



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

POTENCIALIDAD DE LA HOJA DE MORINGA (*Moringa oleifera*) COMO INGREDIENTE ALIMENTARIO

PROYECTO FIN DE CARRERA UNIVERSITARIA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNA: Carla Trigo Guzmán

TUTORA ACADÉMICA: María Luisa Castelló Gómez

COTUTORA: María Dolores Ortolá Ortolá

Curso académico: 2019-2020

VALENCIA, 1 de julio de 2020

POTENCIALIDAD DE LA HOJA DE MORINGA (*Moringa oleifera*) COMO INGREDIENTE ALIMENTARIO

Resumen

Dado el creciente interés de la sociedad por mejorar el perfil nutricional de los alimentos que consume, la reformulación de productos está teniendo un auge considerable en la industria alimentaria. Por otra parte, recientemente se está evaluando la adaptación de la *Moringa oleifera* en la cuenca mediterránea española por su elevado rendimiento, buena adaptación al cambio climático y por ser un producto con un alto potencial, ya que las diferentes partes de esta planta pueden ser comercializadas por sus atributos nutricionales y medicinales. Por ello, en este Trabajo Final del Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural se ha realizado una recopilación de trabajos científicos donde se ha evaluado la potencialidad de la *Moringa oleifera* para su incorporación en matrices alimentarias y su influencia en el valor nutricional de los productos formulados con la misma. Con este fin, se han consultado diferentes bases de datos para extraer información científica del tema lo más actualizada posible. Por último, se ha planteado un futuro trabajo de investigación para incorporar polvo de hojas secas de Moringa en magdalenas, detallando el plan de trabajo y la metodología para poder llevarlo a cabo.

PALABRAS CLAVE: *Moringa oleifera*, requerimientos agronómicos, perfil nutricional, ingrediente alimentario.

Alumna: Carla Trigo Guzmán

Tutora académica: María Luisa Castelló Gómez

Cotutora: María Dolores Ortolá Ortolá

Valencia, julio de 2020

POTENCIALITAT DE LA FULLA DE MORINGA (*Moringa oleifera*) COM A INGREDIENT ALIMENTARI

Resum

Donat el creixent interès de la societat per millorar el perfil nutricional dels aliments que consumeix, la reformulació de productes està tenint un auge considerable en la indústria alimentària. D'altra banda, recentment s'està avaluant l'adaptació de la *Moringa oleifera* en la conca mediterrània espanyola pel seu elevat rendiment, bona adaptació al canvi climàtic i per ser un producte amb un alt potencial, ja que les diferents parts d'aquesta planta poden ser comercialitzades pels seus atributs nutricionals i medicinals. Per això, en aquest Treball Final del Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural s'ha realitzat una recopilació de treballs científics on s'ha avaluat la potencialitat de la *Moringa oleifera* per a la seua incorporació en matrius alimentàries i la seua influència en el valor nutricional dels productes formulats amb aquesta. Amb aquest fi, s'han consultat diferents bases de dades per a extraure informació científica del tema el més actualitzada possible. Finalment, s'ha plantejat un futur treball de recerca per a incorporar pols de fulles seques de Moringa en magdalenes, detallant el pla de treball i la metodologia per a poder dur-lo a terme.

PARAULES CLAU: *Moringa oleifera*, requeriments agronòmics, perfil nutricional, ingredient alimentari.

Alumna: Carla Trigo Guzmán

Tutora acadèmica: María Luisa Castelló Gómez

Cotutora: María Dolores Ortolá Ortolá

València, juliol de 2020

POTENTIALITY OF THE MORINGA LEAF (*Moringa oleifera*) AS A FOOD INGREDIENT

Abstract

Due to the growing interest of society to improve foods' nutritional profile, products reformulation is booming significantly in the food industry. Furthermore, the adaptation of *Moringa oleifera* in the Spanish Mediterranean basin is being evaluated recently for its high yield, good adaptation to climate change and because it is a product with a high potential, since the different parts of this plant can be marketed for its nutritional and medicinal attributes. Therefore, in this dissertation of the Agrifood Engineering Degree, a compilation of scientific studies has been carried out in order to assess the potentiality of *Moringa oleifera* in food matrices and its influence on the nutritional value of the products formulated with it. To this end, different databases have been consulted to extract scientific the most up-to-date information of this topic. Finally, future research has been proposed to incorporate Moringa dry leaf powder into muffins, detailing the work plan and methodology to carry it out.

KEY WORDS: *Moringa oleifera*, agronomic requirements, nutritional profile, food ingredient.

Student: Carla Trigo Guzmán

Academic tutor: María Luisa Castelló Gómez

Cotutor: María Dolores Ortolá Ortolá

Valencia, July 2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Origen del cultivo y expansión	1
1.2 Descripción botánica, cultivo y condiciones de crecimiento	2
1.3 Usos y aprovechamiento	6
1.3.1 Hojas	6
1.3.2 Vainas	7
1.3.3 Semillas	7
1.3.4 Flores, tallos y brotes	8
1.3.5 Raíz y corteza	8
1.4 Aspectos nutricionales	9
1.5 Propiedades medicinales	14
2. APLICACIONES EN MATRICES ALIMENTARIAS	16
2.1 Snacks	16
2.2 Bebidas	19
2.3 Productos cárnicos y sus análogos con bases vegetales	22
2.4 Pan	26
2.5 Productos de bollería	29
2.6 Productos lácteos	32
3. PROPUESTA DE PLAN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LA MORINGA EN MAGDALENAS	35
3.1 Justificación del trabajo	35
3.2 Planteamiento del plan de trabajo	36
3.2.1 Actividad de agua	37
3.2.2 Humedad	37
3.2.3 Calorimetría diferencial de barrido	37
3.2.4 Propiedades reológicas	38
3.2.5 Contenido en grasa	38
3.2.6 Contenido en proteínas	38
3.2.7 Contenido en fibra bruta	38
3.2.8 Contenido en carbohidratos	38
3.2.9 Capacidad antioxidante	38
3.2.10 Determinación del calcio	39
3.2.11 Altura y peso	39
3.2.12 Propiedades mecánicas	39
3.2.13 Propiedades ópticas	39
3.2.14 Análisis sensorial	40
4. CONCLUSIONES	40
5. REFERENCIAS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional de Moringa fresca y seca en comparación con otros alimentos.....	9
Tabla 2. Contenido de aminoácidos en hoja de Moringa seca, soja y carne de ternera.....	10
Tabla 3. Composición de minerales en hoja de Moringa seca y fresca, en espinacas y en la chía.....	11
Tabla 4. Composición de ácidos grasos en hoja de Moringa seca.....	12
Tabla 5. Composición de macronutrientes y vitaminas del grupo B, A, C y E en hojas secas y frescas de Moringa.....	13
Tabla 6. Principales propiedades medicinales en función de la parte de la Moringa consumida.....	15
Tabla 7. Snacks fortificados con Moringa.....	18
Tabla 8. Bebidas fortificadas con Moringa.....	21
Tabla 9. Productos cárnicos y sus análogos con bases vegetales fortificados con Moringa.....	25
Tabla 10. Panes fortificados con Moringa.....	28
Tabla 11. Productos de bollería fortificados con Moringa.....	31
Tabla 12. Productos lácteos fortificados con Moringa.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de las áreas donde crece la <i>Moringa oleifera</i> de forma natural (a) y países con problemas de desnutrición entre un 5 y un 35% de la población actual (b).....	1
Figura 2. Crecimiento de la <i>Moringa oleifera</i>	2
Figura 3. Partes de la planta y sus principales características.....	3
Figura 4. Zonas aptas y no aptas para el cultivo de la Moringa en la Península Ibérica y Baleares.....	4
Figura 5. Esquema de las partes que conforman principalmente la planta y los usos.....	6
Figura 6. Principales aprovechamientos de la Moringa	9
Figura 7. Análisis sensorial de la hamburguesa con adición de Moringa (1% y 3%)	23
Figura 8. Recuento microbiológico durante el almacenamiento a 22°C y 60% de humedad relativa.....	24
Figura 9. Planteamiento de la problemática del sector de la bollería industrial	35
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de magdalenas.....	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Origen del cultivo y expansión

El árbol de Moringa es un árbol tropical, pertenece a la familia *Moringaceae*, en la cual hay alrededor de 13 especies distintas de árboles (Vaknin *et al.*, 2017). Sin embargo, la más conocida es *Moringa oleifera*. Su cultivo es nativo del norte de India y de algunas partes del norte de Europa, aunque también se cultiva en el área del Mar Rojo y/o otras partes de Asia, África, incluida Madagascar, pero su plantación se ha extendido a lo largo del mundo (Singh *et al.*, 2019) y este hecho ha ocasionado que adquiera diferentes nombres (Zainab *et al.*, 2020).

La historia del árbol de Moringa se remonta al año 150 a.C. Las pruebas históricas revelan que los antiguos reyes y reinas usaban hojas y frutas de Moringa en su dieta para mantener un estado de alerta mental y una piel sana. Los antiguos guerreros mauritanos de la India fueron alimentados con extracto de hoja de Moringa en el frente de guerra y se creía que la bebida era una especie de elixir que les otorgaba energía extra y los aliviaba del estrés y el dolor incurridos durante la guerra. Finalmente, estos valientes soldados fueron los que derrotaron a "Alejandro" el Grande (Sujatha *et al.*, 2017) En la Figura 1a se muestran las zonas geográficas donde originariamente se desarrolló esta planta. Además, estas regiones coinciden con los países en los que actualmente hay problemas de desnutrición (Figura 1b). El crecimiento agrícola es particularmente eficaz para reducir el hambre y la malnutrición. La mayoría de las personas necesitadas dependen de la agricultura y de las actividades conexas para una parte significativa de sus medios de vida. El crecimiento agrícola, en este caso, el cultivo de la Moringa será más eficaz para reducir la pobreza extrema y el hambre porque permitirá aumentar los ingresos de los trabajadores y generar empleo para la gente con escasos recursos (FAO FIDA, 2020).

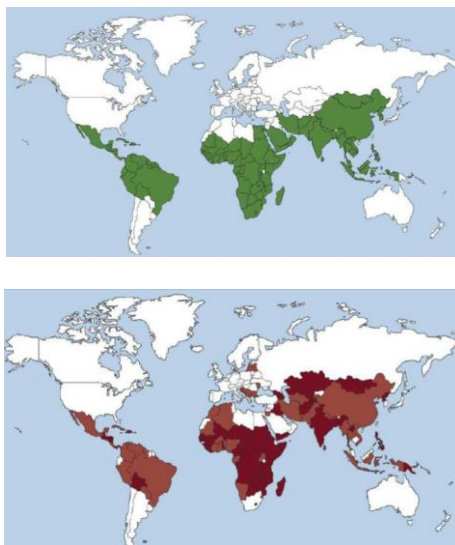


Figura 1. Mapa de las áreas donde crece la *Moringa oleifera* de forma natural (a) y países con problemas de desnutrición entre un 5 y un 35% de la población actual (b). (Fuente: TREESFORLIFE.ORG, 2020).

1.2 Descripción botánica, cultivo y condiciones de crecimiento

Se puede identificar taxonómicamente a la *Moringa oleifera* según la clasificación más actualizada (2016) del APG IV (Angiosperm Phylogeny Group) que se basa en criterios filogenéticos. La clasificación taxonómica sería la siguiente:

Clase *Eudicotyledoneae* Doyle y Hotton, 1991

Subclase *Magnoliidae* Novák ex Takht, 1967

Clado *Malvidae* W.S. Judd, D.E. Soltis & P.S. Soltis., 2007

Orden *Brassicales* Bromhead, 1838

Familia *Moringaceae* Martinov, 1820

Género *Moringa* Adans, 1763

Especie *Moringa oleifera* Lam Lamark, 1785

Según el criterio de APG IV (2016), la familia *Moringaceae* pasa a estar dentro del orden de las *Brassicales* donde se encuentran especies como el rábano y la col (Chase *et al.*, 2016). La familia de la papaya (*Caricaceae*) es la más próxima a la *Moringaceae*, compartiendo la característica de tener glándulas en el ápice del pecíolo (Olson *et al.*, 2011).

A continuación, se muestra en la Figura 2 una comparación en cuanto al crecimiento de la *Moringa oleifera* en los meses de julio y octubre. En la Figura 3 se muestra a modo de esquema las principales partes que forman la planta y sus características morfológicas.



Figura 2. Crecimiento de la *Moringa oleifera*.

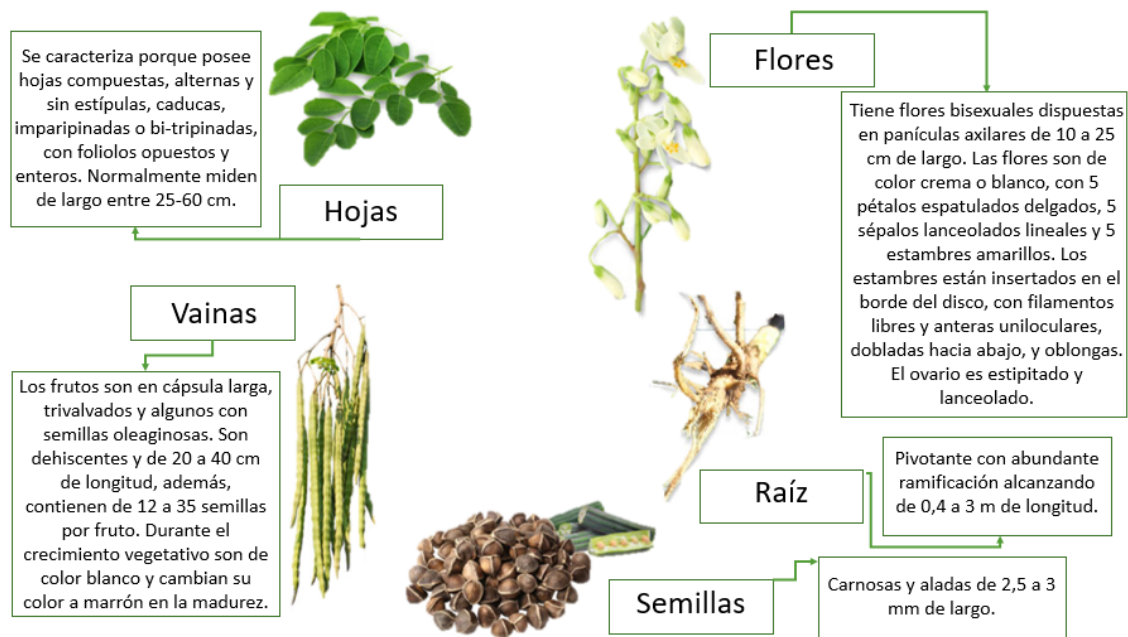


Figura 3. Partes de la planta y sus principales características. (Fuente: Folorunso *et al.*, 2012; Olson *et al.*, 2011; Alfonso-Hernández *et al.*, 2018; Taher *et al.*, 2017 y UNIVERSITYOFCALIFORNIA.EDU, 2020).

En zonas tropicales con lluvias repartidas a lo largo del año, esta planta posee una floración constante y en zonas del trópico seco produce dos cosechas al año. En cambio, en España solo hay una cosecha entre los meses de agosto y septiembre (CAJAMAR, 2020). El modo de cultivo se realiza mediante siembra directa, trasplantes o esquejes. La relativa facilidad con la que se propaga a través de medios sexuales y asexuales además de su baja demanda de nutrientes del suelo y de agua después de ser plantados, hacen que su producción y manejo sean muy fáciles de realizar (Chepote, 2018). Por otra parte, para un buen desarrollo se recomienda una luz de medio-sombra. Las condiciones para un crecimiento óptimo del cultivo de Moringa se hayan en los trópicos cálidos y semiáridos, ya que es un cultivo muy tolerante con la sequía creciendo con precipitaciones de (250-3000 mm por año) y altitudes inferiores a 600 m (Masih *et al.*, 2019). Sin embargo, cabe destacar que se ha registrado su crecimiento a 2000 m de altitud. Tolera una amplia gama de condiciones ambientales y suelos poco fértiles llegando incluso a tolerar elevadas temperaturas a la sombra o como es en el caso de los subtrópicos, heladas ligeras (Reyes *et al.*, 2017).

El rango óptimo de temperatura es de 25-35°C pudiendo soportar incluso los 48°C un tiempo limitado (Palada *et al.*, 2019). El árbol de Moringa desarrolla el máximo potencial productivo en suelos arenosos o franco arenosos bien drenados, pudiendo tolerar los suelos arcillosos, pero no la acumulación de agua durante tiempos prolongados porque ocasionaría un retroceso en el crecimiento (Nouman *et al.*, 2014). Es un árbol de crecimiento extremadamente rápido, tal y como se puede observar en la Figura 2 gracias al elevado rendimiento del cultivo en tan solo 3 meses hay un crecimiento sustancial. Normalmente su crecimiento varía desde los 5 hasta los 10 metros de altura (Liu *et al.*, 2018).

En las zonas no originarias de la Moringa, como es el caso de España, se está empezando a introducir este cultivo. La información que condiciona su área de distribución en este país, tanto natural como artificial, se resume en los siguientes factores limitantes:

-La Moringa es especialmente sensible a las bajas temperaturas. Durante los meses más fríos, soporta entre -1°C y 3°C , tolerando heladas cortas y poco intensas. Si la helada persistiera, se produce la inmediata muerte de la planta. Por lo que consideraremos este factor, como “excluyente” de las posibles zonas de implantación. En la Península Ibérica y Baleares, los meses en los que se alcanzan las temperaturas más bajas son en diciembre, enero y febrero. Los principales sistemas montañosos y la mayor parte del valle del Duero no son zonas aptas para el cultivo de la Moringa, debido a las bajas temperaturas invernales (Godino *et al.*, 2013).

-No sobrevive a temperaturas superiores a los 48°C (Palada *et al.*, 2019). Ninguna zona de España alcanza dicha temperatura media durante los meses de verano (junio, julio y agosto).

-Si la temperatura media supera los 8°C , el riesgo de heladas ligeras es bajo, por lo que la planta podría sobrevivir, aunque no comenzaría su crecimiento (Balakumbahan *et al.*, 2020).

-Para tener un óptimo crecimiento y alta producción de vainas y hojas, resultando su cultivo más rentable, la planta necesita altas temperaturas medias diarias, entre los $25-35^{\circ}\text{C}$. Estas zonas se corresponden con las provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla por el oeste. Y por el este serían los litorales de Granada, Almería, Murcia, el sur de Alicante, la desembocadura del Ebro y las islas occidentales baleáricas (Godino *et al.*, 2013).

-Respecto a las isoyetas, los valores limitantes recopilados en bibliografía son de 300 mm y de 500 mm (Godino *et al.*, 2013).

Teniendo en cuenta todos estos factores limitantes, las zonas aptas y no aptas para el cultivo de la Moringa en la península ibérica y Baleares serían las que se muestran en la Figura 4:



Figura 4. Zonas aptas y no aptas para el cultivo de la Moringa en la Península Ibérica y Baleares. (Fuente: Godino *et al.*, 2013).

Durante el siglo XX, y particularmente desde la década de los setenta, las temperaturas en España han aumentado de forma general debido al cambio climático, con una magnitud algo superior a la media global del planeta.

