

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ADICIÓN DE HARINA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) Y SÁBILA (*Aloe vera*)
COMO APORTADORES DE MICRONUTRIENTES EN JUGO DE FRUTAS**

POR:

FATIMA BEATRIZ RODRIGUEZ ANDRADE

ANTEPROYECTO DE TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2024

ADICIÓN DE HARINA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) Y SÁBILA (*Aloe vera*)
COMO APORTADORES DE MICRONUTRIENTES EN JUGO DE FRUTAS

POR:

FATIMA BEATRIZ RODRIGUEZ ANDRADE

LIDIA MAGDALENA DIAZ PINEDA, M.Sc
Asesor principal

ANTEPROYECTO DE TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A
LA REALIZACION DE TESIS

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2024

CONTENIDO

	pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivos Específicos	2
III. HIPÓTESIS	3
3.1 Hipótesis nula (H_0):.	3
3.2 Hipótesis alternativa (H_A):.....	3
IV. REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1 Inseguridad alimentaria y nutricional	4
4.2 Panorama mundial de la deficiencia de micronutrientes	5
4.3 Alimentos funcionales	6
4.4 Fortificación de alimentos	6
4.5 Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	7
4.5.1. Composición nutricional	8
4.5.2 Partes comestibles	9
4.5.2.1 Hojas.....	9
4.5.2.2 Semillas	10
4.5.2.3 Vainas.....	10
4.5.2.4 Flores.....	10
4.5.3 Usos en la industria alimentaria	11
4.6 Sábila (<i>Aloe vera</i>)	11
4.6.1 Composición nutricional	12
4.6.2 Usos en la industria alimentaria	13
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5. 1 Descripción y Localización del área de la investigación	15
5.2 Materiales y equipos para la realización de la investigación.....	16

5.3 Metodología	18
5.3.1 Etapa 1: Elaboración y caracterización de harina de hojas de moringa y cubos de sábila.....	18
5.3.2 Etapa 2: Formulación del jugo	22
5.3.3 Etapa 3: Análisis del jugo.....	25
5.4 Variables independientes.....	25
5.5 Variables dependientes.....	25
5.6 Diseño experimental	26
5.6.1 Esquema experimental	27
VI. PRESUPUESTO	28
VII. CRONOGRAMA	29
VIII. BIBLIOGRAFÍA	30

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años unos 2000 millones de personas padecen inseguridad alimentaria moderada o grave en el mundo. La falta de acceso regular a alimentos nutritivos y suficientes que estas personas padecen las pone en un mayor riesgo de malnutrición y mala salud (FAO et al. 2019). El fenómeno actual de inseguridad alimentaria se asocia con la pobreza extrema, que identifica a personas o familias con ingresos insuficientes para alcanzar el mínimo de requerimientos nutrimentales cotidianos recomendados (Robles y Castro 2017).

Según USAID (2022), la población hondureña estimada es de 9,597,379 millones de persona y 77.7 % vive en condiciones de pobreza, mientras que 58.1 % viven en pobreza extrema. Sin embargo, este país al igual que muchos países de Latinoamérica, a pesar de ser subdesarrollado, posee una gran diversidad biológica con especies de plantas subutilizadas con potencial altamente nutricional de gran interés para la alimentación como la moringa (*Moringa oleífera*) y la sábila (*Aloe vera*).

La moringa es una de las especies vegetales con más proteína completa que existen. Además, las hojas del árbol de moringa son una fuente fantástica de vitaminas, minerales y fitoquímicos esenciales (Yuniati et al. 2022). Así mismo, en la sábila se han descubierto más de 75 constituyentes biológicamente activos en el gel de *Aloe vera*, como vitaminas, minerales, aminoácidos, antraquinonas y compuestos fenólicos (Montalvo et al. 2022).

Debido a las propiedades nutricionales tanto de la moringa como la sábila, surge la necesidad de aprovecharlas adicionándolas a un jugo de frutas con el objetivo de aumentar su valor nutricional, para suplir la deficiencia de micronutrientes y se incluya la ingesta de estos componentes en la dieta, para mejorar los índices de inseguridad alimentaria y nutricional.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Adicionar harina de moringa (*Moringa oleífera*) y sábila (*Aloe vera*) como aportadores de micronutrientes en jugo de frutas.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar harina a base hojas de moringa.
- Desarrollar jugo de piña con diferentes concentraciones de harina de moringa y sábila.
- Evaluar parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y bromatológicos del jugo piña fortificado con harina de hojas de moringa y sábila.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis nula (H_0): La adición de harina de hojas de moringa y sábila no aumentará el valor nutricional del jugo de frutas.

3.2 Hipótesis alternativa (H_A): La adición de harina de hojas de moringa y sábila aumentará el valor nutricional del jugo frutas.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 Inseguridad alimentaria y nutricional

En los últimos años unos 2000 millones de personas padecen inseguridad alimentaria moderada o grave en el mundo. La falta de acceso regular a alimentos nutritivos y suficientes que estas personas padecen las pone en un mayor riesgo de malnutrición y mala salud (FAO et al. 2019). El fenómeno actual de inseguridad alimentaria se asocia con la pobreza extrema, o pobreza alimentaria, que identifica a personas o familias con ingresos insuficientes para alcanzar el mínimo de requerimientos nutrimentales cotidianos recomendados (Castro y Camberos 2017).

Según USAID (2022), la población hondureña estimada es de 9,597,379 millones de persona y 77.7 % vive en condiciones de pobreza, mientras que 58.1 % viven en pobreza extrema. Se calcula que hay 308,888 hogares en donde habitan aproximadamente 4.1 personas por hogar. De estos hogares, 73.6 % se encuentran en condiciones de pobreza, y de ellos, el 53.7 % vive en pobreza extrema.

Las diversas formas de malnutrición no se generan solamente por la ingesta inadecuada o insuficiente de alimentos, sino que también involucran un conjunto de procesos interrelacionados con las desigualdades en el acceso a la salud, la educación, el saneamiento, los servicios básicos, la equidad de género, el lugar de residencia, la religión, la procedencia étnica, la conservación de los recursos naturales, entre otros (FAO et al. 2018).

