



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LA POTENCIA DE MICROONDAS SOBRE
COMPUESTOS FENÓLICOS EN SEMILLAS DE MORINGA Y
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN ACEITE DE MORINGA
(*Moringa oleífera* Lam)”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YULISA USCAMAYTA GUTIERREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

*Al divino creador Dios, protegiéndome
cada paso en el sendero de mi vida,
guiándome por el camino del bien y
fortaleciendo en mi ser de vivir para
servir con humildad y entusiasmo.*

*Con inmensa gratitud a mi padre
Benancio Uscamayta y a mi madre Tomasa
Gutiérrez a que con su sacrificio y
motivación constante y con su amor
incondicional han hecho posible el logro
de mi profesión.*

*A mis hermanos, Alex, Rigoberto,
Franz, Héctor, Yony y Yolanda, por
las vivencias y experiencias
compartidas, confianza, motivación,
consejo, y por haberme apoyado en
todo momento para hacer realidad
este sueño anhelado.*

*A mis familiares y amigos (as) por las
alegrías y vivencias compartidas, hicieron
más grato el camino para lograr esta meta.*

Yulisa Uscamayta Gutiérrez



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser la fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias sobre todo felicidad, permitiendo lograr esta meta tan importante.

A mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano, por haberme brindado la oportunidad de forjarme un futuro, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial mis docentes por haberme brindado los conocimientos compartidos durante mi formación profesional.

Mi especial reconocimiento y agradecimiento a mi director de tesis Dr. Alejandro Coloma Paxi por su paciencia, disponibilidad y generosidad y su apoyo incondicional en la elaboración y culminación del presente trabajo de investigación.

Mi agradecimiento a los miembros del jurado: M.Sc. Pablo Parí Huarcaya, Dr.Sc. Eduardo Juan Manzaneda Cábala, Dr.Sc. Rosario Edely Ortega Barriga por el apoyo constante en la culminación del presente trabajo de investigación.

A mis padres: Benancio Uscamayta y Tomasa Gutiérrez a mis hermanos y hermana por sus consejos y motivación constante, por apoyarme con mucho amor y cariño durante mi formación profesional y en la elaboración del presente trabajo de investigación. A mis amigos y amigas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su amistad compartida, aventuras y momentos inolvidables gracias por todo.

Yulisa Uscamayta Gutiérrez



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 13

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 13

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MORINGA (*Moringa oleífera* Lam) 14

2.1.1. Origen del cultivo 14

2.1.2. Características botánicas del cultivo 14

2.1.3. Clasificación taxonómica 15

2.1.4. Descripción morfológica 15

2.1.5. Formas de aprovechamiento de la moringa..... 17

2.1.6. Físicas y químicas de la semilla de moringa 19

2.2. ACEITE DE MORINGA 21

2.2.1. Proceso de extracción de aceite 22

2.3. ANTIOXIDANTE..... 23

2.3.1. Clasificación de antioxidantes 24

2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS..... 25



2.4.1. Clasificación de compuestos fenólicos.....	26
2.5. ÁCIDOS GRASOS	27
2.5.1. Clasificación de ácidos grasos.....	27

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. EJECUCIÓN.....	29
3.1.1. Lugar de ejecución.....	29
3.1.2. Materia prima.....	29
3.1.3. Materiales.....	29
3.1.4. Equipos	30
3.1.5. Reactivos.....	31
3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	32
3.2.1. Proceso de calentamiento en semillas de moringa.....	32
3.3. FACTORES EN ESTUDIO	36
3.3.1. Para el primer objetivo	36
3.3.2. Para el segundo objetivo.....	36
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	37
3.4.1. Contenido de humedad	37
3.4.2. Contenido de aceite.....	37
3.4.3. Compuestos fenólicos	38
3.4.4. Capacidad de antioxidante.	38
3.4.5. Flavonoides totales.....	39
3.4.6. Perfil de ácidos grasos	39
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD EN SEMILLAS DE MORINGA	41
4.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN SEMILLAS DE MORINGA.....	42



4.3. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES EN SEMILLAS DE MORINGA	44
4.4. FLAVONOIDES TOTALES EN SEMILLAS DE MORINGA	46
4.5. CONTENIDO DE ACEITE EN SEMILLAS DE MORINGA	48
4.6. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN ACEITE DE MORINGA.....	50
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. REFERENCIAS.....	54
ANEXOS.....	62

Área: Ciencias Agrarias

Línea: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

FECHA DE SUSTENTACION: 11 de mayo de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ilustración de moringa oleífera	17
Figura 2.	Diagrama de flujo de operaciones de calentamiento por microondas	32
Figura 3.	Diagrama de flujo de extracción de aceite en semillas de moringa	34
Figura 4.	Contenido de Humedad en semillas de moringa.....	41
Figura 5.	Capacidad antioxidante en semilla de moringa.	43
Figura 6.	Compuestos Fenólicos en semillas de moringa.	45
Figura 7.	Flavonoides totales en semillas de moringa.....	47
Figura 8.	Contenido de aceite en semillas de moringa.....	48
Figura 9.	Perfil de ácidos grasos en aceite de moringa.	50



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Comparación de moringa con otros alimentos.....	19
Tabla 2.	Características y composición fisicoquímicas de la semilla de moringa.....	19
Tabla 3.	Características fisicoquímicas de aceite de moringa comparados con el aceite de olivo	21
Tabla 4.	Contenido de ácidos grasos de la semilla moringa	22
Tabla 5.	Resultados de contenido de humedad de semillas de moringa.....	62
Tabla 6.	Análisis de varianza de contenido de humedad.	62
Tabla 7.	Prueba de comparación de medias para contenido de humedad.....	62
Tabla 8.	Resultados de capacidad antioxidante de semillas de moringa.	63
Tabla 9.	Análisis de varianza de capacidad antioxidante.....	63
Tabla 10.	Prueba de comparación de medias para capacidad antioxidante	63
Tabla 11.	Resultados de compuestos fenólicos totales de semillas de moringa.	64
Tabla 12.	Análisis de varianza de compuestos fenólicos.....	64
Tabla 13.	Prueba de comparación de medias para compuestos fenólicos	64
Tabla 14.	Resultados de flavonoides totales en semillas de moringa	65
Tabla 15.	Análisis de varianza de flavonoides totales.	65
Tabla 16.	Prueba de comparación de medias para flavonoides totales.....	65
Tabla 17.	Resultados de contenido de aceite en semillas de moringa.	66
Tabla 18.	Análisis de varianza de contenido de aceite.	66
Tabla 19.	Prueba de comparación de medias para contenido de aceite	66
Tabla 20.	Resultados de perfil de ácidos grasos en aceite de moringa crudo y calentado.	67



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

m	: metros
g	: gramos
mg	: miligramo
µm	: micrómetros
mm	: milímetros
µg	: microgramos
°C	: grados centígrados
W	: watts
hr	: horas
Fc	: folin – Ciacueltau
Na ₂ CO ₃	: carbonato de sodio
HPLC	: cromatografía líquida de alta eficacia
Fig.	: figura
%	: porcentaje
rpm	: revoluciones por minuto
min	: minutos
EQ	: equivalente en quercetina
EAG	: equivalente de ácido gálico
CI	: coeficiente de inhibición



RESUMEN

Las semillas de *Moringa oleífera* Lam, tienen numerosas propiedades nutraceuticas y funcionales tales como: Compuestos fenolicos, capacidad antioxidante y perfil de ácidos grasos. Es así que, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la potencia de microondas sobre compuestos fenolicos en semillas de moringa y perfil de ácidos grasos en aceite de moringa (*Moringa oleífera* Lam). La variable experimental fue la potencia de microondas (0, 125, 250, 400, 550 y 700 W) y se evaluó compuestos fenolicos, capacidad antioxidante, flavonoides totales y ácidos grasos. Los resultados muestran que el calentamiento por microondas afectó significativamente sobre los compuestos fenolicos, capacidad antioxidante y flavonoides totales. A medida que se incrementa la potencia de microondas la capacidad antioxidante disminuye en 550 W y luego aumenta en 700 W. Mientras que en compuestos fenolicos y flavonoides totales disminuyen en 250 W y luego aumentan ligeramente en 400 W y 550 W, finalmente aumentan a 700 W. Se obtuvo mayores valores a una potencia de 700 W, alcanzando a 82.067 mg EAG/100 g de muestra en compuestos fenolicos y 47.38 mg EQ /100 g de muestra en flavonoides totales. Por otro lado, en los ácidos grasos en aceite de moringa cruda y aceite de moringa sometido a calentamiento por microondas a 400 W, no se encontraron diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Entre los ácidos grasos analizados se ha encontrado el ácido oleico en mayor cantidad con 52.11 % y 51.12 % para la muestra cruda y calentado a 400 W respectivamente. En conclusión, la potencia de microondas afectó significativamente en capacidad antioxidante, compuestos fenolicos, flavonoides totales y no afectó en el perfil de ácidos grasos al calentamiento en microondas en la muestra cruda y calentado a 400 W.

Palabras claves: potencia de microondas, compuestos fenolicos, ácidos grasos, semilla de moringa.



ABSTRACT

Moringa oleifera Lam seeds have numerous nutraceutical and functional properties such as: phenolic compounds, antioxidant capacity and fatty acid feature. The objective of this work was to determine the effect of microwave power on phenolic compounds in moringa seeds and fatty acid feature in moringa oil (*Moringa oleifera* Lam). The experimental variable was microwave power (0, 125, 250, 400, 550 and 700 W) and phenolic compounds, antioxidant capacity, total flavonoids and fatty acids were evaluated. The results show that microwave heating significantly affected phenolic compounds, antioxidant capacity and total flavonoids. As microwave power increases, antioxidant capacity decreases at 550 W and then increases at 700 W. While in phenolic compounds and total flavonoids decrease at 250 W and then slightly increase at 400 W and 550 W, finally increasing at 700 W. Higher values were obtained at 700 W of power, reaching 82.067 mg EAG/100 g in phenolic compounds sample and 47.38 mg EQ /100 g in total flavonoids sample. On the other hand, raw moringa oil and moringa oil fatty acids exposed to microwave heating at 400 W, no significant statistical difference was found between treatments. Oleic acid was found in greater quantity with 52.11 % and 51.12 % for the raw sample and the other one heated at 400 W respectively among the fatty acids analyzed, in conclusion, microwave power significantly affected antioxidant capacity, phenolic compounds, total flavonoids and did not affect the fatty acid feature when the raw sample was heated in microwave at 400 W.

Keywords: microwave potency, phenolic compounds, fatty acids, moringa seed



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual existe una deficiencia en cuanto al consumo de alimentos naturales con propiedades nutraceuticos y funcionales, por eso es importante buscar fuentes saludables con capacidad antioxidantes, compuestos fenolicos y flavonoides que previenen el desarrollo de algunas enfermedades (Sánchez *et al.*, 2013). La mayor parte de los antioxidantes se encuentran en alimentos vegetales ricos en compuestos fenolicos que son considerados como metabolitos secundarios de las plantas que hay especie sin explotación con potencial agroindustrial, como la moringa, este vegetal se caracteriza por poseer un alto contenido de capacidad antioxidante, compuestos fenolicos y flavonoides (Álvarez, 2017). Sin embargo, el aprovechamiento de este vegetal es limitado debido a que existen pocos estudios sobre su procesamiento, una posibilidad es la transformación de la moringa haciendo uso de calentamiento por microondas.

El proceso de microondas se puede usar como un método alternativo al proceso del calor convencional, para descongelar, cocinar, secar, templar, hornear, pasteurizar, y esterilizar (Hojjati *et al.*, 2015). Por otro lado, estudios han demostrado, que existen diferentes clases de compuestos fenolicos, entre los cuales los difenoles mostraron la mayor resistencia al calentamiento por microondas (Özcan *et al.*, 2018). De igual manera utilizaron el calentamiento para mejorar la estabilidad oxidativa del aceite especialmente en tiempos cortos con tratamiento por microondas, tanto para aplicaciones dermatológica como de alimentos (Sánchez-Machado *et al.*, 2015). Además, el proceso de calentamiento por microondas ofrece algunas ventajas como la velocidad, el ahorro de energía y la no formación de productos químicos nocivos en el producto (Das *et al.*, 2014). El presente trabajo de investigación fue realizado con la finalidad de aprovechar las semillas de



moringa con interés alimentario, esta planta no es consumido por falta de información, actualmente puede ser considerado como alimento funcional, porque no solo nutren si no al ser consumido cumple funciones específicas que puedan prevenir más de 300 enfermedades como diabetes, gastritis, anemia, cáncer, tos, inflamaciones infectocontagiosas, hepatorenal y otros con la posesión de capacidad de antioxidante (Martín *et al.*, 2013).

Este trabajo tiene por finalidad de determinar los efectos de la potencia de microondas sobre los compuestos fenólicos en semillas de moringa y perfil de ácidos grasos en aceite de moringa, por lo que se plantea los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de la potencia de microondas sobre compuestos fenólicos en semillas de moringa y perfil de ácidos grasos en aceite de moringa (*Moringa oleífera* Lam)

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de la potencia de microondas sobre, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y flavonoides en semillas de moringa
- Comparar el perfil de ácidos grasos en aceite de moringa crudo y aceite de moringa sometido a calentamiento en microondas



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MORINGA (*Moringa oleífera* Lam)

2.1.1. Origen del cultivo

La moringa es un árbol perenne originario del norte de la India de las faldas de Himalaya, tradicionalmente utilizada en países asiáticos y africanos como alimento humano, animal y purificador de aguas, con propiedades especiales de prevención de diferentes enfermedades. (Foidl *et al.*, 2001).

Las semillas de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) se importó por primera vez en los años 2007-2008 de México, inicialmente se experimentó en Lima y Huaral en el año 2009. En la actualidad hay plantaciones experimentales de moringa en Lima, Ica, Chincha, Chimbote, Trujillo, Chiclayo, Piura, Amazonas, San Martín, Moquegua, Oxapampa y Puno (Martín *et al.*, 2013).

2.1.2. Características botánicas del cultivo

La moringa crece y se desarrolla muy bien en climas tropicales y subtropicales. En su área de origen, la planta crece en zonas cuya temperatura media oscila entre los 12,6 y 40.0 °C, soportando temperaturas mínimas de hasta -1 °C y máximas de hasta 48 °C (López García, 2016).

Crece con rapidez en lugares favorables Incrementando de 1 a 2 m por año en altura durante los primeros 3 a 4 años una de las característica muy importante de la moringa es su capacidad de resistencia a la sequía y el potencial agronómico siendo un árbol cultivable en regiones áridas y semiáridas, debido a que hoy en día se sabe que las condiciones climáticas ya no se rigen por las temporadas, esto debido a que con el paso



del tiempo las estaciones del año han cambiado radicalmente de un clima caluroso en invierno hasta una sequía en verano (Foidl *et al.*, 2001).

Se trata de un árbol que puede vivir 20 años si procede de semilla. La media de edad alcanzada en árboles propagados por estaca oscila en torno a 10 -15 años (Magaña Benítez, 2012).

