas muestras tuvieron la misma carga inicial. Con base en la NOM-218-SSA-2011 para productos y servicios de bebidas saborizantes de microorganismos. Especificaciones y disposiciones sanitarias. La recomendación general es que los polvos para preparar bebidas saborizantes no alcohólicas, congelados, así como bebidas con cafeína, no rebasen los límites contemplados 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 ± 0.02 . La materia seca total en hojas de moringa (*Moringa oleifera*) puede variar según el método de secado utilizado. Otros estudios reportan entre 25.6% y 31.5% de proteína cruda en hojas de moringa deshidratadas. Además, se ha evaluado el efecto de la temperatura y el tiempo de secado sobre el contenido de proteína, de proteína cruda en hojas deshidratadas de moringa. Asimismo, se evaluó el efecto de la temperatura y del tiempo de secado sobre el contenido proteico, 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

Valdez-Solana *et al.* (2015) realizaron un estudio en hojas de moringa pertenecientes a dos cultivares mexicanos, en el cual reportaron bajos contenidos de proteína, con valores de $10.74 \pm 1.3\%$ y $11.48 \pm 1.4\%$. Sin embargo, para variedades de Querétaro los valores de proteína fueron más altos (19.08%). El valor de proteína obtenido en este trabajo de investigación de 8.25 ± 0.76 es más bajo al reportado por estos autores. Souza (2018) reportó 8.92 % de proteína en las que se sustituyó la harina de trigo por un 8% de harina de moringa con valor de 115 g de proteína/%, aportada en su formulación.

Otros autores han reportado valores altos de proteína (15.62%) en galletas sustituyendo 15% de harina de moringa, con 41 g de proteína/% de harina (Gutiérrez, 2015)

Las hojas de moringa son altamente demandadas por su notable valor nutricional y elevado contenido de proteínas. Además, resultan de fácil digestión, comparable a la leche en polvo, y aportan aminoácidos esenciales que el organismo no puede sintetizar por sí mismo Olson- Fahey (2013). También destacan por su alto contenido de vitamina C, nutriente que favorece la fijación del hierro en la sangre, presenta una importante capacidad antioxidante y actúa

como agente reductor, propiedades vinculadas con la prevención del cáncer (Padayatty y Levine, 2016).

Blanco y Boucher (1997), mencionan que, en los alimentos, el contenido de minerales suele expresarse en función de la cantidad de cenizas, ya que estas representan la fracción inorgánica del producto.

El valor de cenizas obtenido en este estudio es de 1.77 ± 0.075 , Ruiz-Castillo (2018), en su investigación titulada Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp.*) por la mezcla de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y harina de hoja de moringa en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta, reportó un contenido de cenizas de 2.64%. Dicho valor resulta superior al obtenido en la presente investigación. Por su parte, Gutiérrez (2015), en un estudio con galletas elaboradas con 90% de harina de trigo y 10% de harina de moringa, informó un bajo contenido de minerales (0.85%). La diferencia entre ambos resultados podría deberse al tipo de harina empleado en la formulación de los distintos productos.

El porcentaje de grasa obtenido en esta investigación fue de 15.07 ± 1.74 , Hernández y Méndez (2018) reportan valores de grasa de 24,03% en galletas elaboradas con harina de moringa y amaranto. 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). Este valor fue similar al obtenido en esta investigación. Hernández y Méndez (2018) señalan que el contenido de grasa en la galleta depende de su formulación, pues una mayor cantidad de margarina puede intensificar o atenuar el sabor y el aroma de la moringa. Asimismo, Salinas *et al.* (2011), citados por Quispe (2016), destacan que el nivel de grasa en la galleta influye en su aceptación durante la evaluación sensorial, dado que este componente es uno de los principales responsables del sabor en los alimentos.