En contraposición, las precipitaciones sobre todo en invierno han tendido a la baja, creando un clima cada vez más árido (Moreno *et al.*, 2014). Los cambios ambientales son muy perjudiciales y plantean diversas amenazas para las especies de cultivos que predominan de forma natural, una de estas amenazas es el estrés abiótico (Raza *et al.*, 2019). Por tanto, resulta interesante recurrir a cultivos de origen tropical como son el aguacate, el mango y la Moringa que se adapten a estos nuevos cambios del clima. De hecho, ya se están desarrollando plantaciones sin problemas en la cuenca mediterránea debido a las cálidas temperaturas, lo que hace unos años hubiera sido impensable. Las zonas aptas para el crecimiento de Moringa en la Península Ibérica y Baleares son principalmente la costa andaluza (tanto Atlántica como Mediterránea), el litoral murciano y valenciano (Figura 4). En el resto de la costa mediterránea aparece en pequeños enclaves, como el Delta del Ebro y la isla de Ibiza. En terrenos degradados, puede ser una fuente de ingresos a la par que recuperador de suelos y paisajes (Godino *et al.*, 2013).

Numerosos investigadores han concluido que el árbol de *Moringa oleifera* es un árbol muy versátil y, por lo tanto, es difícil pasarlo por alto en la batalla actual contra el cambio climático, debido a su rápido crecimiento y a su buena adaptación a condiciones climáticas adversas. Un informe de investigación japonés (Villafuerte *et al.*, 2009) ha demostrado que la tasa de absorción de dióxido de carbono (CO₂) del árbol de Moringa es veinte veces mayor que la de la vegetación en general. El árbol de Moringa tiene un gran potencial no sólo para almacenar carbono, sino también para mejorar los medios de vida de muchos pequeños agricultores. Por lo tanto, y tal y como se ha comentado anteriormente, la plantación de este árbol en diferentes partes del país podría mitigar los impactos del cambio climático (Daba *et al.*, 2016).

En este contexto, frente a la necesidad de abordar el desarrollo de cultivos adaptados a las nuevas condiciones climáticas, surge el proyecto Moresvia en la Comunidad Valenciana llevado a cabo por Cajamar, la UPV, la Asociación Valenciana de Productores de la Moringa (AVAMOR) y Morgarma, financiado por la Generalitat Valenciana (AGCOOP_A/2018/026 AVFGA). Este proyecto tiene como objetivo principal el estudio de la *Moringa oleifera* y la estevia con el fin de aprovechar todo su potencial, desde la fase de producción en campo hasta su transformación en productos e ingredientes que incorporen valor a la cadena agroalimentaria. Este consorcio estudia alternativas a los cultivos tradicionales, aumentando la diversificación de actividades y la resiliencia de los productores. La transformación de estos productos contribuye a incrementar el valor añadido del producto final y a mejorar la renta de los agricultores. Otro impacto positivo es la recuperación de terrenos infrautilizados disminuyendo el riesgo de incendios, también el uso de fitosanitarios para un mejor control de plagas, dado que actualmente no se realiza en las parcelas abandonadas (CAJAMAR, 2020).

1.3 Usos y aprovechamiento

La Moringa tiene múltiples usos debido a que todas las partes del árbol son comestibles. Además, el aspecto más sorprendente es su valor nutricional excepcionalmente elevado (Anwar *et al.*, 2007). Sus usos alimentarios van desde conformar un plato principal hasta ser usadas en ensalada o salsas.

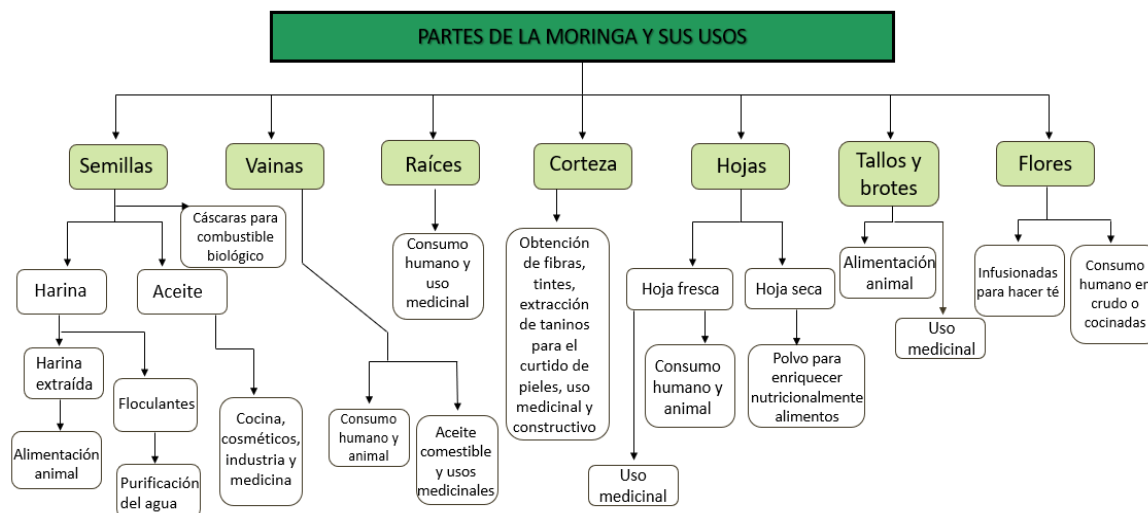


Figura 5. Esquema de las partes que conforman principalmente la planta y los usos. (Ampliado a partir de Canett-Romero *et al.*, 2014).

Existen muchas plantas en la naturaleza que ayudan a reestablecer el equilibrio del cuerpo y a mantener una buena salud. La Moringa se encuentra entre los mejores vegetales tropicales perennes, nutricionalmente hablando (Benítez *et al.*, 2012). Tal y como se muestra en la Figura 5. A continuación, se procede a explicar los usos de cada parte de la planta de forma más detallada.

1.3.1 Hojas

Las hojas se pueden consumir en fresco en ensaladas, en curry de verduras o como sazónador (contribuyendo a la mejora nutricional sobre todo en zonas con desnutrición). También se pueden consumir cocinadas en sopas y potajes (Brilhante *et al.*, 2017) o tener propiedades medicinales. Para el consumo en fresco deben cosecharse temprano por la mañana y venderse el mismo día.

Las hojas secas resultan interesantes para preparar alimentos nutricionalmente mejorados, mezclándose con legumbres y cereales para tratar de conseguir una proteína completa. Las hojas más viejas deben ser despojadas de sus tallos duros y fibrosos ya que son las más adecuadas para hacer polvo de hojas secas (Quintanilla-Medina *et al.*, 2018). Este polvo es usado para enriquecer alimentos y puede conservarse durante muchos meses a temperatura ambiente sin pérdida de valor nutricional (Srinivasamurthy *et al.*, 2017). Su contenido en proteína (22-24%) es similar al de la soja. Otros usos serían la utilización de hojas como condimento, especias, saborizantes, en infusiones o con funciones medicinales (Bancesi *et al.*, 2019).

En alimentación animal las hojas frescas de Moringa tienen un efecto positivo, debido a que estimula un aumento del nivel de eficiencia en la utilización de la energía metabolizable. Esto es producido

por una mayor actividad microbiana, así como una mayor eficiencia de utilización de la energía proveniente de las gramíneas (Fernández-Figuero, 2017).

Existen diversas experiencias de la inclusión de forraje de Moringa fresco en la alimentación de diferentes especies de animales como cabras, ovejas, vacas, aves y porcinos, donde se reportan efectos positivos sobre el comportamiento productivo de cabras y ovejas, incrementos en la calidad de leche vacuna, una mayor aportación de proteínas en cerdos y una mejora en la ganancia de peso de ovinos (Fernández-Figuero, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior el coste que supone alimentar al ganado con Moringa está justificado debido al aumento de los ingresos de un 22,8% respecto al ganado no alimentado con Moringa (Fernández-Figuero, 2017).

Las hojas son la parte anatómica de la planta cuyo consumo de grandes dosis durante tiempos prolongados representa menor riesgo para la salud. Concretamente, presenta una dosis letal para el 50% de la población (DL50) en extracto etanólico de 17,8 g/kg peso corporal y de 15,9 g/kg peso corporal para el extracto acuoso, pudiendo provocar alteración en parámetros hematológicos e hipertrofia de bazo y timo (Canett-Romero *et al.*, 2014). Es importante destacar que un consumo seguro de Moringa sería de 5 g de hojas secas por persona/día (Alfonso-Hernández *et al.*, 2018).

1.3.2 Vainas

Las flores y las vainas lobuladas se producen durante el segundo año de crecimiento. Las vainas se cosechan cuando son jóvenes, tiernas y verdes, es decir, como vainas inmaduras siendo las más valoradas y nutritivas pues contienen todos los aminoácidos esenciales junto con muchas vitaminas y otros nutrientes (Foidl *et al.*, 2001). El consumo de vainas puede ser tanto humano como animal. Las vainas inmaduras se pueden comer crudas o preparadas como guisantes o judías verdes y según los informes, tienen un sabor que recuerda al de los espárragos; mientras que las vainas maduras generalmente, se fríen y poseen un sabor a cacahuete. También producen de un 38 a un 40% de aceite comestible conocido como Ben Oil (Asensi *et al.*, 2017). Este aceite es claro, dulce e inodoro, y es poco susceptible al enranciamiento (Liu *et al.*, 2018). En general, su valor nutricional se asemeja al del aceite de oliva y cabe destacar que tiene compuestos antiinflamatorios que ayudan a aliviar el dolor y la hinchazón causados por la artritis, el reumatismo y la gota (Gopalakrishnan *et al.*, 2016).

1.3.3 Semillas

La semilla de esta planta contiene aceite que puede utilizarse para cocinar, en la industria cosmética o con fines medicinales. El perfume extraído del aceite de semilla es muy valorado por los perfumistas por su poder de absorción y retención de olores destinado principalmente a la fabricación de desodorantes (Sandeep *et al.*, 2019). Las semillas también contienen fracciones proteicas específicas para el cuidado de la piel y el cabello, dos nuevos componentes activos para la industria cosmética se han extraído de la torta de aceite. Los péptidos de la semilla de Moringa protegen a la piel de las influencias ambientales (anti-polución) y combaten contra el envejecimiento prematuro de la piel. El extracto de semilla es una innovación globalmente aceptada y una solución activa para el cabello (Stussi *et al.*, 2002).

Por otra parte, la torta de harina de semillas es utilizada para purificar el agua reduciendo así la aparición de enfermedades transmitidas por este medio que provocan numerosas muertes en los países en vías de desarrollo (Zaku *et al.*, 2015). Cabe destacar que la harina extraída de las semillas solamente es destinada a la alimentación animal.

Se han realizado algunas aplicaciones tecnológicas en galletas y formulaciones de harina infantil, pero la amargura y la toxicidad de ésta son todavía un límite para el consumo humano (Saa *et al.*, 2019).

Otro uso importante es la producción de combustible biológico debido a la gran cantidad de aceite que posee la semilla (alrededor del 40%). De acuerdo con la literatura, este aceite tiene una excelente calidad (Raman *et al.*, 2018) y puede usarse como materia prima para la producción de biodiesel utilizando el proceso ya existente (Fernandes *et al.*, 2015).

1.3.4 Flores, tallos y brotes

Las flores se infusionan para hacer té y se ha demostrado que son ricas en potasio y calcio (Price, 2007) aunque también pueden consumirse en crudo o cocinadas. Las semillas, hojas y sobre todo las flores, presentan actividad insecticida, larvicida y ovicida contra los vectores de las especies *Anopheles stephensi* y *Aedes aegypti* (Brilhante *et al.*, 2017). La pulpa del tallo es utilizada para la fabricación de periódicos y en las industrias textiles (Bhargave *et al.*, 2015). Los tallos y brotes se destinan a la alimentación animal y poseen efectos medicinales.

1.3.5 Raíz y corteza

En cuanto a las raíces, algunos estudios (Mahmood *et al.*, 2010) han demostrado que ciertos extractos de la raíz contienen analgésicos llamados *Moringina* y *Moringinina* que pueden desempeñar en dosis adecuadas un papel en su eficacia contra el lumbago. Las raíces también tienen un uso alimentario, pueden ser usadas como condimento o en salsas ya que tienen un sabor muy parecido al del rábano picante (Foidl *et al.*, 2001). No obstante, un consumo elevado de las raíces, semillas, corteza e incluso hojas puede suponer un problema la salud (Canett-Romero *et al.*, 2014). Dependiendo de la dosis y del tiempo de consumo, los alcaloides, sobre todo los de la raíz y de la corteza, pueden llegar a ser tóxicos como *spirochin* y el fitoquímico bencil isotiocianato (Paul *et al.*, 2012). El alcaloide *spirochin* puede provocar taquicardia con una dosis de 35 mg/kg peso corporal y causar daños renales con dosis periódicas superiores a 46 mg/kg peso corporal. En contraposición, es un eficaz profiláctico y antiséptico contra infecciones en heridas por bacterias gram-positivas, especialmente *Staphylococcus* y *Streptococcus*. De la corteza se pueden obtener fibras, tintes y extraer taninos para el curtido de pieles (Foidl *et al.*, 2001).

Además de todo lo anterior, el árbol de la Moringa puede utilizarse como cortavientos para evitar la erosión del suelo y su madera es útil como elemento de construcción por su capacidad para mantener el calor (Dhakar *et al.*, 2011).

A modo de resumen, esta planta tiene numerosas salidas en diferentes sectores industriales entre los que destacan: alimentación humana, alimentación animal, farmacéutica y cosmética (Figura 6).



Figura 6. Principales aprovechamientos de la Moringa.

1.4 Aspectos nutricionales

Como se ha descrito anteriormente, uno de los usos de esta planta es el consumo humano, fundamentalmente por sus apreciados componentes nutricionales. En el caso de las hojas, que tienen elevada similitud morfológica con las de los helechos, según Oyeyinka *et al.* (2018) contienen la mayor cantidad de nutrientes respecto a otras partes de la Moringa, especialmente en términos de contenido proteico (19-29%). Además, son excelentes como fuente de vitamina E, vitamina A (cuatro veces más que el contenido en una zanahoria), vitamina C (en hojas frescas, la cantidad es siete veces superior que en una naranja) y vitamina B. Son también una de las mejores fuentes vegetales de minerales siendo su contenido en calcio muy alto para una planta (superando cuatro veces a la cantidad de la leche) y el contenido de hierro es muy interesante (llegando a ser muy útil contra la anemia). También posee elevadas cantidades de potasio (siendo tres veces superior a la cantidad de un plátano), tal y como se observa en la Tabla 1. Excepto la vitamina C, el valor nutricional del polvo de hojas de Moringa es mayor que el de las hojas frescas. Esto puede resultar interesante, ya que las hojas secas pueden almacenarse, por lo que su uso está garantizado durante todo el año (Arias, 2014). En muchas culturas, a menudo son la única fuente de proteínas, minerales y vitaminas adicionales. Además, su contenido en grasas, carbohidratos y fósforo es muy bajo lo que lo convierte en uno de los mejores alimentos vegetales.

Tabla 1. Valor nutricional de Moringa fresca y seca en comparación con otros alimentos. (Fuente: Mahmood *et al.*, 2010; Miranda *et al.*, 2019 y Arias, 2014).

Contenido en (mg/100g)	Hojas de Moringa fresca	Hojas de Moringa seca	Otros alimentos
Vitamina A	7	18,9	Zanahoria: 1,890
Vitamina C	220	17,3	Naranja: 30
Calcio	440	2003	Leche de vaca: 120
Hierro	0,85	28,2	Espinaca: 1,14
Potasio	259	1324	Plátano: 88
Proteína	6700	27100	Yogurt: 3100

Cabe destacar que las hojas de Moringa son una fuente muy rica de aminoácidos esenciales, que a menudo suelen ser escasos en muchos vegetales (Mahmood *et al.*, 2010). En la Tabla 2, se pueden observar los principales aminoácidos que se encuentran en las hojas secas de Moringa comparándolos con los aminoácidos que contiene la soja y la carne de ternera. No es habitual que un vegetal contenga todos estos aminoácidos y la Moringa los contiene en una buena proporción, siendo éstos muy útiles para nuestro cuerpo. Así, las hojas de Moringa podrían ser de gran ayuda para las personas que no obtienen las proteínas de la carne (como veganos o vegetarianos). Incluso contiene arginina e histidina, dos aminoácidos especialmente importantes para los recién nacidos. Los expertos nos dicen que el 30% de los niños en África subsahariana son deficientes en proteínas y la Moringa podría ser una fuente de alimentos extremadamente valiosa para tratar la desnutrición en países pobres (Pilotos, 2019). Se observa que la Moringa posee mayor contenido que la soja y la carne de ternera en casi todos los aminoácidos analizados, excepto en la lisina, metionina e isoleucina para los que la carne de ternera presenta mayores contenidos.

Tabla 2. Contenido de aminoácidos en hoja de Moringa seca, soja y carne de ternera. (Fuentes: Dhakar *et al.*, 2011 y FAO.ORG, 2020).

Contenido de aminoácidos (mg/100 g)	Hoja Moringa seca	Soja	Carne de ternera
Arginina	1325	380	1118
Histidina* ¹	613	221	603
Lisina*	1325	233	1573
Triptófano*	425	103	-----
Fenilalanina*	1388	708	778
Metionina*	350	296	478
Treonina*	1188	328	812
Leucina*	1950	1764	1435
Isoleucina*	825	803	852
Valina*	1063	728	886

*aminoácidos esenciales / ¹aminoácido esencial solo durante la infancia.

La Moringa es también un reservorio de minerales. Comparándola con vegetales ricos en minerales que se suelen consumir en fresco, como son las espinacas, o secos como son las semillas de chía, en la Tabla 3 se pueden observar las diferencias en los contenidos de estos minerales. Como puede verse, las espinacas sólo superan a la hoja fresca de Moringa en cantidad de hierro y potasio. En cuanto a la hoja de Moringa seca, ésta supera con creces a la chía, sobre todo en el contenido en calcio y potasio. Sin embargo, la chía tiene mayor cantidad de fósforo.

Tabla 3. Composición de minerales en hoja de Moringa seca y fresca, en espinacas y en la chía. (Fuentes: Dhakar *et al.*, 2011; Xingú *et al.*, 2017 y SCIELO.ORG, 2020).

Minerales (mg/ 100g)	Hoja Moringa fresca	Espinacas	Hoja Moringa seca	Chía
Calcio	440	117	2003	631
Hierro	0,85	2,7	28,2	0,01
Cobre	0,07	-----	0,57	-----
Magnesio	42	-----	368	335
Fósforo	70	46	204	860
Potasio	259	554	1324	407
Zinc	0,16	-----	3,29	-----

Por último, dado el elevado contenido en ácidos grasos de la Moringa, se ha comparado con otros productos ricos en estos componentes que se consumen frescos (aguacate) o secos (nueces) (Tabla 4). Cabe destacar que las hojas secas de Moringa superan con creces al aguacate y la nuez en cuanto al total de omega-3 y al contenido total de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).

Según la OMS (2020) las grasas totales en la dieta deben constituir entre un 15-30% de la energía total, de ese porcentaje menos del 10% deben ser ácidos grasos saturados (SFA), entre el 6-10% deben ser ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y el 15% deben ser ácidos grasos monoinsaturados (MUFA). Los PUFAs son importantes para la salud humana y animal porque intervienen en la biosíntesis de eicosanoides, que se consideran biorreguladores importantes de muchos procesos celulares. Además, están vinculados al desarrollo y la funcionalidad del sistema inmune por lo que los nutricionistas recomiendan a los consumidores aumentar la ingesta de PUFAs (Moyo *et al.*, 2011). El equilibrio ideal de SFA: MUFA: PUFA sería aproximadamente de 1:1:3 (Hayes *et al.*, 2005).

