

Compuestos bioactivos de la semilla de chía (*Salvia hispánica L.*) y sus múltiples beneficios como superalimento

Bioactive compounds in chia seeds (*Salvia hispánica L.*) and their multiple benefits as a superfood.

Recibido: 17 Septiembre de 2024

Aprobado: 26 Diciembre de 2024

Cómo citar: E. P. Soto-Tolozá, L. A. Caballero-Pérez, J. L. Abril-Florez, "Compuestos bioactivos de la semilla de chía (*Salvia hispánica L.*) y sus múltiples beneficios como superalimento", *Mundo Fesc*, vol. 15, no. 32, 2025, doi: 10.61799/2216-0388.1837.

Erika Paola Soto-Tolozá¹



M.Sc. PhD[©] en Ciencia y Tecnología de Alimentos,
erika.soto@unipamplona.edu.co ,
<https://orcid.org/0009-0003-9077-0163>,
Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

Luz Alba Caballero-Pérez²



M.Sc. PhD en Ciencias de los Alimentos,
luzcaballero@unipamplona.edu.co ,
<http://orcid.org/0000-0003-3591-5828>,
Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

Jorge Leonel Abril-Florez³



M.Sc en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética,
iqjorgeabril@gmail.com ,
<https://orcid.org/0009-0008-6053-2240>,
Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Cúcuta, Colombia

***Autor para correspondencia:**
erika.soto@unipamplona.edu.co



Compuestos bioactivos de la semilla de chía (*Salvia hispánica L.*) y sus múltiples beneficios como superalimento

Resumen

La *Salvia hispánica L.* o chía, ha ganado interés a nivel mundial por su alto valor nutricional y sus posibles beneficios para la salud. Sobre todo, su naturaleza ha potenciado las investigaciones acerca de su composición y propiedades bioactivas. Esta revisión buscó valorar integralmente los diferentes beneficios e impacto en la salud de la *Salvia hispánica L.* a partir de la literatura, sus componentes nutricionales y compuestos bioactivos. Se realizó una revisión bibliográfica en Scopus, Web of Sciencedirect, PubMed, Springer y Google Scholar, la literatura incluía artículos que discutían la composición química proximal, la composición nutricional, los bioactivos, la actividad biológica y los impactos en la salud de la semilla de chía, usando palabras clave en inglés y español. Los artículos revisados demostraron un incremento notable en la producción y el consumo a nivel mundial de la semilla de chía. Se compilieron datos que a su composición química resaltan por sus grasas omega 3, fibras dietéticas y bioactivos como antioxidantes. Además, se estudiaron los impactos positivos de su ingestión, como la mejora del perfil hepático, el control del azúcar en sangre y la actividad antioxidante. La *Salvia hispánica L.* destaca como un valioso alimento funcional con potenciales beneficios para la salud; Su rico perfil nutricional junto con la presencia de compuestos bioactivos le permite tener un impacto en la dieta y ayudar en la prevención de enfermedades crónicas, se evidencia la necesidad de más investigaciones para dilucidar sus mecanismos de acción y usos terapéuticos.

Palabras clave: Actividad biológica, Bioactivos, Composición química, *Salvia hispánica L.*

Bioactive compounds in chia seeds (*Salvia hispanica* L.) and their multiple benefits as a superfood.

Abstract

Salvia hispanica L., or chia, has gained worldwide interest due to its high nutritional value and potential health benefits. Above all, its nature has prompted research into its composition and bioactive properties. This review sought to comprehensively assess the different benefits and health impacts of *Salvia hispanica* L. based on the literature, its nutritional components, and bioactive compounds. A literature review was conducted in Scopus, Web of Sciencedirect, PubMed, Springer, and Google Scholar. The literature included articles discussing the proximal chemical composition, nutritional composition, bioactives, biological activity, and health impacts of chia seeds, using keywords in English and Spanish. The articles reviewed demonstrated a notable increase in the global production and consumption of chia seeds. Data was compiled on their chemical composition, which stands out for its omega-3 fats, dietary fiber, and bioactive compounds such as antioxidants. In addition, the positive impacts of their consumption were studied, such as improved liver profile, blood sugar control, and antioxidant activity. *Salvia hispanica* L. stands out as a valuable functional food with potential health benefits. Its rich nutritional profile, together with the presence of bioactive compounds, allows it to have an impact on the diet and help in the prevention of chronic diseases. Further research is needed to elucidate its mechanisms of action and therapeutic uses.

Keywords: Bioactives, Biological activity, Chemical composition. *Salvia hispánica* L1

Introducción

Actualmente la tendencia en el consumo de alimentos está enfocado a la búsqueda de alimentos más saludables que además de los macro y micronutrientes necesarios para una dieta equilibrada, aporten beneficios a la salud del consumidor. Por lo tanto, la industria agroalimentaria se enfrenta al desafío de desarrollar productos que satisfagan las necesidades nutricionales de los consumidores y ayuden a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT).

Por parte de los lineamientos internacionales, se encuentra la agenda 2030 de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe, en sus Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con hambre cero y salud y bienestar, ha establecido metas que buscan lograr una transición nutricional. El objetivo es garantizar una alimentación saludable, nutritiva y suficiente, con un equilibrio calórico adecuado en la población, contribuyendo así a reducir la tasa de mortalidad causada por enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) [1].

En lo que respecta al panorama nutricional en América Latina y el Caribe es preocupante, ya que la región tiene una de las tasas más altas de sobrepeso y obesidad a nivel mundial. Aproximadamente el 91.1% de la población mayor de 18 años presenta exceso de peso, y esta tendencia también se observa en los adolescentes, con un 18.8% en mujeres y un 8.7% en hombres [2], siendo fundamental abordar este problema de salud pública para mejorar la calidad de vida y reducir los riesgos asociados con estas condiciones [3].

Dentro de las enfermedades ECNT encontramos un desafío de salud pública en la población infantil, ya que de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud presentan obesidad. Este problema se relaciona con el consumo excesivo de azúcares libres y su contribución al desarrollo de ECTN. En Colombia, uno de los factores que influyen al desarrollo de la obesidad en los adolescentes escolarizados es el consumo de cereales procesados, principalmente con altos contenido de azúcares y baja calidad nutricional [4], [5].