Por otro lado, vemos que las desaceleraciones y debilitamientos de la economía suponen un desafío desproporcionado para la seguridad alimentaria y la nutrición allí donde las desigualdades en la distribución de los ingresos y otros recursos son profundas (FAO et al.

2019). Según la FAO et al. 2020, el hambre, la inseguridad alimentaria y las distintas formas de malnutrición reflejan la distancia que nos separa de realizar el derecho humano a la alimentación adecuada y a la salud. La FAO et al. 2018, considera que garantizar la seguridad alimentaria y nutricional, constituye uno de los elementos transversales y fundamentales para certificar el cumplimiento de los 17 ODS de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

El desafío actual en el tema de la Inseguridad Alimentaria (IA) es creciente, las estimaciones son preocupantes e indican que una de cada tres personas se ven afectadas por la desnutrición, es decir, deficiencias de micronutrientes y/o sobrepeso y obesidad. De allí la importancia de reconocer el objetivo número 2 de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”. Este objetivo equilibra el crecimiento, la sostenibilidad ambiental, reducción de vulnerabilidades, y tendencias adversas como el cambio climático; dado que estos contribuyen a una mayor inseguridad alimentaria (FAO et al. 2018).

4.2 Panorama mundial de la deficiencia de micronutrientes

Las deficiencias de vitaminas y minerales afectan a una tercera parte de la población mundial y explican cerca de 7.3% de la carga global de la enfermedad, siendo particularmente vulnerables los niños menores de 2 años, en donde la disponibilidad y variedad de alimentos puede ser limitada, debido a que la alimentación complementaria a la lactancia materna no es adecuada bien sea por factores económicos, por falta de información o por prácticas alimentarias que no favorecen la variedad en la alimentación del niño pequeño. Las deficiencias más comunes en niños incluyen las de hierro, vitamina A, zinc y yodo. Las personas, expuestas a las deficiencias de micronutrientes aumentan el riesgo de enfermedad, mortalidad y discapacidad temprana (MINSALUD et al. 2015).

Según la OMS (2018) son pocos los niños que reciben alimentación complementaria segura y adecuada desde el punto de vista nutricional; en muchos países, menos del 25% de los niños de 6 a 23 meses cumplen los criterios de diversidad de la dieta y frecuencia de las comidas apropiados para su edad.

4.3 Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes biológicamente activos que ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades (Fuentes 2015). Para Mondal et al. (2024) los alimentos funcionales se consideran el futuro de la nutrición porque benefician la salud humana y la sostenibilidad ambiental.

De hecho, numerosos estudios afirman que el consumo de alimentos enriquecidos con ingredientes funcionales (por ejemplo, vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes) podría reducir el riesgo de enfermedades crónicas y mejorar la condición física y bienestar mental. Por otro lado, la industria de alimentos funcionales opera en un entorno dinámico, caracterizado por la innovación continua y la evolución de las preferencias de los consumidores (Sgroi et al. 2024).

4.4 Fortificación de alimentos

La fortificación de alimentos se refiere a la adición de micronutrientes a los alimentos procesados. En muchas situaciones, esta estrategia puede conducir a mejoras relativamente rápidas del estado nutricional a un costo bastante razonable, especialmente si se puede aprovechar la tecnología existente y las redes locales de distribución. Debido a que los beneficios son potencialmente considerables, la fortificación de alimentos puede ser una intervención de salud pública costo efectivo (Allen et al. 2017).

Como afirma Allen et al. (2017), es necesario que el alimento fortificado se consuma en cantidades adecuadas por una gran proporción de la población objetivo. También es necesario tener acceso y utilizar compuestos con buena absorción y que no afecten las propiedades sensoriales de los alimentos. En la mayor parte de los casos, es preferible utilizar aquellos vehículos alimentarios que se procesan centralmente y contar con el apoyo de la industria alimentaria.

4.5 Moringa (*Moringa oleífera*)

La *Moringa oleífera* (comúnmente conocida como muslo, Sahjan, Moringa, etc.), un árbol de tamaño mediano se cultiva comercialmente principalmente por sus usos múltiples.

Además, la moringa se está volviendo cada vez más popular como fuente barata y viable de nutrientes biofortificado (Zulfiqar et al. 2020).

El género *Moringa* pertenece a la familia de las Moringaceae. La familia incluye 13 especies conocidas de árboles y arustos de hojas alternas, caducas, imparipinadas ó bi-tripinadas, con hojuelas opuestas y enteras, con frutos en capsula, trivalvados y algunos con semillas oleaginosas. De estas especies, *Moringa oleífera* es la más conocida y utilizada. Es un árbol ruderal, perenne, poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, y que alcanza una altura de 5 a 10 m tal como se muestra en la (figura 1). De muy rápido crecimiento, puede alcanzar 4 m de altura en menos de 6 meses (Caja mar 2016).



Figura 1. Árbol de moringa (*Moringa oleífera*).

Fuente: Cajamar (2016).

4.5.1. Composición nutricional

Las hojas de moringa contienen importantes compuestos bioactivos, que incluyen vitaminas, carotenoides, fenoles, flavonoides, glucosinolatos, isotiocianatos, taninos y saponinas. Por lo tanto, es comúnmente conocido por su poder medicinal. A esta planta se le atribuyen innumerables beneficios, como actividad antioxidante, propiedades hepatoprotectoras, antiinflamatorias y antihipertensivas. También se asocia con la disminución de la hiperglucemia, mostrando un efecto antidiabético (Hodas et al. 2021).

Según Yuniati et al. (2022) la moringa es una de las especies vegetales con más proteína completa que existen, lo que permite que sea utilizada como suplemento alimenticio en dietas veganas y vegetarianas sin proteína animal. Además, las hojas del árbol de moringa son una fuente fantástica de vitaminas, minerales y fitoquímicos esenciales.

La Moringa oleifera está ganando el interés de los cultivadores de árboles debido a su gran cantidad de nutrientes como proteínas, fibras dietéticas, lípidos, carbohidratos, antioxidantes, macro y microminerales esenciales junto con aminoácidos esenciales (Olso et al.2011).

En la tabla 1, se puede observar cómo varía la composición nutricional de cada una de las partes de la moringa (hojas, semillas y fruto).

Tabla 1. Composición nutricional de las diferentes partes del árbol de moringa (hojas, semillas y fruto).