Dentro de los PUFAs, los más importantes son los ácidos grasos omega-6 y omega-3, debiéndose mantener un porcentaje de omega-6 de alrededor del 5-8% de la energía total en la dieta y entre el 1-2% de omega-3. El interés en los PUFAs omega-3 ha aumentado en los últimos años debido a sus diversos roles en la promoción de la salud y en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes. Estos ácidos grasos están presentes en ciertos vegetales y la soja y otras plantas han sido modificadas genéticamente para contener niveles más altos de PUFA (Shahidi *et al.*, 2018). La proporción omega-6/omega-3 más adecuada, se sitúa entre 4/1 a 2/1, relación que favorece un descenso de la tasa de mortalidad en ciertas enfermedades (Anta *et al.*, 2013). Si se sobrepasa esa relación, puede conllevar problemas de salud. Por lo tanto, el reto de la alimentación actual es obtener, mediante el consumo de alimentos, relaciones más bajas entre estos ácidos grasos (Sanhueza *et al.*, 2015). No obstante, no es conveniente reducir el aporte de ácidos grasos omega-6 porque provocaría un desequilibrio en dicha proporción, sino que es mucho más conveniente incrementar el aporte de ácidos grasos omega-3 (Anta *et al.*, 2013). Así, es posible el desarrollo de nuevos alimentos a los que se les adicione ácidos grasos omega-3, lo que constituye una buena alternativa para mantener relaciones de omega-6/omega-3 más bajas pero dentro de los intervalos recomendados (Sanhueza *et al.*, 2015). La hoja de Moringa seca tal y como se muestra en la Tabla 4, tiene una elevada proporción de ácidos grasos omega-3, lo que podría ser una alternativa para enriquecer matrices alimentarias en este componente.

Tabla 4. Composición de ácidos grasos en hoja de Moringa seca. (Fuentes: Moyo *et al.*, 2011; Bernal-Estrada *et al.*, 2017 y Ríos-Latorre *et al.*, 2018).

Ácidos grasos (%)	Hojas secas de Moringa	Aguacate	Nuez
Cáprico	0,07	-----	2,28
Láurico	0,58	-----	-----
Mirístico	3,66	0,12-0,13	-----
Palmitico	11,79	19,7	11,56
Palmitoleico	0,17	13,49	-----
Margárico	3,19	-----	-----
Esteárico	2,13	1,51-1,52	1,14
Oleico	3,96	49,55	11,37
Linoleico	7,44	14,01	18,91
Linolénico	44,57	1,26	3,41
Total de Omega-6	7,64	14,01	18,91
Total de Omega-3	44,57	1,26	3,41
MUFA (total ácidos grasos monoinsaturados)	4,48	63,53	14,2
PUFA (total ácidos grasos poliinsaturados)	52,21	15,27	23,2
Relación Omega-6/Omega-3	0,17	11,12	5,54
Relación MUFA:PUFA	0,09	4,16	0,61

La composición de macronutrientes y vitaminas del grupo B, A, C y E en hojas secas y frescas de Moringa se muestra a continuación en la Tabla 5. Como se ha comentado anteriormente, las hojas de Moringa contienen compuestos nutritivos, siendo digno de mención el contenido en proteína cruda de la hoja seca lo que supone que sea una buena fuente potencial de proteína suplementaria (Moyo *et al.*, 2011). Las calorías, proteínas, grasas, hidratos de carbono, pero sobre todo las vitaminas y la fibra se concentran considerablemente al secar las hojas de Moringa. Los micronutrientes son esenciales para la vida humana, sin embargo, nuestro cuerpo solo requiere cantidades mínimas de cada uno de ellos para lograr un buen funcionamiento. Contrario a lo que se pueda pensar, cubrir cada uno de los requerimientos de estos micronutrientes en ocasiones se vuelve complicado, debido a los problemas de desnutrición, dietas poco balanceadas, falta de educación en temas de alimentación y a que se encuentran en pequeñas dosis en cada uno de los alimentos (Agudelo *et al.*, 2020).

En cuanto a las cantidades diarias recomendadas de vitaminas serían: 800 µg para la vitamina A, 12 mg para la vitamina E, 80 mg para la vitamina C y para las vitaminas del grupo B serían de 0,42 mg/1000 kcal (García-Gabarra *et al.*, 2017). En este sentido, bastaría con consumir 11,43 g de hoja de Moringa fresca y entre 0,87 y 4,62 g de hoja de Moringa seca para alcanzar la dosis diaria recomendada de vitamina A, ya que en este caso hay más fluctuación en los valores. Para alcanzar la dosis diaria recomendada de vitamina E debería consumirse 2,68 g de hoja de Moringa fresca y 11,11 g de hoja de Moringa seca en términos medios. Para la vitamina C se debería consumir entre 36,36 y 154,74 g de hoja fresca debido a la fluctuación de los valores y una media de 484,38 g de hoja seca para alcanzar las dosis diarias recomendadas.

Finalmente, en cuanto a las vitaminas del grupo B, para alcanzar las dosis recomendadas en una dieta normal de 2000 kcal debería consumirse de hoja fresca de Moringa 1400 g para la vitamina B1, 1680 g para la vitamina B2 y 105 g para la vitamina B3. Para la hoja seca de Moringa se debería consumir 36,7 g para la vitamina B1, 4,02 g para la vitamina B2 y 10,65 g para la vitamina B3.

El consumo de fibra trae beneficios para la salud siendo en España y en muchos países del mundo menor a lo recomendado, lo que está relacionado con una mayor oferta y compra de productos refinados. La industria de alimentos tiene una gran oportunidad de desarrollar e introducir en el mercado productos con elevado contenido de fibra, que también podría llevarnos a obtener ahorros en el tratamiento de enfermedades (Villanueva-Flores *et al.*, 2019). Las cantidades diarias recomendadas de fibra en adultos son de 25 g/día. Sin embargo, la European Food Safety Authority (EFSA) reconoció que cantidades superiores a la mencionada reducen el riesgo de enfermedades coronarias y de diabetes tipo 2 y mejoran el mantenimiento del peso corporal (García-Gabarra *et al.*, 2017). En este caso, habría que consumir 2777,78 g de hoja fresca de Moringa o 207,47 g de hoja seca de Moringa para alcanzar las dosis diarias recomendadas de fibra.

Por todo lo expuesto anteriormente, es interesante introducir Moringa en matrices alimentarias. La ventaja que posee la fortificación (adición de uno o más micronutrientes a un alimento con el fin de aumentar la ingesta y prevenir deficiencias) es que la población ingiere el nutriente que le hace falta dentro de lo que consume normalmente, sin tener que modificar sus hábitos alimentarios (Agudelo *et al.*, 2020).

Tabla 5. Composición de macronutrientes y vitaminas del grupo B, A, C y E en hojas secas y frescas de Moringa. (Fuente: Dhakar *et al.*, 2011; Agudelo *et al.*, 2020; Arias, 2014; Pilay, 2019 y De Souza Aranda *et al.*, 2018).

Análisis nutricional	Hojas frescas de Moringa (por 100 g)	Hojas secas de Moringa (por 100 g)
Humedad (%)	75-79,7	4,8-7,5
Calorías (Kcal)	49,5-92	205-329
Proteínas (g)	5,5-9,4	27,1-33,5
Grasas (g)	1,4-2,1	2,3-9,75
Hidratos de carbono (g)	8,3-13,4	38,2-41,2
Fibra (g)	0,9	7,48-30,97
Vitamina B1 (mg)	0,06	2,02-2,64
Vitamina B2 (mg)	0,05	20,5-21,3
Vitamina B3 (mg)	0,8	7,6-8,2
Vitamina E (mg)	448	108-113
Vitamina A (mg)	7	17,3-91,8
Vitamina C (mg)	51,7-220	15,8-17,3

La Moringa posee aproximadamente 46 antioxidantes, es decir, es una de las fuentes más poderosas de antioxidantes naturales y suministran los átomos libres necesarios para el cuerpo humano ayudando a neutralizar el efecto de los radicales libres (Umar *et al.*, 2018). Las hojas de Moringa son ricas en flavonoides y también contienen micronutrientes esenciales con actividad antioxidante o directamente relacionados con este proceso como son el selenio o el zinc (Moyo *et al.*, 2011).

Los principales antioxidantes presentes son: quercetina, kaempferol, beta-sitosterol, ácido cafeoilquínico y zeatina (Batoool *et al.*, 2019). Cabe destacar que el poder antioxidante juega un papel importante en el control de los síntomas del proceso de envejecimiento y mejora la salud cardiovascular. Además, la vitamina C y la vitamina E, presentes en Moringa, también funcionan como antioxidantes (Moyo *et al.*, 2011). En este sentido, la ingesta diaria de *Moringa oleifera* también supondrá un aporte de antioxidantes.

Científicos del Centro de Investigación y Desarrollo de Vegetales Asiáticos (AVRDC) observaron que las hojas de Moringa hervidas o el polvo de las hojas proporcionaban al menos tres veces más hierro biodisponible que las hojas de Moringa frescas. La ebullición también aumentó la actividad antioxidante de las hojas. Además, se registraron evidencias de un mayor contenido de nutrientes en las hojas maduras en comparación a las hojas jóvenes, aunque fueron preferidos para su consumo los brotes jóvenes. Respecto a la vitamina A fue más alta durante la estación cálida y húmeda. En cambio, el hierro y la vitamina C fueron más altos durante la estación fría-seca (Price, 2007).

1.5 Propiedades medicinales

Un aspecto a destacar muy importante son las propiedades medicinales que posee esta planta. Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha buscado y conocido plantas medicinales, ya que además de ser utilizadas para la prevención de patologías, eran de fácil acceso a la población, menos agresivas para la salud y con menos efectos secundarios. Por ello, son consideradas una importante herramienta para el cuidado integral de la salud.

La Moringa es una planta con una fuente importante de fitoquímicos naturales y esto proporciona una base para futuras investigaciones. Actualmente, hay un creciente interés internacional en este árbol, tanto en el ámbito de la alimentación, como en el de la medicina y la cosmética (Kumar *et al.*, 2019).

Tanto las hojas como raíces, semillas, corteza, frutos, flores y vainas inmaduras actúan como estimulantes cardíacos y circulatorios. Además, poseen efectos antitumorales, antiulcerosos, antiespasmódicos, antiinflamatorios y antidiabéticos (manteniendo niveles normales de azúcar en sangre ya que posee un elevado contenido en ácido ascórbico que ayuda en la secreción de la insulina) (López-García *et al.*, 2016). En la Tabla 6 se observan las principales propiedades medicinales en función del órgano de la planta consumido.

Tabla 6. Principales propiedades medicinales en función de la parte de la Moringa consumida.

Parte de la planta	Uso medicinal	Referencias
Raíces	Analgésico, antiinflamatorio, antitumorales, antidiabéticas, picadura de serpiente, antiulcerosas, antiespasmódicas, reductoras del colesterol, antibacterianas, antiurolíticas, antifúngicas, antidiuréticas y antihipertensivas.	Cáceres <i>et al.</i> , 1992 Padmarao <i>et al.</i> , 1996 Dahot <i>et al.</i> , 1998 López-García, 2016 Dixit <i>et al.</i> , 2016 Liu <i>et al.</i> , 2018
Hojas	Anticatarral, antidiabético, antiescorbuto, antihipertensivo, antiproliferativos, antioxidante, ansiolítico, diurético, faringitis, efecto reductor del colesterol, hemorroides, hinchazones glandulares, antiinflamatorio y anti-hipertiroidismo.	Pal <i>et al.</i> , 1995 López-García, 2016 Dixit <i>et al.</i> , 2016 Liu <i>et al.</i> , 2018
Flores	antiinflamatorio, antipsicótico y antitumoral.	López-García, 2016 Dixit <i>et al.</i> , 2016 Liu <i>et al.</i> , 2018
Semillas	Antidiurético, antituberculoso, antitumoral, geniturinário, antiasmático, antibacteriano y hepatoprotector.	Price, 2007 López-García, 2016 Cáceres <i>et al.</i> , 1992 Dixit <i>et al.</i> , 2016 Liu <i>et al.</i> , 2018

El extracto acuoso de las semillas y el jugo fresco de la hoja de Moringa son efectivas contra las bacterias infecciosas de la piel como *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (Price, 2007). Las raíces y las semillas de Moringa debido a algunos ingredientes activos que contienen como los isotiocianatos y la glucomoringina, son potentes agentes antibacterianos y antifúngicos (Dixit *et al.*, 2016). El alcaloide *Moringina* de la planta de Moringa muestra una similitud con la efedrina en términos de actividad (Jacques *et al.*, 2020), por tanto, las semillas de Moringa han demostrado tener un efecto potencial en el tratamiento del asma bronquial (Dixit *et al.*, 2016). También se ha descubierto que la infusión de semillas tiene propiedades antidiuréticas (Kumar *et al.*, 2018).

Varios compuestos bioactivos presentes en las hojas de Moringa como nitrilo, glucósidos de aceite de mostaza y glucósidos de tiocarbamato ejercen un efecto directo sobre la regularización de la presión arterial. Se está empleando para tratar diferentes dolencias en el sistema de la medicina indígena, particularmente en el sur de Asia (Anwar *et al.*, 2007). Las hojas de Moringa contienen β -sitosterol, un fitoconstituyente bioactivo con un efecto reductor del colesterol (Dixit *et al.*, 2016). Los compuestos fenólicos presentes en las hojas le confieren una propiedad de eliminación de radicales libres (Dixit *et al.*, 2016). Los extractos de hojas han demostrado efectos antiproliferativos, por lo que pueden inhibir el crecimiento de las células cancerosas (Liu *et al.*, 2018), además estos extractos acuosos regulan la hormona roid y puede usarse para tratar el hipertiroidismo y tienen un efecto antioxidante (Pal *et al.*, 1995). Los estudios indican que la raíz Moringa tiene actividad antiurolítica. Un estudio también reveló una propiedad antilitiolítica de los extractos acuosos y alcohólicos de la corteza de la raíz. De hecho, ambos extractos redujeron significativamente los niveles de excreción urinaria y retención renal de oxalato, calcio y fosfato (Dixit *et al.*, 2016).

2. APLICACIONES EN MATRICES ALIMENTARIAS

Dado el reciente interés por el consumo de esta planta, en esta parte del trabajo se hace una revisión sobre la utilización de Moringa en diferentes matrices alimentarias.

2.1 Snacks

Según Vidal *et al.* (2018), actualmente los consumidores buscan snacks y comidas preparadas fáciles de conservar y transportar que se adapten al nuevo modo de vida ajetreado, en cuanto al trabajo se refiere y que, además, contengan nutrientes como proteínas, fibras, y vitaminas. Hay que destacar, que, aunque estos consumidores prioricen el sabor de los snacks, también valoran que éstos sean lo más naturales y saludables posibles. Los productos de bollería industrial y los snacks son productos calóricos que contienen mayoritariamente elevadas cantidades de azúcares y grasas, siendo muy escasos en proteínas y otros compuestos nutricionales como los antioxidantes.

Por todo lo expuesto anteriormente, Liu *et al.* (2011) desarrollaron un snack en el que adicionaron a la harina de avena (base) un 15%, 30% o 45 % de hoja seca molida de Moringa (*Moringa oleífera*). Estos autores concluyeron que un snack típico comercial de 28 g, contenía alrededor de 1,0 g de fibra y 2,0 g de proteína. Según este estudio, si el producto se reformulara con Moringa al 45%, el snack tendría 1,2 g de fibra y 3,8 g de proteína, para el mismo tamaño de porción, mejorándolo nutricionalmente, ya que, presentaría al menos entre el 20% y 90% más de fibra y proteína, respectivamente. También se analizaron las vitaminas y minerales del snack reformulado con un 45% de Moringa, observando que contenía hasta 2,0 mg de vitamina A, 3,6 mg de hierro y 250 mg de calcio por cada porción de 28 g, lo que corresponde a 227%, 19,7% y 25% de la ingesta diaria recomendada de cada uno de estos micronutrientes (Fuglie *et al.*, 2005). En cambio, el snack comercial proporcionó una cantidad muy escasa de estos micronutrientes. Los productos extruidos con alto contenido de fibra tienen baja expansión, por lo que su textura es dura y poco atractiva. Sin embargo, destacó que, 10 de las 12 muestras evaluadas tenían una puntuación de aceptabilidad general de más de 6 sobre 9. Por la misma razón, la puntuación del color y sabor fue razonablemente buena, a pesar de esperar que la adición de Moringa diera lugar a puntuaciones de sabor sustancialmente más bajas. En esta línea, Aparicio *et al.* (2017) determinaron la aceptabilidad y el aporte nutricional de una barrita a base de polvo de hoja de Moringa, harina de trigo y amaranto expandido considerando cuatro formulaciones combinando estos tres componentes (10:20:10; 7,5:15:15; 5:10:20; 2,5:15:25), respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio fueron que la barrita que contenía 2,5% de polvo de hoja de Moringa, 15% de harina de trigo y 25% de amaranto expandido (barrita 4) fue la que mayor aceptabilidad obtuvo en apariencia general, color, olor, sabor y textura. En lo que respecta a la de energía y el contenido de macronutrientes, la barrita 4 presentó el mayor nivel de kilocalorías, carbohidratos, grasas y fue la segunda formulación en contenido de proteínas. Además, el cómputo aminoacídico indicó que las cuatro formulaciones de barritas presentaron los cuatro aminoácidos esenciales y la barrita 4 mostró los valores más altos en relación a las otras barritas.

Por otra parte, Asensi (2017) estudió la combinación de polvo de hoja de Moringa con mandioca, variando también en dos de las formulaciones el contenido de azúcar, en el desarrollo de snacks. Los resultados pusieron de manifiesto que la mejor valoración sensorial se registró para los productos formulados con un 89,4% mandioca, 0,6% Moringa y 10% azúcar y para la formulación con un 89,4% mandioca, 1,2% Moringa y 10% azúcar. Este autor concluyó que es recomendable potenciar las campañas de información sobre la Moringa y fomentar su cultivo para hacerla llegar a los consumidores. Así, cuando la población la haya consumido, será más demandada y esto podría repercutir en una mejora de la dieta, especialmente en la población infantil, por su elevado contenido en aminoácidos esenciales, ácido α -linoleico y minerales. Recientemente, en el trabajo publicado por Zungu *et al.* (2019) se analizaron snacks con polvo de hoja seca de Moringa en proporciones variables (0%, 1%, 3% y 5%). Los snacks que contenían 1% de polvo de hoja fueron casi tan aceptables como el snack control, en términos de todos los atributos sensoriales evaluados, incluida la aceptabilidad general coincidiendo con lo reportado por López *et al.* (2018) y siendo una concentración de Moringa dentro del intervalo establecido por Asensi (2017). Además, los snacks fortificados tenían concentraciones más altas de calcio, magnesio, potasio, fósforo, zinc, manganeso, hierro y proteína cruda, pero menos contenido en grasa en comparación con la muestra control. Por otra parte, Devisetti *et al.* (2016) elaboraron un snack inflado con 20% de polvo de Moringa con un alto contenido de proteínas (21,6 g/100 g) y fibra dietética (14,8 g/100 g), pero bajo en grasas (3,7 g/100 g). La calidad sensorial general indicó que los snacks tenían atributos de textura aceptables pero mejorables y un perfil nutricional superior a la muestra control. Del mismo modo, Aluko *et al.* (2013) evaluaron los atributos sensoriales de la incorporación de harina de semilla de Moringa (2%, 5% y 7,5%) en la preparación de snacks de maíz. Estos autores, encontraron que al aumentar la tasa de Moringa aumentó la concentración de nutrientes (proteínas, cenizas y fibra) y se redujeron algunas propiedades funcionales (capacidad de hinchamiento, densidad aparente). La aceptabilidad general de los snacks mostró que los que contenían 7,5% de harina de Moringa fueron los mejor aceptados en términos de color, nitidez, sabor, aroma y aceptabilidad general. Por último, Rodríguez-Ostorga *et al.* (2017) realizaron un snack de maíz, yuca y Moringa. Eligieron estos ingredientes porque son de fácil acceso, bajo precio y nutritivos. Los resultados del estudio determinaron que la formulación adecuada para satisfacer las características fisicoquímicas fue: 60% de harina de maíz, 39% de harina de yuca y 1% de hoja de Moringa deshidratada. Tanto el análisis sensorial como el microbiológico y fisicoquímico dieron resultados favorables para esa proporción de Moringa. Cabe destacar que dicha formulación presentó una gran similitud con los productos que actualmente existen en el mercado.