Colombia realiza cada cierto periodo la Encuesta Nacional de Situación Nutricional, siendo la más reciente la realizada en 2015, la cual permitió evaluar los problemas nutricionales en la población colombiana. Los resultados destacaron un aumento en el exceso de peso en todas las etapas de la vida en comparación con la encuesta de 2010. Las estadísticas revelaron que el exceso de peso aumentó en un 1.4 % en la primera infancia (de 0 a 4 años), un 1.3 % en los menores en edad escolar (de 5 a 12 años), un 5.9 % en los adolescentes (de 13 a 17 años) y un 5.2 % en la población joven y adulta [6].

Por otra parte, en los últimos tiempos, ha surgido un creciente interés en compuestos e ingredientes bioactivos que se emplean en la elaboración de alimentos funcionales

y nutraceuticos. Esta demanda está directamente vinculada a la creciente conciencia de los consumidores sobre los beneficios para la salud que aportan estos compuestos, especialmente cuando se incorporan en distintos tipos de alimentos [7]. Se han reportado diversos tipos de polisacáridos bioactivos, péptidos bioactivos, carotenoides, antocianinas, fenoles y esteroides en la literatura [8], [9].

De forma paralela, en los últimos años ha tomado relevancia los alimentos categorizados comúnmente como “superalimento”, si bien no existe normativa clara que permita diferenciarlos, los consumidores los destacan por alimentos con alto valor nutricional y compuestos bioactivos que además del aporte nutricional, aportan beneficios a la salud en comparación con los alimentos estándar [10], [11]. Dentro de estos alimentos se destaca la semilla de chía, la cual ha sobrepasado a otros superalimentos en consumo debido a la alta concentración de omega-3, fibra, proteína, vitaminas y minerales que ayudan a combatir varias enfermedades y fortalecen la salud humana [12].

La semilla oleaginosa *Salvia hispánica* L., comúnmente conocida como semilla de chía ha sido cultivada desde épocas precolombinas, siendo parte de la dieta de los Aztecas y los Mayas y su relevancia no se da solo por el aporte nutricional que esta puede brindar, sino también por su aplicación en diferentes áreas como la medicina y diferentes ritos [13], [14], [15], [16]. Actualmente la demanda de esta semilla ha ido en aumento debido a la gran aceptación que genera el consumo de estas semillas y la necesidad de seguir una dieta balanceada.

En materia de investigación científica, la semilla de chía ha tenido un incremento considerable en estudios donde destacan su composición y beneficios. Sin embargo, la información requiere una integración de la literatura científica a fin de consolidar el valor potencial de esta semilla desde el punto de vista nutricional y compuestos bioactivos con actividad biológica que aportan beneficios a la salud, integrando el conocimiento existente y resaltando la importancia de esta semilla como superalimento. Por tal razón, el objetivo de esta revisión bibliográfica fue evaluar los múltiples beneficios e impacto en la salud humana de la *Salvia hispánica* L. a partir de la literatura científica disponible sobre la composición nutricional y compuestos bioactivos de esta semilla.

Materiales y Métodos

La revisión bibliográfica se realizó en bases de datos como Scopus, Web of Science, Pubmed, Springer y Google Scholar, la cual se centró en la identificación de la composición nutricional, composición de compuestos bioactivos, actividad biológica y beneficios a la salud que aporta la semilla de chía. Con el fin de utilizar las herramientas de búsqueda de cada base de datos, las palabras clave utilizadas incluyen, composición química proximal, composición nutricional, compuestos bioactivos, *Salvia hispánica* L., chía, actividad biológica, salud humana y sus equivalentes en inglés respectivamente. Los criterios de selección incluyen investigaciones originales, artículos de revisión y metaanálisis publicados en la última década, ya que documentan los procesos completos

de identificación de la composición química proximal, nutricional y de compuestos bioactivos de la semilla de chía, así como la actividad biológica de los compuestos bioactivos y su aporte benéfico a la salud. Se excluirán artículos que carecían de acceso abierto o que no satisfacían los criterios establecidos. Todos los datos recopilados fueron criticados y organizados para responder de manera lógica a las preguntas centrales del estudio, como cuál es la composición química proximal, nutricional y bioactiva de la semilla de chía y cuáles son los beneficios a la salud a partir de la actividad biológica de los compuestos bioactivos presentes en la semilla de chía.

Resultados y Discusión

La chía (*Salvia hispánica L.*) es una planta herbácea anual que se clasifica dentro del orden Lamiales. Constituye una fuente atípica de proteínas que ha sido objeto de investigaciones recientes. Estas semillas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza y han captado la atención de las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica debido a sus beneficios para la salud. La planta es originaria de diversas regiones, incluyendo América Central, América del Sur, el sudeste asiático, África meridional y occidental, y partes de Europa. México, Guatemala, Perú, Argentina, Bolivia, Paraguay, Ecuador, Australia y Rusia son los principales productores de semillas de chía (Fig. 2) [13], [14], [17].

El mercado global de la *Salvia hispánica L.* está en auge debido a la creciente demanda de super alimentos. Es reconocida por tener un gran aporte de proteínas en comparación con los cereales de consumo masivo como arroz, avena y trigo. Sin embargo, aún no se aprovecha completamente este potencial.

Producción mundial y consumo de la semilla de chía

La popularidad de los “súper alimentos” ha crecido en los últimos tiempos debido a la creciente preferencia de los consumidores por productos naturales y saludables. Las semillas de chía, ricas en ácidos grasos poliinsaturados (principalmente omega-3), proteínas, fibra y compuestos bioactivos, han experimentado una alta demanda a nivel mundial. Estas semillas se encuentran disponibles en supermercados y tiendas especializadas, y su versatilidad les permite utilizarse en diversas formas.

En Europa, los súper alimentos, incluyendo la chía, se consideran esenciales para la salud y han encontrado su lugar tanto en tiendas naturistas como en grandes cadenas de supermercados. Este crecimiento refleja el interés creciente del público por opciones alimentarias saludables [18]. La producción mundial de semillas de chía se estima en 1,51 mil millones de dólares en 2025 y se espera que alcance los 2,93 mil millones de dólares en 2029, creciendo a una tasa compuesta anual del 14,19% durante el período previsto [16]. Los principales productores de chía a nivel mundial son México, España, Bolivia, Argentina y Australia. En particular, Paraguay es el mayor productor de esta semilla a nivel mundial [19], [20], [21].