Componente/100 g peso seco	Hojas	Fruto inmaduro Pericarpio	Semillas
<u>Macronutrientes</u>			
Proteínas %	19-27.1	17.2-19.3	32.9-38.3
Lípidos %	4.7-5	0.4-1.3	30.8-44.8
Fibra %	7.9-19.2	22.6-46.8	4.9-15.9
Carbohidratos %	27-51.7	21-51	14.4-16
<u>Minerales</u>			
Calcio (Ca) mg	1875-2079	12.5-29	76.9
Hierro (Fe) mg	27.8-38	2.3-5.3	13.7
<u>Aminoácidos</u>			
Met+Cys mg	140-835	90-140	-
Lisina mg	1406-1530	150-250	-
<u>Ácidos grasos % respecto total AG</u>			
C18:1 Ácido oleico %	6.27	18	67.9-78
<u>Otros</u>			
Ácido ascórbico (Vit C) mg	18.7-140	871	84.5
Clorofila mg	126.8	-	-
Energía (Kcal)	205-295.6	178.2	564.5

Fuente: López (2019).

4.5.2 Partes comestibles

Las flores, frutos, hojas y vainas inmaduras de este árbol se consumen como vegetales altamente nutritivos en muchos países, especialmente en India, Hawaii, Filipinas y muchas partes de África (Yamaguchi et al. 2021).

4.5.2.1 Hojas

Las hojas secas resultan interesantes para preparar alimentos nutricionalmente mejorados, mezclándose con legumbres y cereales para tratar de conseguir una proteína completa. Las hojas más viejas deben ser despojadas de sus tallos duros y fibrosos ya que son las más adecuadas para hacer polvo de hojas secas (Quintanilla Medina et al. 2018). Este polvo es

usado para enriquecer alimentos y puede conservarse durante muchos meses a temperatura ambiente sin pérdida de valor nutricional (Srinivasamurthy et al. 2017). Su contenido en proteína (22-24%) es similar al de la soja. Otros usos serían la utilización de hojas como condimento, especias, saborizantes, en infusiones o con funciones medicinales (Bancesi et al. 2019).

4.5.2.2 Semillas

El extracto de las semillas ejerce su efecto protector, disminuye los peróxidos lipídicos del hígado. Estos autores, también refirieron otros usos medicinales, tales como: antiepiléptico, antipirético y antiespasmódico (Ruiz et al. 2012).

4.5.2.3 Vainas

Según Godino (2016) el fruto de la moringa se presenta en forma de vainas, siendo capsular, lineal, pendular, llegando a medir hasta 40 cm de largo y alrededor de 2 cm de ancho. Suelen contener entre 10 y 12 semillas por fruto. En India se han estimado que la producción de vainas es de 19 kg/árbol/año y, variedades seleccionadas en Hawái permiten obtener entre 3 y 8 veces más producción.

Las vainas son de color verde intenso más oscuro cuando están en un estadio menos desarrollado y de un color verde más suave cuando están más maduras. Una vez el fruto se encuentra en su estado de madurez, presenta irregularidades como consecuencia del engrosamiento de las semillas. De nuevo, comparando las vainas de moringa con un vegetal similar, como las judías verdes, es relevante su contenido proteico.

4.5.2.4 Flores

Las flores son ricas en calcio y potasio, pueden consumirse crudas o cocinadas, acompañando ensaladas, sopas, otros platos y como infusiones. Poseen alto valor medicinal como

estimulante, afrodisíaco, abortivo, colagogo y antiinflamatorio. Se emplean para aliviar enfermedades musculares, histeria, tumores, agrandamiento del bazo, para bajar los valores del colesterol, los fosfolípidos, los triglicéridos y el índice aterogénico; también disminuye el perfil lipídico del hígado, del corazón y de la aorta en conejos hipercolesterolémicos y aumenta la excreción de colesterol fecal (Ruiz et al. 2012).

4.5.3 Usos en la industria alimentaria

A nivel alimenticio, tiene gran importancia, ya que tiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales valiosos, e incluso en mayor cantidad que los alimentos típicamente considerados como tales y otras propiedades nutritivas. Sus hojas frescas tienen grandes cualidades nutritivas: más vitamina A que las zanahorias, más vitamina C que las naranjas, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal. También son muy apetecidas, con ellas se pueden preparar infusiones, ensaladas verdes, pastas para bocaditos, salsas, sopas o cremas, guisos, arroz salteado, frituras y aliños en general. Pueden ser mezcladas con jugos o cocteles de frutas, con diferentes platos de huevo y en el puré de los niños, entre otras variantes, lo cual enriquecería notablemente el valor nutricional en cuanto a proteínas, vitaminas y minerales de dichos alimentos (Ruiz et al. 2012).

Las nuevas tendencias de su uso en productos de panadería están en atención en la actualidad al enfocarse en la preservación del poder antioxidante y en el uso de suplementos dietéticos durante la falta de disponibilidad de situaciones de deficiencia nutricional. La principal ventaja es su disponibilidad y rentabilidad (Ariani et al. 2022).

4.6 Sábila (*Aloe vera*)

El *aloe vera*, perteneciente a la familia Liliaceae, cuenta con una rica historia por ofrecer numerosos beneficios para la salud y es uno de los remedios herbales más utilizados para tratar diversas dolencias. Si bien existen más de 400 especies de aloe en todo el mundo, *Aloe barbadensis* Miller, también conocido como *Aloe vera* (L.) Burm. F. y comúnmente

conocido como *Aloe vera*, emerge como la variante innegablemente favorita y ampliamente aceptada (Comas et al. 2024).

El *Aloe vera* crece comúnmente en climas tropicales, tiene un tallo corto y una altura promedio que va desde los 50 cm hasta los 70 cm cuando alcanza su madurez en cuatro o cinco años (figura 2). Sus hojas succulentas dispuestas en roseta están compuestas por tres capas, la externa, compuesta por la corteza o exocarpio que representa del 20 al 30 % del peso de toda la planta y es de color verde o verde azulado; la central llamada parénquima, también conocida como filete, pulpa o gel, la cual es transparente y tiene una matriz gelatinosa y fibrosa y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta (Bonilla y Herrera 2016).



Figura 2. Sábila (*Aloe vera*).
Fuente: Peralta (2018).