2.1.3. Clasificación taxonómica

Clasificación taxonómica de la moringa según Foidl *et al.*, (2001).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Moringaceae

Género: Moringa

Especie: Arbórea, concanencis, pygmeae, rospoliana, rivae

Nombre científico: Moringa oleífera Lam, M. Moringa mil

Nombre común: Paraíso blanco, árbol de la vida, árbol de la perla, flor de Jacinto, Ben

2.1.4. Descripción morfológica

La Moringa oleífera es un árbol verde de tamaño pequeño y desarrollo acelerado, puede llegar de 10 a 12 m de alto tiene una copa abierta y esparcida de ramas predispuestas y frágiles y una corteza gruesa, blanquecina. Se valora especialmente por sus frutas, hojas, flores, raíces, todas comestibles, y su aceite comestible (la Cruz-Blanco *et al.*, 2019).



- **Raíz:** Mide varios metros y es pulposa en forma de rábano. Es pivotante y globosa lo que le brinda a la planta cierta resistencia a la sequía en periodos prolongados. En la corteza se produce una goma color rojizo parduzco (la Cruz-Blanco *et al.*, 2019)
- **Hojas:** Miden de 1 a 2 cm de largo, ovaladas de color verde claro con hojuelas delgadas; tienen caracteres nutritivos destacadas como son; proteínas un 27 %; también tienen sumas significativas de calcio, hierro y fósforo, así como vitamina A y C (Medina *et al.*, 2007).
- **Flores:** Son fragantes, bisexuales, de color blanco amarillento con tallos vellosos en panículas axilares extendidas de 10 a 25 cm de largo. Las flores individuales tienen cerca de 0,7 a 1 cm de largo y 2 cm de ancho, y cinco pétalos espatulados, amarillentos, cinco estambres, cinco estambres estériles más pequeños y un pistilo compuesto por un ovario (González Minero, 2018).
- **Fruto:** Son unas cápsulas de color pardo, de tres lados, lineares y pendientes, surcos longitudinales, aproximadamente de unos 20 a 45 cm de largo, algunas llegan hasta 120 cm de largo, y de 2 a 2,5 cm de ancho que dan forma de vaina (González Minero, 2018)
- **Semillas:** Son redondas de 1 cm de diámetro de color parduzco, algunas pueden ser blancas si los granos son de baja viabilidad. Las semillas viables germinan en 2 semanas, cada árbol puede producir alrededor de 15,000 a 25,000 semillas por año. El peso medio es de 0,3 g (Arias, 2014).

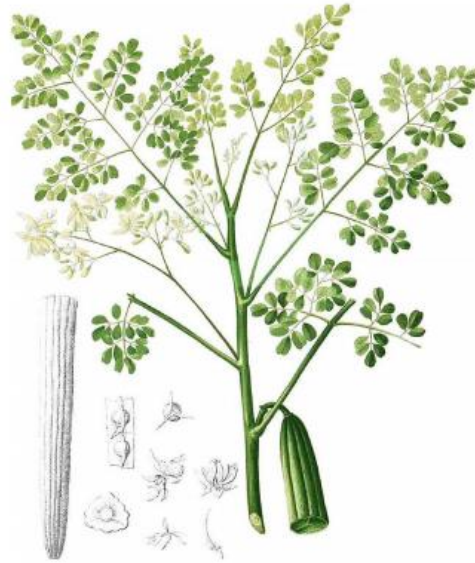


Figura 1. Ilustración de moringa oleífera
Fuente: la Cruz-Blanco *et al.* (2019).

2.1.5. Formas de aprovechamiento de la moringa

La *Moringa oleífera* es un árbol con numerosas propiedades, tanto benéficas para la salud y para el medio ambiente; desde un fuerte potenciador de la nutrición humana, hasta un nuevo método natural de tratamiento de aguas fluviales y aguas turbias. Estos beneficios se obtienen a través de diferentes productos, como son las hojas del árbol, los tallos, las raíces, el fruto, la flor y las semillas (Sánchez-Peña *et al.*, 2013). Otras de las razones para su uso medicinal es la gran cantidad de fenoles y flavonoides que contiene esta especie ya que presentan elevado contenido de ácidos grasos aminoácidos, vitaminas, minerales, proteína (Álvarez, 2017).

El aceite de semilla contiene entre un 30 y 45 % de aceite. Estas propiedades hacen que diferentes partes de la planta se usen potencialmente (Gómez Mitjans *et al.*, 2016).

Sus propiedades terapéuticas potencian su uso en el tratamiento de más de 300 enfermedades. Se dice que las hojas, frutos, raíces y semillas son útiles para combatir;



anemia, ansiedad, asma, ataques de parálisis, bronquitis, catarro, cólera, congestión del pecho, conjuntivitis, déficit de leche en madres lactantes, diabetes, diarrea, dolor en las articulaciones, dolores de cabeza, dolor de garganta, espinillas fiebre, , hipertensión arterial, histeria, impurezas en la sangre, infecciones cutáneas, otitis, parasitismo intestinal, picaduras venenosas, problemas de la vejiga y próstata, Trastornos respiratorios, tos, tuberculosis, tumores abdominales, anticancerígeno, antibacterial, antiviral (López García, 2016).

- **Alimentación Humana**

La moringa se está revelando como un recurso de primer orden con bajo costo de producción para prevenir la desnutrición, prevenir la anemia y múltiples patologías asociadas a carencias de vitaminas y elementos esenciales en la alimentación. Teniendo un futuro prometedor en la agroindustria como alimento funcional (Ccasa & Castillo, 2017).

En la tabla 1 se muestra la comparación nutricional de la moringa (*Moringa oleífera*, *Lam*) con otros alimentos, en donde se observa que las hojas y semillas de la planta de moringa presentan cuatro veces más vitamina A que la zanahoria, siete veces más vitamina C que la naranja, cuatro veces más calcio que la leche, tres veces más potasio que los bananos, y dos veces más proteínas que el yogur o la leche de vaca, la calidad de la proteína es similar a la del huevo (Alfarado *et al.*, 2008).}

Tabla 1. Comparación de moringa con otros alimentos

	MORINGA	OTROS ALIMENTOS
Vitamina "A"(mg)	1,130	Zanahorias: 315
Vitamina "C"(mg)	220	Naranjas: 30
Calcio (mg)	440	Leche de vaca: 120
Potasio (mg)	259	Plátanos: 88
Proteína (mg)	7,700	Leche de vaca: 3,200

Fuente: Alfarado *et al.* (2008).

2.1.6. Físicas y químicas de la semilla de moringa

En la tabla 2 se muestra una recopilación de información sobre el contenido nutricional de las semillas de moringa (Olson y Fahey, 2011).

Tabla 2. Características y composición fisicoquímicas de la semilla de moringa

COMPONENTES	VALOR
Proteína	46.58%
Carbohidratos	11.16%
Grasa	32.60%
Agua	6.50%
Ceniza	3.16%

Fuente: Olson y Fahey (2011).

- **Usos Químicos**

Entre los potenciales químicos que posee la Moringa (*Moringa oleífera* Lam) se encuentra el aceite extraído de sus semillas permitiendo la producción de biodiesel; y el polvo de la semilla después de la extracción de aceite en el tratamiento de aguas, y su corteza y tronco como fuente de celulosa entre otros (Álvarez, 2017).



- **Cosméticos**

La semilla de la *Moringa oleífera* contiene aceite, el cual ha sido usado en preparaciones y bálsamos para la piel desde la época de los egipcios. El aceite de color amarillo intenso poco viscoso tiene un perfil de ácido graso que indica un 68.9% de ácido oleico. Esto significa que el aceite de *Moringa oleífera* tiene el mismo nivel de calidad que el aceite de oliva, por lo que podría tener el mismo valor de mercado y debido a la calidad del aceite este puede ser utilizado para consumo humano. Después de la extracción del aceite queda un subproducto del procesado de la semilla que forma una torta que puede utilizarse en purificación de aguas superficiales, Estudios realizados han demostrado que puede fabricarse jabón de muy buena calidad a partir de aceite de *Moringa oleífera*, con grandes propiedades antioxidantes muy potentes que se consideran un factor detrás de su extraordinaria estabilidad, y que a la vez posee una gran capacidad de absorber y retener incluso las fragancias más fugitivas (Folkard, G. & Sutherland, 1998).

- **tinte y goma**

El tallo del árbol de *Moringa oleífera* exuda una goma mucilaginosa que se usa para curtir cuero y para el estampado de calicó o indiana. De la madera se puede extraer un tinte azulado de interés industrial. También con las proteínas que posee es utilizado como un componente para los tintes de cabello, el cabello recobra flexibilidad y firmeza, así como su fuerza, protege a diario la emisión UV y proporciona un brillo excepcional (Liñán, 2010).

2.2. ACEITE DE MORINGA

Una de las partes aprovechables del árbol es la semilla debido a su contenido entre un 30 y 45 % de aceite. Sus propiedades terapéuticas potencian su uso en el tratamiento de más de 300 enfermedades. El aceite de moringa es rico en ácido oleico excepto por su menor contenido de ácido linoleico, dicho aceite presenta composición química y propiedades físicas que lo asemejan al de oliva (Gómez Mitjans *et al.*, 2016).

Tabla 3. Características fisicoquímicas de aceite de moringa comparados con el aceite de olivo

Propiedad determinada	aceite de moringa	Aceite de oliva
Densidad(g/cm ³)	0.908	0.910
Índice de iodo (g 100g de muestra)	65,58	65,74
Índice de rancidez (meq kg ⁻¹)	1.97	≤1,5
Ácidos grasos libres	0.5	≤1,0

Fuente: Gómez Mitjans *et al.* (2016).

El contenido de ácido oleico de un 68,9 % indica que los aceites de esta planta tienen el mismo nivel de calidad que los de oliva, por lo que podrían tener el mismo valor de mercado. Este ácido graso es más resistente a la oxidación que el linoleico, por eso, su adición a otros aceites permite obtener mezclas de elevadas propiedades nutricionales (García *et al.*, 2013). También puede ser empleado en el mejoramiento de la estabilidad oxidativa de otros aceites. Durante la conservación, cocción y fritura de los aceites vegetales tradicionales ocurre el deterioro de sus cualidades nutritivas debido a la degradación del ácido linoleico (Martín *et al.*, 2013).

Tabla 4. Contenido de ácidos grasos de la semilla moringa

ACIDO GRASO	CONTENIDO (%)
Ácido oleico	68.9
Ácido linoleico	3.8
Ácido mirístico	1.5
Ácido palmítico	3.6
Ácido esteárico	10.8
Ácido bohémico	6.3

Fuente: Martín *et al.* (2013).

2.2.1. Proceso de extracción de aceite

El proceso de extracción de aceite a partir de semillas depende del tipo y estructura. Cuando presentan alto contenido de aceite el proceso a utilizar es la aplicación de fuerza mecánica por prensado con el fin de romper las paredes celulares del material vegetal, obteniéndose el aceite crudo y la torta de prensado, la cual retiene aceite residual. Con semillas que poseen bajo contenido graso se emplea extracción con disolventes orgánicos como el hexano, bencina de petróleo, presentando ventajas de ser operaciones simples con bajos costos de operación (Grasso, 2013).

- **Extracción por prensado**

Se aplica a frutos y semillas oleaginosas, complementando generalmente el prensado con la extracción por solventes. Previamente, las semillas deben pasar por las etapas de preparación de limpieza y descascarillado, una vez que las semillas han sido molidas de tal forma de desgarrar las células para dejar en libertad el aceite contenido en ellas, se las somete al prensado (Ferrer Serrano *et al.*, 2020).

Los rendimientos de la extracción dependerán de la cantidad de presión aplicada, del tiempo que se deje drenar el aceite, la temperatura y la viscosidad (Sánchez, 2006).



- **Extracción con solventes**

La extracción por solvente, principalmente hexano y bencina de petróleo, son los métodos más tradicionales para la obtención de aceites de semillas oleaginosas. El principio de extracción por solvente es simple y se basa en el hecho de que un componente (solute) se distribuye entre dos fases según la relación de equilibrio determinada por la naturaleza del componente y las dos fases (Tabio García *et al.*, 2018).

En el sistema de extracción por disolventes, se puede partir de las semillas oleaginosas o de la torta proteínica obtenida por el sistema de extracción mecánica, ya que aún contiene un cierto porcentaje de aceite que se puede reducir al mínimo. Si partimos directamente de las semillas, estas deben ser limpiadas, descascarilladas y trituradas en unos rodillos, pasando entonces a un acondicionador para homogeneizar, luego pasa a un molino, con lo que se divide finamente, permitiendo así una mejor extracción del aceite en el extractor, donde un disolvente de las materias grasas arrastra a estas, siendo separadas en el evaporador a la vez que se recupera el disolvente y vuelve al extractor (Tabio García *et al.*, 2018).

2.3. ANTIOXIDANTE

Los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar el inicio o reducir la velocidad de oxidación de las sustancias auto - oxidables. Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres mediante la liberación de electrones. Los radicales libres son moléculas inestables (perdieron electrón) y altamente reactivos. Su misión es la de remover el electrón que les falta, de las moléculas que están a su alrededor para obtener su estabilidad. La molécula atacada (que ahora no lo tiene un electrón) se convertirá entonces en radical libre y de este modo se inicia una reacción de cadena que dañará muchas células (Rodríguez, 2018).



La ingesta de antioxidantes está relacionada con la prevención de enfermedades degenerativas causadas por estrés oxidativo como cáncer, Parkinson, Alzheimer o aterosclerosis, ya que los antioxidantes son responsables de los mecanismos de defensa del organismo contra patologías asociadas al ataque de radicales libres. (Ramírez-Anaya *et al.*, 2015).

2.3.1. Clasificación de antioxidantes

Según Moharram & Youssef, (2014) los antioxidantes pueden clasificarse de acuerdo a su función como: Antioxidantes naturales y Antioxidantes sintéticos.

- **Antioxidantes naturales**

El antioxidante natural se refiere principalmente a las que se encuentran en la mayoría de los vegetales, las patatas producen una variedad de antioxidantes contra daño molecular de especies reactivas y ciertos productos naturales podrían desempeñarse un papel preventivo debido a sus propiedades de antioxidantes. la mayoría de los antioxidantes naturales son compuestos fenólicos y su eficiencia depende de la reacción del hidrogeno fenólico con los radicales libres, de la estabilidad de los radicales antioxidantes formados durante reacción de los radicales libres y de las sustituciones químicas presentes en su estructura básica que probablemente es el factor que contribuye la actividad de antioxidante natural estable (Paladino, 2008).

Hay investigaciones de actividad antioxidante de varias fuentes naturales demuestran que son eficaces y seguros, así extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos despiertan un interés en la industria alimentaria porque retarda la degradación oxidativa de lípidos y mejora las cualidades del alimento (Paladino, 2008).

Los antioxidantes alimentarios se pueden clasificar en varias clases, de los cuales los polifenoles, es decir, los ácidos fenólicos y los flavonoides, son la clase más grande.



Las otras clases de antioxidantes dietéticos incluyen vitaminas, carotenoides y minerales (Moharram & Youssef, 2014).

- **Antioxidantes sintéticos**

Los antioxidantes sintéticos tales como el butilhidroxianisol (BHA), y el butilhidroxitolueno (BHT) y la hidroquinona tert-butilica (TBHQ), se utiliza extensamente en el sector alimenticio por son eficaces y menos costosos que los antioxidantes naturales, (Bunaciu *et al.*, 2016).