En lo que respecta a Colombia, aunque no se produce comercialmente semilla de chía. Según el portal de Informes de expertos EMR, el mercado latinoamericano de semillas de chía alcanzó un valor de USD 80.39 millones en 2023 [19], [20], [21]. Sin embargo, es importante considerar que estos datos pueden variar según las condiciones climáticas y otros factores [19]. El mercado de la semilla de chía para el periodo comprendido entre el año 2019 a 2024 y la producción global muestran que la semilla de chía son productos claves en las exportaciones, aunque esté restringida a pocas ubicaciones geográficas.

Además, la pandemia del COVID-19 permitió el aumento de la conciencia sobre la salud, beneficiando al mercado de los super alimentos como la semilla de chía. Dentro de los países que lideran el consumo de semilla de chía son Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Brasil, Chile y España, y se espera un crecimiento significativo a medida que los consumidores descubren sus beneficios [18].

Composición química de la semilla de chía

La semilla de chía, cuyo nombre científico es *Salvia hispánica* L., es famosa por su composición química y nutricional. Especialmente son ricas en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 y el ácido alfa linolénico (ALA). Esta semilla además de destacarse entre los otros alimentos por su valor nutricional, es rica en proteínas, calcio, boro, potasio, hierro, antioxidantes y otros oligoelementos, y se estima que dos cucharadas diarias de chía molida aportan una buena cantidad de omega 3 y otros minerales esenciales [22], [23].

Aparte de sus propiedades químicas y su valor nutricional, las semillas de chía presentan un valor importante en términos de salud. Se considera que comer la chía ayuda a disminuir los riesgos de ECNT, como dislipidemia, diabetes, hipertensión y cáncer, entre otras. Por este motivo, resulta especialmente notorio el interés prestado a la chía como posible recurso para el control y la prevención de estas enfermedades. Desafortunadamente, estas afecciones están en aumento en la población mundial [22], [23], [24], [25], [26]. En la tabla 1 se presenta la composición química proximal de la chía según lo que han determinado varios investigadores.

Tabla 1. Composición química proximal de semilla de chía.

Carbohidratos	Proteína	Grasas	Cenizas	Fuente
19.24 ± 0.44	20.90 ± 0.44	29.06 ± 0.01	4.45 ± 0.21	[27]
32.53 ± 0.08	19.96 ± 0.10	36.61 ± 0.01	4.98 ± 0.07	[28]
ND	15.83 ± 1.22	29.76 ± 1.26	6.38 ± 0.83	[29]
8.67 ± 2.52	20.41 ± 0.48	29.83 ± 1.10	3.67 ± 0.22	[30]
ND	21.81 ± 0.05	35.83 ± 1.85	ND	[31]
31.46 ± 0.06	19.78 ± 0.01	16.06 ± 0.03	4.82 ± 0.02	[32]
ND_No determinado				

En la Tabla I se observa que las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) presentan una concentración de proteínas que fluctúa entre 19 y 22 %, lo cual es considerablemente

más alto con respecto a los cereales: trigo 14%, maíz 14%, arroz 8,5%, avena 15,3% y cebada 9,2% [33], [34], [35]. Las proteínas obtenidas de las semillas de chía son libres de gluten, por lo que son útiles en la formulación de alimentos funcionales para personas con intolerancia al gluten. Además, las *Salvia hispánica L.* contienen diversas fracciones proteicas tales como albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas [36].

Compuestos bioactivos de la semilla de chía y beneficios para la salud

Los compuestos bioactivos están definidos como aquellos ingredientes en un alimento que benefician la salud del ser humano al influir en las actividades celulares y fisiológicas después de ser consumidos [37]. Estos compuestos están disponibles en cantidades ilimitadas en la mayor parte de la dieta que consumimos, y, son, principalmente, de origen vegetal o vegetal [37], [38]. Si bien algunos son necesarios y otros no, todos ayudan a mejorar la salud. Junto con su valor nutricional, los compuestos bioactivos son altamente relevantes en la prevención de aterosclerosis, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y síntomas de artritis [37], [39], [40].

Hoy por hoy, las personas que consumen una dieta equilibrada y rica en bioactivos dispuestos en los alimentos sufren un riesgo menor de padecer enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y varios tipos de cáncer [26], [41]. No obstante, para lograr estos efectos, es fundamental que estos compuestos sean ubicados en los lugares correctos dentro de la estructura del mismo organismo, lo que resalta la importancia de estudiar su disponibilidad [26], [41]. Un buen ejemplo son los péptidos y compuestos fenólicos bioactivos que poseen funciones antihipertensivas por la mejora de la función endotelial y vasodilatación [26], [41].

Las semillas de chía también son importantes debido a su valor medicinal y nutricional. Contienen entre el 30.0% y el 38.6% de aceite con ácidos grasos poliinsaturados, y su contenido de proteínas oscila entre el 19% y el 27% [15], [42], [43]. El aceite y los productos derivados de las semillas de chía han mostrado un potencial bioactivo en la reducción del riesgo de ECNT debido a sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios, hipoglucemiantes e hipolipemiantes en estudios de laboratorio [44].

Además, al producir aceite de chía se crea un subproducto llamado "expeller". Aunque aún no se ha utilizado de manera significativa, ha sido hidrolizado por enzimas para producir péptidos bioactivos con actividades antioxidantes, hipoglucemiantes, hipotensivas, hipolipemiantes y antialcohólicas [40], [41].

Respecto a los compuestos bioactivos presentes en el aceite de semilla de chía se encuentran los fenoles, flavonoides, carotenoides y ácidos fenólicos, los cuales se ven afectados al ser sometida la semilla de chía antes del prensado a altas temperaturas de tostado por convección, siendo necesario que para preservar la presencia de estos en el aceite de chía se realice el tostado de las semillas a temperaturas menores al 90°C, dado

que estos disminuyeron a medida que aumentaba la temperatura [44]. En la tabla 2 se muestra la concentración de los fenoles, flavonoides, carotenoides y ácidos fenólicos, así como la respectiva actividad antioxidante que estos ejercen y como disminuyen a medida que aumenta la temperatura de tostado en las semillas.

Tabla II. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del aceite de chía en el tostado.