4.6.1 Composición nutricional

Se han descubierto más de 75 constituyentes biológicamente activos en el gel de *A. vera*, como vitaminas, minerales, monosacáridos, polisacáridos (glucomanano y acemanano), aminoácidos, antraquinonas, saponinas, fitoesteroles, compuestos fenólicos y ácidos salicílicos (Montalvo et al. 2022).

En la siguiente (tabla 2) se muestran los componentes nutricionales que contiene el Aloe vera, entre ellos antraquinonas, vitaminas, minerales, carbohidratos, enzimas, lípidos, enzimas, aminoácidos y compuestos orgánicos.

Tabla 2. Componentes nutricionales del *Aloe vera*

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloin, ácido crisofánico, emodina, Aloemodín, éster de ácido cinmamico, aloína, isobarbaloina, antaceno, resistanol.
Vitaminas	ácido fólico, vitamina B1, olin, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, Vitamina B6, betacaroteno
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo.
Carbohidratos	celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa
Enzimas	Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinas, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, peróxido dismutasa.
Lípidos y Compuestos Orgánicos	Esteroides (campestrol, colesterol, B- sitoesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, gliberelina, triterpenos.
Aminoácidos	alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, valina.

Fuente: Vega (2005).

4.6.2 Usos en la industria alimentaria

En los últimos años, el uso de esta planta como ingrediente funcional natural o en la fortificación de productos alimenticios de origen animal y vegetal se ha incrementado y ha ayudado a mejorar la calidad de los alimentos, tales como, extender la vida útil de vegetales y frutas; reducir la proliferación de microorganismos patógenos; preservar la actividad

antioxidante de los compuestos bioactivos; mejorar la aceptabilidad del producto; promoviendo el crecimiento de cultivos de probióticos, entre otros (Martínez et al. 2022).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción y Localización del área de la investigación

La investigación se realizará en las instalaciones de la Planta de Procesamiento Hortofrutícola (figura 3) en colaboración del Laboratorio de Microbiología ambos ubicados en el campus central de la Universidad Nacional de Agricultura localizada en el Ba. El Espino, carretera que conduce al municipio de Dulce Nombre de Culmi, Km 6. 16201 Catacamas, Olancho, Honduras, en conjunto, con el Centro de Desarrollo Empresarial CDE MIPYME Región Lempa (figura 4), localizada en el Barrio Eramani Av. España 1 cuadra al Oeste, La Esperanza, Intibucá.



Figura 3. Planta de Procesamiento Hortofrutícola, UNAG.



Figura 4. Institución de CDE-MIPYME Región Lempa, La Esperanza, Intibucá.

Fuente. CDE Región Lempa

5.2 Materiales y equipos para la realización de la investigación

Tabla 3. Materia prima y reactivos.

Materia prima	Reactivos
Hojas de moringa	Ácido sulfúrico
Hojas de sábila	Hidróxido de sodio
Agua	Indicador ácido base (rojo de metilo)
Piñas	Indicador fenolftaleína
Sucralosa	Pastillas catalizador Kjeldahl (K_2SO_4 y $CuSO_4$)

	Ácido bórico
	Ácido clorhídrico
	Agua peptonada

Tabla 4. Materiales y equipos.

Materiales	Equipos
Desecador	Horno deshidratador (marca: NR)
Crisol de porcelana	Digestor Kjeldahl
Bandejas de acero inoxidable	Destilador Kjeldahl
Tamiz	Balanza analítica (capacidad de 200 gr)
Cuchillos de acero inoxidable	Molino manual
Bolsas de negras de polietileno	Mufla
Botes de plástico (1000 ml)	Incubadora (modelo: VP64CN)
Termómetro	Refractómetro (marca: ATC)
Soporte de titulación	pH metro
Espátula de laboratorio	Contador de colonias
Bureta (50 ml)	
Matraz Erlenmeyer (250 ml)	
Vasos de precipitado (250 ml)	
Probeta (100 ml)	
Pipeta Pasteur	
Placas Petrifilm 3M (<i>E.coli</i>)	
Mechero	
Tubos de ensayo	
Tubos Kjeldahl	

5.3 Metodología

La investigación se desarrollará en 3 etapas (figura 5).

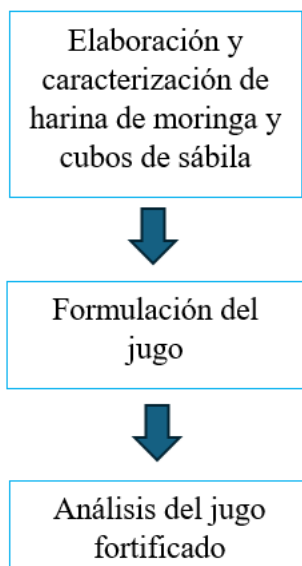


Figura 5. Flujograma de las etapas de la investigación.

- **Descripción de las etapas del desarrollo de la investigación**

5.3.1 Etapa 1: Elaboración y caracterización de harina de hojas de moringa y cubos de sábila

Se utilizará como materia prima las hojas de moringa las cuales se obtendrán de la finca agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG) de Catacamas, Olancho, donde se seleccionarán las hojas con buenas características para poder procesarlas.

Además de la moringa, se empleará la sábila como materia prima, la cual será adquirida en Catacamas, Olancho. Se realizará una selección cuidadosa de las plantas más adecuadas para la investigación.

- **Proceso de elaboración de harina de hojas de moringa**

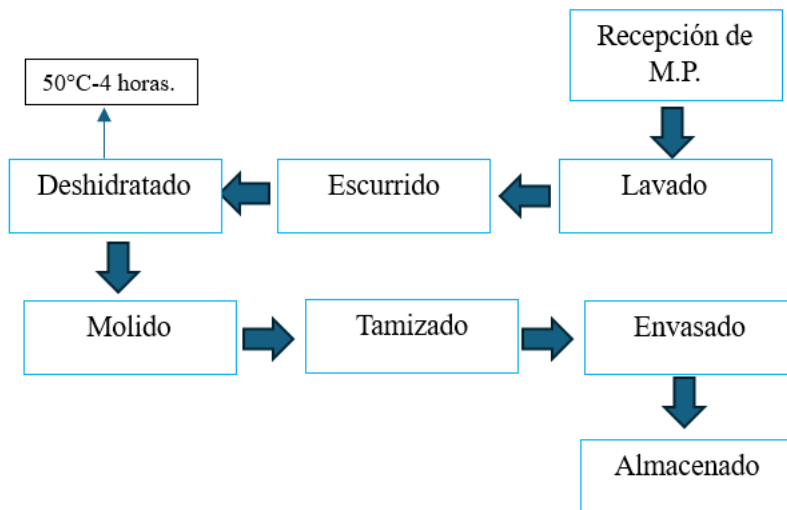


Figura 6. Flujograma para la elaboración de harina de hojas de moringa.