Los antioxidantes sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar su solubilidad en grasas, aceites son muy estables al calor y se usa para estabilizar las grasas de los productos cocinados y fritos. pero desde el punto de vista de la seguridad alimentaria está sujeto a constantes cuestionamientos y restricciones dado a que se ha reportado que sería carcinogénicos de acuerdo con las normas el uso de estos antioxidantes sintéticos está limitado al 0.02 % del contenido de grasa o aceite del alimento. La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad, aconsejan cierta precaución. En este caso los antioxidantes naturales se presentan como sustancias más saludables (David *et al.*, 2002).

2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios presentes en el reino vegetal, desde las más simples como los ácidos fenólicos hasta los flavonoides que comprenden varios grupos, siendo parte importante de la dieta, tanto humana como animal. Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, consideradas metabolitos secundarios de las plantas. Actualmente se ha despertado gran interés por estos compuestos debido a sus propiedades antioxidantes y sus posibles implicaciones



beneficiosas en la salud humana tales como el tratamiento y prevención del cáncer, entre otros (Pérez-Jiménez, 2006).

La forma más frecuente de encontrar los compuestos fenólicos en los vegetales es en forma de monómeros, oligómeros y polímeros, los fenoles protegen a las plantas contra los daños oxidativos y llevan a cabo la misma función en el organismo humano, actúa como metabolito esencial para el crecimiento y reproducción de las plantas, dar pigmentación a las flores y frutos y favorecer la producción modular. Además, actúan como agentes protectoras frente a la acción de patógenos, radiación UV y enfermedades, siendo secretados en estos casos como mecanismos de defensa (De la Riva, 2010).

2.4.1. Clasificación de compuestos fenólicos

a. No Flavonoides

Los no flavonoides se subdividen en compuestos como los ácidos fenólicos, estílenos y taninos hidrosolubles, los ácidos fenólicos distinguen dos familias distintas, la serie benzoica y la serie cinámica que se pueden encontrar en forma libre o esterificada con azúcares. La actividad antioxidante de los ácidos fenólicos se debe también a los hidrógenos fenólicos, la posición de los grupos hidroxilo y el grado de hidroxilación aumenta la capacidad antioxidante (García Ramírez, 2005).

b. Flavonoides

Son fitonutrientes naturales que se encuentran en muchas frutas y verduras se han descrito más de 4000 flavonoides diferentes que se clasifican en varias familias según cambios en su estructura básica tanto de bajo como de elevado peso molecular, que pueden poseer varios grupos hidroxilo (OH) unidos a la estructura de anillo benceno a través de un anillo pirona o pirano (García Ramírez, 2005).

Los flavonoides es el grupo más ampliamente distribuido (flavonoles, flavonas,



isoflavonas, antocianinas y flavanonas), estos son constituyentes naturales de los alimentos vegetales y proporcionan, en gran medida, el flavor, color y textura de estos alimentos. Los flavonoides más abundantes en los vegetales son los flavonoles y las flavonas (un subgrupo de flavonoles). Los flavonoles poseen una coloración amarillenta, estos compuestos pueden ser identificados claramente por la existencia de un grupo carbonilo en C4. Según el grado de oxidación de la molécula pueden distinguirse diferentes tipos de compuestos (Carocho *et al.*, 2018)

2.5. ÁCIDOS GRASOS

Son compuestos constituyentes de las grasas, producto de la hidrólisis básica de grasas animales o vegetales. Estos pueden ser saturados, monoinsaturados o poliinsaturados. Si un ácido graso tiene todos los átomos de hidrógeno que puede soportar, se le llama saturado; en cambio, si algunos de los átomos de hidrógeno están ausentes y la unión sencilla entre los átomos de carbón se ha reemplazado por una unión doble, es insaturada. Si hay solo una unión doble, es monoinsaturado. Si hay más de una, es poliinsaturada (Azcona, 2017).

2.5.1. Clasificación de ácidos grasos

- **Ácidos grasos saturados**

Proviene de grasas animales que poseen un punto de fusión más elevado y son sólidas a temperatura ambiente. Forman parte de las membranas celulares y son necesarios como aporte energético. Algunos de estos ácidos grasos están asociados con las proteínas y son necesarios para el funcionamiento de éstas. Se encuentran en alimentos como la carne grasa, la manteca, los embutidos, la mantequilla y el queso. Los principales ácidos grasos saturados son el ácido láurico, el mirístico, el palmítico y el esteárico (Roperó Lara, 2016).



- **Ácidos grasos monoinsaturados**

Proviene de grasas vegetales que tienen un punto de fusión inferior y debido a su alto contenido en ácidos grasos insaturados, en temperatura ambiente son líquidos. Desempeñan un papel importante en la estructura lipídica de las membranas, especialmente en la mielina del sistema nervioso. Este tipo de ácidos grasos los encontramos en alimentos como el aguacate, los frutos secos, aceite de oliva, aceite de girasol, el salmón o el arenque. El principal ácido graso monoinsaturado es el ácido oleico (FAO, 2012).

- **Ácidos grasos poliinsaturados**

Tienen propiedades similares a los ácidos grasos saturados y su presencia tiende a endurecer las grasas. Dentro de este grupo encontramos la omega 3 y omega 6. Los omega 3 incluyen los ácidos alfa-linolénico, eicosapentaenoico, docosapentaenoico y docosahexaenoico, mientras que los omega 6 son los ácidos linoleicos, gamma-linolénico, ácido araquidónico y ácido adrenico (Ferrer, 2014)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. EJECUCIÓN

3.1.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se ejecutó, en el laboratorio de microbiología - Pacific Control CMA S.A.C, ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lurín, distrito de Villa el Salvador a una altitud media de 143 m.s.n.m. y los análisis de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, flavonoides y ácidos grasos de las semillas de moringa (*Moringa oleífera* Lam) se realizó en el laboratorio de cromatografía y espectrometría de la Universidad San Antonio de Abad del Cusco, ubicado en el departamento de Cusco, provincia de cusco, distrito de cusco, a una altitud de 3399 m.s.n.m.

3.1.2. Materia prima

En el experimento se utilizaron las semillas de moringa, redondas de 1 cm de diámetro de color parduzco en estado de madurez que fueron adquiridos de la tienda comercial Santa Natura, ubicado en Jr. Junín N°329 de la ciudad de Juliaca.

3.1.3. Materiales

- Tubos de ensayo de 5, 7 y 10 ml
- Envases de vidrio (color ámbar)
- Fiolas “PYREX” de 10, 20, 50, y 100 ml
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10 ml de marca Giardino
- Vasos ppt “SIMAX” de, 100 ml, 500 ml, 600 ml c/u.



- Micropipetas de 10-50 μL marca Transferpette y 100-1000 μL , marca LABOPETTE
- Probetas de 10, 50, 100 y 500 ml
- Gradillas para tubos de ensayo de acero inoxidable marca SKU: MQ002797
- Espátula de acero inoxidable flexible
- Mortero de granito marca Shef Sofide 100 y 200 mm de diámetro
- Pinzas de acero inoxidable marca Scientific Labwares
- Papel filtro 0.45 μm

3.1.4. Equipos

- Horno microonda de marca SEVERIN 2 en 1, con Función Grill, Incl. Rejilla de Grill y Plato Giratorio (\varnothing 24,5cm), 700 W, MW 7874, Acero Inoxidable/negro
- Horno de marca MEMMERT, UE 500, carbón Steel/negro NS:5020280
- Balanza analítica Máster Pro LA2303 (230g X 0.001g)
- Prensador manual pequeña de cenador de precisión, con prensa fuerte, J03, China
- Centrifuga con refrigeración, Made in Hungary Typ LR – 4000 rpm
- Termómetro digital, rango de medición: -50 $^{\circ}\text{C}$ a +300 $^{\circ}\text{C}$ tamaño: 23cm x 2cm x 2 cm, Voltaje 1,5 V.
- Cronometro digital de marca Casio con segundero



- Equipo baño maría Memmert Cimatecs
- Espectrofotómetro de marca Shimadzu UV-V, mini 1240
- Cromatógrafo de gases de marca Agilent 6890N, GC equipado con un FID o en un Agilent 6890/5973 Sistema GC / MSD.

3.1.5. Reactivos

- Ácido gálico (98%) (ml), marca Biopack, adquirido de Merck
- DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) (ml), adquirido de Market Share
- Etanol (ml), adquirido de Sigma – Aldrich
- Hidróxido de sodio 0.01N (ml), marca Hanna, adquirido de hannainst
- Agua destilada (ml), adquirido de laboratorio Pacific Control
- Folin – cicocalteau1N (ml), adquirido de Market Share
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3) (g), marca Marbe adquirido de Market Share
- Metanol (ml), marca J.T. Baker adquirido de avantorsciences
- Hexano (95% hexane) (ml), marca J.T. Baker adquirido de avantorsciences
- Hidróxido de potasio ACS (g), marca fermont 36846 adquirido de avantorsciences
- Bencina de petróleo, 40 – 60°C, marca Emsure, adquirido de Merck.
- Alcohol (70% y 96%) adquirido de laboratorio Pacific Control

Todos estos recursos fueron solicitados de acuerdo a los procedimientos que maneja cada una de las instituciones nombradas.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Proceso de calentamiento en semillas de moringa.

Se colocaron aproximadamente 50 g de semillas de moringa en una bandeja con una sola capa y se calentaron por microondas (Severin) a 0 W, 125 W, 250 W, 400 W, 550 W y 700 W durante 5 min. Después del proceso de calentamiento, las semillas de moringa se enfriaron en un desecador a temperatura ambiente. Las muestras calentadas se molieron por separado con un mortero antes del análisis.

Diagrama de flujo de operaciones de calentamiento por microondas

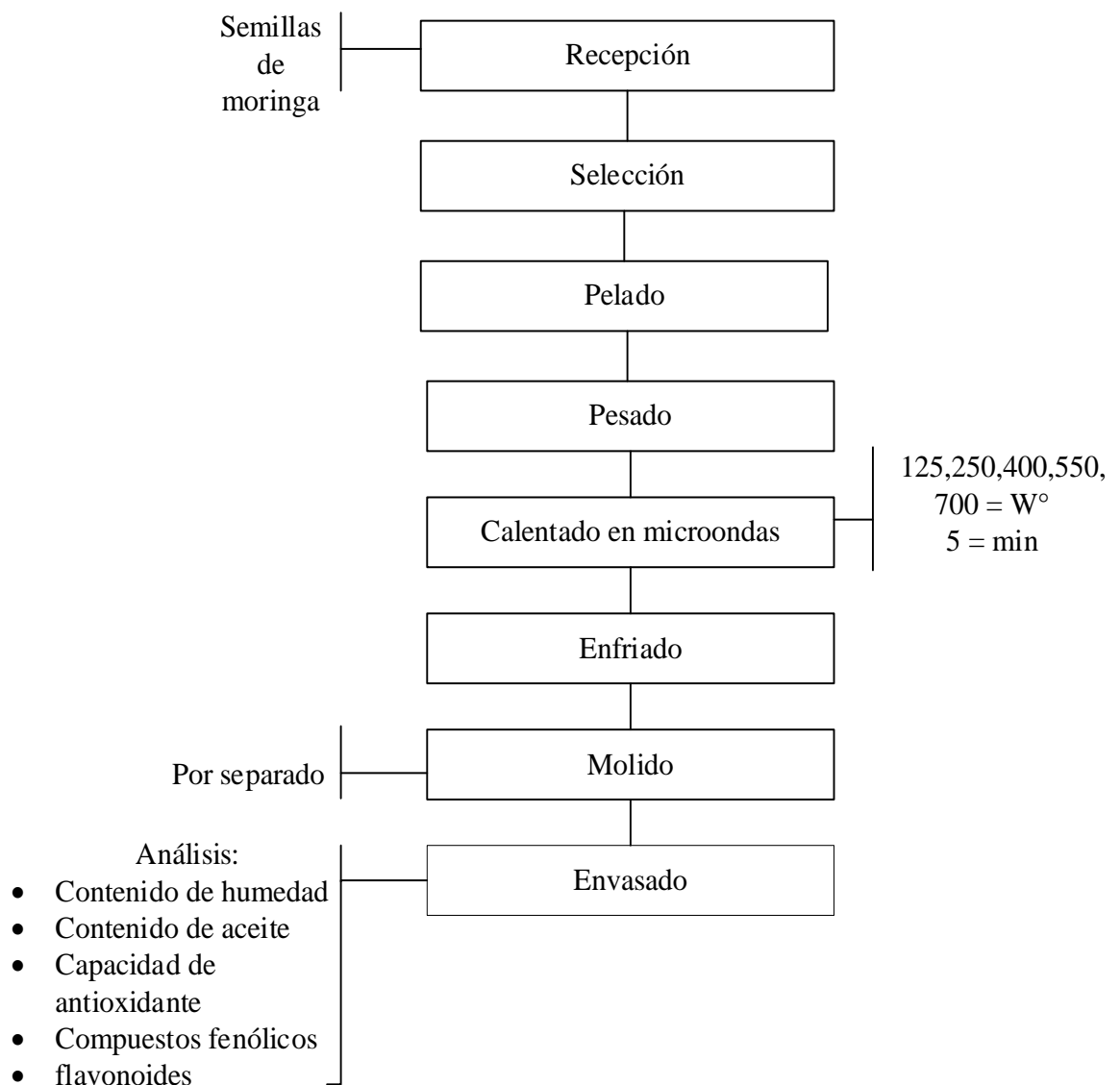


Figura 2. Diagrama de flujo de operaciones de calentamiento por microondas



3.2.1.1. Descripción de diagrama de flujo de operaciones de calentamiento por microondas

- **Recepción:** Se recibió la semilla de moringa en estado de madurez redonda de 1 cm de diámetro de color parduzco de la tienda comercial Santa Natura, de la ciudad de Juliaca, para así evitar exceso de manipulaciones y maltratos deficientes que sufren en los mercados.
- **Selección:** se clasificó la semilla de la moringa, para mayor facilidad de trabajo, por otro lado, se eliminó sustancias presentes en la semilla de la moringa.
- **Pelado:** Se eliminó la corteza (cascara) de la semilla de moringa
- **Pesado:** Se realizó el pesado de 50 g de semillas de moringa en una balanza analítica
- **Calentado en microondas:** Se colocaron aproximadamente 50 g de semillas de moringa en una bandeja con una sola capa y se calentaron en un horno microondas (Severin) a 0W, 125W, 250W, 400W, 550W y 700W durante 5 min.
- **Enfriado:** Las semillas de moringa se enfriaron en un desecador a temperatura ambiente
- **Molido:** Las muestras calentadas se molieron por separado con un mortero antes de los análisis
- **Envasado:** Se envasaron en plásticos polipropileno, para conservar las propiedades de las semillas de moringa sometido a tratamiento, para sus respectivos análisis.

3.2.2. Proceso de extracción de aceite en semillas de moringa

Para la extracción de aceite en semillas de moringa, se desarrolló de acuerdo con la metodología que se presenta en la figura 3.