A continuación, se muestra una tabla resumen que recopila todos los datos obtenidos de los artículos científicos comentados relacionados con la incorporación de Moringa en snacks.

Tabla 7. Snacks fortificados con Moringa.

Parte de la Moringa	% Moringa	Características beneficiosas	Características problemáticas	Fuente
Polvo de hoja	45	Mayor contenido en fibra, proteínas, minerales y vitaminas.	Textura dura	Liu <i>et al.</i> , 2011
Polvo de hoja	2,5	Valores más altos de los cuatro aminoácidos esenciales	Menor contenido en proteínas que otras formulaciones y mayor grasa y kilocalorías	Aparicio <i>et al.</i> , 2017
Polvo de hoja	0,6-1,2	Combatir la desnutrición	Poca familiarización con el producto	Asensi, 2017
Polvo de hoja	1	Mayor contenido mineral y proteína cruda y menor grasa	Poca familiarización con el producto	Zungu <i>et al.</i> , 2019 y López <i>et al.</i> , 2018
Polvo de hoja	20	Mayor contenido en proteína y fibra dietética y menor grasa	Textura mejorable	Devisetti <i>et al.</i> , 2016
Harina de semilla	7,5	Mayor contenido en cenizas, proteínas y fibra	Baja capacidad de hinchamiento y densidad aparente	Aluko <i>et al.</i> , 2013
Polvo de hoja	1	Combatir la desnutrición	Poca familiarización con el producto	Rodríguez-Ostorga <i>et al.</i> , 2017

2.2 Bebidas

Son conocidos a nivel mundial los aspectos positivos que incorporan determinadas bebidas para la salud como smoothies a base de fruta fresca (entera), horchata o infusiones, aunque un aspecto a menudo pasado por alto es que su composición nutricional está algo restringida. Esta carencia podría compensarse con la incorporación de vegetales ricos en proteínas o grasas. Actualmente, está en auge por parte de las industrias aumentar la producción de bebidas saludables, que es lo que demanda la población, sobre todo en países desarrollados, generando elevados beneficios económicos. Sin embargo, en el caso de los smoothies de frutas, que tienen bajo contenido de proteínas, se ha tratado de compensar esta carencia con el suplemento de otros componentes. En este contexto, la incorporación de hojas de *Moringa oleifera* podría ser una fuente alternativa para mejorar el porcentaje proteico. Así, Aderinola (2018) llevó a cabo un estudio en el que se incorporaron distintas proporciones de hoja fresca de Moringa (0%, 1,5%, 3% y 4,5%) a un smoothie de un conjunto de frutas (piña, plátano y manzana) realizándose cuatro formulaciones distintas. Los resultados registraron un aumento del contenido total de proteína cruda de los licuados en un 157%, 217% y 254% para 1,5%, 3% y 4,5% niveles de suplementación de hoja de Moringa, respectivamente. Habitualmente, el enriquecimiento proteico de estos batidos se basa en la adición de algún producto lácteo (yogur o leche). Sin embargo, con la adición de Moringa se puede conseguir un producto rico en proteína totalmente vegetal, aumentando así el rango de posibles clientes interesados que puedan tener algún tipo de intolerancias o alergias o incluso aptos para las personas que siguen un tipo de dieta vegana. El contenido en vitamina C, vitamina E, calcio y potasio aumentó considerablemente para una concentración de 4,5%. Además, se corroboró el incremento de su capacidad antioxidante conforme se aumentó el nivel de suplementación de la hoja de Moringa. Por último, dado que el color del batido fortificado con Moringa viraba hacia tonalidades verdosas y le confería la hoja un cierto amargor, la aceptación sensorial disminuyó. Siguiendo la misma línea de investigación, Domínguez (2017) obtuvo tres formulaciones de smoothies todas fortificadas con distintos porcentajes de infusión de Moringa. Los resultados determinaron que la formulación 1, con 50:25:25 (infusión de Moringa: zumo de mango: zumo de naranja) presentó una mayor aceptación en los cuatro atributos evaluados (color, olor, sabor y aroma). Al realizar un análisis comparativo entre las bebidas comerciales y la bebida con la formulación 1, se obtuvo que la proteína de la bebida formulada posee un mayor porcentaje (0,1%) más que la bebida comercial. En cuanto a los carbohidratos totales, la bebida formulada tuvo una menor cantidad un (2,8%) menos que la bebida comercial, mientras que el contenido de fibra alimenticia de la bebida formulada fue mayor en un (1,7%). También aumentó el contenido en macro y micro nutrientes en comparación con la bebida comercial. Por tanto, esta formulación podría ser una opción competitiva para reemplazar al producto comercial, pero cabe destacar que con el paso del tiempo se produjo una degradación del sabor. Por otra parte, Flores-Ríos (2019) evaluó el efecto de la concentración de extracto de hojas de Moringa (30%, 40% y 50%) y la adición de semillas de Chía (0,5% y 1,0%) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida funcional a base de maracuyá y piña. Los resultados indicaron que el extracto de Moringa al 30% y la adición de semillas de chía al 0,5% permitieron obtener las mejores características fisicoquímicas (buena viscosidad, acidez y fenoles totales) y la mayor aceptabilidad general. Sin embargo, este autor manifestó la necesidad de investigar más sobre la incorporación en bebidas de extracto acuoso de hojas de Moringa.

Otro tipo de bebida que se puede fortificar con Moringa es la horchata. En un trabajo publicado por Ramos De Espinoza *et al.* (2019) se adicionaron distintas concentraciones de polvo de hoja seca de Moringa (0%, 10%, 20% y 30%) para enriquecer horchata de morro (una bebida popular salvadoreña). Los resultados indicaron que la preferencia de la bebida enriquecida y sin enriquecer tuvo un nivel de aceptación similar. Además, los análisis bromatológicos mostraron que la horchata enriquecida con Moringa aumentó sus niveles de grasas, proteínas, fibras, zinc, hierro y calcio respecto a la no enriquecida. En cuanto al nivel de grasa se obtuvieron porcentajes aceptables, ya que no sobrepasan los niveles permitidos según datos de la OMS (2020). Debido a que todas las concentraciones fueron aceptables sensorialmente y tuvieron la misma preferencia, eligieron la horchata enriquecida con 30% de Moringa por ser la que confirió mayor aporte nutricional. Este porcentaje de incorporación de Moringa coincide con el recomendado anteriormente para una bebida de frutas por Flores-Ríos (2019). Cabe destacar que, a pesar del incremento en el coste que supone la elaboración de la horchata enriquecida con 30% de Moringa, los beneficios nutricionales que presenta, son mayores. Asimismo, el precio es similar al de una bebida carbonatada que no posee beneficios para la salud, por lo que es viable su fabricación.

Por otro lado, otro tipo de bebidas muy consumidas a nivel mundial por ser ricas en antioxidantes y estimulantes son el café y las infusiones de hierbas. La mejora de su perfil nutricional por la incorporación de Moringa, también podría suponer un valor añadido a este tipo de productos. Así, Azucena *et al.* (2016) crearon dos fórmulas de café fortificado con polvo de hoja seca de Moringa: la muestra "A" con 50% café tostado y 50% Moringa, y la muestra "B" con 70% café tostado y 30% Moringa. Se calificó sensorialmente la aceptación del producto siendo la muestra "B" la que obtuvo mayor aceptación. El contenido de proteínas del café fortificado muestra "B" presentó un 17,7% sobrepasando en más del 4% de proteína al café comercial. La cantidad de calcio que tenía la muestra comercial en su etiqueta era de 100 mg/100 g mientras que el café fortificado presentó valores de este mineral de 487,8 mg/100 g. De igual manera, se presentó un incremento en las cantidades de hierro, alcanzando 8,3 mg/100 g en el café fortificado, mientras que la muestra comercial tenía un 3,6 mg/100 g. Se afirmó que la ingesta diaria del producto favorece a adquirir los valores nutricionales diarios propuestos en una dieta base de 2000 kcal, compitiendo con la leche, huevos y vegetales. Sin embargo, estos autores observaron que la materia prima no debía estar más de una semana almacenada porque perdió calidad y absorbió fácilmente la humedad. Kumar *et al.* (2018) desarrollaron una infusión de hoja de Moringa con otros ingredientes para fortificar té verde. Se concluyó que la infusión que fue sensorialmente más aceptada estaba compuesta por Moringa + Tulsi (albahaca sagrada) en proporción 100:40. Además, fue la formulación que obtuvo mayor contenido total fenólico respecto a la muestra control, sin embargo, hubo dificultad por parte de los consumidores para aceptar la infusión Moringa-Tulsi debido a que se trataba de un producto nuevo con un sabor característico. Por último, Gamboa *et al.* (2017) elaboraron un refresco a partir de infusión de hoja seca de Moringa y cítricos para enmascarar el sabor astringente y amargo presente en las hojas de esta planta, debido a la presencia catequinas. Los resultados determinaron mediante pruebas sensoriales de aceptación la concentración máxima de Moringa que los consumidores toleraban en el refresco. Se obtuvo que la tolerancia del producto infusionado de Moringa-limón por parte de los consumidores estuvo entre el 1,1% y el 1,3%. Estos autores concluyeron que mayores concentraciones de infusión de hojas de Moringa proporcionaron sabor amargo y astringente.

A continuación, se muestra una tabla resumen que recopila todos los datos obtenidos de los artículos científicos comentados relacionados con la incorporación de Moringa en bebidas.

Tabla 8. Bebidas fortificadas con Moringa.

Parte de la Moringa	% Moringa	Características beneficiosas	Características problemáticas	Fuente
Hoja fresca	1,5-4,5	Producto totalmente vegetal rico en proteína y buena capacidad antioxidante	Las concentraciones más altas proporcionaron amargor y tonalidades verdosas indeseables	Aderinola, 2018
Infusión de hoja	50	Mayor contenido en proteína y fibra y menos hidratos de carbono y kilocalorías	Con el paso del tiempo hubo mayor degradación del sabor	Domínguez, 2017
Extracto acuoso de las hojas	30	Buena viscosidad, acidez y fenoles totales	Necesidad de investigar más sobre el extracto acuoso de las hojas en otras bebidas	Flores-Ríos, 2019
Polvo de hoja	30	Mayor contenido en proteína, fibra, además de otros macro y micro nutrientes	Incremento del coste de elaboración	Ramos De Espinoza <i>et al.</i> , 2019
Polvo de hoja	30	Mayor contenido en proteína y minerales	La materia prima no debe estar más de una semana almacenada porque pierde calidad y absorbe fácilmente la humedad	Azucena <i>et al.</i> , 2016
Infusión de hoja	100	Elevado contenido fenólico	Dificultad por parte de los consumidores para aceptar la infusión por ser un producto nuevo y con sabor característico	Kumar <i>et al.</i> , 2018
Infusión de hoja	1,1-1,3	Aumento del valor nutritivo	Mayores concentraciones las hojas proporcionaron sabor amargo y astringente	Gamboa <i>et al.</i> , 2017

2.3 Productos cárnicos y sus análogos con bases vegetales

Dentro de las tendencias actuales de consumo, se encuentra el mercado de los alimentos vegetarianos y veganos, que se ha incrementado en los últimos años, ya sea por principios morales o por sus beneficios para la salud. Por ser importante para la dieta humana, la proteína presente en la carne puede ser sustituida por proteína vegetal, que se encuentra en la naturaleza en diferentes concentraciones y productos. El consumo de productos de origen animal es elevado sobre todo entre los jóvenes. La elaboración de productos como hamburguesas, salchichas y nuggets se basa en muchos casos, en carne de baja calidad con elevado contenido graso y bajo precio. Por ello, la posible sustitución del contenido cárnico por una base vegetal rica en proteína y baja en grasa está siendo muy acogida por distintos estratos de la sociedad. Muchos estudios se han llevado a cabo en este sentido utilizando diferentes proteínas vegetales (soja, lenteja, avena, garbanzo, arroz integral, espinacas y zanahoria) y disponibles ya en el mercado (Illera *et al.*, 2018; Atalaya *et al.*, 2018 y Palate, 2017). No obstante, no se ha encontrado ninguna fuente en la que se haya utilizado la Moringa como sustituto total o parcial de la carne para elaborar análogos cárnicos con base de vegetales, aunque sí hay muchos trabajos publicados que incorporan distintos porcentajes de Moringa con fines conservantes o estabilizantes tanto en productos cárnicos como en sus análogos vegetales. A continuación, se recogen los resultados más relevantes encontrados en este sentido.

Dentro de la elaboración de productos cárnicos, existe una creciente demanda de antioxidantes efectivos de fuentes naturales, porque cada vez se consideran más seguros para su consumo. Los antioxidantes sintéticos, utilizados ampliamente en la industria alimentaria para mejorar la vida útil, el color y la estabilidad del sabor de los productos cárnicos, en algunos estudios han sido implicados como un factor de riesgo para enfermedades degenerativas como el cáncer (Hygreeva *et al.*, 2014). Por tanto, el extracto de hojas de Moringa ha sido utilizado por varios investigadores como fuente de antioxidantes naturales en productos cárnicos (Hazra *et al.*, 2012 y Muthukumar *et al.*, 2014). Este extracto de hojas es usado en la elaboración de productos cárnicos, pero no con el fin de reemplazar la proteína de la carne, sino con función conservante, debido a que la carne fresca es una matriz rica en nutrientes y tiene una humedad ideal para el crecimiento y la propagación de microorganismos, por lo que es altamente perecedera (Falowo *et al.*, 2018). Así, Shah *et al.* (2015) aplicaron un extracto acuoso de hoja de Moringa en carne fresca, constatando la inhibición de la oxidación de lípidos y mejorando el color de la carne durante el almacenamiento. Por otra parte, Hazra *et al.* (2012) realizaron un estudio evaluando las cualidades fisicoquímicas, microbianas y organolépticas de la carne cocida de búfalo. Estos autores concluyeron que el uso de extracto crudo de Moringa debía estar entre el 1,5 y el 2% para disminuir la carga microbiana y mejorar la calidad de la carne, al mejorar la ternura, la jugosidad y evitar la decoloración. Aunque las variaciones de los resultados entre 1,5% y 2% fueron muy pequeñas, prefirieron 1,5% sobre el 2%, considerando así la cantidad más baja debido a que concentraciones más elevadas proporcionaban sabores poco deseados. En otro estudio llevado a cabo por Magán (2019), se introdujo extracto de hoja de Moringa en salchichas de pollo en concentraciones de 0,75-1% analizando su influencia durante varias semanas de almacenamiento, registrando una fuerte actividad antioxidante y antimicrobiana en las muestras con Moringa. Sin embargo, concentraciones superiores al 2% otorgaron sabores no deseados.

Por otra parte, Jayawardana *et al.* (2015) observaron que la inclusión de 0,5 g/100 g de extracto de hoja de Moringa fue suficiente para inhibir la oxidación de lípidos y el crecimiento microbiano, mientras que 0,75 y 1 g/100 g de hoja de Moringa tuvieron un efecto negativo significativo en los atributos sensoriales y texturales de las salchichas de pollo. En la línea de lo reportado por Jayawardana *et al.*, (2015), Muthukumar *et al.* (2014) incluyeron extracto de hoja de Moringa a un nivel de 0,6 g/100 g de carne observando una inhibición de la oxidación de lípidos en la carne de cerdo empanada. Pérez-Touzón *et al.* (2018) elaboraron mortadela con 2% de polvo de hojas de Moringa, resultando un producto con muy buena aceptación y calidad sanitaria excelente. Pero estos autores concluyeron que concentraciones superiores al 2% otorgaron sabores indeseados. Siguiendo la misma línea de investigación, Munevar *et al.* (2019) incorporaron en chorizo crudo, polvo y extracto acuoso liofilizado de hojas de Moringa constatando un efecto antimicrobiano del 67,6% con una concentración de 0,1 mg/mL para el polvo y 51,4% con una concentración de 400 mg/mL para el extracto acuoso liofilizado. Además, la inclusión del extracto acuoso liofilizado de hojas de Moringa sobre la matriz alimentaria, logró controlar el crecimiento de la bacteria *Staphylococcus aureus* en un 52,3 % en relación al producto sin conservante. En cuanto a la evaluación sensorial el cambio de color respecto a la muestra control, debido a la incorporación de Moringa hizo que disminuyera la aceptación. Por último, Verma *et al.* (2019) elaboraron nuggets de carne de cabra, pero en vez de introducir a la matriz extracto de hoja de Moringa, incorporaron el extracto seco (polvo) de la flor con éxito hasta un 2%, mejorando así sus características funcionales y la vida útil del producto final. Cabe destacar, que las características fueron estadísticamente similares entre la muestra control y producto con polvo de flor al 2%, excepto que para ese porcentaje la puntuación de sabor fue baja.

Por otra parte, y debido a la tendencia de disminuir el consumo de carne, Torres-Valenzuela *et al.* (2016) plantearon elaborar una hamburguesa con harina de chachafruto (*Erythrina edulis*), harina de plátano (*Musa spp.*) (con contenidos proteicos de 19,25% y 3,04% respectivamente) (Umaña *et al.*, 2013), y la ahuyama o calabaza moscada (*Cucurbita moschata*) que, además, presenta altos contenidos de luteína, vitamina C, fibra dietaria, compuestos fenólicos y α y β -carotenos (Jacobo-Valenzuela *et al.*, 2011). A todos estos ingredientes se adicionó en distintas concentraciones (0%, 1% y 3%) una infusión de hoja de Moringa (*Moringa oleifera*) en polvo como conservante/antioxidante para evaluar su efecto sobre las condiciones de almacenamiento y el crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios en las hamburguesas. Se encontró que la adición mínima de concentración de Moringa (1%) afectó negativamente a las características organolépticas del producto (Figura 7). Concretamente, se registró que el 81% de los evaluadores percibieron una concentración “ligera” e “imperceptible” en la muestra control (0% de Moringa), mientras que el 63% detectaron una adición “media”/“ligera” en las hamburguesas con 1% de Moringa. La adición de 3% de Moringa generó una mayor percepción que fue definida entre “fuerte” y “extremadamente fuerte” (en el 63% de los evaluadores).

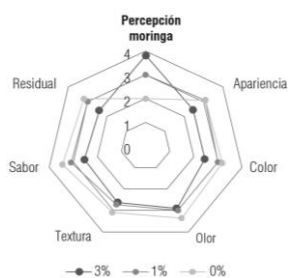


Figura 7. Análisis sensorial de la hamburguesa con adición de Moringa (1% y 3%). (Fuente: Torres-Valenzuela *et al.*, 2016).

La inclusión de Moringa a una concentración del 1% sobre en las hamburguesas de vegetales, consiguió reducir la proliferación microbiana de mesófilos aerobios en un 10% con respecto a la muestra control, lo que corrobora que la Moringa tiene un elevado potencial como ingrediente antimicrobiano. Este efecto ha sido también observado en otros trabajos ya mencionados. Así, investigaciones recientes reportan el uso de extractos de plantas para reducir la proliferación microbiana, evitando el uso de aditivos que alteren las características sensoriales y nutritivas del producto, dentro de estos destaca la *Moringa oleifera* (Gopalakrishnan *et al.*, 2016). Se ha encontrado que la Moringa posee un efecto antibacteriano en extractos acuosos y etanólicos de sus hojas (Martín *et al.*, 2013). Profundizando un poco más en el trabajo de Torres-Valenzuela *et al.* (2016), durante el almacenamiento se observó un aumento muy reducido de la carga microbiana en presencia de Moringa, mientras que en las hamburguesas control esta evolución fue más acentuada (Figura 8). A partir de lo anterior, esto pudo ser generado por el efecto antimicrobiano de los componentes de la Moringa que adicionalmente se pudo ver potenciado por las altas temperaturas que facilitan el proceso de liberación de los componentes antimicrobianos contenidos en la planta. Con respecto al tiempo de almacenamiento, se observó que hubo un incremento significativo en la carga microbiana durante el almacenamiento, siendo estadísticamente mayor en las hamburguesas sin Moringa (Figura 8). Por todo ello, se puede decir que el extracto de hojas de Moringa sobre carne envasada bajo atmósfera modificada disminuye la proliferación de la carga microbiana en comparación con la hamburguesa control (0% de Moringa).