- **Descripción del proceso de elaboración de harina de hojas de moringa**

Recepción: se recepcionarán las hojas de buena calidad sin deterioro.

Lavado: su propósito será eliminar las materias extrañas adheridas en las hojas, por lo que se lavarán con una solución de hipoclorito de sodio (30 ppm) luego se enjuagarán con agua durante 5 minutos.

Ecurrido: se escurrirán en un tamiz para reducir el exceso de agua.

Deshidratado: una vez escurridas las hojas se colocarán en bandejas, para deshidratarlas a una temperatura de 50°C durante 4 horas.

Molido: las hojas se triturarán en un molino manual para obtener harina.

Tamizado: este proceso se realizará para disminuir las partículas de mayor tamaño.

Envasado: la harina será envasada en bolsas negras de polietileno para evitar la pérdida de nutrientes.

Almacenamiento: Las bolsas se almacenarán a temperatura ambiente y protegidas de la luz hasta su uso.

- **Proceso de obtención de cubos de sábila**



Figura 7. Flujograma para la obtención de cristales de sábila.

- **Descripción del proceso de elaboración de cristales de sábila**

Recepción: las hojas de sábila se recibirán de buena calidad.

Lavado: las hojas de sábila se lavarán manualmente con una solución de hipoclorito de sodio (30 ppm) para retirar impurezas que acompañan a la materia prima, evitando la contaminación al producto.

Despuntado: se retirará los bordes con espinas utilizando cuchillos de acero inoxidable.

Remojo: se separará la aloína de las hojas despuntadas dentro de un recipiente grande con agua purificada durante 24 horas. Se cambiará el agua dos o tres veces a lo largo del tiempo establecido para ir retirando la aloína.

Fileteado: se removerá la corteza de las hojas y se cortarán con cuchillos estériles para obtener los cubos de sábila, los cuales se volverán a lavar con agua purificada para eliminar posibles residuos de aloína en la sábila.

Almacenamiento: los cristales se almacenarán en refrigeración.

- **Proceso de caracterización de harina de moringa y sábila**

Antes de agregar la harina de moringa y sábila al jugo de piña, se llevarán a cabo análisis fisicoquímicos y bromatológicos, este proceso nos permitirá anticipar las cantidades de nutrientes presentes en la harina y en la sábila, lo que a su vez nos ayudará a evaluar cómo afectará al perfil nutricional del jugo.

Los análisis fisicoquímicos como ser: pH, se llevará a cabo usando un pH-metro digital con medidor de pH marca ATC, la medición de °brix se realizará usando un refractómetro digital Fsherbrand, la acidez se realizará por medio de titulación con NaOH 0.1N a viraje de indicador de fenolftaleína.

Además, los análisis bromatológicos como ser: proteínas, se llevará a cabo utilizando el método Kjeldahl, el cual determina el contenido de nitrógeno en una muestra. Para calcular el porcentaje de nitrógeno, se aplicará la ecuación 1. Posteriormente, para obtener el porcentaje de proteína, simplemente multiplicaremos el porcentaje de nitrógeno calculado por un factor de conversión específico, el cual está tabulado para cada grupo de alimentos.

$$N (\%) = \frac{1.4 (V_1 - V_0) N}{P}$$

Donde:

P (g) = peso de la muestra

V1 (ml) = volumen de HCL consumido en la valoración

V0 (ml) = volumen de HCL consumido en la valoración de un blanco

N = normalidad de HCL

1.4 = miliequivalentes del nitrógeno

Ecuación 1. Cálculo para obtener el porcentaje de nitrógeno.
Fuente. Martínez et al (2020).

Para llevar a cabo el análisis de fibra se utilizará un digestor con el fin de eliminar proteínas, azúcares, almidón y lípidos. Este proceso permitirá obtener el residuo que constituye la fibra cruda, para la determinación de vitamina C se llevará a cabo realizando una mezcla de KI, HCl, almidón y harina de moringa/jugo, en sus respectivas cantidades y, por otro lado, se añadirá el KIO3 en una bureta, con esto podemos calcular qué cantidad de KIO3 en ml es necesaria para que reaccione todo el ácido ascórbico. Por consiguiente, se calculará, a partir de distintas fórmulas, la cantidad de vitamina y, así, saber cuánta contendrá la harina y el jugo, en el análisis de ceniza las muestras se carbonizarán y se introducirán en una mufla para eliminar el contenido de materia orgánica. Después se enfriarán y se pesarán en balanza analítica, teniendo en cuenta que estos análisis se llevarán a cabo en el laboratorio de CDE-MIPYME Región Lempa, La Esperanza, Intibucá.

5.3.2 Etapa 2: Formulación del jugo

En esta etapa, se procederá a la elaboración de un jugo de piña con el propósito de evaluar el impacto nutricional incorporando concentraciones de harina de hojas de moringa y sábila con el fin de estudiar la interacción entre ambos al momento de evaluar el contenido de nutrientes en el jugo elaborado.

En la tabla 5, se presenta la formulación para el jugo de piña.

Tabla 5. Formulación para la elaboración de jugo de piña

Ingredientes	Cantidad	
	%	ml
Pulpa de piña	74	740
Agua	24	240
Sucralosa	2	20
Total	100	1000

- **Proceso para la elaboración del jugo**

La Figura 8, muestra el procedimiento para la elaboración del jugo.