Compuesto bioactivo	Temperaturas de tostado				
	0°C	90°C	120 °C	150 °C	180 °C
Fenoles totales (mg GAE/100g)	0.98 ± 0.11	0.91 ± 0.09	4.45 ± 0.21	0.76 ± 0.09	0.51 ± 0.08
Flavonoides totales (mg CE / 100 g)	17.62 ± 1.23	16.87 ± 2.87	15.43 ± 3.45	15.43 ± 3.45	9.86 ± 1.76
Carotenoides totales (mg/Kg)	3.66 ± 0.76	2.56 ± 0.98	1.93 ± 0.65	1.47 ± 0.28	0.83 ± 0.12
Actividad antioxidante (%)	88.27 ± 2.39	85.76 ± 1.64	79.57 ± 3.47	48.44 ± 2.76	31.23 ± 1.32
GAE: equivalente de ácido gálico. CE: equivalentes de catecol.					

Fuente: [44].

De forma similar, es importante mencionar que el calentamiento por microondas a diferentes potencias en las semillas de chía previo al prensado, produce alteraciones en las propiedades fisicoquímicas y bioactivas del aceite, induciendo a una disminución predominante en la composición de ácidos grasos y tocoferoles a medida que incrementaba la potencia del microondas. Los índices de ácido láurico, mirístico, y palmítico, junto con los tocoferoles presentes en el aceite de chía obtenido de la semilla de chía calentada no presentaron diferencia significativa entre calentamientos desde los 180 W hasta los 369 W. Sin embargo, estos ácidos mostraron diferencia significativa con el aceite obtenido de la semilla de chía que no fue sometida a calentamiento en microondas. En lo que respecta a los ácidos palmítico y esteárico no se ha evidenciado diferencias significativas entre el aceite extraído de la semilla de chía sometida a un calentamiento con microondas de 180W y el aceite obtenido de la semilla de chía sin la aplicación de calentamiento con microondas [17].

Sumado a esto, se ha estudiado el contenido de polifenoles presentes en el aceite de chía y sus propiedades antioxidantes, anti alzhéimer, antidiabéticas y de inhibición de la enzima anhidrasa carbónica II humana (hCA II), una enzima esencial en varios procesos fisiológicos de diversos organismos [43], [44], [45]. Se postula que podrían reemplazar medicamentos que se emplean para tratar enfermedades como el glaucoma, epilepsia y en terapias para patologías como el cáncer. [43], [46].

Además de las propiedades bioactivas potenciales que ofrece el aceite de semilla de chía, se ha evidenciado que el consumo de la semilla de chía contribuye a varios beneficios sanitario, como la reducción de la presión arterial, los niveles de colesterol, la mejora en la digestión y posibles efectos antiinflamatorios [47], [48]. También, ayuda a controlar el peso, dado que provoca una sensación de saciedad [49].

Por otra parte, es importante resaltar que los flavonoides predominan el grupo de los compuestos fenólicos que habitualmente consumen los seres humanos, dado que estos se encuentran en plantas y derivados de estas. Adicional a esto, se ha determinado que estos compuestos tienen una amplia actividad biológica como la capacidad antioxidante, antiviral, y anti mutagénicas, y en lo que respecta al aceite de semilla de chía, esta posee una molécula de flavonoide llamada quercetina, la cual tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes [50].

En relación a la fracción proteica de la semilla de chía, la harina subproducto que queda después del proceso de extracción de aceite se considera una excelente fuente potencial de proteínas ya que es densa en nutrientes. Además, es posible obtener péptidos con propiedades funcionales y bioactivas que son beneficiosas para la innovación de alimentos y para la salud del consumidor. Así, el potencial bioactivo de las fracciones de semillas de chía, notablemente sus fracciones proteicas, ofrece una oportunidad significativa en el campo de las innovaciones en salud [51] [52].

Por otro lado, es necesario mencionar cómo la fracción de proteína de la semilla de chía adquirió importancia con el aumento de la relevancia comercial del aceite de semilla de chía. De este modo, el 70% de la semilla de chía se convierte en harina de chía desgrasada como subproducto de la extracción de aceite de semilla de chía, lo que genera preocupación en el sector agroalimentario respecto a la gestión de residuos y al impacto ambiental. Actualmente, la industria de procesamiento de aceite de chía produce alrededor de 650 kg a 700 kg de harina de chía desgrasada, lo que indica su importancia como un ingrediente de alto valor [41], [51], [53]. La harina de chía desgrasada es rica en proteínas, aminoácidos esenciales, fibra dietética y compuestos bioactivos, la cual se ve influenciada por el origen geográfico de la semilla de chía, método de extracción del aceite y condiciones del proceso [27], [35], [54], [55], [56], [57].

Además, una característica distintiva del perfil nutricional de la harina de chía desgrasada es su alto contenido de proteínas (26-38%), compuesto principalmente por glutelina (42 a 45%), seguido de globulina y albúmina [58], [59], [60], [61]. Debido a su papel en las reservas de nutrientes, la glutelina es una contribución notable para las proteínas de origen vegetal ricas en proteínas y el perfil proteico de alta calidad de la harina de chía desgrasada. Esto se puede explicar por su composición de aminoácidos bien equilibrada y la cantidad considerable de aminoácidos esenciales [62], [63]. Sin embargo, la figura predominante de la glutelina no coincide con otros hallazgos que reportaron 17.3 % de albúmina, 52 % de globulina, 12.7 % de prolamina y 14.5 % de glutelina en la proteína de chía [34]. Estas discrepancias resaltan la heterogeneidad de los perfiles proteicos de las semillas, que pueden estar influenciados por la fuente botánica, la variedad de semillas, los métodos de preparación y extracción [64].

La Tabla III ofrece una evaluación comparativa de la composición de macronutrientes de la harina de semillas de chía desgrasada con otras harinas de semillas desgrasadas. Los resultados indican que la harina de semillas de chía desgrasada tiene un perfil

nutricional extremadamente competitivo, particularmente en contraste con otras fuentes de harina de semillas. La harina de semillas de chía desgrasada, con su alto contenido de proteínas junto con un alto nivel de fibra y bajo contenido de aceite residual, se destaca como una valiosa fuente vegetal para diversas aplicaciones nutricionales. Además, el contenido total de carbohidratos varía entre el 5 y el 21%, de los cuales la fibra dietética representa una parte significativa (20 a 48%). Se sabe que la harina de chía es rica en fibra, con un rango de 20 a 48 g por cada 100 g, lo cual es considerable en comparación con otras harinas de semillas. Especialmente, tales niveles de fibra, particularmente la presencia de polisacáridos crudos de hasta 48 g por 100 g de harina de chía desgrasada, tienen múltiples beneficios para la salud [64], [65]. Sumado a lo anterior, se cree que la fibra promueve la salud digestiva al nutrir el microbiota intestinal, ayudar en la digestión y aumentar la sensación de saciedad [67], [68]. Incluso, la harina de chía desgrasada es ventajosa para la salud gastrointestinal y metabólica en general debido al impacto crucial de la fibra soluble en la regulación de los niveles de glucosa [68], [69], [70].