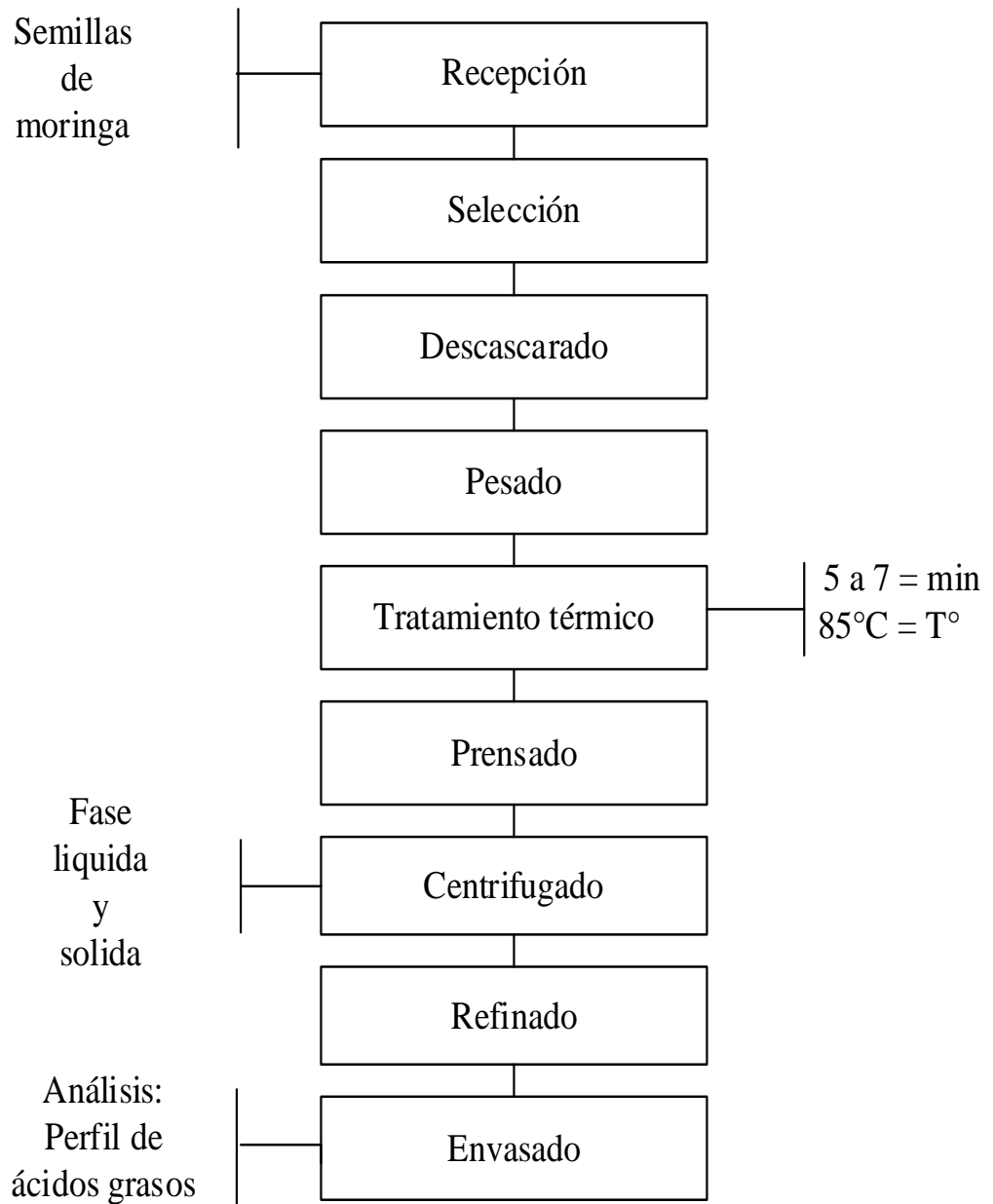


Figura 3. Diagrama de flujo de extracción de aceite en semillas de moringa



3.2.2.1. Descripción de diagrama de flujo de operaciones para la extracción de aceite de semillas de moringa

- **Recepción:** Se recepcionó la semilla de moringa en estado de madurez redondas de 1 cm de diámetro de color parduzco de la tienda comercial Santa Natura, de la ciudad de Juliaca, para así evitar exceso de manipulaciones y maltratos deficientes que sufren en los mercados.
- **Selección y limpieza:** Se clasificó la semilla de la moringa, para mayor facilidad de trabajo, por otro lado, se eliminó sustancias presentes en la semilla de la moringa.
- **Descascarado:** Se eliminó la corteza (cascara) de la semilla de moringa.
- **Pesado:** Se realizó el pesado de 50 g se semillas de moringa en una balanza analítica.
- **Tratamiento térmico:** A la semilla sometido en microondas se agregó 10 % de volumen de agua y se calentó lentamente en un baño maría, durante 5 – 7 minutos a 85°C
- **Prensado:** Después de este tratamiento se colocó en la prensadora para extraer aceite de semillas de moringa.
- **centrifugado:** Se ha separado la fase líquida y sólida mediante el método centrifugado.
- **Refinado:** Se retiró toda la suciedad del aceite extraído para ser refinado
- **Envasado:** Se envaso en un envase ámbar, para conservar las propiedades del aceite extraído, finalmente los aceites extraídos de semillas de moringa se envasaron en envases de vidrio para sus respectivos análisis



3.3. FACTORES EN ESTUDIO

3.3.1. Para el primer objetivo

Variable de estudio:

- Potencia de microondas: 0, 125, 250, 400, 550 y 700 W
- Semilla de moringa

Variable de respuesta:

- Compuestos fenólicos (mg EAG/100 g)
- Capacidad antioxidante (Ci50 trolox mg/100 g)
- Flavonoides totales (mg EQ /100 g)

3.3.2. Para el segundo objetivo

Variable de estudio:

- Aceite de moringa crudo
- sometido en microondas a 400 W.

Variable de respuesta:

- Perfil de ácidos grasos (%)

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Contenido de humedad

Se midió el contenido de humedad de la muestra en un horno (memmert) a 135°C por 1 hora, se determinó de acuerdo con la fórmula dada a continuación, aplicado por Roma, (2019).

$$\% \text{ Humedad} = \left[\frac{P_i - P_f}{P_i} \right] \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial de muestra

P_f = Peso final de muestra

3.4.2. Contenido de aceite

El contenido de aceite de las semillas de moringa se extrajo con bencina de petróleo en un aparato soxhlet durante 5 horas y el disolvente se eliminó con un evaporador de vacío rotativo a 50°C, se determinó de acuerdo con la fórmula dada a continuación, aplicado por Tabio García et al., (2018).

$$\% \text{ aceite} = \left[\frac{(P_i + P. \text{papel}) - (P_f + P. \text{papel})}{P_i} \right] \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial

P. papel = Peso de papel filtro

P_f = Peso final

3.4.3. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos de la muestra se determinaron de acuerdo al método de Pugliese *et al.*, (2013) con algunas modificaciones. Se añadió 1 ml de Folin-Ciocalteu (FC) y se mezclaron durante 5 min. Después de la adición de 10 ml de solución Na^2CO_3 , se mezclaron en tubos de ensayo y el volumen final se completó a 25 ml con agua destilada. Al final de 1 hr. El contenido fenólico total se determinó a 750 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV-V, UV mini 1240. Se utilizaron ácido gálico (0–200 mg / ml) como patrón para la curva de calibración. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. Los resultados se dieron como mg/100gr de ácido gálico.

3.4.4. Capacidad de antioxidante.

La capacidad antioxidante se determinó mediante el método de captación de radicales libres en semillas de moringa se determinó usando DPPH (1,1-difenil-2-picrylhydrazyl) de acuerdo con Brand-Williams *et al.*, (1995) con algunas modificaciones. El extracto de semillas de moringa se mezcló con 2 ml de solución metabólica de DPPH la mezcla se agito vigorosamente y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 3 min. La inhibición (gr) se calculó en base a una curva estándar obtenida con una solución metabólica de Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico), concentraciones actuales. Los resultados se expresaron como equivalentes mol de Trolox / g de muestra, se determinó de acuerdo con la fórmula dada a continuación.

$$\text{Inhibition (\%)} = \left[\frac{\text{Abs. Inicial} - \text{Abs. Final}}{\text{Abs. Inicial}} \right] \times 100$$



Donde:

% inhibición = Porcentaje de inhibición del radical DPPH provocado por la muestra evaluada.

Abs.Inicial = Absorbancia a 517 nm de la concentración inicial del DPPH.

Abs.Final = Absorbancia a 517 nm de la concentración final del DPPH.

3.4.5. Flavonoides totales

El contenido de flavonoide se determinó aplicando el método de Meda *et al.*, (2005) con algunas modificaciones. Se determinó mediante la homogenización de 1 g de muestra durante 1 min. después de la adición la solución de extracción (metanol / agua / ácido acético). Los extractos se centrifugaron durante 5 min para eliminar la fase de metanol. La fase acuosa se extrajo con hexano. Los cartuchos se activaron previamente con 10 ml de metanol y 10 ml de agua. El volumen restante de cada cartucho se diluyo con 2 ml de metanol. Se recogieron las fracciones metabólicas de cada cartucho, con un papel filtro de 0.45 μm fue inyectado en el HPLC, se utilizaron Quercetina para realizar la curva de calibración. Los flavonoides fueron expresados en EQ-Quercetina mg/100g de muestra.

3.4.6. Perfil de ácidos grasos

El aceite de semillas de moringa, se esterifico los ésteres metílicos de ácidos grasos de las muestras aplicado por Salvador *et al.*, (2019) con algunas modificaciones. Se analizaron por cromatografía de gases

Equipada con un detector de ionización de llama (Agilent 7683B) y una columna capilar (DB-23, 60m x I.D 0.250 x 0.15 μm Film). La temperatura del bloque y el detector fue de 230 °C. La fase móvil fue nitrógeno con un caudal de 1,51 ml / min. La velocidad de flujo fue de 80 ml / min y la velocidad de división también fue 1/40.



3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este presente trabajo de investigación, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones por tratamiento y su variabilidad media la desviación estándar, también se realizó análisis de varianza con la finalidad de determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, cuando el análisis de varianza indico significancia al 95% se realizó la comparación múltiple de tukey, como variables de respuesta en contenido de humedad, contenido de aceite, compuestos fenólicos totales, capacidad de antioxidante, flavonoides y ácidos grasos, para ello se trabajó con el programa estadístico SPSS.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD EN SEMILLAS DE MORINGA

En la Figura 4 se presenta los resultados de contenido de humedad de las semillas de moringa y semillas de moringa sometidas a calentamiento en microondas, en donde se observa, que a medida que se incrementa la potencia de microondas el contenido de humedad disminuye, de 5.88 a 1.37 % con calentamiento en microondas a 700 W.

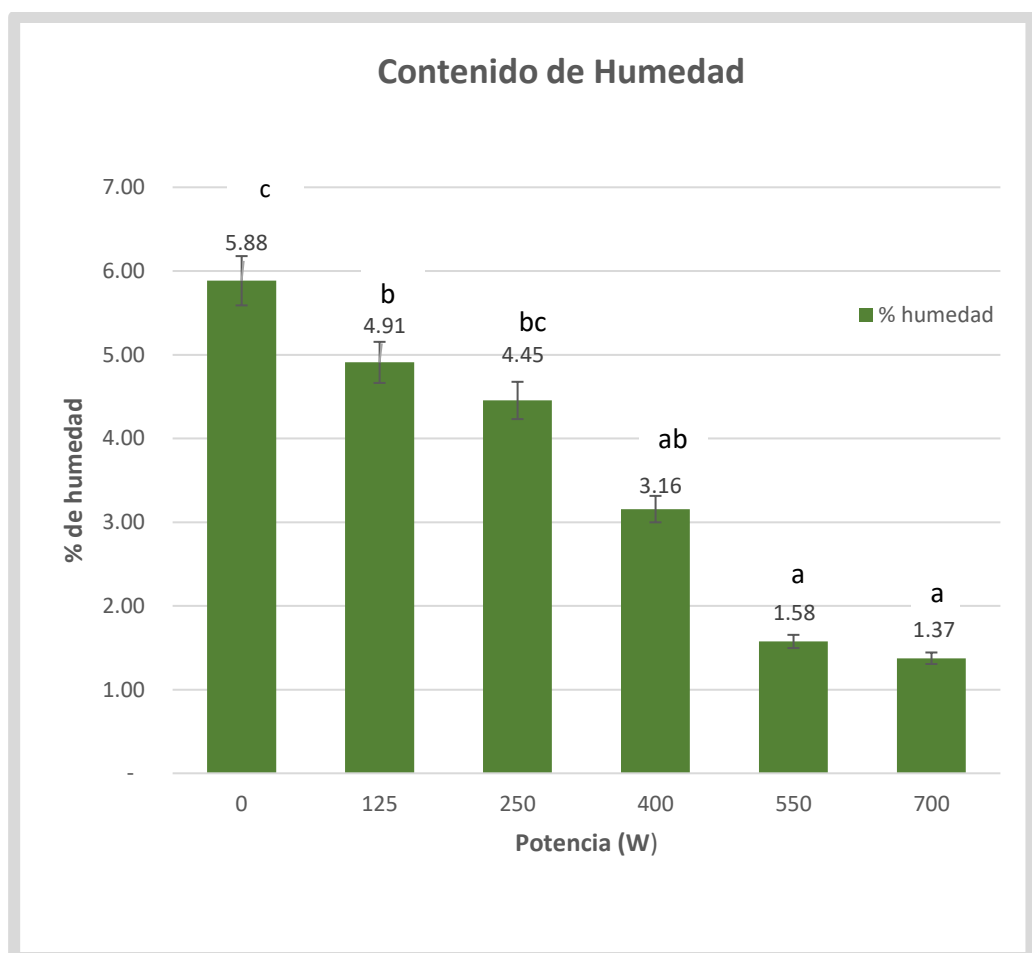


Figura 4. Contenido de Humedad en semillas de moringa.

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; contenido de humedad (%) ANVA ($P > 0.05$) **;
Prueba de tukey ($P > 0.05$) *



Los resultados de la Figura 4, son similares a los valores obtenidos por Özcan *et al.* (2018) quien señala que a medida que se incrementa la potencia, disminuye el contenido de humedad en nuez de 11.27 a 8.47 % con calentamiento de 720 W, esto es debido por la evaporación de humedad al calentamiento. Rao *et al.* (2007) menciona que las semillas de *Moringa oleífera* Lam, se pueden secar hasta alrededor del 5 % de contenido de humedad, ya que es una semilla ortodoxa. Donelan, (2009) recomienda que, las semillas oleaginosas deben ser secadas hasta obtener una humedad inferior al 11 %, ya que una humedad inferior al 5 % puede dañar las semillas de algunas especies, sobre todo las legumbres.

Entonces los contenidos de humedad en semillas de moringa calentadas en microondas son menores del 5 %, excepto la semilla sin calentar. Esto significa que la semilla de moringa sometida a calentamiento en microondas ha podido dañarse, ya que es una semilla ortodoxa y legumbre. Por otro lado, mientras más potencia en microondas reduce la humedad de 5.88 % a 1.37 % siendo este inferior al 5 %.