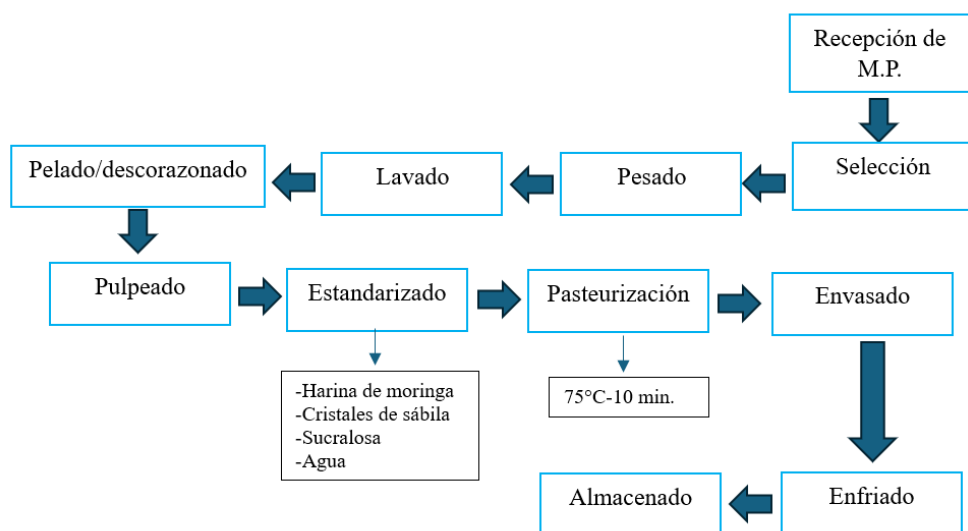


Figura 8. Flujograma para la elaboración del jugo.

- **Descripción del proceso de elaboración del jugo**

Recepción: la piña se recibirá de buena calidad, en estado de madurez comercial.

Selección: se eliminarán aquellas frutas dañadas que presentarán excesivo daño físico o crecimiento de hongos.

Pesado: esta operación se realizará para poder determinar el rendimiento en pulpa.

Lavado: su propósito será eliminar las materias extrañas adheridas a la fruta, para lo cual primero se llevará a un chorro de agua potable y luego se sumergirá en una solución de hipoclorito de sodio (30 ppm), de esta manera evitar la contaminación al producto.

Pelado/descorazonado: una vez lavadas se pelarán y descorazarán con ayuda del pelador de piña, para luego cortarlas en rodajas.

Pulpeado: La fruta se depositará en una licuadora industrial.

Estandarizado: En esta operación se formulará el jugo en cuanto a la cantidad de agua de dilución, sólidos solubles (adición de sucralosa), además, se adicionarán las concentraciones de la harina de hojas de moringa y los cristales de sábila, como se indica en la tabla 6.

Pasteurizado: es el tratamiento térmico al cual se someterá el jugo (75°C por 10 min) para inactivar la mayor parte de la carga microbiana y obtener un producto inocuo.

Envasado: el producto se llenará en caliente a 75 °C en botellas de plástico de 1000 ml

Enfriado: El producto se enfriará rápidamente (con agua corriente) para conservar sus características de calidad.

Almacenamiento: los jugos serán almacenados en refrigeración.

5.3.3 Etapa 3: Análisis del jugo

En esta etapa, se detectarán y cuantificarán los cambios que se producirán en el jugo al adicionar harina de moringa y sábila. Para conocer la composición y calidad del jugo, se realizarán análisis fisicoquímicos, microbiológicos y bromatológicos antes mencionados.

Los análisis microbiológicos como ser: recuento de *E. coli*, se realizará mediante diluciones seriadas donde se pesarán 10 g de muestra, luego se homogenizará con 90 ml de agua peptonada, obteniéndose la dilución 10^{-1} . De esta se extraerá 1 ml y se transferirá a un tubo que contenga 9 ml de agua peptonada, obteniéndose la dilución 10^{-2} . De la misma manera, se obtendrá la dilución 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} . De cada dilución se procederá a realizar la inoculación en las Placas Petrifilm 3M en las cuales se dispensará 1 ml de la muestra en el centro, y se esperará que se gelatinice la placa, luego se incubará a 37 °C por 24 a horas. Dichos análisis se llevarán a cabo en la Universidad Nacional de Agricultura.

5.4 Variables independientes

Concentración de sábila

Concentración de harina de moringa

5.5 Variables dependientes

Parámetros fisicoquímicos (pH, °brix, acidez).

Parámetros microbiológicos (recuento de UFC).

Parámetros bromatológicos (proteínas, fibra cruda, vitamina C, cenizas).

5.6 Diseño experimental

Para la obtención de jugo a base de harina de moringa y sábila se realizarán 4 tratamientos variando las concentraciones tanto de la harina de moringa, como también de la sábila. Para lo cual en esta investigación se aplicará un diseño factorial de dos factores, A (concentración de moringa) y B (concentración de sábila) con dos niveles o condiciones tanto para A y B, lo que resulta en un diseño factorial de 2x2 y, por ende, en 4 tratamientos diferentes. Cada tratamiento se replicará 2 veces, y se realizaran 2 repeticiones, utilizando como unidad experimental 1 litro de jugo de piña. Esto nos conducirá a realizar un total de 8 corridas experimentales, lo que asegurará la precisión de nuestros resultados.

Los datos obtenidos serán sometidos a un análisis de varianza de dos vías utilizando el programa estadístico Infostat (versión 2020I). Las medias de los tratamientos serán comparadas mediante la prueba de comparación de Tukey, considerada más rigurosa y capaz de detectar diferencias entre tratamientos. Todo el análisis se realizará con un nivel de significancia de 0.05. El diseño factorial nos permitirá evaluar tanto el efecto individual de los factores A y B como las posibles interacciones entre ellos sobre las variables respuesta, que incluyen parámetros fisicoquímicos, microbiológicas y bromatológicos.

Tabla 6. Tratamientos y sus variables independientes

Tratamientos	Concentración de harina de moringa		Concentración de cristales de sábila	
	%	gr	%	gr
Testigo	0	0	0	0
1	1.5	15	10	100
2	1.5	15	5	50
3	3	30	10	100
4	3	30	5	50

5.6.1 Esquema experimental

El esquema experimental del presente trabajo de investigación se presenta en la figura 9, donde se puede observar como variables independientes la concentración de harina de hojas de moringa y cubos de sábila, como variables dependientes, pH, °brix, acidez, recuento de UFC y proteínas, fibra cruda, vitamina C y cenizas del jugo fortificado.