El porcentaje de grasa obtenido en esta investigación fue de 4.92g/100 g de muestra, este valor es similar a los 4.62 g/100 g de muestra reportados por (RSA-CONICET, 2016) y 5.6 g/100 g de muestra determinados. Los resultados del

contenido de grasa concuerdan con los reportados por González *et al.* (2018), quienes encontraron valores entre 4.7 y 5% en hojas de moringa. En esta investigación, el porcentaje de fibra obtenido en las galletas de moringa fue de 0.30 ± 0.05 . Hernández y Méndez (2018) reportaron 1.79 % de fibra en galletas elaboradas con harina de moringa y amaranto. Ruiz (2011) señala que el principal componente de la fibra alimentaria es la celulosa, la cual resulta benéfica para el consumidor. Aunque está formada por unidades de glucosa, los animales no pueden utilizarla como fuente de energía debido a la ausencia de la enzima capaz de romper los enlaces β -1,4-glucosídicos. Por esta razón, su inclusión en la dieta humana es relevante, ya que favorece la integración de los alimentos. Además, el autor indica que, en general, la fibra alimentaria se expresa como fibra cruda, la cual corresponde a la fracción insoluble en agua y no digerible en el tracto gastrointestinal humano. Esta está compuesta principalmente por carbohidratos y lignina, que al ser ingeridos aportan volumen y textura al bolo alimenticio, facilitando su tránsito a través del sistema digestivo. aun cuando no contribuyen con nutrientes a la dieta, ni proporcionan un aporte calórico.

La composición bromatológica de las hojas de moringa puede variar según factores como la edad de la planta (RSA-CONICET, 2016), la altura de recolección (Guzmán *et al.*, 2015) y el sitio de cultivo, que depende del clima y tipo de suelo, al igual que en otros alimentos.

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, así como el de materiales sólidos y semisólidos de distinta naturaleza, suele representarse tradicionalmente mediante el espacio de color CIELAB (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).

Los carotenoides son importantes en las galletas comerciales, para que estas tengan un color aceptable, por lo que siempre son agregados como parte de los microingredientes que llevan las formulaciones (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. Las plantas los poseen en sus tejidos, como parte de los cromoplastos (Maoka, 2020).

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.

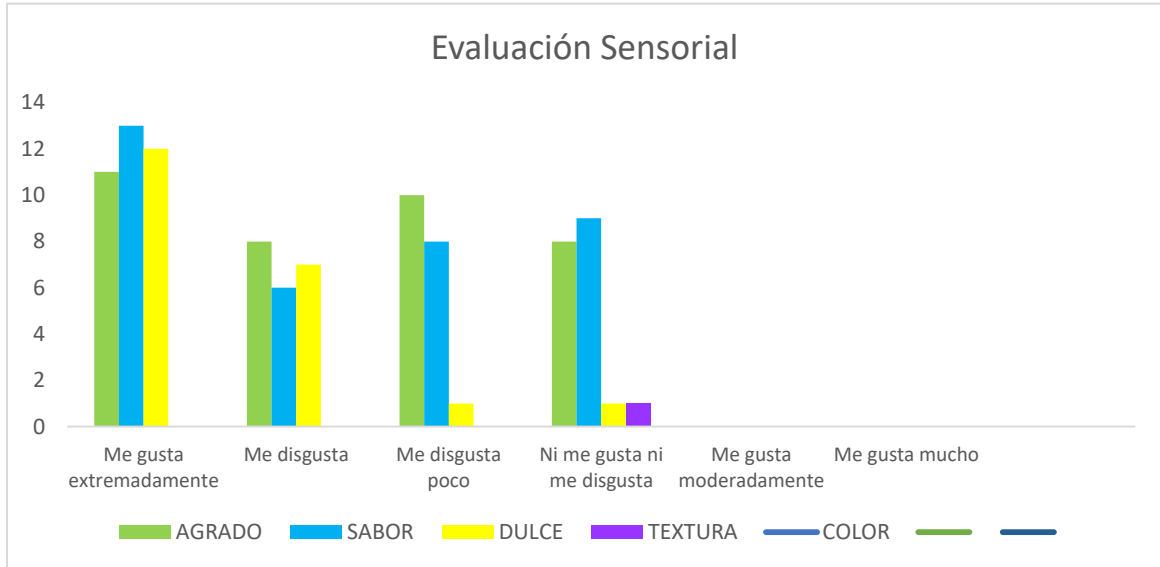


Figura 16. Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de moringa.