En la tabla 6 y 7 del anexo I, se presenta el análisis de varianza y la comparación de Tukey, en donde se observa que existe una diferencia significativa entre los factores de estudio al realizar la prueba de Tukey P – valor es menor a 0.05, evidenció un efecto estadístico significativo, es decir a medida que aumenta la potencia en microondas influye en el contenido de humedad.

4.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN SEMILLAS DE MORINGA

En la Figura 5 se presentan los resultados de coeficiente de inhibición al 50 % (Ci50 trolox mg/100 g) de semillas moringa y sometidos a calentamiento en microonda, en donde se observa, que a medida que la potencia de calentamiento aumenta, el Ci50 trolox mg/100 g también aumenta. Para semillas de moringa se encontró un coeficiente de inhibición al 50 % de 0.202 trolox mg/100 g y calentada por microonda a 550 W se

encontró 9.98 trolox mg/100 g, sin embargo, para 700 W disminuyó hasta 5.37 trolox mg/100 g.

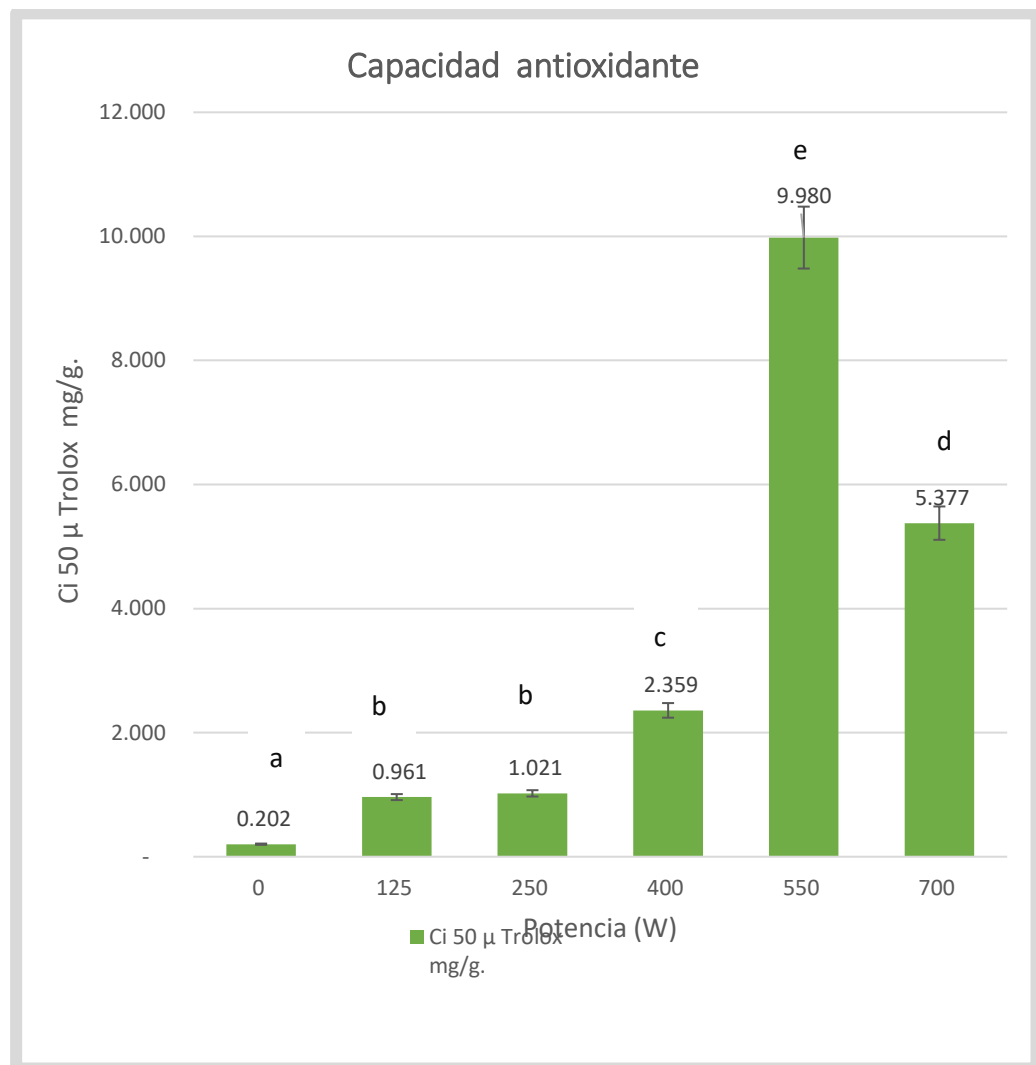


Figura 5. Capacidad antioxidante en semilla de moringa.

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; Capacidad de antioxidante = Ci 50 μ mol de trolox equivalente mg/g ANVA ($P > 0.05$) **; Prueba de tukey ($P > 0.05$) *

Según Ali *et al.* (2017) manifiesta que el calentamiento es la causa principal de la pérdida de los antioxidantes tales como el ácido ascórbico, también el calentamiento puede inducir a la formación de compuestos tales como melanoidinas, por la reacción de Maillard, y este compuesto tiene efectos antioxidantes, estos compuestos se generan con el uso de altas potencias por un corto tiempo. Por otra parte, Chua *et al.* (2013) reporta que el valor de Ci 50 para cada extracto que es la concentración necesaria

causante del 50 % de la inhibición de la absorbancia, entonces un valor bajo del Ci 50 significa una mayor capacidad antioxidante. Además, Rodríguez *et al.* (2015) señala que las enzimas oxidativas hidrolíticas pueden destruir antioxidantes también pueden liberarse con el deterioro de la pared celular.

Entonces, que a medida se incrementa la potencia de microondas el coeficiente de inhibición aumenta y la capacidad antioxidante disminuye.

El análisis de varianza y la comparación de Tukey (anexo I, tabla 9 y 10) se puede afirmar que existe diferencia altamente significativa de cada uno de los factores. Puesto que, en las potencias de calentamiento en microondas, al realizar la prueba Tukey el valor de P es menor que 0.05 este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el coeficiente de inhibición (Ci50 trolox mg/100 g) con un 95 % de nivel de confianza, es decir a mayor potencia el coeficiente de inhibición (Ci50 trolox mg/100 g) aumenta y luego disminuye significativamente.

4.3. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES EN SEMILLAS DE MORINGA

En la Figura 6 se presenta los resultados obtenidos de los compuestos fenólicos en semillas de moringa y semillas de moringa sometidos a calentadas en microondas, en donde se observa, que a medida se incrementa la potencia de microondas el contenido de compuestos fenólicos disminuye y luego aumenta, con el menor valor se encontró en una potencia de 250 W con 7.77 y con el valor alto se encontró a una potencia de 700W donde proporciono un aumento significativo de 15.850 a 82.067 mg EAG/100 gr.

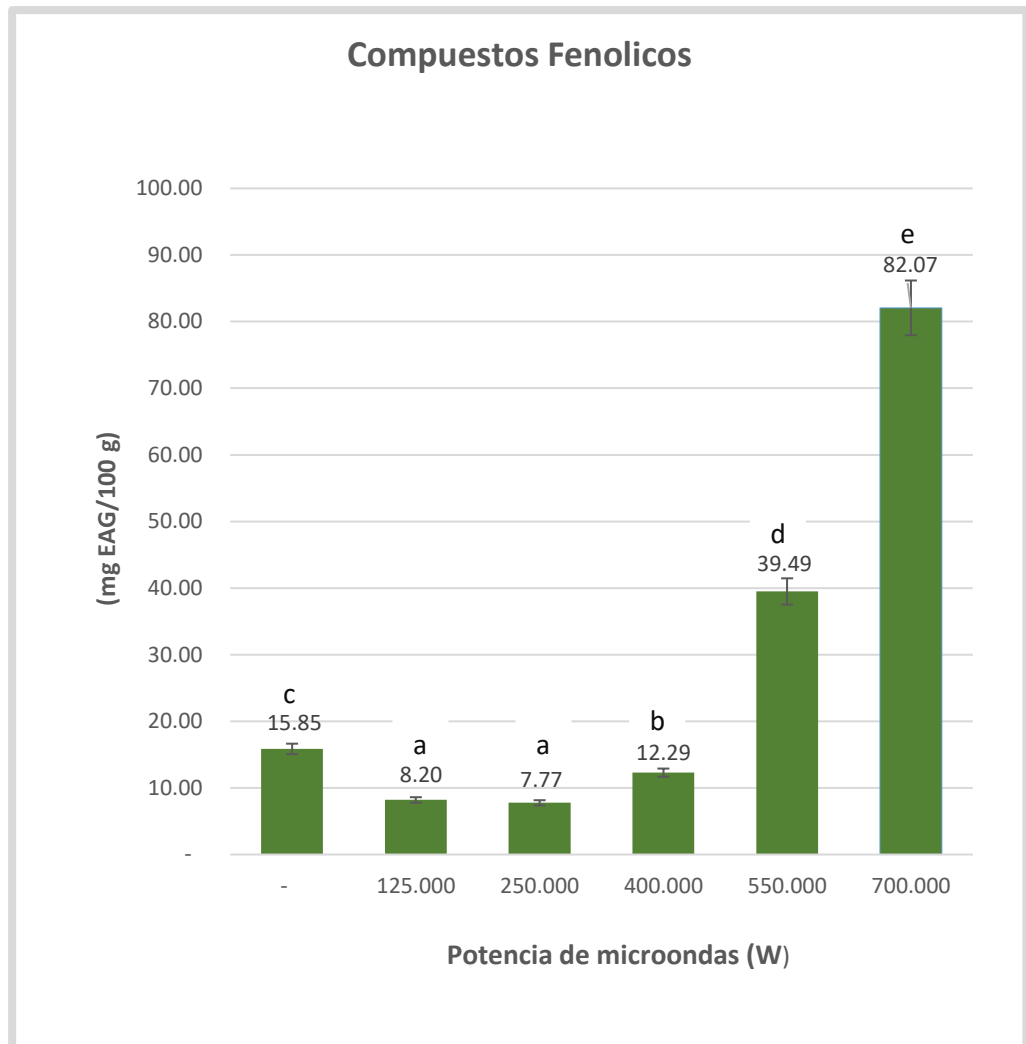


Figura 6. Compuestos Fenólicos en semillas de moringa.

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; compuestos fenólicos = mg EAG/100 g ANVA ($P > 0.05$) **, Prueba de tukey ($P > 0.05$) *

Los resultados de la Figura 6 coinciden con el estudio realizado por Özcan *et al.* (2018) sobre el calentamiento en microondas para compuestos fenólicos de 86.75 mg GAE/g, con el proceso de calentamiento de 180 W disminuye a 33.38 mg GAE/g y luego aumenta en el proceso de calentamiento de 720 W a 107.00 mg GAE/g en contenido fenólico total en nuez. Dewanto *et al.* (2002) manifiesta, que los antioxidantes no son dañados usualmente durante el secado, el contenido de compuestos fenólicos de tomate han sido reportados que son estables durante el procesamiento de bajas y altas temperaturas y el proceso térmico ha sido reportado que puede aumentar los compuestos



fenólicos debido al rompimiento de las células constituyentes, es decir que el proceso de calentamiento en microondas a medida que aumenta la potencia hay incremento de contenido de compuestos fenólicos debido al rompimiento de las células. Trox *et al.* (2010) menciona que el aumento de compuestos fenólicos debido al tratamiento térmico podría deberse a la liberación de ácidos fenólicos unidos a las células, seguido de alguna polimerización y oxidación de estos constituyentes fenólicos.

El análisis de varianza y la comparación de Tukey presenta en el anexo I, tabla 12 y 13, muestra la significancia entre los tratamientos. Puesto que al realiza la prueba de Tukey el valor P es menor que 0.05 este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre los compuestos fenólicos con un 95 % de nivel confianza, es decir que el aumento de potencia en microondas reduce los compuestos fenólicos y luego aumenta significativamente en calentamiento por microondas a 700W con 82.067 mg EAG/100 g.

4.4. FLAVONOIDES TOTALES EN SEMILLAS DE MORINGA

En la Figura 7 se presentan los contenidos de flavonoides de semillas de moringa y semillas de moringa sometidos a calentamiento en microondas, en donde se observa, que a medida que se incrementa la potencia de microondas, el contenido de flavonoides disminuye y luego aumenta, con el menor valor se encontró en la potencia de calentamiento por microondas a 250 y 400 W con 6.73 mg EQ/100 g y con el valor elevado se encontró en el calentamiento por microondas en 700 W donde proporciono un aumento significativo de 10.75 a 47.38 mg EQ/100 g.

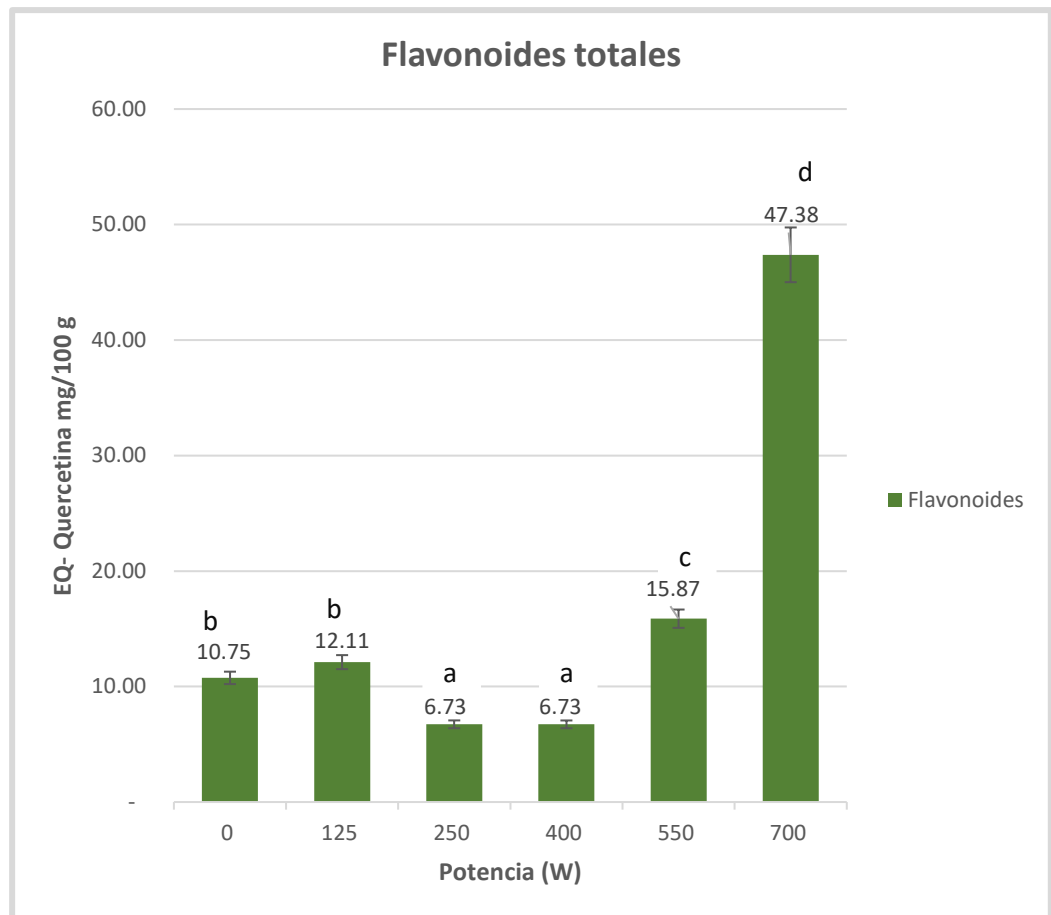


Figura 7. Flavonoides totales en semillas de moringa.