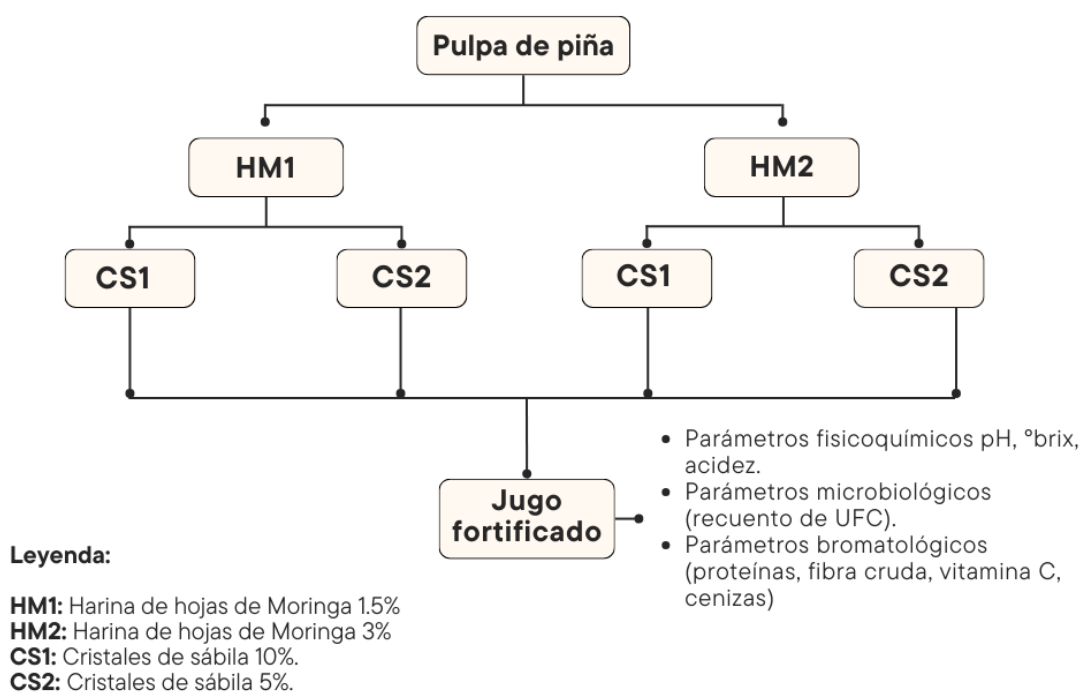


Figura 9. Esquema experimental para evaluar el efecto de la concentración de harina de hojas de moringa y sábila.

VI. PRESUPUESTO

Descripción/Análisis	Cantidad	Valor unidad	Tiempo/días	Valor total
Proteínas	10	L781.93		L7,819.30
Vitamina C	10	L350.00		L3,500.00
Fibra cruda	10	L189.76		L1,897.60
Cenizas	10	L158.20		L1,582.00
pH	10	L75.42		L754.20
°Brix	10	L70.45		L704.50
Acidez	10	L150.00		L1,500.00
Placas petrifilm 3M	25	L41.23		L1,030.75
Guantes	1 caja	L180.00	14	L180.00
Mascarillas	1 caja	L70.00	14	L70.00
Redecillas	1 caja	L120.00	14	L120.00
Transporte	1 persona	L530.00		L4,240.00
Alimentación	3 tiempos	L450.00	14	L6,300.00
Vivienda/ Hotel	1	L500.00 por noche	14 días y 13 noches	L6,500.00
Total				L36,198.35

VII. CRONOGRAMA

Actividades	Año 2024											
	Junio				Julio				Agosto			
Etapas I: Elaboracion de harina de moringa y obtención de cristales de sábila												
Caracterización de harina de moringa y cubos de sábila												
Etapas II: Elaboración de jugo												
Etapas III: Realización de análisis del jugo fortificado												
Análisis estadísticos												
Redacción de resultados (informe final)												
Preparación de defensa del trabajo de investigación												

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Allen, LH; De Benoist, B; Dary, O; Hurrell, R; Salud, OM de la. 2017. Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes (en línea). Organización Mundial de la Salud. 416 p. Consultado 26 abri. 2024. Disponible en <https://apps.who.int/iris/handle/10665/255541>.

Ariani, L; Estiasih, T; Sunarharum, W; Khatib, A. 2023. Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder for functional food ingredients: A review (en línea). Czech Journal of Food Sciences (1): 8-20. Consultado 2 may. 2024. Disponible <http://www.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2023/01/02.pdf>

Bancessi, A; Bancessi, Q; Baldé, A; Catarino, L. 2019. Present and potential uses of *Moringa oleifera* as a multipurpose plant in Guinea-Bissau (en línea). South African Journal of Botany. Consultado 5 abri. 2024.

Bonal Ruiz, R; Rivera Odio, R; Bolívar Carrión, M. 2012. *Moringa oleifera*: una opción saludable para el bienestar (en línea). MEDISAN (16): 1596-1599. Consultado el 5 may. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368448459014>

Bonilla, M; Herrera, L. 2016. Potencial industrial del Aloe vera (en línea). Revista Cubana de Farmacia (1): 1-12. Consultado 5 abri. 2024. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v50n1/far13116.pdf>

Castro Robles, A; Camberos Castro, M. 2017. Pobreza alimentaria: inseguridad y vulnerabilidad en las regiones de Sonora en 2015 (en línea). Iztapalapa Revista de Ciencias Sociales y Humanidades (83):43-73. Consultado 23 abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.28928/revistaiztapalapa/832017/atc2/castroroblesae/camberoscastrom>.

Cajamar. 2016. MORINGA OLEÍFERA: ÁRBOL MULTIUSOS DE INTERÉS FORESTAL PARA EL SUR DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (en línea). 1-12. Consultado 10 abri. 2024. Disponible en <https://www.cajamar.es/storage/documents/020-moringa-v3-1476963334-bf35c.pdf>

Comas Serra , F; Umaña , L; Minjares Fuentes, R; Femenia, A; Ituarte, M; Pedroza-Sandova, A. 2024. Role of acemannan and pectic polysaccharides in saline-water stress tolerance of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant (en línea). doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.131601.