Es importante señalar que la evaluación sensorial está parcialmente influenciada por las preferencias individuales de cada panelista; algunas personas tienden a preferir muestras con sabor amargo, mientras que otras se inclinan por 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 el 10% manifestaron que ni les gustó ni les disgustó

Asensi *et al.* (2017) señalan que, para evitar una disminución en la aceptabilidad del producto al incorporar harina de moringa, es necesario añadir sustancias aromatizantes. Por su parte, Rodríguez y Soriano (2016) indican que una sustitución parcial de harina de trigo por harina de moringa en la elaboración de galletas puede mejorar sus características sensoriales y reducir el 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. Por otra parte, los panelistas no manifestaron la misma aceptación en

color y sabor que con la concentración; ya que, en las evaluaciones realizadas, se detectaron repetidas opiniones sobre el grado de astringencia presente en las infusiones.

En los estudios realizados sobre infusiones de té verde, se ha reportado la presencia de polifenoles, dentro de los cuales destacan los flavonoides como las catequinas. Estos compuestos también han sido identificados en *Moringa oleifera* (Von Staszewski, 2011), lo que resalta la similitud en su perfil fitoquímico. Cabe señalar que los polifenoles son compuestos hidrosolubles que, además de sus propiedades bioactivas, se relacionan con la generación de sensaciones organolépticas características, ya que se asocian con sustancias responsables del amargor y la astringencia en los alimentos (Balentine *et al.*, 1997).