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; flavonoides totales= EQ – Quercetina mg/100 g
ANVA ($P > 0.05$) **, Prueba de Tukey ($P > 0.05$) *

Ramírez-Anaya *et al.* (2015) menciona que la temperatura de proceso ocasiona una ruptura del enlace glucosídico en moléculas combinadas fenol-azúcar, que dan lugar a agliconas que favorecen al aumento en la concentración de flavonoides en vegetales como papas, calabazas, zanahorias y espinacas que se han sometido a freído, horneado o cocinado en microondas. Garrido *et al.* (2013) menciona que el aumento de flavonoides en muestras de tomates asados se puede atribuir a la liberación de estos compuestos de la matriz celular por efecto del procesamiento térmico.

El análisis de varianza y la comparación de Tukey anexo I, tabla 15 y 16 nos indican que existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos, al realizar la prueba Tukey el valor de P es menor que 0.05 este factor indicándonos que tiene un efecto estadísticamente significativo en flavonoides totales con un 95 % de nivel de

confianza, entonces, a medida que aumenta la potencia de microondas reduce el contenido de flavonoides luego aumenta significativamente al calentamiento de 700 W con 47.38 mg EQ/100 g con mayor contenido de flavonoides.

4.5. CONTENIDO DE ACEITE EN SEMILLAS DE MORINGA

En la Figura 8 se muestra el contenido de aceite de moringa crudo y sometidos a calentamiento en microondas, en donde se observa, que a medida que se incrementa la potencia de microondas el contenido de aceite disminuye y luego aumenta, con el menor valor se encontró a 250 W con 28.38 % y con el valor elevado se encontró a 700 W con 37.94 %.

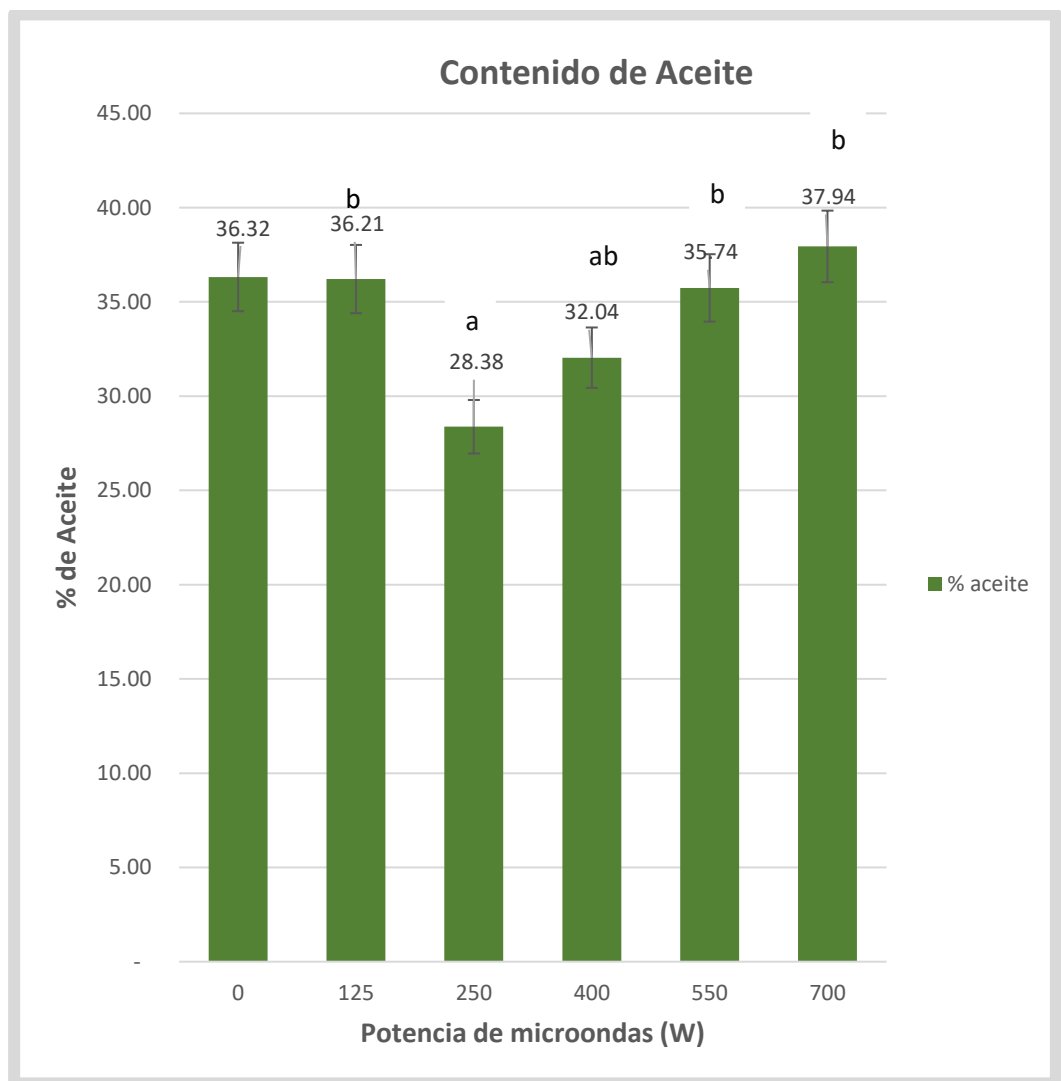


Figura 8. Contenido de aceite en semillas de moringa.



Prom = promedio; DS = Desviación estándar; % aceite ANVA ($P > 0.05$) **; Prueba de tukey ($P > 0.05$) *

Los resultados de la Figura 8 son similares a los valores reportados por Gómez Mitjans *et al.* (2016) quienes encontraron un 30 a 45 % de aceite. Por otra parte Paniagua & Chora, (2016) menciona que el contenido de aceite de las semillas de moringa varía según método de extracción, el mejor método es por solvente y prensado. Así mismo Sánchez, (2019) encontró un aumento menor en los aceites prensados de semillas de colza tostadas y semillas de calabaza, mientras que el tostado de piñones y semillas de girasol resultó en una reducción significativa, esto es debido al tiempo de exposición de la semilla a la radiación, debido a sus diferentes estabilidades. Ferrer *et al.* (2020) indica que los porcentajes de extracción de aceite de Moringa oleífera varía de 28,85 a 45,12 % cuando se emplea bencina de petróleo.

El análisis de varianza y la comparación de Tukey (anexo I, tabla 18 y 19) indican que existe una diferencia significativa entre tratamientos al realizar la prueba Tukey ($p < 0.05$) este factor tiene un efecto estadísticamente significativo con un 95 % de nivel de confianza, es decir cuando los niveles de la potencia en microondas aumentan el contenido de aceite reduce luego aumenta significativa al calentamiento por microondas en 700 W con 37.94 %.

4.6. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN ACEITE DE MORINGA

En la Figura 9 se presenta los resultados de perfil de ácidos grasos comparados en aceite de moringa crudo y calentado en microondas a 400 W, en donde se observa el perfil de ácidos grasos de aceite de moringa, el mayor porcentaje presenta el ácido graso oleico en aceite de moringa crudo con 52.11 % y palmítico con 5.98 %, esteárico con 4.68 %, doconosaico con 4.41 %, araquidico con 3 % de igual manera el aceite sometido a calentamiento por microondas a 400 W presenta con mayor ácido graso, oleico con 51.12 % y palmítico con 5.52 %, esteárico con 4.33 %, doconosaico 4.93 %, araquidico 2.87 % entre otros ácidos grasos, no se vio significativamente afectado en los principales ácidos grasos encontrados

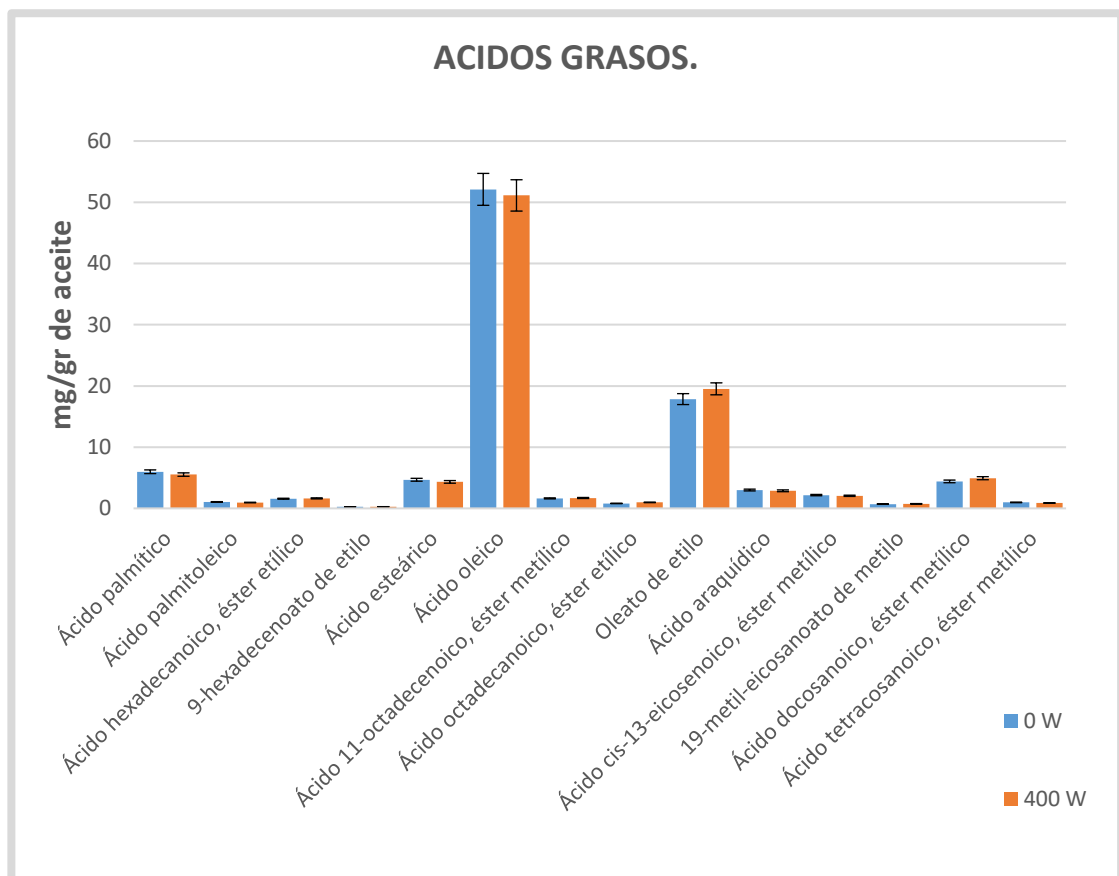


Figura 9. Perfil de ácidos grasos en aceite de moringa.
Prom = promedio; DS = Desviación estándar; ácidos grasos = % de Aceite ANVA ($P < 0.05$) **;
Prueba de tukey ($P < 0.05$) *

Ogungbenle, (2015) menciona que los principales ácidos grasos en nuez



calentado en un horno a una temperatura regulada de 150 -200°C fueron los ácidos oleicos de 58.7 % y palmítico de 12.1 %, el proceso de calentamiento provocó un cambio notable en la composición de ácidos grasos en aceite de nuez. Hojjati *et al.* (2015) reporta que las cantidades de ácidos grasos insaturados de *Pistacia Vera*, calentados en horno de microondas fueron altas 82 % en comparación con nueces calentados. Trox *et al.* (2010) indica que los contenidos de ácidos grasos crudo y calentados en el proceso de calentamiento con diferentes métodos, en baño de aceite, por vapor directo, secado y calentamiento en bandeja abierta, causó un aumento y una disminución en las composiciones de ácidos grasos.

En el anexo I, tabla 20 presenta el análisis de varianza, indicándonos que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos en aceite de moringa cruda y calentada por microondas, puesto que los valores de P son mayores que 0.05 en este factor no se observa una significancia estadística en los diferentes ácidos grasos. Por lo tanto, el valor más alto presenta el ácido oleico, para la muestra cruda con 52.11% y sometido a calentamiento en microondas a 400 W con 51.12 %.



V. CONCLUSIONES

La potencia de microondas afectó significativamente sobre los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y flavonoides totales, que a medida se incrementa la potencia de calentamiento en microondas de 0 W hasta 250 W los compuestos fenólicos y flavonoides totales disminuyen, mientras que desde 400 W hasta 700 W aumentan significativamente. Por otra parte, que a medida se incrementa la potencia de calentamiento en microondas de 0 W hasta 550 W la capacidad antioxidante disminuye y luego aumenta en 700 W.

El perfil de ácidos grasos no se vio afectado en aceite de moringa crudo y sometido a calentamiento en microondas a 400 W, en donde se identificó un valor elevado de ácido oleico monoinsaturado con 52.11% en aceite de moringa crudo y con 51.12 % en aceite moringa calentado por microondas a 400 W.



VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios e identificar los compuestos fenólicos y flavonoides específicos de la moringa.

Realizar estudio de efectos de calentamiento con diferentes tratamientos térmicos en compuestos fenólicos utilizando hojas y semillas.

Comparar el perfil de ácidos grasos de las semillas y hojas de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) y su importancia en la dieta humana.



VII. REFERENCIAS

- Alfarado, N., Walfer, I., Martínez, N., América, C., & Panamá, Y. (2008). Uso Potencial de la Moringa (*Moringa oleifera*, Lam). *Articulo Cientifico*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Concyt-secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-Senacyt-fondo Nacional de Ciencia y Tecnología-Fonacyt-Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá-Incap, 32(1), 3–25p.
- Ali, M., Nargis, A., Othman, H., Noor, F., Sadik, G., & Hossen, J. (2017). Oxidation stability and compositional characteristics of oils from microwave roasted pumpkin seeds during thermal oxidation. *Magazine International Journal of Food Properties*, 20(11), 2569–2580. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1244544>
- Alvarez, A. (2017). Valor Nutricional de la Moringa oleífera. Mito o Realidad Sistematización de experiencias prácticas de investigación e intervención. *Articulo Cientifico*, 26(2). https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071807642019000300083&script=sci_arttext&tlng=n
- Arias, C. (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de la Moringa oleifera lam. en la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. *Revista de la Universidad Politécnica De Madrid*, 2(3), 119–145. http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS_SABIN.pdf
- Avellaneda, V. (2010). Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal. *Magazine In Universitat Rovira Virgili*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/8588>
- Azcona, Á. (2017). Manual de Nutrición y Dietética. *Articulo Cientifico*, 4(1), 1–8.
- Brand, M., Williams, M., Cuvelier, E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Magazine Food Science and Technology*, 28(1),



- 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Bunaciu, A., Danet, F., Fleschin, Ș., & Aboul, H., Enein, Y. (2016). Recent Applications for in Vitro Antioxidant Activity Assay. *Magazine in Analytical Chemistry*, 46(5), 389–399. <https://doi.org/10.1080/10408347.2015.1101369>
- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, R. (2018). Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends in Food Science and Technology*, 71, 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.008>
- Ccasa, J., & Castillo, R. (2017). Aislado proteico y efecto antioxidante del extracto de la moringa (*Moringa oleífera* Lam) para la elaboración de una bebida funcional. *Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Del Altiplano. Puno, Perú*, 109 p.
- Chua, S., Rahaman, L., Adnan, A., & Eddie T. (2013). Antioxidant activity of three honey samples in relation with their biochemical components. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. <https://doi.org/10.1155/2013/313798>
- Das, I., Shah, G., & Kumar, G. (2014). Cashew nut quality as influenced by microwave heating used for stored grain insect control. *Magazine International Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1155/2014/516702>
- David, F., Sandra, P., & Wylie, P. (2002). Improving the analysis of fatty acid methyl esters using retention time locked methods and retention time databases. *Agilent Technologies-Application, January*.
<http://www.chem.agilent.com/Library/applications/5988-5871EN.pdf>
- De la Riva, D. (2010). “Comparación del contenido de filatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cruda y procesada variedad Salcedo INIA. *Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Del Altiplano. Puno, Perú*, 109 p.