Tabla III. Macronutrientes de la harina desgrasada de chía, linaza, cáñamo y sésamo.

Macronutriente	Proteína	Carbohidratos	Fibra dietaria	Grasa total	Fuente
Harina de chía desgrasada	26-38	5-21	20-48	≤15	[60], [64], [71]
Harina de linaza desgrasada	28-35	8-14	8-37	≤10	[64], [72], [73]
Harina de cáñamo desgrasada	31-50	4-47	15-41	≤13	[73], [74], [75]
Harina de sésamo desgrasada	29-49	3-25	4-25	≤32	[75], [76]
Los valores se presentan como gramos de macronutrientes por 100 gramos de muestra					

Aminoácidos de la semilla de chía

Las unidades fundamentales de las proteínas son los aminoácidos y están involucrados en varias funciones biológicas, incluyendo el metabolismo celular y la fisiología muscular, los cuales añaden valor a las proteínas debido a su perfil nutricional. Los aminoácidos esenciales son fundamentales para el crecimiento celular y no pueden ser sintetizados por el organismo, o son producidos en cantidades bajas que no llegan a satisfacer las necesidades del ser humano o mamíferos [76]. Debido a esto, los nueve aminoácidos esenciales deben ser adquiridos a través de alimentos ricos en estos, ya que son considerados esenciales para el estímulo de la síntesis de proteínas musculares, reparación de tejidos y la regulación metabólica del cuerpo [76], [77], [78].

Se conoce que la harina desgrasada de chía contiene todos los aminoácidos esenciales y no esenciales necesarios para múltiples procesos fisiológicos y que mantiene un equilibrio adecuado entre ellos [63]. La tabla 4 presenta la composición de aminoácidos en la semilla de chía y en la harina desgrasada. Se observa que los aminoácidos esenciales en la harina de semilla de chía desgrasada representan aproximadamente el 37% del contenido total de aminoácidos, siendo la lisina (Lys), la leucina (Leu), la valina (Val) y la fenilalanina (Phe) los más predominantes [63], [64], [65]. Específicamente, la harina de chía desgrasada se caracteriza por su alto contenido de Lys, un aminoácido esencial, que es importante para la síntesis de proteínas, la formación de colágeno y el mantenimiento

del tejido conectivo. Además, la Lys también apoya la función inmunológica y mejora la absorción de varios minerales importantes, incluido el calcio [79], [80], [81]. El alto contenido de Lys en la semilla de chía y en la harina desgrasada es particularmente ventajoso ya que es el aminoácido limitante en muchas dietas basadas en plantas, siendo una fuente principal de lisina para veganos y vegetarianos, permitiéndoles satisfacer sus necesidades nutricionales mientras aseguran un perfil de aminoácidos, más equilibrado [81], [82], [83], [88].

Tabla IV. Aminoácidos esenciales y no esenciales de la semilla y harina de chía desgrasada.

Aminoácidos de la semilla y harina de chía desgrasada (g / 100 g de muestra)							
Aminoácidos esenciales	Semilla de chía				Harina de chía desgrasada		
	Referencias				Referencias		
	[89]	[90]	[91]	[92]	[62]	[65]	[63]
Triptófano	0.33	ND	0.79	1.80	1.05	0.13	1.37
Metionina	0.67	0.81	0.79	ND	4.48	0.34	3.20
Histidina	0.67	0.88	0.67	2.10	3.52	1.07	4.70
Isoleucina	0.84	0.98	0.72	3.24	1.69	0.96	4.55
Leucina	1.60	1.63	1.35	5.30	4.01	1.82	6.30
Lisina	1.17	1.14	0.79	3.52	4.64	1.73	6.30
Fenilalanina	1.27	1.34	1.10	4.49	5.94	1.41	5.90
Treonina	0.89	0.98	0.75	2.49	5.43	1.00	4.10
Valina	1.16	1.37	0.93	3.73	4.00	1.18	5.34
Aminoácidos no esenciales	Semilla de chía				Harina de chía desgrasada		
	Referencias				Referencias		
	[89]	[90]	[91]	[92]	[62]	[65]	[63]
Alanina	1.21	0.94	1.02	ND	3.33	1.38	6.30
Arginina	2.62	3.73	2.04	ND	12.69	3.38	8.49
Ácido aspártico	2.25	2.05	1.72	ND	9.72	4.89	ND
Ácido glutámico	4.41	4.41	3.60	ND	18.46	0.46	18.00
Glicina	1.14	1.08	0.98	ND	5.58	1.43	4.90
Prolina	0.94	1.31	0.76	ND	3.72	0.95	0.75
Serina	1.37	0.94	1.16	ND	7.40	1.61	6.30
Cisteína	0.47	0.43	0.53	2.75	0.88	ND	ND
Tirosina	0.87	0.59	0.57	ND	3.46	0.59	2.70
ND_No determinado							

Los aminoácidos leucina y valina son aminoácidos hidrofóbicos de cadena ramificada con una cadena lateral alifática, que son de gran importancia fisiológica, particularmente en términos de apoyo a la salud muscular y regulación de las funciones metabólicas en general [54]. Estos aminoácidos se diferencian de otros compuestos aminoácidos esenciales en el hecho de que inicialmente son transaminados en los tejidos extrahepáticos y requieren transporte interotópico o intersticial para un catabolismo completo [93]. Debido al paralelismo en la estructura de sus cadenas laterales, tanto la leucina como la valina comparten un sistema de transporte común para la captación de aminoácidos, lo que mejora su incorporación en las células [94], [95]. Además, la leucina promueve el crecimiento muscular al actuar como precursor de la síntesis de proteínas y se ha

demostrado que la valina ayuda al metabolismo muscular al trabajar sinérgicamente con leucina e isoleucina, contribuyendo así al proceso de desarrollo muscular [91], [92], [93], [94]. De forma similar, se ha encontrado que el alto contenido de valina en harina desgrasada de canola complementa los efectos anabólicos de la leucina, manteniendo un equilibrio de nitrógeno positivo y contribuyendo a la recuperación muscular, haciéndola altamente valiosa en la nutrición post ejercicio [54].