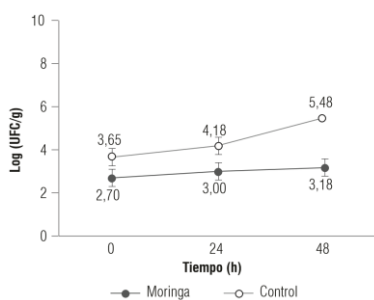


Figura 8. Recuento microbiológico durante el almacenamiento a 22°C y 60% de humedad relativa. (Fuente: Torres-Valenzuela *et al.*, 2016).

A continuación, se muestra una tabla resumen que recopila todos los datos obtenidos de los artículos científicos comentados relacionados con la incorporación de Moringa en productos cárnicos y sus análogos con bases vegetales.

Tabla 9. Productos cárnicos y sus análogos con bases vegetales fortificados con Moringa.

Parte de la Moringa	% Moringa o mg/mL	Características beneficiosas	Características problemáticas	Fuente
Extracto acuoso de hoja	1,5-2%	Inhibición de la oxidación de lípidos, mejora del color y la calidad de la carne durante el almacenamiento y disminución de la carga microbiana	Mayores concentraciones otorgaron sabores poco deseados	Shah <i>et al.</i> , 2015; Hazra <i>et al.</i> , 2012 y Muthukumar <i>et al.</i> , 2014
Extracto acuoso de hoja	0,75-1%	Fuerte actividad antioxidante y antimicrobiana durante varias semanas de almacenamiento	Concentraciones superiores al 2% otorgaron sabores no deseados	Magán, 2019
Extracto acuoso de hoja	0,5-0,75%	Inhibición del crecimiento microbiano y la oxidación de lípidos	0,75% otorgaron un efecto negativo en los atributos sensoriales y texturales en la carne	Jayawardana <i>et al.</i> , 2015
Polvo de hoja	2%	Buena calidad sanitaria inhibiendo el crecimiento microbiano	Mayores concentraciones otorgaron sabores poco deseados	Pérez-Touzón <i>et al.</i> , 2018
Polvo de hoja y extracto acuoso liofilizado	0,1 mg/mL para el polvo y 400 mg/mL para el extracto acuoso liofilizado	El uso de polvo frente al extracto tuvo mayor eficacia antimicrobiana con menor concentración	Cambio de color respecto a la muestra control	Munevar <i>et al.</i> , 2019
Polvo de flor	2%	Mejora de la vida útil y de las características funcionales	Sabor poco agradable	Verma <i>et al.</i> , 2019
Infusión de hoja	1%	Reducción del 10% de la proliferación de mesófilos aerobios frente a la muestra control	El 1% afectó negativamente a las características organolépticas	Torres-Valenzuela <i>et al.</i> , 2016

2.4 Pan

El pan es un alimento básico en los países en vías de desarrollo y en muchas otras regiones del mundo. Es un alimento energético, denso y con bajo un contenido de micronutrientes (Oyeyinka *et al.*, 2018). La deficiencia de micronutrientes está aumentando entre los niños y las mujeres embarazadas en África y otros países en desarrollo. Por todo esto, se ha investigado que la inclusión de flores, semillas y hojas en polvo de Moringa en la masa de pan preparada a partir de harina de trigo o en combinación con otras harinas mejora el valor nutricional del pan (Chinma *et al.*, 2014 y Sengev *et al.*, 2013). Concretamente, se encontró que el contenido de proteína y fibra cruda del pan de harina de trigo enriquecido con 5% de polvo de hojas secas de Moringa aumentó aproximadamente en un 54% y 56%, respectivamente (Sengev *et al.*, 2013). Otros informes sobre el pan fortificado observaron un aumento del 17% y del 88% en el contenido de proteínas y fibra cruda, para el pan fortificado con 5% de polvo de Moringa (Chinma *et al.*, 2014). Estas variaciones en el aumento del contenido de nutrientes obtenidos por estos dos autores pueden atribuirse a la influencia de los ingredientes, tanto de la Moringa como de la harina de trigo utilizada, en la formulación del pan. Siguiendo esta línea de investigación, Bourekoua *et al.* (2018) evaluó el efecto de la adición de polvo de hoja de Moringa sobre las propiedades físicas, sensoriales y antioxidantes del pan sin gluten. El polvo de hoja de Moringa se incorporó en diferentes niveles (2,5%, 5%, 7,5% y 10%). Los resultados revelaron que la adición de más del 2,5% de Moringa, disminuyó el volumen específico del pan, así como la dureza y la masticabilidad, aunque estos dos últimos parámetros su disminución fue en menor medida. Sin embargo, la ligereza de la miga y la corteza disminuyeron con el aumento de Moringa. Para la evaluación sensorial, se obtuvo que el pan fortificado con 2,5% de Moringa fue el más aceptable. Por lo tanto, teniendo en cuenta tanto la evaluación sensorial como la actividad antioxidante, la adición de polvo de hoja de Moringa no debe exceder el 5%, lo que coincide con lo reportado por Karim *et al.* (2013), ya que una mayor proporción enmascararía el color del pan y aumentaría el sabor herbáceo. Estos autores junto con Sengev *et al.* (2013) sugirieron el uso de un agente aromatizante que enmascarará el sabor herbal del polvo de hoja de Moringa para mejorar su aceptabilidad. La suplementación de pan sin gluten con hojas de Moringa parece ser una buena manera de proporcionar niveles apropiados de minerales, proteínas, fenoles y otros nutrientes para personas celiacas, mejorando la calidad nutricional. Lo más importante es que la adición de Moringa aumenta significativamente el contenido fenólico total y actividad antioxidante del pan obtenido.

Por otra parte, una alternativa prometedora en la fortificación del pan sería la semilla o la flor de Moringa. La semilla es igual de rica que la hoja en proteínas con valores que oscilan entre 27% y 33% (Mbah *et al.*, 2012). Según Ogunsina *et al.* (2011) la fortificación de la harina de trigo con harina de semilla de Moringa hasta concentraciones de un 15% para la producción de pan aumentó el contenido de proteínas en aproximadamente un 67%, sin alterar significativamente las propiedades sensoriales. Así, tanto la apariencia física como el volumen del pan y el color de la corteza fueron comparables al pan control (100% harina de trigo) y mostraron una apariencia superior al pan fortificado con polvo de hojas de Moringa, sin embargo, concentraciones superiores mostraron una textura más dura y menos esponjosa frente a la muestra control. Se han realizado otros estudios como el de Bolarinwa *et al.* (2019) en los que el pan se ha fortificado con polvo de semillas de *Moringa oleifera* en proporciones variables (0%, 5%, 10%, 15% y 20%). En este, se concluyó que el contenido de humedad del pan fortificado disminuyó de 22,89% (pan fortificado con 5% de Moringa) a 20,01% (pan fortificado con 20% de Moringa) en comparación con el pan de trigo 100% que su humedad fue del 22,90%.

Este hecho supuso que las muestras de pan fortificadas con altas proporciones de Moringa (15-20%) no tuvieran una textura tan blanda y esponjosa como las elaboradas con 100% harina de trigo coincidiendo con informaciones proporcionadas en los artículos ya mencionados. No obstante, su vida útil fue más larga, precisamente por su bajo contenido en humedad. Por otra parte, el pan fortificado con Moringa aumentó significativamente su contenido proteico a medida que aumentaba la concentración de polvo de semilla de Moringa. Se ha realizado una búsqueda bibliográfica y se ha observado que la harina de semilla de Moringa y la harina de torta de Moringa contienen 28% y 50,8% de proteína cruda, respectivamente (Abiodun *et al.*, 2012). Sin embargo, el contenido de carbohidratos del pan fortificado disminuyó respecto al pan control y el contenido mayor de grasa del pan fortificado indicó que el pan será más sabroso ya que la grasa aumenta la palatabilidad de los alimentos. En cuanto a la fibra, el contenido también aumentó al incrementar la proporción de polvo de semilla de Moringa. En general, el contenido en micro y macro nutrientes fue mayor al del pan control. Los resultados de la evaluación sensorial revelaron que el pan sin fortificar y los de harina de trigo fortificada con 5% de polvo de semillas de Moringa se calificaron de manera similar en casi todos los atributos de calidad evaluados. Esto indica la viabilidad de agregar polvo de semilla de Moringa al pan, sugiriendo como resultado el uso potencial de polvo de semilla de Moringa como fortificante en alimentos, pero limitando su inclusión a un 5% coincidiendo con los resultados observados por otros estudios, entre ellos el de Bourekoua *et al.* (2018).

A continuación, se muestra una tabla resumen que recopila todos los datos obtenidos de los artículos científicos comentados relacionados con la incorporación de Moringa en productos pan.

Tabla 10. Panes fortificados con Moringa.

Parte de la Moringa	% Moringa	Características beneficiosas	Características problemáticas	Fuente
Polvo de hojas	5	Aumento del contenido de proteína y de fibra cruda	Las variaciones en el aumento del contenido de nutrientes dependen de la influencia de los ingredientes	Chinma <i>et al.</i> , 2014 y Sengev <i>et al.</i> , 2013
Polvo de hojas	2,5-5	Disminución frente al control de la dureza y masticabilidad	Concentraciones mayores limitan la aceptabilidad y se propone el uso de un agente aromatizante que enmascare el sabor y color herbal	Bourekoua <i>et al.</i> , 2018; Karim <i>et al.</i> , 2013 y Sengev <i>et al.</i> , 2013
Harina de semilla	1-5	Aumento del contenido de proteínas, fibra y apariencia comparable con el control	Textura no tan blanda y esponjosa como la muestra control	Ogunsina <i>et al.</i> , 2011
Harina de semilla	1-5	Aumento del contenido de proteínas, fibra, contenido graso aumentando la palatabilidad del producto y menor humedad por lo que hay un aumento de la vida útil	Textura no tan blanda y esponjosa como la muestra control	Bolarinwa <i>et al.</i> , 2019 y Bourekoua <i>et al.</i> , 2018

2.5 Productos de bollería

Una buena nutrición es vital durante todo el ciclo de la vida. Las primeras experiencias de los niños con la comida juegan un papel importante en la configuración de sus hábitos alimenticios (Julien *et al.*, 2015). El incremento del consumo de bollería industrial y comida rápida ha derivado en enfermedades crónicas como la obesidad y enfermedades cardiovasculares (Jung, 2016). En consecuencia, los consumidores están aumentando su inquietud por mejorar su salud y su calidad de vida. Por tanto, la industria alimentaria también está haciendo varios intentos para desarrollar alimentos funcionales saludables, utilizando productos naturales útiles para la prevención de enfermedades.

Por todo lo expuesto, Jung (2016) propuso enriquecer alimentos que tienen una buena aceptabilidad por parte de la población, como es la bollería, con polvo de Moringa, aumentando así su valor nutricional. Para ello, este estudio evaluó las características de calidad de magdalenas preparadas con harina de trigo y sustituyendo dicha harina por distintas proporciones (0%, 1%, 3%, 5% y 7%) de polvo de hoja de Moringa (*Moringa oleífera*). Se obtuvieron resultados como que el peso de las magdalenas aumentó a medida que aumentaba la cantidad de Moringa. En cambio, la altura y el pH de las magdalenas disminuyeron significativamente. En cuanto a la dureza, fue mayor cuanto menos Moringa contenía y la cohesión disminuyó a medida que aumentó la cantidad de Moringa. La sustitución de la harina de trigo por Moringa produjo magdalenas con una mayor actividad antioxidante, como en el estudio llevado a cabo por Chinchilla (2019), así como un mayor contenido total de polifenoles. Dado que se ha confirmado que la capacidad antioxidante se mantiene incluso después de un proceso de horneado a alta temperatura, como 185°C, se cree que la adición de polvo de hoja de Moringa se puede utilizar en varios campos de repostería y panadería. Respecto a la evaluación sensorial, las puntuaciones de apariencia de las magdalenas fueron más altas en los grupos que contenían 7% de Moringa, mientras que las puntuaciones de sabor, textura y aceptabilidad en general fueron más bajas para este tipo de concentración. Por lo tanto, estos autores proponen adicionar hasta un 3% de polvo de Moringa en las magdalenas, ya que esta concentración es suficiente para satisfacer la calidad sensorial y las necesidades funcionales del consumidor. En cambio, según el estudio realizado por Srinivasamurthy *et al.* (2017) se puso de manifiesto que la magdalena fortificada con un 12% de polvo de hoja Moringa fue la más aceptada, mejorando nutricionalmente respecto a la muestra control ya que el contenido en proteínas y otros macro y micro nutrientes aumentó. Estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Sahay *et al.* (2017). Ambos estudios proponen la necesidad de investigar más sobre la utilización óptima de las hojas y otras partes de la planta, para que haya una mayor conciencia y aplicación de este árbol sobre su uso en diversos productos alimentarios. Chinchilla (2019) expuso que sería limitante una concentración de polvo de hoja de Moringa de más del 10% por aumentar la compactación de las magdalenas y por aportar una coloración verdosa poco deseable. También sensorialmente, se corroboró que el mayor oscurecimiento de la magdalena con Moringa fue el factor determinante en la intención de compra. De acuerdo a la información comentada, se podría establecer un rango de adición de polvo de hojas secas de Moringa a las magdalenas que podría ir desde el 10 hasta el 12%, pero cabe destacar que la adición mínima para satisfacer la calidad sensorial sería del 3%.

Siguiendo esta línea de investigación, pero utilizando como matriz alimentaria las galletas, Ogunsina *et al.* (2011) concluyeron que una concentración del 20% de polvo de semillas de Moringa produjo galletas fortificadas con grietas en la superficie y un color similar al de la galleta control. Superado este porcentaje, la calidad del producto se redujo considerablemente.

Estos datos coinciden con los reportados por Sujatha *et al.* (2017) y por Saleh *et al.* (2014). Además, el contenido de proteínas de las galletas enriquecidas con 10% y 20% de polvo de semilla aumentó en un 45% y 90%, respectivamente. Cabe destacar que esta elevada proporción de polvo de semilla de Moringa fue aceptada sensorialmente porque el sabor recordaba al sabor de la nuez. Alam *et al.* (2014) propuso adicionar hojas secas de Moringa a galletas hasta un 1% para que el producto fuera sensorialmente aceptable. Emelike *et al.* (2015) produjeron galletas con éxito a partir de harina de trigo incorporando harina de hojas de Moringa al 5%. Esto proporcionó una alternativa a la leche y al huevo para los vegetarianos sin registrarse diferencias significativas en el contenido de proteínas en las galletas sin huevo y leche, pero con inclusión de hojas de Moringa respecto a las producidas con huevo y leche sin inclusión de hojas de Moringa. También observaron que cuando el color de producto nuevo difería de los productos estándar, los consumidores podrían verlo como un signo de deterioro y, en consecuencia, rechazarlos, de forma similar a lo comentado anteriormente con las magdalenas (Chinchilla, 2019). Además, se observó un aumento en el contenido de fibra de las galletas enriquecidas con 5% de harina de hojas de Moringa. Alfonso-Hernández *et al.* (2018) desarrollaron también galletas, mezclando la harina de trigo con hoja de Moringa en polvo en concentraciones de 100:0 (control), 90:10, 80:20, 70:30 y 50:50, respectivamente. Los nuevos productos se evaluaron sensorialmente y se obtuvieron buenos resultados en las galletas con 10% de hoja de Moringa, ya que no mostraron diferencias significativas respecto al grupo control. Las galletas con 20% de hoja de Moringa fueron penalizadas en el color y el aroma, pero no en la aceptación global, mientras que las galletas al 30 y 50% presentaron una disminución significativa en todos los parámetros evaluados (crujido, gusto, color, aroma y aceptación global). De esta forma, los autores recomendaron la concentración del 10% de hoja triturada de Moringa para la elaboración de galletas. Aguiar (2019) elaboró galletas con un 95% harina de trigo y con 5% de polvo de hoja de Moringa, adicionándoles una cobertura de chocolate para enmascarar el color verdoso. Este hecho hizo que obtuvieran un producto aceptable en lo que se refiere a sus características sensoriales (color, sabor, olor y crujencia) ya que más de la mitad de los encuestados valoraron el producto satisfactoriamente.

Otras matrices alimentarias del grupo de bollería a las que se le pueden adicionar polvo de hoja de Moringa sería en masas batidas como bizcochos. Kolawole *et al.* (2013) observaron que la mejor aceptación sensorial se obtenía para una concentración del 8%, de entre todas las formulaciones evaluadas (0%, 4%, 8%, 12%, 16% y 20%) debido a que mayores concentraciones serían limitantes por la coloración verdosa aportada por la Moringa. A su vez, nutricionalmente se mejoró el contenido de proteína respecto a la muestra control y el contenido en aminoácidos esenciales ya que los granos de cereales (el trigo en este caso) son limitantes en dos aminoácidos esenciales, lisina y triptófano. Por otra parte, Dos Santos *et al.* (2020) adicionaron harina de hoja de Moringa (5 y 10%) a "brownies", obteniendo productos con menor contenido en lípidos en comparación con la muestra control.

A continuación, se muestra una tabla resumen que recopila todos los datos obtenidos de los artículos científicos comentados relacionados con la incorporación de Moringa en productos de bollería.

Tabla 11. Productos de bollería fortificados con Moringa.

Parte de la Moringa	% Moringa	Características beneficiosas	Características problemáticas	Fuente
Polvo de hoja	1-3	Mayor actividad de eliminación de radicales libres y menor dureza del producto al aumentar la concentración	La altura del producto disminuyó al aumentar la concentración. Concentraciones del 7% provocaron baja aceptabilidad en sabor y textura	Jung, 2016
Polvo de hoja	1-12	Mayor contenido en proteínas y otros macro y micro nutrientes respecto a la muestra control	Necesidad de investigar más sobre la utilización óptima de las hojas y otras partes de la planta para que haya una mayor aplicación de la planta sobre el producto	Srinivasamurthy <i>et al.</i> , 2017 y Sahay <i>et al.</i> , 2017
Polvo de hoja	1-10	Mejora nutricional del producto frente a la muestra control	Concentraciones mayores del 10% aportaron una compactación al producto y una coloración verdosa no deseable	Chinchilla, 2019
Polvo de semilla	1-20	Mayor contenido en proteínas respecto a la muestra control	Concentraciones mayores del 20% afectaron negativamente al color y al sabor	Ogunsina <i>et al.</i> , 2011; Sujatha <i>et al.</i> , 2017 y por Saleh <i>et al.</i> , 2014
Polvo de hoja	1-5	Mayor contenido en proteínas y fibra respecto a la muestra control	El color fue percibido por los consumidores como signo de deterioro y proporcionó rechazo. Sin embargo, fue más aceptado con una cobertura por encima que enmascarara el color	Alam <i>et al.</i> , 2014; Emelike <i>et al.</i> , 2015 y Aguiar, 2019
Polvo de hoja	1-20	Mejora nutricional del producto frente a la muestra control	Concentraciones del 10% fueron comparables con el control, con el 20% solo se penalizó el color y aroma y mayores concentraciones no fueron aceptadas	Alfonso-Hernández <i>et al.</i> , 2018
Polvo de hoja	1-8	Mayor contenido en proteínas, fibra y aminoácidos esenciales respecto a la muestra control	Mayores concentraciones serían limitantes debido al color	Kolawole <i>et al.</i> , 2013
Polvo de hoja	5-10	Mayor contenido en cenizas y menor contenido en lípidos respecto a la muestra control	Mayores concentraciones serían limitantes debido al color y al sabor	Dos Santos <i>et al.</i> , 2020

2.6 Productos lácteos

Los alimentos funcionales se definen como aquellos que están destinados a ser consumidos como parte de la dieta normal y que contienen componentes biológicamente activos, los cuales ayudan a mejorar la salud o reducir el riesgo de enfermedades. Los probióticos se consideran una de las sustancias alimentarias funcionales más importantes y según la OMS (2020) se definirían como "microorganismos viables no patógenos que confieren efectos beneficiosos sobre la salud del huésped cuando se administran en cantidades adecuadas". Estos beneficios incluyen la inhibición del crecimiento de patógenos intestinales, un sistema inmunológico mejorado, así como el tratamiento y la prevención de determinadas enfermedades. Los microorganismos probióticos están disponibles en una variedad de alimentos destacando sobre todo en los productos lácteos fermentados como son el yogur y el queso (Yilmaz-Ersan *et al.*, 2020).