- Dewanto, V., Xianzhong, W., Adom, K., & Liu, H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010–3014.
<https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Donelan, P. (2009). Cultivo de Semillas. *Scientific article obtenido de Ecology Action, Willits, CA-USA.*; 1–11. <https://www.coursehero.com/file/50832980/Cultivo-de-Semillas-Tercera-Edicion-low-resolutionpdf/>
- Ferrer, P. (2014). Importancia de los acidos grasos poliinsaturados en la alimentacion del lactante. *Articulo Cientifico*, 98(4), 231–238.
https://www.sap.org.ar/docs/archivos/2000/arch00_4/00_231_238.pdf
- Ferrer S., Zumalacárregui C., & Mazorra, M., (2020). Caracterización Físicoquímica Del Aceite De Semillas De Moringa Oleífera. *Articulo científico de centro Azúcar*, 47(4), 1–11.
- Foidl, N., Makkar, H., & Becker, K. (2001). the Potential of Moringa Oleifera. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. Dar Es Salaam*, 20.
https://miracletrees.org/moringa-doc/the_potential_of_moringa_oleifera_for_agricultural_and_industrial_uses.pdf%0Ahttp://miracletrees.org/potential-of-morionga-oleifera.html
- Folkard, G. & Sutherland, J. (1998). Moringa Oleífera un árbol con enormes potencialidades. *Articulo Científico*, 8, 1–5.
- García, R. (2005). Absorción in vivo de Oligómeros de Epicatequina. *Articulo Científico*, 10, 251. <http://www.tdx.cat/TDX-0324106-120611>
- Garrido, G., Ortiz, M., & Pozo, P. (2013). Fenoles y flavonoides totales y actividad antioxidante de extractos de hojas de Lampaya medicinales F. PHIL. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 1(1), 30–38.



- http://jppres.com/jppres/pdf/vol1/1_1_30.pdf
- Gómez, M., Pita, B., & Zumalacárregui, B. (2016). Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 106.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324>
- González, M. (2018). Un estudio transversal de Moringa oleífera Lam. (Moringaceae). *Artículo Científico*, 34(1), 5–25.
- Grasso, V. (2013). Estudios para la extracción de aceites vegetales con pretratamiento enzimático en un extractor columna. *Revista de grasas y aceites*, 194.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26889/Documento_completo_.pdf?sequence=1
- Hojjati, M., Noguera, A., Wojdyo, A., & Carbonell, B. (2015). Effects of microwave roasting on physicochemical properties of pistachios (*Pistaciavera L.*). *Food Science and Biotechnology*, 24(6), 1995–2001. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0263-0>
- Julián, S. (2019). “Obtención de Aceite de Canola Aplicando Tecnologías Emergentes”. *Artículo Científico*. 1–282.
- la Cruz, B., Mariela, G., & Ortega, B. (2019). Uses and potentialities of Moringa oleifera Lam: Promoter of social welfare. *Artículo Científico*, 12(9), 23–27.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1375>
- Liñán, F. (2010). Moringa oleifera el árbol de la nutrición. *Revista Ciencia y Salud*, 2(1), 130–138. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6635304>
- López, G. (2016). Moringa oleífera Lam: Biología, botánica, propiedades nutricionales y medicinales. *Revista Biología Vegetal y Ecología*, 1–46.
<https://idus.us.es/xmlui/handle//11441/80558%0Ahttp://www.ecoagricultor.com/2012/08/propiedades-nutricionales-y-medicinales-de-la-pina/>



- Magaña, B. (2012). Aprovechamiento postcosecha de la moringa (*Moringa oleífera*).
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13(2), 171–174.
- Mark, E., Olson J., Fahey. W. (2011). Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana*. 82(4), 3–5.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., & Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica Potential applications of Moringa oleifera. A critical review. *Revista de Pastos y Forrajes*, 36(2), 137–149.
- Meda, A., Lamien, E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571–577.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>
- Medina, G., Danny, E., Clavero, T. (2007). Estudio comparativo de Moringa oleífera y Article references *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de How to cite this article crecimiento. *Revista de La Sociedad fisiológica*. 25, 1–10.
- Moharram, H., Youssef, M. (2014). Methods for Determining the Antioxidant Activity: A Review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31–42.
<https://doi.org/10.12816/0025348>
- Muñoz, J., Ortiz, U., Blanco, T., Castañeda, B., Alvarado, Y., & Ruiz Q. (2014). Determinación De Compuestos Fenólicos, Flavonoides Totales y Capacidad Antioxidante En Mielles Peruanas De Diferentes Fuentes Florales. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 80(4), 287–297.
<https://doi.org/10.37761/rsqp.v80i4.182>
- Ogungbenle, H. (2015). Physical and Chemical Characterization of Roasted Cashew Nut (*Anacardium occidentale*) Flour and Oil. *International Journal of Food Science and*



- Nutrition Engineering*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.5923/j.food.20150501.01>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2008).
Grasas y ácidos grasos en nutrición humana Consulta de expertos. *In Estudio FAO
alimentación y nutrición*. <https://doi.org/978-92-5-3067336>
- Özcan, M., Juhaimi, F., & Uslu, N. (2018). The effect of heat treatment on phenolic
compounds and fatty acid composition of Brazilian nut and hazelnut. *Journal of
Food Science and Technology*, 55(1), 376–380. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2947-3>
- Paladino, S. (2008). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las
semillas de la vid (*Vitis vinifera* L.). *Facultad de Ciencias Agrarias, Sede Mendoza*,
100. http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2627/tesispaladino.pdf
- Paniagua, A., Chora, J. (2016). Elaboración de Aceite de semillas de Moringa Oleífera
para diferentes usos. *Revista Ciencias de La Salud*, 3(9), 36–46.
www.ecorfan.org/bolivia
- Pérez, J. (2006). Efecto de los disolventes y determinados componentes alimentarios en
diferentes ensayos de capacidad antioxidante. *Artículo científico*. 20–21.
- Pugliese, G., Tomas, F., Truchado, P., Genovese, M. (2013). Flavonoids,
proanthocyanidins, vitamin C, and antioxidant activity of theobroma grandiflorum
(Cupuassu) pulp and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11),
2720–2728. <https://doi.org/10.1021/jf304349u>
- Ramírez, A., Samaniego, S., Castañeda, M., Villalón, M., De La Serrana, L. (2015).
Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with
extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. *Food Chemistry*,
188, 430–438. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.124>
- Rao, N., Hanson, J., Dullo, E., Ghosh, K., Nowell, D., & Larinde, M. (2007). Manual



- para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma. *In Bioversity International* (8).
- Rodríguez, B., Kelebek, H., Sonmezdag, S., Rodríguez, A., Fontecha, J., & Selli, S. (2015). Characterization of the Aroma-Active, Phenolic, and Lipid Profiles of the Pistachio (*Pistacia vera* L.) Nut as Affected by the Single and Double Roasting Process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(35), 7830–7839.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02576>
- Rodríguez, D. (2018). Antioxidante in vitro y caracterización química de las semillas de *Annona diversifolia* safford. *Revista Colombiana*. 18–21.
http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13439.pdf
- Ropero, L. (2016). Grasas saturadas. *Universidad Miguel Hernández*, 1–5.
https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/grasas.pdf
- Salvador, H., Guzmán, M., Gricelda, V., (2019). Contenido de ácidos grasos, compuestos fenólicos y calidad industrial de maíces nativos. *Revista fitotecnica mexicana*. 1–7.
- Sánchez, M., López, C., Núñez, G., López, G., Hernández, J., Paseiro, L. (2015). Effect of the refining process on Moringa oleífera seed oil quality. *Food Chemistry*, 187, 53–57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.031>
- Sánchez, P., Martínez, A., Sinagawa, G., Vázquez, R. (2013). Moringa oleífera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *Revista Científica de La Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), 25–30.
- Tabio, G., Espinosa, A., Rondón, M., Fernández, E. (2018). Extracción etanólica de aceite de semillas de Moringa oleífera Ethanolic extraction of oil from Moringa oleifera seeds. *Revista Ciencia y Salud*, 26, 32–38.
<https://www.redalyc.org/journal/674/67455945005/html/>



Trox, J., Vadivel, V., Vetter, W., Stuetz, W., Scherbaum, V., Gola, U., Nohr, D., &

Biesalski, H. (2010). Bioactive compounds in cashew nut (*anacardium occidentale* l.) kernels: Effect of different shelling methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5341–5346. <https://doi.org/10.1021/jf904580k>

Valenzuela, B. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de fenoles totales y flavonoides de hojas de diferentes genotipos de *Ugni molinae* Turcz. *Tesis de Titulación de La Universidad de Chile*, 83.

ANEXOS

ANEXO I

Resultado de caracterización de semillas de moringa (*Moringa oleífera* Lam)

Contenido de humedad

Tabla 5. Resultados de contenido de humedad de semillas de moringa.

Potencia watts (W)	% humedad Prom. \pm DS
0	5.88 \pm 0.57 ^c
125	4.91 \pm 0.10 ^{bc}
250	4.45 \pm 0.13 ^{bc}
400	3.16 \pm 0.92 ^{ab}
550	1.58 \pm 0.61 ^a
700	1.37 \pm 0.86 ^a

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; contenido de humedad (%) ANVA (P>0.05) **; Prueba de tukey (P>0.05) *

Análisis de Varianza para contenido humedad en semillas de moringa

Variable independiente: contenido de humedad (%)

Factor: Muestra (semillas de moringa)

Tabla 6. Análisis de varianza de contenido de humedad.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- calculada	F - tabulado	Signif.
trat.	33.792	5	6.7584	17.54	4.387	**
Error exp.	2.310	6	0.3851			
Total	36.102	11				

CV=0.51

Tabla 7. Prueba de comparación de medias para contenido de humedad

Prueba de Tukey: $\alpha = 0.05$

Potencia (W)	Casos	Media	Grupos homogéneos
700.00	2	1.375	a
550.00	2	1.575	a
400.00	2	3.155	ab
250.00	2	4.450	bc
125.00	2	4.910	bc
0	2	5.885	c

Capacidad Antioxidante

Tabla 8. Resultados de capacidad antioxidante de semillas de moringa.

Potencia Watts (W)	Resultados expresados en Ci 50 μ mol de trolox equivalente mg/g Prom. +_ DS.
0	0.202 \pm 0.002 ^a
125	0.961 \pm 0.005 ^b
250	1.021 \pm 0.021 ^b
400	2.359 \pm 0.019 ^c
550	9.98 \pm 0.071 ^e
700	5.377 \pm 0.018 ^d

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; Capacidad de antioxidante = Ci 50 μ mol de trolox equivalente mg/g ANVA ($P > 0.05$) **; Prueba de tukey ($P > 0.05$) *

Análisis de varianza para capacidad antioxidante en semillas de moringa

Variable independiente: capacidad antioxidante (Ci 50 Trolox mg/100g)

Factor: Muestra (semillas de moringa)

Tabla 9. Análisis de varianza de capacidad antioxidante.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F- calculado	F-tabulado	Sig
trat.	210.2685303	5	42.05370606	40990.23713	3.105875239	**
error exp.	0.012311333	12	0.001025944			
Total	210.2808416	17				

CV=1.06

Tabla 10. Prueba de comparación de medias para capacidad antioxidante

Prueba de Tukey: $\alpha = 0.05$

Potencia (W)	Casos	Media	Grupos homogéneos
0	3	0,202	a
125.00	3	0,961	b
250.00	3	1,021	b
400.00	3	2,359	c
700.00	3	5,377	d
550.00	3	9,980	e

Compuestos fenólicos totales

Tabla 11. Resultados de compuestos fenólicos totales de semillas de moringa.

Potencia Watts (W)	Resultados expresados en mg/100 g de ácido gálico Prom. \pm DS.
0	15.850 \pm 0.229 ^c
125	8.200 \pm 0.312 ^a
250	7.770 \pm 0.397 ^a
400	12.293 \pm 0.427 ^b
550	39.490 \pm 0.964 ^d
700	82.067 \pm 1.142 ^e

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; compuestos fenólicos = mg EAG/100 g ANVA ($P > 0.05$) **; Prueba de tukey ($P > 0.05$) *

Análisis de varianza para compuestos fenólicos en semillas de moringa

Variable independiente: compuestos fenólicos (mg EAG/100 g)

Factor: Muestra (semillas de moringa)

Tabla 12. Análisis de varianza de compuestos fenólicos.

fuerza	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F-calculado	F-tabulado	Signif.
trat.	12749.80352	5	2549.960703	5618.578644	3.105875239	**
error exp.	5.446133333	12	0.453844444			
Total	12755.24965	17				

CV=0.99

Tabla 13. Prueba de comparación de medias para compuestos fenólicos

Prueba de Tukey: $\alpha = 0.05$

Potencia (W)	Casos	Media	Grupos homogéneos
250.00	3	7.770	a
125.00	3	8.200	a
400.00	3	12.293	b
0	3	15.850	c
550.00	3	39.490	d
700.00	3	82,066	e

Flavonoides totales

Tabla 14. Resultados de flavonoides totales en semillas de moringa

Potencia Watts (W)	Resultados expresados en EQ-Quercetina mg/100
	Prom. +_ DS.
0	10.750 ± 0.380 ^b
125	12.113 ± 0.585 ^b
250	6.730 ± 0.962 ^a
400	6.727 ± 0.219 ^a
550	15.873 ± 0.385 ^c
700	47.380 ± 0.586 ^d

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; flavonoides totales= EQ – Quercetina mg/100g ANVA (P>0.05) **; Prueba de tukey (P>0.05) *

Análisis de varianza para flavonoides totales en semillas de moringa

Variable independiente: flavonoides totales (EQ-Quercetina mg/100g)

Factor: Muestra (semillas de moringa)

Tabla 15. Análisis de varianza de flavonoides totales.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F-calculado	F-tabulado	Signif.
trat.	3591.565844	5	718.3131689	2209.28799	3.105875239	**
error exp.	3.9016	12	0.325133333			
Total	3595.467444	17				

CV=0.88

Tabla 16. Prueba de comparación de medias para flavonoides totales

Prueba de Tukey: $\alpha = 0.05$

Potencia (W)	Casos	Media	Grupos homogéneos
400.00	3	6.726	a
250.00	3	6.730	a
0.00	3	10.750	b
125.00	3	12.113	b
550.00	3	15.873	c
700.00	3	47.379	d

Contenido de aceite

Tabla 17. Resultados de contenido de aceite en semillas de moringa.