Por otra parte, la leucina promueve la homeostasis glucostática a través de su capacidad para modular la secreción de insulina y mejorar la sensibilidad a la insulina, enfatizando su potencial como un suplemento dietario en el manejo de la obesidad y la diabetes mellitus [95], [96], [97], [98]. Además, este aminoácido estimula la oxidación de ácidos grasos y apoya la función mitocondrial tanto en tejidos esqueléticos como adiposos. En lo que respecta al aminoácido valina, este es crucial para la mejora de la atención y las funciones cognitivas debido a su papel en la síntesis de neurotransmisores, ya que el trastorno de valina en el cerebro humano se ha relacionado con algunos ejemplos de anormalidades neurológicas y retraso mental [99], [100].. Más allá de su papel en la salud cognitiva, se ha demostrado que la administración adecuada del aminoácido valina mejora notablemente el crecimiento y el rendimiento productivo, mientras modula la microbiota intestinal y las funciones inmunes [101]. [102]. [103].

Conclusiones

Esta revisión de la literatura científica corrobora además que la *Salvia hispánica* L. emerge como una fuente de alimento con alto valor nutricional y múltiples beneficios para la salud humana. La integración de los datos de diversas bases de datos resalta la riqueza de nutrientes contenidos en las semillas de chía, tales como ácidos grasos omega-3, fibra dietética, proteínas de alta calidad, vitaminas, minerales y una amplia gama de compuestos bioactivos, incluidos antioxidantes.

El análisis de la composición química y los efectos biológicos de la chía muestra su efecto beneficioso sobre el sistema cardiovascular, el control glicémico y la función antioxidante del cuerpo. Asumiendo estándares nutricionales adecuados, la presencia de aminoácidos esenciales, compuestos fenólicos y otros metabolitos secundarios indica una actividad significativa en la prevención primaria de enfermedades crónicas y apoya la promoción de la salud.

La tendencia global hacia la producción y consumo de la semilla de chía, tal como se evidencia en los estudios examinados, produce un impacto en la funcionalidad que esta puede llegar a tener en la industria alimentaria, así como en su consumo en una dieta equilibrada. No obstante, se detecta la necesidad de realizar estudios para comprender en detalle los mecanismos de acción que sus bioactivos presentan, y para determinar su eficiencia en ciertas poblaciones y en condiciones patológicas particulares.

Como se ha mencionado, la *Salvia hispánica L.* representa un recurso que posee un impacto significativo sobre la salud y, además, su incorporación en una dieta equilibrada puede ser útil para la prevención y tratamiento de diversas patologías. Se sugiere la realización de estudios clínicos y de laboratorio para analizar su potencial en el ámbito terapéutico y nutricional.

Referencias

- [1] «Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible». Accedido: 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- [2] A. Blanco y R. Mateos, «Estudio epidemiológico de sobrepeso y obesidad en adolescentes», *FarmaJournal*, vol. 3, n.o 1, Art. n.o 1, 2018. Recuperado a partir de <https://revistas.usal.es/cinco/index.php/2445-1355/article/view/17453>.
- [3] Statista Research Department, "Tema: Obesidad y sobrepeso en América Latina y el Caribe," Statista, [En línea]. Disponible en: <https://es.statista.com/temas/10922/obesidad-y-sobrepeso-en-america-latina-y-el-caribe/>. [Accedido: 20-jun-2024].
- [4] P. Ledesma, S. Strada, L. Arboleda, L. Camacho B. Elaboración de pan blanco a base de dulce de yacón y chocolate amargo. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-7125, vol. 16, N° 1, p. 6 – 21, jun., 2020, doi:10.24054/limentech.v16i1.352.
- [5] E. A. I. Pinilla, G. R. Escobar, J. G. Rodríguez, M. C. Q. Arguello, y L. M. A. Riveros, «Evaluación antropométrica, de hábitos alimentarios y actividad física de adolescentes escolarizados en Bogotá, Colombia», *Res. Soc. Dev.*, vol. 12, n.o 4, Art. n.o 4, abr. 2023, doi: 10.33448/rsd-v12i4.32955.
- [6] Gobierno de Colombia, «Resultados-generales-ENSIN-2015-preliminar - Chapters 3 and 4: Determinantes estructurales de la situación nutricional y Determinantes intermedios del estado nutricional», en *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN 2015*, 2019, pp. 79-103. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/335754940_Resultados-generales-ENSIN-2015-preliminar_-_Chapters_3_and_4_Determinantes_estructurales_de_la_situacion_nutricional_y_Determinantes_intermedios_del_estado_nutricional
- [7] R. Rabail et al., «An overview of chia seed (*Salvia hispanica L.*) bioactive peptides' derivation and utilization as an emerging nutraceutical food», *Front. Biosci.-Landmark*, vol. 26, n.o 9, Art. n.o 9, sep. 2021, doi: 10.52586/4973.
- [8] D. N. López, M. Galante, G. Raimundo, D. Spelzini, y V. Boeris, «Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates», *Food Res. Int.*, vol. 116, pp. 419-429, feb. 2019, doi: 10.1016/j.foodres.2018.08.056.