La incorporación de la Moringa en productos probióticos puede potenciar todavía más sus propiedades beneficiosas para la salud. En este contexto, el uso de polvo de hojas de Moringa seca como condimento en yogur para aumentar su calidad nutricional, ha sido estudiado (Falowo *et al.*, 2018), observando su interacción en función de la naturaleza de otros productos alimenticios, como frutas o vegetales, con los que se combina. La razón por la que se agregan otros productos al yogur enriquecido con Moringa es para aumentar así la aceptabilidad del yogur, sobre todo, en términos de color (suprimiendo la intensidad verdosa), olor, textura y sabor que proporciona el polvo de hojas, ya que puede no ser deseable para los consumidores (Oyeyinka *et al.*, 2018). Según Hekmat *et al.* (2015), se recomienda una adición de polvo de hojas de Moringa en el yogur entre el 0,5 y el 3%, siempre dependiendo de si se agregan otros productos como azúcar, vegetales molidos o frutas. Estos investigadores observaron que la adición del 5% de azúcar al yogur enriquecido con 0,5% de polvo de hoja Moringa aumentaba la aceptabilidad del producto en términos de sabor. Sin embargo, la adición del 5% de azúcar a un yogur fortificado con una tasa de inclusión de polvo de hoja de Moringa al 1% supuso un sabor fuerte que redujo la aceptabilidad del consumidor. En esta línea, se han realizado estudios que coinciden con el artículo de Hekmat *et al.* (2015), como el de Hassan *et al.* (2016), que concluyen que el yogur con una tasa de inclusión de Moringa al 0,5% obtuvo la puntuación más alta de sabor en comparación con los otros niveles de inclusión (1%, 1,5% y 2%). Por otra parte, Kuikman *et al.* (2015) observaron que la adición de 250 mL de frutas como plátano y aguacate en 1000 mL de yogur fortificado con 1,7% de polvo de hojas de Moringa ayudó mejorando el sabor y la apariencia del mismo. Estos autores concluyeron que, aunque el yogur fortificado con Moringa puede tener un mayor contenido nutricional que el yogur control (0% Moringa), el color verdoso y el olor resultante de la misma, puede ser una barrera importante para la aceptación por parte de los consumidores. En este sentido, otros trabajos se han dirigido a enmascarar o reducir el color verdoso y el olor herbáceo indeseable resultantes de la inclusión del polvo de hoja de Moringa en los productos lácteos fortificados. Dado en la planta de Moringa se pueden aprovechar no sólo las hojas sino otras partes, Arise *et al.* (2014) y Ogunsina *et al.* (2011) propusieron reemplazar el polvo de hojas por el uso de polvo de flores (las cuales causan cambios mínimos en el color de los productos fortificados) y de semillas por presentar una cantidad sustancial de proteínas y fitonutrientes comparables a la de las hojas (Zaku *et al.*, 2015). Otra alternativa para contrarrestar los efectos negativos de las hojas secas de Moringa en las propiedades organolépticas podría ser el uso de aceite esencial extraído de las partes de la planta como flores y hojas. Estos aceites esenciales poseen importantes micronutrientes y fitoquímicos que pueden usarse como fortificantes además de ser incoloros en la mayoría de los casos (Falowo *et al.*, 2018). Pero cabe mencionar que vale la pena investigar sobre estas técnicas innovadoras ya que, solo se tratan de propuestas y así eliminar el olor y el color los productos lácteos fortificados sin variar su composición nutricional.

Otro producto lácteo que puede ser fortificado con Moringa es el queso. Según Oyeyinka *et al.* (2018) el contenido en proteína del queso fortificado aumentó en un 3%, 5% y 8%, para concentraciones de polvo de hoja de 1%, 2% y 3%, respectivamente. De manera similar, las propiedades antioxidantes del queso fortificado aumentaron sustancialmente con el incremento de la concentración de Moringa. Por otra parte, el estudio llevado a cabo por Salem *et al.* (2013), indicó que el queso fortificado con 3% de Moringa mostró propiedades antioxidantes tres veces más altas que la muestra de queso control, pero afectó a la textura y al sabor. Estos autores recomendaron el enriquecimiento del queso con polvo de hojas de Moringa en concentraciones del 1% y 2%, ya que, estos niveles dieron propiedades sensoriales comparables con la muestra control. No obstante, la concentración del 1% sería la más recomendable por dar lugar a una buena apariencia, cuerpo, textura y sabor tal y como se mostró en el trabajo llevado a cabo por Hassan *et al.* (2017). Por otra parte, Mohamed *et al.* (2018) incorporaron el extracto de etanol de las hojas de Moringa en la fabricación de queso crema con concentraciones del (1-4%), con el fin de incrementar su contenido en compuestos nutritivos y fenólicos, registrando una mejora del sabor y del crecimiento de las cepas probióticas del queso durante el almacenamiento, sin embargo, concentraciones más elevadas afectaron al sabor. Estos resultados serían consecuencia de las excelentes propiedades antimicrobianas que posee el extracto etanólico de hoja de Moringa, por lo que puede usarse como conservante natural para el queso crema aumentado así su vida útil.

De los estudios descritos anteriormente sobre productos lácteos (yogur y queso), parece apropiado usar hasta 2% de Moringa en ambos casos, dependiendo de otros aditivos alimentarios que se pueden agregar para suprimir el olor herbáceo y el color verde intenso.

A continuación, se muestra una tabla resumen que recopila todos los datos obtenidos de los artículos científicos comentados relacionados con la incorporación de Moringa en productos lácteos.

Tabla 12. Productos lácteos fortificados con Moringa.

Parte de la Moringa	% Moringa	Características beneficiosas	Características problemáticas	Fuente
Polvo de hoja	0,5-3	Aumento del valor nutritivo	Sabor fuerte para el 1%, pudiendo variar el sabor si se le adicionan otros productos alimentarios. Concentraciones altas proporcionaron olores y sabores poco agradables	Hekmat <i>et al.</i> , 2015; Hassan <i>et al.</i> , 2016 y Kuikman <i>et al.</i> , 2015
Polvo de hoja	1-3	Aumento de la capacidad antioxidante y del contenido en proteínas	Concentraciones del 3% afectaron a la textura y al sabor	Oyeyinka <i>et al.</i> , 2018; Salem <i>et al.</i> , 2013 y Hassan <i>et al.</i> , 2017
Extracto de etanol de las hojas	1-4	Aumento de compuestos nutritivos, fenólicos y crecimiento de cepas probióticas durante el almacenamiento	Concentraciones altas afectaron al sabor	Mohamed <i>et al.</i> , 2018

3. PROPUESTA DE PLAN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LA MORINGA EN MAGDALENAS

3.1 Justificación del trabajo

En las últimas cinco décadas los grandes avances tecnológicos en la industria alimentaria han permitido elaborar técnicas que adapten la comida a los ritmos frenéticos de la vida actual. El consumo de alimentos elaborados por la industria alimentaria ha ascendido de manera descomunal, llegando a ocupar casi el 80% del espacio en los supermercados (Arteaga, 2018). La ingesta de este tipo de productos, como la bollería, desplaza a los alimentos naturales, que verdaderamente aportan nutrientes al organismo. El resultado del consumo diario y prolongado de los ultraprocesados, conlleva al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, demencias cerebrales, diabetes mellitus tipo 2 y ciertos tipos de cáncer. Los alimentos ultraprocesados se definen por Oliag *et al.* (2020) como “productos listos para el consumo, elaborados por la industria alimentaria, compuestos total o parcialmente de sustancias extraídas de los alimentos (grasas, azúcar, aceites), derivadas de los componentes de los alimentos (grasas hidrogenadas, almidones modificados) o sintetizados a base de materiales orgánicos (colorantes, aromatizantes, potenciadores del sabor y otros aditivos utilizados para alterar las propiedades sensoriales de los alimentos)”. En la Figura 9 que se muestra el planteamiento del problema, además de sus causas y efectos.

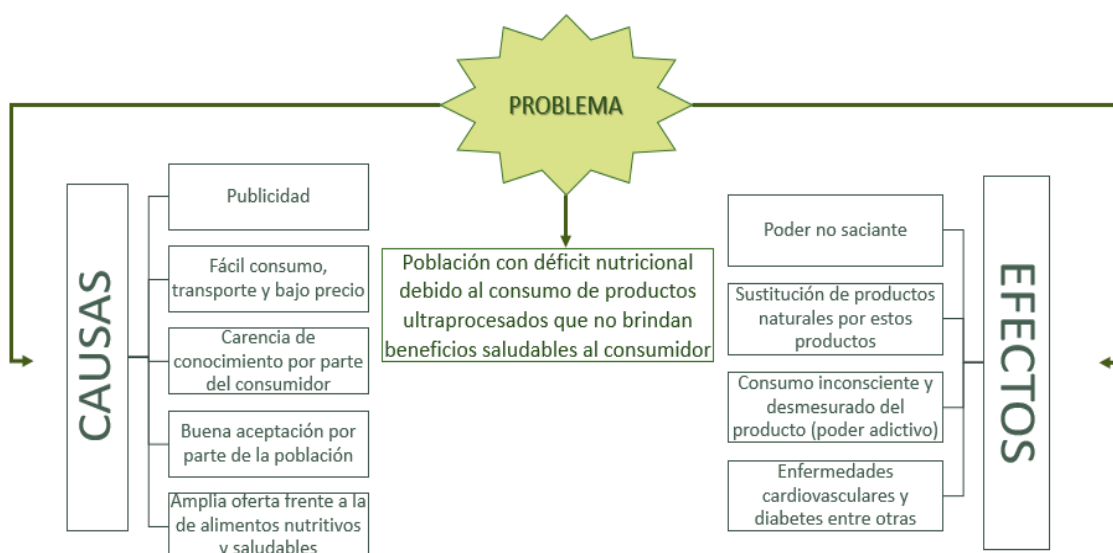


Figura 9. Planteamiento de la problemática del sector de la bollería industrial.

En este contexto, la industria alimentaria se enfrenta el desafío de repensar las maneras en que se consumen y producen los alimentos para conseguir una alimentación saludable para toda la población mundial, actual y futura, siendo este un objetivo exigente pero alcanzable (FAO, 2020).

En los últimos años, se ha observado un aumento de consumidores que quieren alimentarse de manera sostenible y saludable. Por tanto, hay un incremento en la demanda y producción de alimentos de origen natural, generando así productos que puedan prevenir enfermedades. Es ahí donde toma importancia la idea innovadora de incorporar *Moringa oleifera* a matrices alimentarias, debido a las ventajas que tiene la Moringa en la salud, comentadas en puntos anteriores. Actualmente, hay cada vez más consumidores vegetarianos y veganos y otros que prefieren, por razones de salud, la comida orgánica y no procesada. En consecuencia, hay un crecimiento en el número de productores, supermercados y restaurantes que ofrecen este tipo de opciones saludables o sostenibles (SpA, 2019).

Aunque hay algunos trabajos publicados de adición de hojas de Moringa a magdalenas y galletas, los rangos óptimos recomendados son muy variables. Además, estos pocos trabajos siempre toman como materia prima hoja de Moringa cultivada en países tradicionalmente productores de esta planta. Sin embargo, no se han encontrado ningún trabajo que haya estudiado las características de productos reformulados con Moringa cultivada en la cuenca mediterránea española. Por este motivo, se plantea como objetivo de la investigación el estudio de la incorporación de hoja seca de Moringa cultivada en la Comunidad Valenciana en magdalenas.

3.2 Planteamiento del plan de trabajo

Las hojas de *Moringa oleifera* serán recolectadas y suministradas por varios agricultores de la zona de Valencia. Investigaciones realizadas por Quintanilla-Medina *et al.* (2018), evidencian que el contenido de proteínas en las hojas secas dependerá de la temperatura y tiempo de secado. Un tiempo y una temperatura de secado óptimo permite conservar un mayor contenido de proteína cruda en las hojas de Moringa, además, de un porcentaje de humedad menor alargando la vida útil del producto. Según el estudio realizado por Gil (2019), para la humedad de equilibrio serían suficientes 10 o 12 horas de secado con temperaturas del aire de 50 y 40°C, respectivamente. Por ello, en este trabajo las hojas de Moringa se secarán con aire caliente a 40°C durante 12 horas, moliéndolas posteriormente (primera etapa del proceso, Figura 10). El polvo extraído en la molienda se usará para la fabricación de las magdalenas debido a la facilidad de éste para ser manipulado e incorporado a la matriz, además de para alargar su vida útil (Julien *et al.*, 2015). Se llevarán a cabo 5 formulaciones distintas de magdalenas, donde se sustituirá la harina de trigo por polvo de Moringa en distintas proporciones (1, 2,5, 5, 7,5 y 10 %(p/p)). Se realizará una muestra control formulada en su totalidad con harina de trigo 100% para realizar posteriormente comparaciones. El hecho de realizar las formulaciones con porcentajes tan bajos de Moringa se basa en los estudios bibliográficos de aceptabilidad por parte del consumidor (Jung, 2016; Srinivasamurthy *et al.*, 2017; Sahay *et al.*, 2017 y Chinchilla, 2019). Aunque estos autores difieran entre ellos en los resultados obtenidos, sí que coinciden en que mayores concentraciones como por ejemplo del 5-10% producen magdalenas con menor altura (debido a la baja capacidad de retener gases durante la cocción), más compactas, pero menos cohesivas y poco porosas-alveolares siendo justo lo contrario a lo aconsejado por Alvarez *et al.* (2016). Esto puede ser debido a la mayor cantidad de proteínas que contiene el polvo de hojas de Moringa. En un estudio realizado por El-Gammal *et al.* (2016) sus resultados concuerdan con lo expuesto por estos autores y concluyen que el polvo de Moringa, debido a que tiene bajo contenido en hidratos de carbono, afecta negativamente a algunos valores farinográficos y

extensográficos. Debido a una menor presencia de almidones capaces de retener gases e hincharse durante el horneado, la textura se hace más compacta. Respecto a la morfología, concentraciones del 5% o superiores dan lugar a magdalenas ovaladas, con un copete más disipado y agrietado (Chinchilla, 2019). En cuanto al sabor, olor y aceptación general las magdalenas con 10% de polvo de Moringa fueron las peor calificadas.

Se propone para la elaboración de las magdalenas que todas las formulaciones mantendrán los siguientes porcentajes en los ingredientes: 25 % de harina/polvo de Moringa, azúcar y huevo, 12% de aceite de girasol y de leche y por último un 1% de levadura química. En la mezcla de harina de trigo: polvo de Moringa, se variarán los porcentajes de ambos componentes según las siguientes proporciones 100:0, 99:1, 97,5:2,5, 95:5, 92,5:7,5 y 90:10.

El diagrama de flujo propuesto para realizar la elaboración de las magdalenas sería:

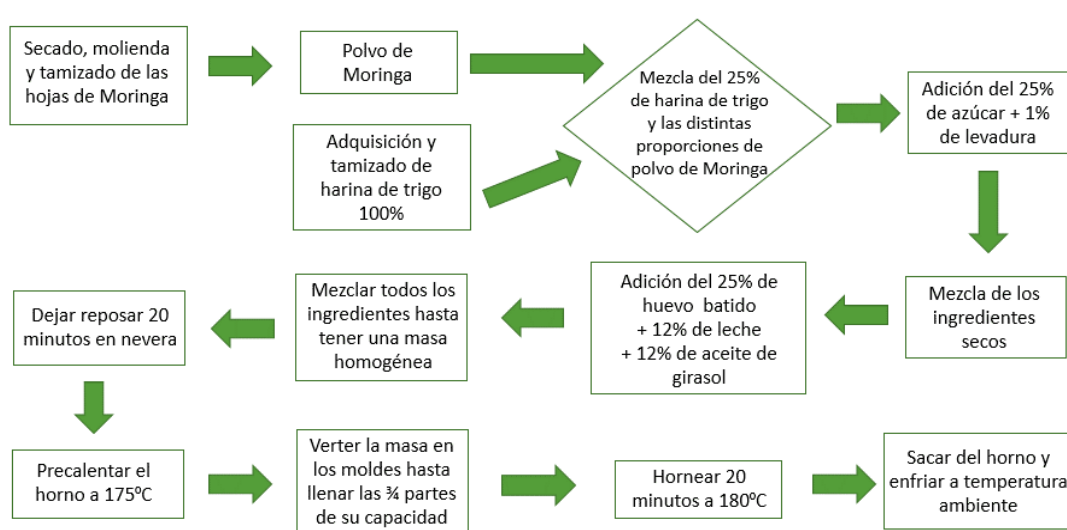


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de magdalenas.

Los análisis se llevarán a cabo tanto en la masa como en el producto final, como mínimo por triplicado. A continuación, se especifican las determinaciones que se realizarán:

3.2.1 Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) tanto de la masa como del producto horneado se determinará con un higrómetro de punto de rocío a 25°C según el método oficial (AOAC, 2000).

3.2.2 Humedad

El contenido de agua de la masa batida, de las magdalenas y del polvo de Moringa se analizará según el método gravimétrico (AOAC, 2000) en una estufa a 60°C hasta que se alcance un peso constante (suele ser a la semana aproximadamente).

3.2.3 Calorimetría diferencial de barrido

Esta determinación tiene como objetivo estudiar los cambios de estado en el producto (masa batida) respecto a los cambios de temperatura, utilizando un calorímetro diferencial de barrido (Perkin Elmer DSC-7, Norwalk, USA). De esta forma, se podrá registrar la energía consumida en la etapa de

gelatinización, mediante el área de los picos registrados en los termogramas. Para ello, se pesarán 20 mg de masa en crisoles de acero. Se realizará un barrido de temperatura de 5°C/min hasta llegar a 110°C (Echevarrías, 2017). Los parámetros extraídos por el software PE Series-DSC7 del equipo serán: la temperatura inicial del pico (T_o), la temperatura de gelatinización o temperatura a la que se produce el máximo del pico (T_p), la temperatura al final de la curva (T_f) y la entalpía (ΔH) para cada una de las masas.

3.2.4 Propiedades reológicas

Las propiedades reológicas de las masas batidas se analizarán mediante un reómetro (Haake RheoStress 1, Thermo Electric Corporation, Alemania) con un sistema sensor de cilindro coaxial (Z34DIN Ti) (Ortega-Toro *et al.*, 2014). Se realizarán dos ensayos uno estacionario y otro oscilatorio. Los resultados del estacionario se modelizarán con la ecuación de Herschel-Bulkley, mientras que con el oscilatorio se determinará el módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdidas (G'') permitiendo clasificar a la masa según sea su comportamiento (semisólido, viscoso o elástico).