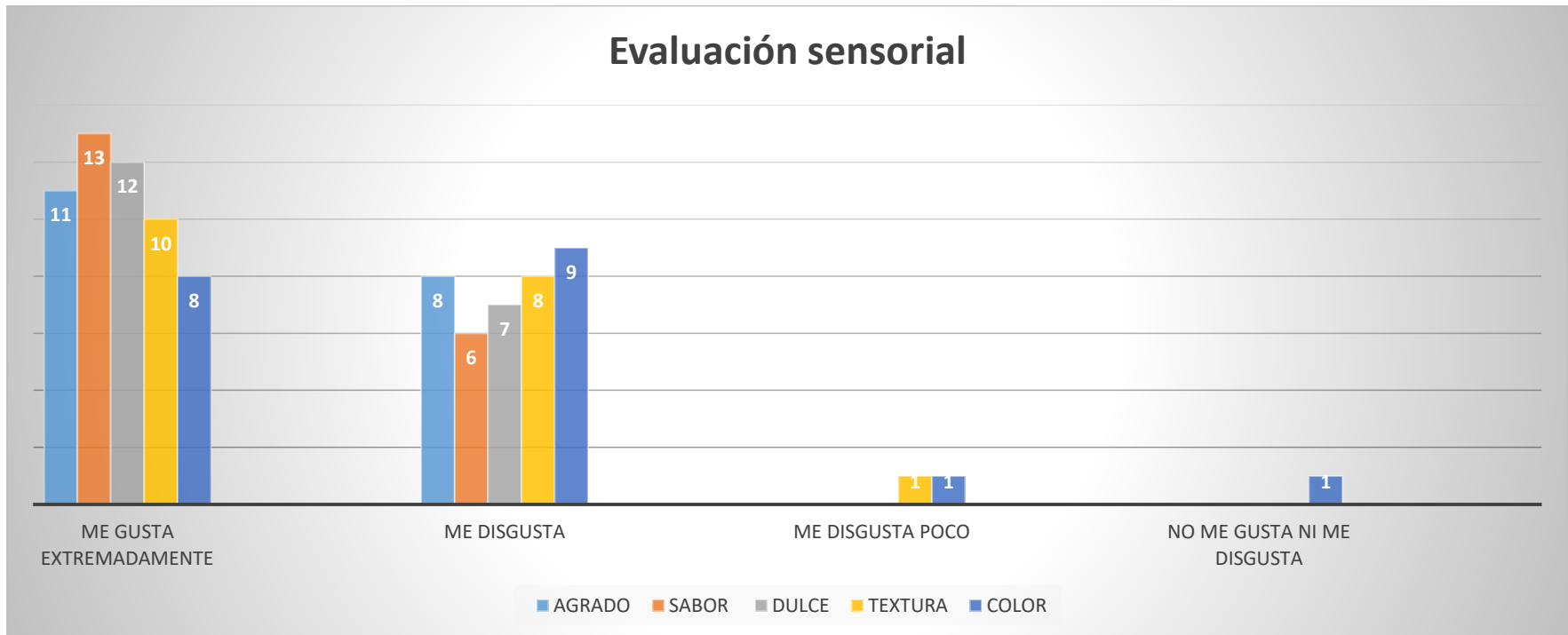


Figura 17. Evaluación sensorial de galletas elaboradas a base de moringa.

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>
<i>Agrado</i>	11	8			
<i>Sabor</i>	13	6			
<i>Dulce</i>	12	7			
<i>Textura</i>	10	8	1		
<i>Color</i>	8	9	1	1	

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se establecieron las siguientes conclusiones:

1. Los extractos de moringa presentaron contenidos importantes de polifenoles y antioxidantes, para los extractos acuosos e hidroalcolólicos.
2. Los extractos acuosos e hidroalcolólicos de moringa presentaron contenidos aceptables de polifenoles y antioxidantes.
3. Las galletas elaboradas a base de moringa presentaron altos porcentajes de proteína, grasas, fibras y minerales, confirmándose como una fuente potencial de nutrientes.
4. El diagrama de cromaticidad indicó la calidad entrando en el eje de carotenoides antes y después de la cocción.
5. Los mesófilos aerobios se encontraron dentro de los límites establecidos por la NOM MX-218-SSA-2011 (2011).
6. Los mesófilos aerobios están en los límites marcados por la NOM MX-218-SSA-2011 (2011).
7. Los análisis sensoriales resultaron satisfactorios, dado que la mayoría de los panelistas evaluaron de manera altamente positiva el sabor, dulce, la textura y el color de la galleta elaborada con extracto de moringa.

VI. LITERATURA CITADA

- Alegbeleve, O. O. (2018). How funcional is Moringa oleifera A review of its nutritive, medicinal, and socioeconomic potential. Food and Nutrition Bulletin, 39(1), 149-170. DOI: 10.1177/0379572117749814.
- Álvarez, A. (2017). Valor Nutricional de la Moringa oleifera. 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.
- Bakoyiannis, S. and Bart, H.J. 2019. Increase the yield of bioactive compounds from elder bark and annatte seeds using ultrasound and microwave assisted extraction technologies. Food Biopred. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.009>

- Brand-Williams W., Cuvelier ME and Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol.* 28:25-30.
- Bennett, R. N., Mellon, F. A., Foild, N., Pratt, J. H., Dupont, M. S., Perkins, L., and Kreon, P.A. (2003). Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa eleitral* (Herseedish Tree) and *Moringa stenoretala* *Lulournal of Agricultural and Food Chemistry* 51(12): 3546-3553.
- Both, S., Chemat, F., Strube, J., 2014. Extraction of polyphenels from black tea - Conventional and ultrasound assisted extraction. *Ultrason. Sonochem.* 21:1030 1034. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.11.005>
- Blanco, M., y Boucher, F. (1997). *La Agroindustria Rural. Marco general y Gestión Tecnológica.* Granada: IICA Biblioteca Venezuela.
- Brühl, L. and 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-Carrion 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. *Bigagra* 29 (1): 53-60.
- Carrion, A., L., E., Bassols, Raseira, M. do C., Martins, Pereira, J.F., (2017). III Simposio Nacional do Morango e II Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. Doc. 203 1, 293.
- Castro, A. (2016). Mejora de la propagación in vitro de *Vaccinium cormbosum* y evaluación de la actividad antioxidabte en arándanos comerciales, de [ruc.udc.es](http://hdl.handle.net/2183/17519) Sitio web: <http://hdl.handle.net/2183/17519>