Dominguez, R; Arzate, I; Chanona, J; Welte, S; Alvarado, J; Calderon, G; Garibay, V; Gutierrez, G. 2012. EL DE Aloe vera: ESTRUCTURA, COMPOSICION QUÉLIMICA, PROCESAMIENTO, ACTIVIDAD BIOLÓGICA E IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA Y ALIMENTARIA (en línea). Revista Mexicana de Ingeniería Química(11): 23-43. Consultado 15 abri. 2024. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT); FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, IT); OMS (Organización Mundial de la Salud, CHE); PMA(Programa Mundial de la Alimentos, IT); UNICEF (Programa Mundial de la Alimentos, IT). 2023. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma, IT. 44 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT); FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, IT); OMS (Organización Mundial de la Salud, CHE) PMA (Programa Mundial de la Alimentos, IT) y UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, EE. UU). 2019. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Roma, IT. vii p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT); OPS (Organización Panamericana de la Salud, EE. UU); WFP (Programa Mundial de Alimentos, IT) y UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, EE. UU). 2018. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago, CHL. 132 p.

FAO(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT); IFAD(Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, IT); UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, EE. UU); WFP(Programa Mundial de Alimentos, IT); WHO (Organización Mundial de la Salud, CHE). 2018. The State of Food Security and Nutrition in the World; Building climate resilience for food security and nutrition. Roma, IT. 202 p.

Fuentes Berrio, L; Acevedo Correa, D; Gelvez Ordoñez, V. 2015. ALIMENTOS FUNCIONALES: IMPACTO Y RETOS PARA EL DESARROLLO Y BIENESTAR DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA (en línea). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial (13): 140-149. Consultado 23 abri. 2024. DOI:10.18684/BSAA (13)140-149

García, M;Ventosa, M; Díaz, R; Casariego, A. 2011. EFECTO DE COBERTURAS DE ALGINATO DE SODIO ENRIQUECIDAS CON ALOE VERA EN LA CALIDAD DE ZANAHORIA MÍNIMAMENTE PROCESADA(en línea). Ciencia y Tecnología de Alimentos (21). Consultado 10 abri. 2024. Disponible en <https://revcital.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/587>

Godino, M; Izquierdo, M; Arias, C. (2013). Interés forestal de la Moringa oleífera y posibles zonas de implantación en España. Consultado el 15 abri. 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/320490188_Interes_forestal_de_la_Moringa_olei_fera_y_posibles_zonas_de_implantacion_en_Espana

Hodas, F; Zorzenon, MRT; Milani, PG. 2021. Moringa oleifera potential as a functional food and a natural food additive: a biochemical approach (en línea). Anais da Academia Brasileira de Ciências (93): 1-18. Consultado 5 abri. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120210571>.

López García, J. 2016. “Moringa oleífera Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y Medicinales” (en línea). Tesis Farmacia. España. 26 p.

Montalvo, A; Montero, P; Álvarez, B. 2022. Efecto de la incorporación de aloe vera (Aloe barbadensis Miller) en las características fisicoquímicas, bromatológicas y vida útil de un yogurt de leche de búfala (en línea).Revista U.D.C.A (25): 1-8. Consultado 22 abri. 2024. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2019>

Mondal, D; Awana, M; Mandal, S; Pandita, K; Singh, A; Syeunda, C;Thandapilly, S;Krishnan, V. 2024. Functional foods with a tailored glycemic response based on food matrix and its interactions: Can it be a reality? (en línea). Food Chemistry: X (22): 1-16. Consultado 15 abri. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101358>

MINSALUD (Ministerio de Salud y Protección Social COL); INS (Instituto Nacional de Salud); Bienestar Familiar; INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, COL); UNAC (Universidad Nacional de Colombia, COL); PMA (Programa Mundial de Alimentos, IT). ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES EN COLOMBIA 2014 – 2021. 2015. Bogota, COL. 72 p.

Olson, M; Fahey, J. 2011. Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas(en línea). Revista Mexicana de Biodiversidad:1-12. Consultado 5 abri. 2024. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400001

OMS (Organización Mundial de la Salud, CHE). 2018. Nutrición de la madre, el lactante y el niño pequeño (en línea, sitio web). Consultado 4 may 2024. Disponible en https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA71/A71_22-sp.pdf

Quintanilla Medina, J; Garay Martínez, J; Alvarado Ramirez, E; Hernández Meléndez, J; Mendoza Pedroza, S; Rojas Garcia, A; Hernández Garay, A. 2018. Tiempo y Temperatura sobre la pérdida de humedad y contenido de proteína en hojas de Moringa Oleifera LAM(en línea). Agroproductividad (5): 88- 92. Consultado 2 may. 2024.

Rubio Sanz, L. 2020. COMPARATIVA NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE Moringa oleífera EN ESPAÑA(en línea). Ciencias Agrarias (2): 1-6. Consultado 5 abri. 2024. Doi: <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i2.388>

Sgroi, F; Sciortinob, C; Baviera, A; Módica, F. 2024. Analyzing consumer trends in functional foods: A cluster analysis approach (en línea). Journal of Agriculture and Food Research (15):1-8. Consultado 2 may. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101041>

Srinivasamurthy, S; Yadav, U; Sahay, S; Singh, A. 2017. Development of muffin by incorporation of dried Moringa oleifera (Drumstick) leaf powder with enhanced micronutrient content (en línea). International Journal of Food Science and Nutrition (4):173-178. Consultado 5 abri. 2024.

USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, EE.UU.). 2022. Análisis de la Situación de Micronutrientes y Fortificación de Alimentos de Consumo Masivo en Honduras. Arlington, EE.UU. 3 p.

Yamaguchi, N; Cusioli, L; Quesada, H; Ferreira, M; Klen, M; Viera, A; Gomes, R; Bergamasco, R. 2021. A review of *Moringa oleifera* seeds in water treatment: Trends and future challenges (en línea). Elsevier (147): 405-420. Consultado 5 abri. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.09.044>

Zulfiqar, F; Younis, A; Finnegan, P; Ferrante, A. 2020. Comparison of Soaking Corms with Moringa Leaf Extract Alone or in Combination with Synthetic Plant Growth Regulators on the Growth, Physiology and Vase Life of Sword Lily (en línea). Plants (11): 1-9. Consultado 15 abri. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.3390/plants9111590>