3.2.5 Contenido en grasa

Se determinará en el producto horneado mediante una extracción de la grasa empleando éter de petróleo, con la metodología Soxhlet. Para ello, se pesarán 20 g de muestra molida y se introducirán en un cartucho de papel doblado y grapado, para evitar las pérdidas de material. Se tarará el matraz, desecado en estufa y enfriado en desecador. Se introducirá el cartucho en el extractor, añadiendo 300 mL de éter de petróleo y se realizará una extracción durante 4 horas. A continuación, se sacará el cartucho y se recuperará el éter de petróleo por desecación en estufa a 100°C. El residuo final corresponderá a la grasa extraída de la muestra.

3.2.6 Contenido en proteínas

La determinación de proteínas se realizará mediante el método Kjeldahl y un destilador automático (UDK, 129. VELP, SCIENTIFICA). Este método determina el porcentaje de nitrógeno de la muestra, que posteriormente será multiplicado por el factor 6,25, siendo el adecuado para este tipo de productos, para transformarlo en contenido proteico (Julien *et al.*, 2015). El análisis se realizará tanto en el polvo de Moringa como en las magdalenas.

3.2.7 Contenido en fibra bruta

La determinación de fibra en material vegetal se llevará a cabo mediante un tratamiento con ácidos y álcalis. Se realizará una primera extracción en medio ácido utilizando H_2SO_4 0,13 M, llevándolo a ebullición en una placa calefactora. Para la digestión en medio básico se utilizará hidróxido potásico (KOH 0,23 M). A continuación, se realizará un lavado con acetona, secando las muestras a 130°C durante 2 horas. Por último, se calcinará en mufla a 525°C durante 5 horas para obtener el peso final en fibra bruta del producto horneado.

3.2.8 Contenido en carbohidratos

Esta determinación se realizará por diferencia de peso con respecto al resto de los componentes analizados (proteínas, fibra y grasa) en el producto horneado.

3.2.9 Capacidad antioxidante

Se realizará por el método de captación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilidrazilo (DPPH) descrito por Brand-Williams *et al.* (1995) con algunas modificaciones.

Para ello, se mezclarán 0,5 g de muestra (polvo de Moringa o magdalena) con una disolución de 5 mL de metanol: agua (80:20) durante 120 minutos, vorteadando cada 30 minutos para mejorar su extracción. La mezcla se centrifugará (microcentrífuga, "Cencom III") a 1300 rpm durante 5 minutos (Nouman *et al.*, 2016). Por otro lado, se preparará una disolución de 0,025 g de DPPH en metanol:agua, 80:20. El método consiste en determinar la variación de la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm en un espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific, Inc. Helios Zeta UV-VIS, Waltham, MA, EE. UU.) de la disolución morada del DPPH en presencia de antioxidantes de las muestras de estudio. Para ello, se prepararán cubetas con 3,9 mL de DPPH y se determinará su absorbancia. A continuación, se agregará 0,1 mL del sobrenadante del extracto de la muestra de estudio. La mezcla se dejará en reposo durante 30 minutos en ausencia de luz y a temperatura ambiente antes de proceder a tomar las medidas (Pakade *et al.*, 2013) con el fin de favorecer la acción de los antioxidantes presentes en las muestras.

3.2.10 Determinación del calcio

Las muestras se homogenizarán utilizando un Ultraturrax (modelo T 25 Janke&Kunkel IKA-Labortechnik) a 9500 rpm durante 2 minutos. A continuación, se centrifugarán a 14000 rpm durante 10 min. Una vez separada la fase líquida de la matriz sólida se prepararán diluciones de la misma de 1:100. El contenido en Ca^{2+} se analizará mediante un cromatógrafo de intercambio iónico (Methrom Ion Analysis, IC838, IC 761) utilizando una columna Standard universal (Metrosep C2-150 (6.1010.220)), con un eluyente compuesto por ácido tartárico (4,0 mol/L) y ácido dipicolínico (0,75 mmol/L), provisto de detectores eléctricos. Las disoluciones de cada una de las muestras a analizar se colocarán en viales y el equipo tomará la cantidad necesaria (≈ 9 mL) para el análisis. La concentración de cada catión (ppm) se obtendrá de los cromatogramas. Los resultados se transformarán en mg Ca^{2+} por 100 g de muestra para poder comparar los resultados obtenidos.

3.2.11 Altura y peso

Se medirá la altura de las magdalenas horneadas mediante un pie de rey. Así mismo se tomará el peso con una balanza (METTLER TOLEDO, PB303-L, Suiza).

3.2.12 Propiedades mecánicas

Para realizar el ensayo de textura, se obtendrán con un sacabocados cilindros de 40mm de alto y 40mm de diámetro de la parte central de la magdalena. Se determinarán las propiedades mecánicas tales como dureza, cohesividad, gomosidad, adhesividad y elasticidad de los cilindros por medio de un ensayo de doble compresión TPA (Texture Profile Analysis), que imita el proceso de masticación, utilizando un texturómetro (Analizador de textura TA.XT. plus, Microsystems estable, Godalming, Reino Unido). Se empleará una sonda de un diámetro igual al diámetro del cilindro (40 mm), con una deformación de hasta el 50% a una velocidad de 1 mm/s y con un intervalo de 30 segundos entre ambas compresiones.

3.2.13 Propiedades ópticas

La medición del color, tanto interna como externa, se medirá con un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM - 3600d, Tokio, Japón), obteniéndose las coordenadas de color CIE $L^*a^*b^*$. Para ello, se utilizará el iluminante D65 y un ángulo de visión de 10° . Las mediciones externas se tomarán de la superficie de las magdalenas y para las mediciones internas se utilizarán las paredes de los cilindros obtenidos en el apartado de textura.

3.2.14 Análisis sensorial

Se seleccionarán las tres formulaciones de magdalenas que posean las mejores propiedades fisicoquímicas anteriormente analizadas y se evaluarán sensorialmente comparándolas con una muestra control. Para ello, se seleccionará un panel de catadores semientrenados y representativo de los diferentes grupos de edad de la población. La sesión de catas se llevará a cabo en una sala con cabinas individuales (ISO 8589,1988) del Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD). Las muestras serán presentadas a los catadores simultáneamente, estando codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Se valorará el aspecto, el color (exterior e interior), el aroma, la textura, la esponjosidad y el sabor de cada formulación en una escala hedónica de nueve puntos (ISO 4121:2003 y UNE-87025:1996) considerando distintos niveles desde "me disgusta mucho" hasta "me gusta mucho". También se evaluarán estos parámetros según el test Just About Right (JAR) para conocer si preferirían mayor o menor intensidad de los atributos analizados.

4. CONCLUSIONES

La Moringa se conoce desde la antigüedad y ha sido ampliamente utilizada en poblaciones latinoamericanas y asiáticas, sin embargo, es poco conocida en los países desarrollados. De la planta de la Moringa se pueden aprovechar todas sus partes. Cada una de ellas, tiene propiedades nutricionales importantes y especialmente las hojas, que son ricas en proteínas, vitaminas, antioxidantes y minerales. Además, es un cultivo con escasos requerimientos agronómicos e hídricos, por lo que puede también afrontar el desafío del cambio climático en zonas cálidas, como la Cuenca Mediterránea. Actualmente, sobre todo en países desarrollados, la preocupación por una dieta saludable es cada vez más frecuente, por lo que la reformulación de productos alimentarios con la incorporación de Moringa podría suponer una alternativa más sana y a la par potenciar la economía local y el desarrollo sostenible. En este trabajo se han expuesto estudios científicos publicados recientemente que corroboran la potencialidad de este cultivo como aditivo en diferentes matrices alimentarias. Por último, se plantea un futuro trabajo de investigación para incorporar polvo de hojas secas de Moringa en magdalenas, detallando el plan de trabajo y la metodología para llevarlo a cabo.

5. REFERENCIAS

- Aderinola, T. A. (2018). Nutritional, Antioxidant and Quality Acceptability of Smoothies Supplemented with Moringa oleifera Leaves. *Beverages*, 4(4), 104.
- Aguiar Naranjo, P. S. (2019). Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de galletas con sustitución parcial de moringa oleífera (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos).
- Agudelo Posada, L. (2020). Empleo del polvo de hojas de Moringa Oleífera Lam como fortificante en un alimento enfocado a la población infantil colombiana menor de 4 años (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- Alam, M., Alam, M., Hakim, M., Huq, A. O., & Moktadir, S. G. (2014). Development of fiber enriched herbal biscuits: a preliminary study on sensory evaluation and chemical composition. *Int J Nutr Food Sci*, 3, 246-50.
- Alfonso-Hernández, A. E., & Méndez López, R. (2018). Galleta de harina de moringa (Oleífera Lam) y amaranto (Amaranthus Caudatus) (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos-UNICACH).
- Aluko, O., Brai, M. R., & Adelore, A. O. (2013). "Evaluation of sensory attributes of snack from maize - Moringa seed flour blends." *International Scholarly and Scientific Research and Innovation* 7.10: 944-946.
- Alvarez, M. D., Herranz, B., Fuentes, R., Cuesta, F.J., & Canet, W. (2016). Replacement of Wheat Flour by Chickpea Flour in Muffin Batter: Effect on Rheological Properties. *Journal of Food Processing Engineering*, 40(2), e12372.
- Anta, O., Rosa, M., González-Rodríguez, L. G., Villalobos Cruz, T. K., Perea-Sánchez, J. M., Aparicio Vizquete, A., & López-Sobaler, A. M. (2013). Fuentes alimentarias y adecuación de la ingesta de ácidos grasos omega-3 y omega-6 en una muestra representativa de adultos españoles. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2236-2245.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). Moringa oleifera: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(1), 17-25.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*, The Association of official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Aparicio Curazi, M. R., & Vilca Lorena, R. D. P. (2017). Aceptabilidad y valor nutricional de una barra nutritiva a base de harina de moringa (Moringa oleífera), kiwicha expandida (Amaranthus caudatus) y harina de trigo (Triticum aestivum), Arequipa 2017.
- Arias Sabín, C. (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de la Moringa oleífera Lam. en la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias.
- Arise, A. K., Arise, R. O., Sanusi, M. O., Esan, O. T., & Oyeyinka, S. A. (2014). Effect of Moringa oleifera flower fortification on the nutritional quality and sensory properties of weaning food. *Croatian journal of food science and technology*, 6(2), 65-71.
- Arteaga Zaldívar, E. (2018). El consumo de ultraprocesados y factores de riesgo para la población: Análisis y estrategias de comunicación (2017-18)[reportaje y memoria].

- Arreaga, C., & de Los Ángeles, M. (2018). Elaboración de productos de repostería a partir de semillas de Moringa *Moringa oleifera* en el Cantón Samborondón, Provincia Del Guayas (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas).
- Asensi, G. D. (2017). *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 67(2).
- Atalaya Rojas, J. A., Francia Widdup, J. M., Ipanaque Gallo, C., Gutierrez Segura, M. F., & García García, H. (2018). Hamburguesas vegetarianas Veggisima.
- Azucena, P., & Ricardo, B. (2016). Elaboración de una bebida a base de café (*coffea arabica*) fortificada con Moringa (*Moringa oleifera*) para aumentar su valor nutricional.
- Balakumbahan, R., Sathiyamurthy, V. A., & Janavi, G. J. (2020). Moringa Leaf—A Super Food. Biotica Research Today, 2(6), 438-440.
- Bancessi, A., Bancessi, Q., Baldé, A., & Catarino, L. (2019). Present and potential uses of *Moringa oleifera* as a multipurpose plant in Guinea-Bissau. South African Journal of Botany.
- Batool, S., Khan, S., Basra, S. M., Hussain, M., Saddiq, M. S., Iqbal, S., ... & Hafeez, M. B. (2019). Impact of natural and synthetic plant stimulants on *Moringa* seedlings grown under low-temperature conditions. International Letters of Natural Sciences, 76, 51.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology, 28(1), 25-30.
- Benítez, W. M. (2012). Aprovechamiento poscosecha de la moringa (*Moringa oleifera*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13(2), 171-174.
- Bernal-Estrada, J., & Cartagena-Valenzuela, J. (2017). CONTENIDO DE LÍPIDOS Y COMPOSICIÓN RELATIVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS EN PULPA DE AGUACATE 'HASS' COSECHADOS EN EL TRÓPICO ANDINO DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, COLOMBIA.
- Bhargave, A., Pandey, I., Nama, K. S., & Pandey, M. (2015). *Moringa oleifera* Lam.—Sanjana (Horseradish Tree)—A miracle food plant with multipurpose uses in Rajasthan-India—an overview. Int J Pure App Biosci, 3(6), 237-248.
- Bolarinwa, I. F., Aruna, T. E., & Raji, A.O. (2019). Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(2), 195-200.
- Bourekoua, H., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M.N., & Dziki, D. (2018). Evaluation of physical, sensorial, and antioxidant properties of gluten-free bread enriched with *Moringa oleifera* leaf powder. European Food Research and Technology, 244(2), 189-195.
- Brilhante, R. S. N., Sales, J. A., Pereira, V. S., Castelo, D. D. S. C. M., de Aguiar Cordeiro, R., de Souza Sampaio, C. M., ... & Rocha, M. F. G. (2017). Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. Asian Pacific journal of tropical medicine, 10(7), 621-630.
- Cáceres, A., Saravia, A., Rizzo, S., Zabala, L., De Leon, E., & Nave, F. (1992). Pharmacologie properties of *Moringa oleifera*. 2: Screening for antispasmodic, antiinflammatory and diuretic activity. *Journal of ethnopharmacology*, 36(3), 233-237.
- Canett-Romero, R., Arvayo-Mata, K. L., & Ruvalcaba-Garfias, N. V. (2014). Aspectos tóxicos más relevantes de *Moringa oleifera* y sus posibles daños. Biotecnia, 16(2), 36-43.

- Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., ... & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20.
- Chepote Cavero, Mauricio Andrés. "Siembra del cultivo de moringa (*Moringa Oleífera*) en la Pampa de Villacurí, departamento de Ica." (2018).
- Chinchilla Reyes, M. A. (2019). MAGDALENAS CON POLVO DE HOJAS DE MORINGA (*Moringa oleífera*): MEJORA NUTRICIONAL Y ACEPTABILIDAD.
- Chinma, C. E., Abu, J. O., & Akoma, S. N. (2014). Effect of germinated tigernut and moringa flour blends on the quality of wheat - based bread. *Journal of food processing and preservation*, 38(2), 721-727.
- Daba, M. (2016). Miracle tree: A review on multi-purposes of *Moringa oleifera* and its implication for climate change mitigation. *J. Earth Sci. Clim. Change*, 7(4).
- Dahot, M. U. (1988). Vitamin contents of flowers and seeds of *Moringa oleifera*. *Pak J Biochem*.
- De Souza Aranda, C. J. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*), por harina de moringa (*moringa oleifera*), en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en galletas.
- Devisetti, R., Sreerama, Y. N., & Bhattacharya, S. (2016). Processing effects on bioactive components and functional properties of moringa leaves: development of a snack and quality evaluation. *Journal of food science and technology*, 53(1), 649-657.
- Dhakar, R. C., Maurya, S. D., Pooniya, B. K., Bairwa, N., & Gupta, M. (2011). Moringa: The herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles of Young Scientists*, 2(3), 119.
- Dixit, S., Tripathi, A., & Kumar, P. (2016). Medicinal properties of *Moringa oleifera*: A review. *International Journal of education and Science research review*, 3, 2-348.
- Domínguez Deras, A. Y. (2017). Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de Teberinto, (*Moringa oleífera*) (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Dos Santos, A. F. R., Pontes, E. D. S., de Araújo, M. G. G., Melo, P. C. M. F., Viera, V. B., & Jerônimo, H. M. Â. (2020). Preparation and physical and physical-chemical characterization of a brownie enriched with *Moringa* leaf flour (*Moringa oleifera*). *Research, Society and Development*, 9(7), 101973927.
- Echevarrias Marco, A. (2017). OPTIMIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE AZÚCARES PARA MAGDALENAS MÁS SALUDABLE (Doctoral dissertation).
- El-Gammal, R. E., Ghoneim, G. A., & ElShehawy, S. M. (2016). Effect of moringa leaves powder (*Moringa oleifera*) on some chemical and physical properties of pan bread. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 7(7), 307-314.
- Emelike, N. J. T., Uwa, F. O., Ebere, C. O., & Kiin-Kabari, D. B. (2015). Effect of Drying Methods on the Physico-Chemical and Sensory Properties of Cookies Fortified with *Moringa* (*Moringaoleifera*) Leaves. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences* (ISSN: 2321-1571), 3(04).
- Falasca, S., & Bernabé, M. A. (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Revista virtual de REDESMA*.
- Falowo, A. B., Mukumbo, F. E., Idamokoro, E. M., Lorenzo, J. M., Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. *Food research international*, 106, 317-334.

- Fernandes, D. M., Sousa, R. M., de Oliveira, A., Morais, S. A., Richter, E. M., & Muñoz, R. A. (2015). Moringa oleifera: A potential source for production of biodiesel and antioxidant additives. *Fuel*, 146, 75-80.
- Fernández-Figueredo, L. (2017). Efecto de la suplementación con forraje de Moringa oleifera sobre el comportamiento productivo de ovinos en pastoreo durante el periodo poco lluvioso (Bachelor's thesis, Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Agronomía).
- Flores-Ríos, C. A. (2019). Efecto de la concentración de extracto de hojas de Moringa (Moringa oleifera) y Chía (Salvia hispánica L.) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida funcional.
- Foidl, N., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001). The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses. *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa*, 45-76.
- Folorunso, A. E., Akinwunmi, K. F., & Okonji, R. E. (2012). Comparative studies of the Biochemical parameters of the leaves and seeds of Moringa oleifera. *J. Agric. Sci. Tech. B*, 2, 671-677.
- Fuglie, L. J. (2005). The Moringa Tree: a local solution to malnutrition. Church World Service in Senegal, 5, 75-83.
- Gamboa Carlosama, A. N. (2017). Utilización de Moringa oleifera Lam. en la elaboración de refrescos con base en pruebas sensoriales (Bachelor's thesis, Quito).
- García-Gabarra, A., Castellà-Soley, M., & Calleja-Fernández, A. (2017). Ingestas de energía y nutrientes recomendadas en la Unión Europea: 2008-2016. *Nutrición Hospitalaria*, 34(2), 490-498.
- Gil Zanón, F. (2019). Caracterización de hojas de moringa (Moringa oleifera lam.) y optimización del secado por aire caliente.
- Godino, M., Arias, C., & Izquierdo, M. I. (2013). Interés forestal de la Moringa oleifera y posibles zonas de implantación en España. In 6º Congreso Forestal Español: "Montes: Servicios y desarrollo rural". Sociedad Española de Ciencias Forestales, Barcelona, ESP (pp. 2-13).
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K. & Kumar, D. S. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Sci. Human Wellness* 5(2), 49-56. Doi: 10.1016/j. fshw.2016.04.001.
- Hassan, F. A., Enab, A. K., Abdel-Gawad, M. A., Bayoumi, H. M., & Youssef, Y. B. (2017). Utilization of Moringa oleifera leaves powder in production of soft white cheese. *Int. J. Dairy Sci*, 12, 137-142.
- Hassan, F. A., Bayoumi, H. M., El-Gawad, M. A., Enab, A. K., & Youssef, Y. B. (2016). Utilization of Moringa oleifera leaves powder in production of yoghurt. *International journal of dairy science*, 11(2), 69-74.
- Hayes, K. C. (2005). Grasas en la dieta y la salud del corazón: en la búsqueda de la grasa ideal. *Palmas*, 63-76.
- Hazra, S., Biswas, S., Bhattacharyya, D., Das, S. K., & Khan, A. (2012). Quality of cooked ground buffalo meat treated with the crude extracts of Moringa oleifera (Lam.) leaves. *Journal of food science and technology*, 49(2), 240-245.
- Hekmat, S., Morgan, K., Soltani, M., & Gough, R. (2015). Sensory evaluation of locally-grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in Mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with Moringa oleifera. *Journal of health, population, and nutrition*, 33(1), 60.
- Hygreeva, D., Pandey, M. C., & Radhakrishna, K. (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat science*, 98(1), 47-57.