- Charles-Rodríguez, A., Rivera-Solís, L., Martins, J., Genisheva, Z., Robledo-Olivo, A., González-Morales, S., Flores-López, M., 2020. Edible films based on black chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage containing *Rhus microphylla* fruit phenolic extract. *Coatings* 1-15. <https://doi:10.3390/coatings10040326>
- Cid-Pérez, T.S., Avila-Sosa, R., Ochoa-Velasco, C.E., Rivera-Chavira, B.E., Nexárez Meorillón, G.V., 2019. Antioxidant and antimicrobial activity of mexican oregana (*Poliomintha longiflora*) essential oil hydrosol and extracts from waste solid residues. *Plants* 8. <https://doi.org/10.3390/plants8010022>
- 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 Guzmán, 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, O. J.J. (2019). Caracterización de un producto tipo jamón de pescado adicionado con *Salvia hispanica* L y *Moringa oleifera*. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Mérida. 82p.
- Domingo y López (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. *ExTA-Journal of Food*. 15: 234-240.

- Falasca SL, Bernabé MA, (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de Moringa aleifera 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 oleífera 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. and Fatmawat, S. (2016). Antioxidant Activity of Moringa oleífera Extracts. 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>.
- Flores-López, M.L., Cerqueira, M.A., Jasso R.D., Vicente, A.A., 2016a. Perspectives on utilization of edible coatings and nano-laminate coatings for extension of postharvest storage of fruits and vegetables. Food Eng. Rev. 8:292- 305. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9135-x>
- Flores-López, M.L., 4, A., Cerqueira, M.A., Rodriguez-García, R., Jasso R.D., Vicente, A.A., 2016b. Compositional features and bioactive properties of whole fraction from Aloe vera processing. Ind Crops Prod. 91:179 -185. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.011>
- 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 oleifera* de diferente origen geográfico. Tesis de Grado. Universidad dLa Coruña. <http://hdl.handle.net/2183/19625>
- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciecalteu. <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.
- González, G. N. Gus Chuc, K. J. A., Torres, C. J. A., Zambrano, E. A. G., Ancona, D. B., Guerrero, L. C., & García, S. R. S. (2018). Biofunctional properties of bigactive peptide fractions from protein isolates of moringa seed (*Moringa oleifera*). *Journal of Food Science and Technology* 54 (13): 4268-4276.
- Guzmán-Maldonado, S.H., Herrera-Hernández, G., Hernández-López, D., Reynoso Camacho, R., Guzmán-Tovar, A., Vaillant, F. and Brat, P. (2010). Physicochemical, nutritional and funcional 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 Picrilhidrazila (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. y Méndez, R., (2018). Galleta de harina de moringa (*M. oleifera* 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., Sánchez, A., Alcántara, H., Magdaleno, I., Paniagua, D. y Capataz, J. (2015).

Evaluación de la actividad antioxidante de extractos crudos de raíz y hoja de *Moringa oleifera* 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>

- Joung, P. V., Atluri, J. B., and Subba, C. (2017). Pollination ecology of *Moringa oleífera* (Moringaceae). *Proc Indian Academy es Science (Plant Science)*. 100(1): 33-42.
- Koul B y Chase N. (2015). *Moringa oleifera* Lam.: Panacea to several maladies. *J. Chem. Pharmaceut. Res.* 7: 687-707.
- Lakshmipriya, G., Dorixa, 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-García (2016). *Moringa oleifera* Lam: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y Medicinales. Universidad de Sevilla. 1-46.
- López M. 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 oleífera*) 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-Martinez, A.1 Estrada-Drauaillet, 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.
- Martín (1998). Evaluación de la extracción de compuestos bioactivos (polifenoles y