- [9] L. Day, «Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security», Trends Food Sci. Technol., vol. 32, n.o 1, pp. 25-42, jul. 2013, doi: 10.1016/j.tifs.2013.05.005.
- [10] L. A. Caballero Pérez, R. Tejedor Arias, y E. Salas Osorio. Survival of a mixed culture of microencapsulated probiotic strains against the gastrointestinal barrier in vitro. ISSN2521-9715. Rev. Cient. FCV-LUZ [Internet]. 13 de octubre de 2023 [citado 2 de abr. de 2025]; vol. 33(2), p.1-9, sept 2023, doi: 10.52973/rcfcv-e33296.
- [11] R. F. E. Añazco, D. L. P. Vásquez, y M. L. G. Illescas, «Los superalimentos como tendencia del mercado: Un análisis de las oportunidades para las empresas exportadoras», INNOVA Res. J., vol. 6, n.o 2, Art. n.o 2, may 2021, doi: 10.33890/innova.v6.n2.2021.1627.
- [12] C. S. Carrillo-Gómez, M. Gutiérrez-Cuevas, M. Muro-Valverde, R. Martínez-Horner, y O. Torres-Bugarín, «La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel», El Resid., vol. 12, n.o 1, pp. 18-24, ago. 2017. En línea]. Disponible en: www.medigraphic.com/elresidente.
- [13] E. D. Sosa, E. S. Worthy, y T. K. Darlington, «Microwave Assisted Manufacturing and Repair of Carbon Reinforced Nanocomposites», J. Compos., vol. 2016, n.o 1, p. 7058649, 2016, doi: 10.1155/2016/7058649.
- [14] R. Ullah et al., «Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (Salvia hispanica L.): a review», J. Food Sci. Technol., vol. 53, n.o 4, pp. 1750-1758, abr. 2016, doi: 10.1007/s13197-015-1967-0.
- [15] V. Y. Ixtaina et al., «Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction», J. Food Compos. Anal., vol. 24, n.o 2, pp. 166-174, mar. 2011, doi: 10.1016/j.jfca.2010.08.006.
- [16] M. Musa Özcan, F. Y. Al-Juhaimi, I. A. Mohamed Ahmed, M. A. Osman, y M. A. Gassem, «Effect of different microwave power setting on quality of chia seed oil obtained in a cold press», Food Chem., vol. 278, pp. 190-196, abr. 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.048.
- [17] V. Y. Ixtaina, S. M. Nolasco, y M. C. Tomás, «Physical properties of chia (Salvia hispanica L.) seeds», Ind. Crops Prod., vol. 28, n.o 3, pp. 286-293, nov. 2008, doi: 10.1016/j.indcrop.2008.03.009.
- [18] Mordor Intelligence, «Mercado de Semillas de Chía - Pronóstico, participación y tamaño». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/chia-seeds-market>
- [19] Informes de Expertos, «Mercado Latinoamericano de Semillas de Chía, Informe,

- Análisis 2024-2032». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-semillas-de-chia>
- [20] Foods, «La Chia: ¿qué es? historia, cultivo, valor nutricional, usos, recetas y más... - Superalimentos del Perú». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://foods.pe/la-chia/>
- [21] Infonegocios, «Crece exportación de chía orgánica y Paraguay lidera producción mundial (EEUU, el mayor comprador)». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://infonegocios.com.py/nota-principal/crece-exportacion-de-chia-organica-y-paraguay-lidera-produccion-mundial-eeuu-el-mayor-comprador>
- [22] C. Cisternas et al., «Chemical composition, nutritional characteristics and benefits associated with the consumption of Chia (*Salvia hispanica L.*)», Rev. Chil. Nutr., vol. 49, n.o 5, pp. 625-636, oct. 2022, doi: 10.4067/S0717-75182022000600625.
- [23] P. Jiménez P, L. Masson S, y V. Quitral R, «Chemical composition of chia seed, flaxseed and rosehip and its contribution in fatty acids omega-3», Rev. Chil. Nutr., vol. 40, n.o 2, pp. 155-160, jun. 2013, doi: 10.4067/S0717-75182013000200010.
- [24] E. P. Soto Tolosa,; L. A. Caballero Pérez. Evaluación de la calidad de café en taza de una muestra comercial de la región frente a una muestra comercial de alta calidad tipo exportación. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. vol. 19, N° 1, p. 17- 35, jun. 2021, doi:10.24054/limentech.v19i1.1408.
- [25] E. O. Mensah, L. Nadtochii, P. Adadi, y D. Agyei, «Chia derived bioactive peptides: Extraction, characterization, pharmacological activities and potential food applications», Food Biosci., vol. 59, p. 103975, jun. 2024, doi: 10.1016/j.fbio.2024.103975.
- [26] K. A. Ayala Requena y C. Gil Chueca, «Componentes de las semillas de Chía con actividad fisiológica funcional», Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/62731>
- [27] A. N. Kibui, E. Owaga, Institute of Food Bioresources Technology, Dedan Kimathi University of Technology, P. O. Box 657 - 10100 Nyeri, Kenya, M. Mburu, y Institute of Food Bioresources Technology, Dedan Kimathi University of Technology, P. O. Box 657 - 10100 Nyeri, Kenya, «Proximate composition and nutritional characterization of chia enriched yoghurt», Afr. J. FOOD Agric. Nutr. Dev., vol. 18, n.o 01, pp. 13239-13253, abr. 2018, doi: 10.18697/ajfand.81.17635.
- [28] E. A. Otondi, J. M. Nduko, y M. Omwamba, «Physico-chemical properties of extruded cassava-chia seed instant flour», J. Agric. Food Res., vol. 2, p. 100058, dic.

2020, doi: 10.1016/j.jafr.2020.100058.