- Illera Bermúdez, A., & Marulanda Tascón, L.J. (2018). Estudio de factibilidad del diseño de una línea de producción de hamburguesas vegetarianas para la empresa Vurguer.
- Jacobo-Valenzuela, N., Maróstica-Junior, M. R., Zazueta-Morales, J. D. J. & Gallegos-Infante, J. A. (2011). Physicochemical, technological properties, and health-benefits of Cucurbita moschata Duchense vs. Cehualca: A review. *Food Res. Int.* 44(9), 2587-2593. Doi: 10.1016/j.foodres.2011.04.039.
- Jacques, A. S., Arnaud, S. S., Fréjus, O. O., & Jacques, D. T. (2020). Review on biological and immunomodulatory properties of Moringa oleifera in animal and human nutrition. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 12(1), 1-9.
- Jayawardana, B. C., Liyanage, R., Lalantha, N., Iddamalgoda, S., & Weththasinghe, P. (2015). Antioxidant and antimicrobial activity of drumstick (Moringa oleifera) leaves in herbal chicken sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 1204-1208.
- Julien, S. H., & Patience, N. (2015). Development of Moringa Oleifera Enriched Muffins. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(2), 178.
- Jung, K. I. (2016). Quality characteristics of muffins added with Moringa (Moringa oleifera Lam.) leaf powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(6), 872-879.
- Karim, O. R., Kayode, R. M. O., Oyeyinka, S. A., & Oyeyinka, A. T. (2013). Proximate, Mineral and Sensory Qualities of 'Amala' Prepared from Yam flour fortified with Moringa leaf powder. *Food Science and Quality Management*, 12(7), 10-22.
- Kolawole, F. L., Balogun, M. A., Opaleke, D. O., & Amali, H. E. (2013). An evaluation of nutritional and sensory qualities of wheat-moringa cake. *Agrosearch*, 13(1), 87-94.
- Kuikman, M., & O'Connor, C. P. (2015). Sensory evaluation of Moringa-probiotic yogurt containing banana, sweet potato or avocado. *Journal of Food Research*, 4(5), 165.
- Kumar, G., Agiri, A., Arya, R., Tyagi, R., Mishra, S., & Mishra, A. K. (2019). Multifaceted applications of different parts of Moringa species: Review of present status and future potentials. *Int J Chem Stud*, 7(2), 835-842.
- Kumar, P. C., Azeez, S., & Roy, T. K. (2018). Development of moringa infusion for green tea and its evaluation. *Journal of Horticultural Sciences*, 13(2), 192-196.
- Liu, S., Alavi, S., & Abughoush, M. (2011). Extruded moringa leaf-oat flour snacks: physical, nutritional, and sensory properties. *International journal of food properties*, 14(4), 854-869.
- Liu, Y., Wang, X. Y., Wei, X. M., Gao, Z. T., & Han, J. P. (2018). Values, properties and utility of different parts of Moringa oleifera: An overview. *Chinese Herbal Medicines*, 10(4), 371-378.
- López, J. C. C., & Bhaktikul, K. (2018). Bromatological and sensory analyses of a snack based corn flour and cassava root fortified with moringa to combat the malnutrition. *Bangladesh Journal of Botany*, 47(3), 487-493.
- López-García, J.J. (2016). Moringa oleifera Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y Medicinales.
- Magán, Á. C. (2019). Evaluación de las nuevas tecnologías en el desarrollo de productos cárnicos saludables.
- MASIH, L. P., Singh, S., Elamathi, S., Anandhi, P., & Abraham, T. (2019). Moringa: A Multipurpose Potential Crop-A Review. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 85(3), 589-601.
- Mahmood, K. T., Mugal, T., & Haq, I. U. (2010). Moringa oleifera: a natural gift-A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(11), 775.

- Maisuthisakul, P., Suttajit, M., & Pongsawatmanit, R. (2007). Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem* 100: 1409- 1418.
- Martín, C., G. Martín, A. García, T. Fernández, E. Hernández y J. Puls. 2013. Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. *Pastos Forrajes* 36(2), 137-149.
- Mbah, B. O., Eme, P. E., & Ogbusu, O. F. (2012). Effect of cooking methods (boiling and roasting) on nutrients and anti-nutrients content of Moringa oleifera seeds. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(3), 211.
- Miranda, M. A., & Orozco Piura, T. L. (2019). El estudio de pre-factibilidad de la producción de harina Moringa para la incorporación de siete Centros Escolares seleccionados en el Programa Integral de Nutrición Escolar.
- Moreno, J. M. (2014). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. *Boletín CF+ S*, (38/39), 37-56.
- Moyo, B., Masika, P.J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of Moringa (Moringa oleifera Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933.
- Mohamed, F. A. E. F., Salama, H. H., El-Sayed, S. M., El-Sayed, H. S., & Zahran, H. A. (2018). Utilization of natural antimicrobial and antioxidant of Moringa oleifera leaves extract in manufacture of cream cheese. *J Biol Sci*, 18(2), 92-106.
- Mulki, F. C., Rodríguez, E.M., & Nader Macías, M. E. F. (2020). PRODUCTOS ALIMENTICIOS ELABORADOS CON POLVO DE HOJAS DE MORINGA OLEIFERA VALORACIÓN NUTRICIONAL, CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, ACEPTABILIDAD Y SATISFACCIÓN.
- Munevar, N. X., & Zambrano Orozco, E. P. (2019). Evaluación del efecto antimicrobiano del polvo y extracto acuoso liofilizado de hojas de moringa oleífera en un derivado cárnico (chorizo crudo).
- Muthukumar, M., Naveena, B. M., Vaithyanathan, S., Sen, A. R., & Sureshkumar, K. (2014). Effect of incorporation of Moringa oleifera leaves extract on quality of ground pork patties. *Journal of food science and technology*, 51(11), 3172-3180.
- Nouman, W., Basra, S. M. A., Siddiqui, M. T., Yasmeen, A., Gull, T., & Alcayde, M. A. C. (2014). Potential of Moringa oleifera L. as livestock fodder crop: a review. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(1), 1-14.
- Nouman, W., Anwar, F., Gull, T., Newton, A., Rosa, E., & Domínguez-Perles, R. (2016). Profiling of polyphenolics, nutrients and antioxidant potential of germplasm's leaves from seven cultivars of Moringa oleifera Lam. *Industrial Crops and Products*, 83, 166-176.
- Ogunsina, B. S., Radha, C., & Indrani, D. (2011). Quality characteristics of bread and cookies enriched with debittered Moringa oleifera seed flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(2), 185-194.
- Oliag, P. T., Hurtado, M. M. C., Daschner, Á., López-García, E., Sillué, S. M., Hernández, J. A. M., & Navas, F. J. M. (2020). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el impacto del consumo de alimentos "ultra-procesados" en la salud de los consumidores. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, (31), 49-75.
- Olson, M. E., & Fahey, J. W. (2011). Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1071-1082.
- Ortega-Toro, R., Jiménez, A., Talens, P., & Chiralt, A. (2014). Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids*, 38, 66-75.

- Oyeyinka, A., & Oyeyinka, S. (2018). Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 127-136.
- Padmarao, P., Acharya, B. M., & Dennis, T. J. (1996). Pharmacognostic study on stem bark of Moringa oleifera Lam. *Bulletin of Medico-Ethno-Botanical Research*.
- Pakade, V., Cukrowska, E., & Chimuka, L. (2013). Metal and flavonol contents of Moringa oleifera grown in South Africa. *South African Journal of Science*, 109(3-4), 01-07.
- Pal, S. K., Mukherjee, P. K., Saha, B. P., (1995). Studies on the antiulcer activity of *Moringa olifera* leaf extract on gastric ulcer models in rats. *Phytother Res*.
- Palada, M. C., Foidl, N., Bates, R. M., Ebert, A. W., & Amaglo, N. (2019). Climate, Soil and Cultivation. The Miracle Tree: Moringa Oleifera.
- Palate Aguirre, P. R. (2017). Productora y comercializadora de hamburguesas vegetarianas empacadas al vacío, en el cantón Baños de Agua Santa (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Marketing y Gestión de Negocios.).
- Paul, C. W. & Didia, B. C. (2012). The Effect of Methanolic Extract of Moringa oleifera Lam Roots on the Histology of Kidney and Liver of Guinea Pigs. *Asian Journal of Medical Sciences*. 4(1): 55-66.
- Pérez-Touzón, J., Hernández-López, U., & Brito-Mojena, Y. (2018). Empleo de hojas de Moringa oleifera en la elaboración de una mortadela: Use of Moringa oleifera leaves in the making of a mortadella. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(2), 48-52.
- Pilay Malavé, M. V. (2019). Calidad nutricional de la moringa; Moringa oleifera Lam, en las condiciones ambientales de la parroquia Manglaralto (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019).
- Pilotos, J. (2019). Immunological Effects of Moringa Oleifera on Malaria and Malnutrition During Plasmodium Chabaudi Infection (Doctoral dissertation, Appalachian State University).
- Price, M. L. (2007). The moringa tree. *ECHO technical note*, 17391, 1-19.
- Quintanilla-Medina, J., Garay-Martínez, J., Alvarado-Ramírez, E., Hernández-Meléndez, J., Mendoza-Pedroza, S., Rojas-García, A., & Hernández-Garay, A. (2018). Tiempo y Temperatura sobre la pérdida de humedad y contenido de proteína en hojas de Moringa Oleifera LAM. *Agroproductividad*, 11(5), 88-92.
- Rakotosamimanana, V. R., Valentin, D., & Arvisenet, G. (2015). Sensory acceptability of cassava snacks nutritionally enriched with Moringa oleifera leaf powder among children from low-income households in Madagascar.
- Raman, J. K., Alves, C. M., & Gnansounou, E. (2018). A review on moringa tree and vetiver grass—Potential biorefinery feedstocks. *Bioresource technology*, 249, 1044-1051.
- Ramos De Espinoza, R. E., & Tobar Quintanilla, C. S. (2019). "Evaluación del perfil sensorial de la horchata de morro enriquecida con moringa (Moringa oleifera (Lam); familia Moringaceae) y su aceptación por la población estudiantil del Complejo Educativo Reino de Suecia, Mejicanos, San Salvador, El Salvador" (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, 8(2), 34.
- Reyes Sánchez, N., & Mendieta Araica, B. (2017). Guía para el establecimiento y cultivo del marango (Moringa Oleifera).

- Ríos-Latorre, J. P., & Salazar Luna, D. E. (2018). Diseño y construcción de un equipo para la extracción de aceite de Sésamo (*Sesamum indicum*) y Nuez (*Juglans regia*) (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Rodríguez-Ostorga, C. E., & Ventura Cáceres, J. T. (2017). Elaboración de un snack a base de harina de maíz (*Zea mays*) y yuca (*Manihot esculenta*), fortificada con Teberinto (*Moringa oleifera*) para reducir la subalimentación. Su análisis bromatológico y análisis sensorial.
- Ruckmani, K., Kavimani, S., Anandan, R., Jaykar, B. (1998). Effect of *Moringa oleifera* Lam on paracetamol-induced hepatotoxicity. *Indian J Pharm Sci*.
- Saa, R. W., Fombang, E. N., Ndjantou, E. B., & Njintang, N. Y. (2019). Treatments and uses of *Moringa oleifera* seeds in human nutrition: A review. *Food science & nutrition*, 7(6), 1911-1919.
- Sahay, S., Yadav, U., & Srinivasamurthy, S. (2017). Potential of *Moringa oleifera* as a functional food ingredient: A review. *Magnesium (g/kg)*, 8(9.06), 4-90.
- Saleh, S. M., & Salam, H. A. A. (2014). Effectiveness of *Moringa oleifera* in combating mild and moderate malnutrition in pediatric age group. *New York Science Journal*;7(3):69-79.
- Salem, A. S., Salama, W. M., Hassanein, A. M., & El Ghandour, H. M. (2013). Enhancement of nutritional and biological values of Labneh by adding dry leaves of *Moringa oleifera* as innovative dairy products. *World Applied Sciences Journal*, 22(11), 1594-1602.
- Sanhueza Catalán, J., Durán Agüero, S., & Torres García, J. (2015). Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1362-1375.
- Sandeep, G., Anitha, T., Vijayalatha, K. R., & Sadasakthi, A. (2019). *Moringa* for nutritional security (*Moringa oleifera* Lam.). *Int. J. Bot. Stud*, 4, 21-24.
- Sengev, A. I., Abu, J. O., & Gernah, D. I. (2013). Effect of *Moringa oleifera* leaf powder supplementation on some quality characteristics of wheat bread. *Food and nutrition sciences*, 4(3), 270.
- Shah, M. A., Bosco, S. J. D., & Mir, S. A. (2015). Effect of *Moringa oleifera* leaf extract on the physicochemical properties of modified atmosphere packaged raw beef. *Food Packaging and Shelf Life*, 3, 31-38.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual review of food science and technology*, 9, 345-381.
- Singh, A. K., Rana, H. K., Tshabalala, T., Kumar, R., Gupta, A., Ndhlala, A. R., & Pandey, A. K. (2019). Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop *Moringa oleifera* Lam: An overview. *South African Journal of Botany*.
- SpA, L. K. (2019). Validación de un sistema de gestión de evidencia científica para la industria nacional de alimentos saludables.
- Srinivasamurthy, S., Yadav, U., Sahay, S., & Singh, A. (2017). Development of muffin by incorporation of dried *Moringa oleifera* (Drumstick) leaf powder with enhanced micronutrient content. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2(4), 173-178.
- Stevens, P. F. (2016). Angiosperm Phylogeny Website. Version 13. Angiosperm Phylogeny Website. Version 13.
- Stussi, I. A., Freis, O., Moser, P., Pauly, G. (2002). Laboratoires Sérobiologiques Pulnoy, France [http://www.laboratoires-serobiologiques.com/pdf/Article HappiAntiPol2002.pdf](http://www.laboratoires-serobiologiques.com/pdf/Article%20HappiAntiPol2002.pdf).
- Sujatha, B. K., & Patel, P. (2017). *Moringa Oleifera*—Nature's Gold. *Imperial J Interdisciplinary Res*, 3(5), 1175-1179.

- Taher, M. A., Nyeem, M. A. B., Ahammed, M. M., Hossain, M. M., & Islam, M. N. (2017). *Moringa oleifera* (Shajna): the wonderful indigenous medicinal plant. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 3(1), 20-30.
- Torres-Valenzuela, L. S., Fernández, J. D., Serna, J. A., & Mejía, F. M. (2016). Efecto de moringa (*Moringa oleifera*) sobre la estabilidad microbiológica y sensorial de una hamburguesa vegetariana. *Agronomía Colombiana*, 34(1Supl), S926-S928.
- Umaña, J., Álvarez, C., Loperaand, S. M. & Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. *Alimentos Hoy*, 22(29), 33-46.
- Umar, S. A., Mohammed, Z., Nuhu, A., Musa, K. Y., & Tanko, Y. (2018). Evaluation of Hypoglycaemic and Antioxidant Activity of *Moringa oleifera* Root in Normal and Alloxan-Induced Diabetic Rats. *Trop J Nat Prod Res*, 2(8), 401-408.
- Vaknin, Y., & Mishal, A. (2017). The potential of the tropical “miracle tree” *Moringa oleifera* and its desert relative *Moringa peregrina* as edible seed-oil and protein crops under Mediterranean conditions. *Scientia horticulturae*, 225, 431-437.
- Verma, A. K., Rajkumar, V., Kumar, M. S., & Jayant, S. K. (2019). Antioxidative effect of drumstick (*Moringa oleifera* L.) flower on the quality and stability of goat meat nuggets. *Nutrition & Food Science*.
- Vidal, N. (2018). Alimentación saludable, la gran tendencia de consumo actual. 7 claves orientativas. Instituto Tecnológico Agroalimentario.
- Villafuerte, L. R., Villafuerte-Abonal, L. (2009). Data taken from the Forestry Agency of Japan in *Moringa*. *Malunggay Phillipines*, Apples of Gold Publishing, Singapore, P 240.
- Villanueva-Flores, R. M. (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, (037), 229-242.
- Xingú López, A., González Huerta, A., Cruz Torrez, E. D. L., Sangerman-Jarquín, D. M., Orozco de Rosas, G., & Rubí Arriaga, M. (2017). Chía (*Salvia hispanica* L.) situación actual y tendencias futuras. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1619-1631.
- Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., & Akpınar-Bayizit, A. (2020). Assessment of socio-demographic factors, health status and the knowledge on probiotic dairy products. *Food Science and Human Wellness*.
- Zainab, B., Ayaz, Z., Khan, S., Rizwana, H., Soliman, D. W., & Abbasi, A. M. (2020). In-silico elucidation of *Moringa oleifera* phytochemicals against diabetes mellitus. *Saudi Journal Of Biological Sciences*.
- Zaku, S. G., Emmanuel, S., Tukur, A. A., & Kabir, A. (2015). *Moringa oleifera*: An underutilized tree in Nigeria with amazing versatility: A review. *African Journal of Food Science*, 9(9), 456-461.
- Zungu, N., Van Onselen, A., Kolanisi, U., & Siwela, M. (2019). Assessing the nutritional composition and consumer acceptability of *Moringa oleifera* leaf powder (MOLP)-based snacks for improving food and nutrition security of children. *South African Journal of Botany*.

Páginas web consultadas

FAO (1970). Amino-acid content of foods and biological data on proteins. *Food and Nutrition Series* nº 21-24. Roma. 19 pp. <http://www.fao.org/3/AC854T/AC854T43.htm> [Visto el 22 de mayo del 2020].

FAO (2003). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. *WHO Technical Report Series* nº 916. Ginebra. 11pp. <http://www.fao.org/docrep/005/ac911e/ac911e05.htm> [Visto el 18 de mayo del 2020].

FAO FIDA Y PMA (2012). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. *Serie de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura* nº 64. Roma. 5 pp. <http://www.fao.org/3/i3027s/i3027s00.htm> [Visto el 18 de mayo del 2020].

Moringa oleífera: árbol multiusos de interés forestal para el sur de la península ibérica (2015). *Fichas de transferencia Cajamar* nº 2. Madrid. <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/020-moringa-v3-1476963334.pdf> [Visto el 17 de mayo del 2020].

Moringa—the next superfood? (2018). *Newsletter Moringa*. California. <https://www.universityofcalifornia.edu/news/moringa-next-superfood> [Visto el 25 de mayo de 2020].

Moringa tree (2011). *Trees For Life International*. Estados Unidos. <https://treesforlife.org/our-work/our-initiatives/moringa> [Visto el 16 de mayo del 2020].

OMS (1997). Grasas y aceites en la nutrición humana. *Estudio FAO Alimentación y Nutrición* nº 57. Roma. 26 pp. <https://www.who.int/nutrition/publications/es/> [Visto el 3 de junio del 2020].

SciELO (Scientific Electronic Library Online) (2005). Effect of blanching time on selective mineral elements extraction from the spinach substitute (*Tetragonia expansa*) commonly used in Brazil. *Food Science and Technology Series* nº 3. Brasil. 4 pp. <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?lng=es> [Visto el 20 de mayo del 2020].