- flavonoides) a partir del orujo de uva (*Vitis vinifera* 'Cabernet Franc').
CienciaCierta, 20(80 Especial), 228-239.
<https://revistas.uadec.mx/index.php/CienciaCierta/article/view/53>
- Miller y Rice-Evans (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, Muchenie (2011). Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr. J Biotechnol* 10:12925-12933.
- Mautinho, C., Matos, C., Neves, J.M., Teixeira, D.M., Cunha, S., Gomes, L.R., (2013).
- Antispasmodic activity of aqueous extracts from *Mentha x piperita* native from Trás-os-Montes region (Portugal). *Int. J. Indig. Med. Plants* 29: 1167-1174.
- Moreno, M.A., Vallejo, A.M., Ballester, A.R., Zampini, C., Isla, M.I., López-Rubio, A., Fabra, M.J. 2015. Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries. *Food Hydrocoll.*107. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105973>
- 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, M.E. y J.W. Fahey. 2013. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1071-1082
- Organización Mundial de la Salud "WHO" (1998). Alimento esencial en la lucha contra la desnutrición infantil.
- Pandey, A., K. Pradheep., Rita. Gupta., E. Roshini Navar., and D. C. Bhandari (2011). 'Drumstick tree' (*Moringa oleifera* Lam.): A multipurpose potential

species in India. Genet Resour Crop Exol. 58:453-460. DOI 10.1007/s10722-010-9629-6.

Patrignani, M. (2019). Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos. Incorporación de productos regionales en la formulación de galletitas saludables. Buenos Aires: CIDCA.

Padayatty, S. And Levine J.M., (2016). Applications of carboxymethyl cellulose- and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review Trends Food Sci. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.025> Technol. 110, 663-673.

Pietta, K., and Patel, D.K., 2000. The Beneficial Role of Rutin, A Naturally Occurring

Flavanoid in Health Promotion and Disease Prevention: A Systematic Review and Update, 2nd ed, Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related 79 Inflammatory Diseases

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 gleifera): Multiusos 34: 276-283.

Rahman, M. M., Sheikh, M. M. I., Sharmia, 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

Rakshit, M. and 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. (2017). Determination of Dehydration Pattern and Sensory Properties variation of Blanched and Un-blached, 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 y 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 (2) 96-120.
- Ruiz, B. (2018). Breve historia de los radicales libres SEBBM http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2018.04.1
- Ruiz-Castillo, R.M. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Laticum 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. 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 energéticas. Disponible <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2014B1018.aspx>
- Saini RK, Manoj P. and 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. *Nutrires* 45 1-10p.
- Selesha, 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
- Singh, B.N. (2009). Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. *Food Chem. Toxicol.* 47:1109.
- Siddhuraiu, P. y K. Becker. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro climatic origins of drumstick tree (*Moringa eleifera* Lam.) leaves. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.
- Schiffman, H. (1996). *Sensation and perception. An integrated approach*, 4a ed. Nueva York: John Wiley & Sons.

- 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 F., M. Valle-Campos, E. Loyola y M. Dueñas (2016). Actividad antioxidante de metabolitos de flavonoides originados por la microflora del intestino humano. Rev. Soc. Quim. Perú, Lima. 82 (1): 29-37.
- Teixeira, E. M. B (2013). Caracterização de hambúrguer elaborado com farinha de folhas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, Vol. 38 (3): 220-232.
- 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
- Tragulpakseeronin, H. and Arslan, N. 2017. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. Food Hydrocoll 18: 215-226.
- Umar YB, Isyaku AH, Mohammed DIA, Bilal & Mashi AH, y Adamu MS. (2015). Effect of drying techniques on the nutrients of moringa leaves 1: 213-218.
- Valdez-Solana, M.A., Mejía-García, V.Y., Téllez-Valencia, A., Garcia-Arenas, G., Salas-Pacheco, J., Alba-Romero, J.J. y Sierra-Campos, E. 2015. Nutritional content and elemental and phytochemical analyses of *Moringa oleifera* grown in Mexico. Journal of Chemistry. 1: 1-10.
- 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>

- Vanajakshi, S.V.N. Vijayendra, M.C. Varadaraj, G. Venkateswaran, Renu Agrawal (2015). Optimization of a probiotic beverage based on Moringa leaves and beetroot. *LWT - Food Science and Technology* 63: (2):1268-1273.
- Velázquez, M., Peón, I., Zepeda, S. y Jiménez, M. (2016). Moringa (*Moringa deitera* 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
- 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.
- Zheabao, J., Fei. T., Ling, G., Guaniun, T., Xiaolin, D. 2007. Antioxidant properties of extracts from juemingzi (*Cassia tora* L.) evaluated in vitro 40: 1072-1077. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.05.010>