Potencia Watts (W)	% aceite Prom. \pm DS.
0	36.32 \pm 0.63 ^b
125	36.21 \pm 1.59 ^b
250	28.38 \pm 2.55 ^a
400	32.04 \pm 1.36 ^{ab}
550	35.74 \pm 1.76 ^b
700	37.94 \pm 1.62 ^b

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; % aceite ANVA ($P > 0.05$) **; Prueba de tukey ($P > 0.05$) *

Análisis de varianza para contenido aceite en semillas de moringa

Variable independiente: contenido de aceite (%)

Factor: Muestra (semillas de moringa)

Tabla 18. Análisis de varianza de contenido de aceite.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F- Calculado	F-Tabulado	Signif.
Trat.	126.3041131	5	25.26082262	8.92291923	4.387374187	**
Error exp.	16.98602574	6	2.83100429			
Total	143.2901388	11				

CV=0.10

Tabla 19

Prueba de Tukey: $\alpha = 0.05$

Tabla 19. Prueba de comparación de medias para contenido de aceite

Potencia (W)	Casos	Media	Grupos homogéneos
250.00	2	28.378	a
400.00	2	32.040	ab
550.00	2	35.742	b
125.00	2	36.210	b
0	2	36.322	b
700.00	2	37.943	b



Perfil de ácidos grasos

Tabla 20. Resultados de perfil de ácidos grasos en aceite de moringa crudo y calentado.

ÁCIDOS GRASOS	Resultados expresados en % de Aceite Prom. \pm DS	
	TESTIGO	400 W
Ácido palmítico	5.98 \pm 0.31	5.52 \pm 0.03 ^a
Ácido palmitoleico	1.05 \pm 0.05	0.96 \pm 0.01 ^a
Ácido hexadecanoico,	1.58 \pm 0.14	1.63 \pm 0.04 ^a
9-hexadecenoato de etilo	0.26 \pm 0.03	0.27 \pm 0.01 ^a
Ácido esteárico	4.68 \pm 0.20	4.33 \pm 0.02 ^a
Ácido oleico	52.11 \pm 1.30	51.12 \pm 0.52 ^a
Ácido 11-octadecenoico	1.63 \pm 0.21	1.7 \pm 0.09 ^a
Ácido octadecanoico	0.81 \pm 0.11	0.98 \pm 0.03 ^a
Oleato de etilo	17.85 \pm 1.27	19.53 \pm 0.36 ^a
Ácido araquídico	3 \pm 0.11	2.87 \pm 0.02 ^a
Ácido cis-13-eicosenoico	2.17 \pm 0.07	2.06 \pm 0.01 ^a
19-metil-eicosanoato de metilo	0.69 \pm 0.08	0.75 \pm 0.02 ^a
Ácido docosanoico	4.41 \pm 0.15	4.93 \pm 0.03 ^a
Ácido tetracosanoico	0.98 \pm 0.04	0.88 \pm 0.02 ^a

Prom = promedio; DS = Desviación estándar; ácidos grasos = % de Aceite ANVA (P<0.05)

** ; Prueba de tukey (P<0.05) *

ANEXO II

Panel Fotográfico



Foto 1. Semillas de moringa



Foto 2. Semillas descascaradas



Foto 3. Adjuntando datos



Foto 4. Muestra en microondas



Foto 5. Regulando la potencia



Foto 6. Mortero utilizado



Foto 7. Moliendo la muestra



Foto 8. Pesando la muestra



foto 9. Muestras sometidas a microondas



Foto 10. Muestra en horno



Foto 11. Cálculo de humedad de la muestra



Foto 12. Muestra en analizar



Foto 13. Soxlet, extractor de aceite



Foto 14. Centrifuga, (solido – liquido)



Foto 15. Aceite de semillas de moringa



Foto 16. Muestra en analizar

ANEXO III

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA - Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO -PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 23 de Mayo del 2021 ^{C-08}

Solicitantes : Yulisa Uskamayta Gutiérrez
Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante
Método : DPPH, Espectrofotómetro
Tipo de Muestras : Semillas de Moringa
Cantidad de Muestra : 6, aproximadamente 10 gr. de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro
Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón
Longitud de Onda : 517 nm
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.
Ecuacion de la curva patrón : $y = 0.0438x + 0.0093$, $R^2 = 0.9994$
Lecturas por Muestra : 3

Codigo	Semilla de Moringa	Repeticiones			Promedio
		1	2	3	Trolox Cl50 mg/100gr
1	Muestra 1	0.203	0.200	0.202	0.20
2	Muestra 2	0.960	0.957	0.966	0.96
3	Muestra 3	1.043	1.001	1.020	1.02
4	Muestra 4	2.354	2.380	2.342	2.36
5	Muestra 5	10.039	10.000	9.902	9.98
6	Muestra 6	5.357	5.383	5.392	5.38

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante fue realizado por triplicado, expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% (CI₅₀ o IC₅₀) en miligramos equivalentes Trolox que están presente en 100 gramos de muestra. Los valores bajos poseen mayor actividad antioxidante^{2,6}

Referencias

1. Brand-Williams W., M. Cuvelier and C. Berset; (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 28, 25-30.
2. Matuszewska, A., Jaszek, M., Stefanluk, D., Ciszewski, T., & Matuszewski, Ł. (2018). Anticancer, antioxidant, and antibacterial activities of low molecular weight bioactive subfractions isolated from cultures of wood degrading fungus *Cerrena unicolor*. *PLoS ONE*, 13(6), e0197044. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197044>
3. Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013) Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia *Agricultural Sciences* Vol.4, No.58, 46-51.
4. Philip Molyneux 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2) : 211-219.
5. Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem.* 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
6. Zhang, X., Yu, Y., Cen, Y., Yang, D., Qi, Z., Hou, Z., Han, S., Cai, Z., & Liu, K. (2018). Bivariate Correlation Analysis of the Chemometric Profiles of Chinese Wild *Salvia miltiorrhiza* Based on UPLC-Qq-MS and Antioxidant Activities. *Molecules*, 23(3), 538. <https://doi.org/10.3390/molecules23030538>

Quím. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía
y Espectrometría - UNSAAC.
CQP - 914



RESULTADOS

Cusco, 07 de Abril del 2021 C-03

Solicitantes : Yulisa Uscamayta Gutiérrez
 Tipo de Análisis : Determinación de compuestos Fenólicos Totales
 Método : Folin Ciocalteu, Espectrofotómetro
 Tipo de Muestras : Semillas de Moringa
 Cantidad de Muestra : 6, aproximadamente 10 gr. de cada uno
 Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón
 Longitud de Onda : 765 nm
 Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.
 Ecuación de la curva patrón : $y = 0.033x - 1E-04$, $R^2 = 0.9974$
 Lecturas por Muestra : 3

Código	Hojas de Quinua	Repeticiones			Promedio Equivalentes Acido Gálico mg/100g
		1	2	3	
1	Muestra 1	15.60	15.90	16.05	15.9
2	Muestra 2	7.95	8.55	8.10	8.2
3	Muestra 3	8.22	7.62	7.47	7.8
4	Muestra 4	11.80	12.54	12.54	12.3
5	Muestra 5	38.79	39.09	40.59	39.5
6	Muestra 6	80.76	82.87	82.57	82.1

Nota: Los resultados obtenidos fue realizado por triplicado, la cuantificación se basó utilizando un estándar Acido Gálico, expresa los miligramos en equivalentes de Acido Gálico que están presente en 100 g de muestra.

Referencia

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology* (Vol. 299, pp. 152–178). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem.* 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
- Huang, R. T., Lu, Y. F., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2015). Determination of phenolic acids and flavonoids in *Rhinacanthus nasutus* (L.) kurz by high-performance-liquid-chromatography with photodiode-array detection and tandem mass spectrometry. *Journal of Functional Foods*, 12, 498-508. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.002>
- Hu, Y., Pan, Z. J., Liao, W., Li, J., Gruget, P., Kitts, D. D., & Lu, X. (2016). Determination of antioxidant capacity and phenolic content of chocolate by attenuated total reflectance-Fourier transformed-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 202, 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.130>

Quim. Jorge Choquenaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía
 y Espectrometría – UNSAAC.
 COP - 914



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRÁFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO -PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 07 de Abril del 2021 C-07

Solicitantes : Yulisa Uscamayta Gutiérrez
Tipo de Análisis : Determinación de Flavonoides Totales
Metodo : Tricloruro de Aluminio.
Tipo de Muestras : Semilla de Moringa
Cantidad de Muestra : 6, aproximadamente 10 gr. de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro
Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón
Longitud de Onda : 415 nm
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.
Ecuación de la curva patrón : $y = 0.0129x - 0.0053$, $R^2 = 0.9978$

Código	Moringa	Repeticiones			Promedio
		1	2	3	EQ-Quercetina mg/100g
1	Muestra 1	11.13	10.37	10.75	10.7
2	Muestra 2	12.75	11.99	11.60	12.1
3	Muestra 3	7.75	5.84	6.60	6.7
4	Muestra 4	6.60	6.60	6.98	6.7
5	Muestra 5	15.49	16.26	15.87	15.9
6	Muestra 6	47.89	46.74	47.51	47.4

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de Flavonoides totales fue realizado por triplicado, la cuantificación se basó utilizando un estándar de flavonoide Quercetina, expresa los equivalentes de Quercetina en miligramos que están presente en 100gr de muestra.

Referencia

- Chang C. C., Yang M. H., Wen H. M., Chern J. C., (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods, *J. Food & Drug Analysis* 10 (2002) 178–182
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571–577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>

Quim. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía
y Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914



RESULTADOS

Cusco, 14 de Septiembre del 2021

Solicitantes : Yulisa Uscamayta Gutiérrez
 Tipo de Análisis : Determinación de Ácidos Grasos
 Metodo : Cromatografía de Gases MSD.
 Tipo de Muestras : Aceite de semilla de Moringa
 Cantidad de Muestra : 2, Rotulado como Testigo y 400W, aprox. 10 gr. de cada uno
 Almacenamiento : 4 °C.

Muestras Testigo

Pico	Tiempo de retención	Compuesto	Repeticiones			Promedio
			1	2	3	%
1	17.7523	Palmitic acid	6.2962	5.9496	5.6793	5.96
2	18.2712	Palmitoleic acid	1.1057	1.0542	1.0034	1.05
3	18.5413	Hexadecanoic acid, ethyl ester	1.4206	1.6171	1.6944	1.56
4	19.0444	Ethyl 9-hexadecenoate	0.2293	0.2696	0.2924	0.26
5	21.2525	Stearic acid	4.6741	4.6953	4.4661	4.66
6	21.6667	Oleic acid	53.4995	51.8965	50.9334	52.11
7	21.6136	11-Octadecenoic acid, methyl ester	1.7753	1.3905	1.7092	1.63
8	21.9036	Octadecanoic acid, ethyl ester	0.7037	0.7699	0.9255	0.81
9	22.3063	Ethyl Oleate	16.5701	17.8843	19.1023	17.85
10	24.3132	Arachidic acid	3.1056	3.0096	2.8913	3.00
11	24.7421	cis-13-Eicosenoic acid, methyl ester	2.2416	2.1657	2.0967	2.17
12	24.9539	Methyl 19-methyl-eicosanoate	0.601	0.7093	0.765	0.69
13	27.7161	Docosanoic acid, methyl ester	4.5656	4.4119	4.2609	4.41
14	31.9702	Tetracosanoic acid, methyl ester	1.0073	1.0009	0.9366	0.96

Muestra 400W

Pico	Tiempo de retención	Compuesto	Repeticiones			Promedio
			1	2	3	%
1	17.7311	Palmitic acid	5.5396	5.5361	5.4664	5.52
2	18.25	Palmitoleic acid	0.9646	0.9606	0.9485	0.96
3	18.5201	Hexadecanoic acid, ethyl ester	1.5665	1.6454	1.6577	1.63
4	19.0232	Ethyl 9-hexadecenoate	0.2602	0.2779	0.2754	0.27
5	21.226	Stearic acid	4.339	4.3491	4.3046	4.33
6	21.6655	Oleic acid	51.7105	50.9222	50.7375	51.12
7	21.7673	11-Octadecenoic acid, methyl ester	1.5996	1.7169	1.7796	1.70
8	21.8679	Octadecanoic acid, ethyl ester	0.9662	0.9637	1.0166	0.96
9	22.2904	Ethyl Oleate	19.1262	19.6242	19.6264	19.53
10	24.292	Arachidic acid	2.6654	2.6676	2.6513	2.67
11	24.7209	cis-13-Eicosenoic acid, methyl ester	2.0595	2.0629	2.0461	2.06
12	24.936	Methyl 19-methyl-eicosanoate	0.7246	0.7542	0.7661	0.75
13	27.7075	Docosanoic acid, methyl ester	4.9695	4.9172	4.9035	4.93
14	31.949	Tetracosanoic acid, methyl ester	0.6666	0.6916	0.6569	0.66

Nota: Los resultados obtenidos fue por comparación de las señales (espectro de masas) de la muestra con la base de datos del National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11), expresa el contenido relativo en % presentes en el aceite.



[Handwritten signature]

Quim. Jorge Choquenaira Parí
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría - UNSAAC.
 CQP - 914



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad

AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto: 973868855

RESULTADOS

Condiciones de Análisis de Ácidos Grasos

Cromatógrafo:	Agilent 6890N
Software de Control:	Chemstation B.030
Detector de Masas Agilent:	5975B
Energía de Ionización:	70eV
Modo de Ionización:	Impacto Electrónico (IE)
Modo de escaneo de masas:	40 400 uma
Retraso del disolvente:	6.0 minutos
Inyector Automático:	Agilent 7683B
Columna:	DB-23, 60m x I.D 0.250 x 0.15um Film.

Condiciones del cromatógrafo.

Temperatura del Horno

Inicial 140 °C, incremento de 5 °C/minuto hasta 230 °C, 12 min a 230 °C

Tiempo de Análisis: 35.00 min

Puerto de Inyección

Modo:	Split
Relación de Split:	10:1
Temp. Inicial:	250 °C
Tipo de Gas:	Helio
Flujo:	0.7 mL/min
Volumen de Inyección:	1.0uL

Referencia

- Frank David, Pat Sandra, Philip L. Wylie 2002. Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases. Agilent Technologies, Inc. 5988-5871EN.
- GC Analysis of a Grain Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Mix on SP™-2560 <https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/analytical-applications/gc/gc-analysis-of-a-grain-fatty-acid-methyl-ester-fame-mix-797-0004.html>



Quim. Jorge Choquenaira Parí
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CCP - 914