- [29] K. Ghafoor, I. A. M. Ahmed, M. M. Özcan, F. Y. Al-Juhaimi, E. E. Babiker, y I. U. Azmi, «Una evaluación de los compuestos bioactivos, la composición de ácidos grasos y la calidad del aceite de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) tostada a diferentes temperaturas.», *Food Chem.*, vol. 333, p. 127531, dic. 2020, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127531.
- [30] F. D. Mihafu, B. N. Kiage, J. K. Okoth, y A. K. Nyerere, «Nutritional Composition and Qualitative Phytochemical Analysis of Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.) Grown in East Africa», <http://www.eurekaselect.com>, 2020, Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.eurekaselect.com/article/102572>.
- [31] L. A. Caballero Pérez., A. Hernández Monzón., R. Tejedor Arias. y E. J. Montes Montes. «Caracterización de mezclas de materiales poliméricos naturales para encapsulación, mediante secado por aspersión», *RCTA*, vol. 1, n.º 41, p. 1–11, may. 2023. doi:10.24054/rcta.v1i41.2412.
- [32] K. Ghafoor et al., «Effects of roasting on bioactive compounds, fatty acid, and mineral composition of chia seed and oil», *J. Food Process. Preserv.*, vol. 42, n.o 10, 2018, doi: 10.1111/jfpp.13710.
- [33] M. Cardenas, C. Carpio, D. Morales, M. D. Álvarez, M. Silva, y W. Carrillo, «Content of nutrients component and fatty acids in chia seeds (*Salvia hispanica* L.) Cultivated in ecuador», *Asian J. Pharm. Clin. Res.*, pp. 387-390, feb. 2018, doi: 10.22159/ajpcr.2018.v11i2.17096.
- [34] R. Ayerza (h) y W. Coates, «Contenido de proteínas, contenido de aceite y perfiles de ácidos grasos como criterios potenciales para determinar el origen de la chía (*Salvia hispanica* L.) cultivada comercialmente. », *Ind. Crops Prod.*, vol. 34, n.o 2, pp. 1366-1371, sep. 2011, doi: 10.1016/j.indcrop.2010.12.007.
- [35] M. R. Sandoval-Oliveros y O. Paredes-López, «Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.)», *J. Agric. Food Chem.*, vol. 61, n.o 1, pp. 193-201, ene. 2013, doi: 10.1021/jf3034978.
- [36] B.L. Olivos-Lugo, M.Á. Valdivia-López, y A. Tecante, «Thermal and Physicochemical Properties and Nutritional Value of the Protein Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia hispanica* L.)», *Food Sci. Technol. Int.*, vol. 16, n.o 1, pp. 89-96, feb. 2010, doi: 10.1177/1082013209353087.
- [37] E. Díaz-Montes, G. I. Cerón-Montes, y E. A. Vargas-León, «Encapsulación de compuestos bioactivos: una revisión sistemática», *Pädi Bol. Científico Cienc. Básicas E Ing. ICBI*, vol. 10, n.o 20, Art. n.o 20, ene. 2023, doi: 10.29057/icbi. v10i20.9575.

- [38] D. I. Santos, J. M. A. Saraiva, A. A. Vicente, y M. Moldão-Martins, «2 - Methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds and nutrients», en *Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds*, F. J. Barba, J. M. A. Saraiva, G. Cravotto, y J. M. Lorenzo, Eds., en *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.*, Woodhead Publishing, 2019, pp. 23-54. doi: 10.1016/B978-0-12-814174-8.00002-0.
- [39] J. Gámez-Villazana, «Avances en la determinación de compuestos bioactivos en alimentos», *Rev. Agrollania Cienc. Tecnol.*, vol. 19, jun. 2020, Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/960>.
- [40] N. Martínez et al., «Esterificación de los ácidos grasos libres del aceite de soya por catálisis heterogénea», *Rev. CENIC Cienc. Quím.*, vol. 39, n.o 3, pp. 139-140, 2008. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181621634008>.
- [37] A. Garcia-Castro, A. D. Roman-Gutierrez, F. A. Guzmán-Ortiz, A. Castañeda-Ovando, y R. Cariño-Cortés, «Compuestos bioactivos presentes en alimentos con actividad antihipertensiva y su efecto en COVID-19», *Pädi Bol. Científico Cienc. Básicas E Ing. ICBI*, vol. 9, n.o 18, pp. 1-6, ene. 2022, doi: 10.29057/icbi.v9i18.8098.
- [38] M. Grancieri, H. S. D. Martino, y E. Gonzalez de Mejia, «La proteína total digerida y las fracciones de proteína de la semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) tenían una alta capacidad de eliminación e inhibían las enzimas 5-LOX, COX-1-2 e iNOS.», *Food Chem.*, vol. 289, pp. 204-214, ago. 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.03.036.
- [39] J. Cotabarren et al., «Agregando valor al expeller de chía (*Salvia hispanica L.*): Producción de péptidos bioactivos con propiedades antioxidantes mediante hidrólisis enzimática con Papaína», *Food Chem.*, vol. 274, pp. 848-856, feb. 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.09.061.
- [40] J. Chen, L. Zhu, Q. Wu, Y. Chen, G. Wu, y H. Zhang, «Caracterización estructural y bioactividades de hidrolizados proteicos de expeller de semillas de chía procesados con diferentes proteasas in silico e in vitro», *Food Biosci.*, vol. 55, p. 102781, oct. 2023, doi: 10.1016/j.fbio.2023.102781.
- [41] K. Ghafoor, I. A. M. Ahmed, M. M. Özcan, F. Y. Al-Juhaimi, E. E. Babiker, y I. U. Azmi, «Evaluación de compuestos bioactivos, composición de ácidos grasos y calidad del aceite de semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) tostada a diferentes temperaturas», *Food Chem.*, vol. 333, p. 127531, dic. 2020, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127531.
- [42] N. J. Calsada Uribe; L. A. Caballero Pérez; E. P. Soto Tolosa. (2022). Elaboración de una barra proteica con recubrimiento de un gel energético a base de café. *Revista @*

limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. vol. 20 N° 2. p. 5-23. dic. 2022, doi:10.24054/limentech.v20i2.2282.

- [43] N. Yuldasheva et al., «The Synthesis of Schiff bases and new secondary amine derivatives of p-vanillin and evaluation of their neuroprotective, antidiabetic, antidepressant and antioxidant potentials», J. Mol. Struct., vol. 1270, p. 133883, dic. 2022, doi: 10.1016/j.molstruc.2022.133883.
- [44] M. Erdoğan, A. Onder, Y. Demir, y F. Comert Onder, «Novel Dibenzoazepine-Substituted Triazole Hybrids as Cholinesterase and Carbonic Anhydrase Inhibitors and Anticancer Agents: Synthesis, Characterization, Biological Evaluation, and In Silico Studies», ACS Omega, vol. 9, n.o 47, pp. 46860-46878, nov. 2024, doi: 10.1021/acsomega.4c05804.
- [45] A. Biçer et al., «Síntesis de derivados de 4-fenil-2-aminotiazol N -sustituidos e investigación de sus propiedades inhibitoras frente a las enzimas h CA I, II y AChE», Arch. Biochem. Biophys., vol. 761, p. 110159, nov. 2024, doi: 10.1016/j.abb.2024.110159.
- [46] M. Mutlu et al., «Efectos antioxidantes y de inhibición enzimática del aceite de semilla de chía (Salvia hispanica): un análisis fitoquímico exhaustivo mediante LC-HR/MS», Electron. J. Biotechnol., vol. 74, pp. 41-53, mar. 2025, doi: 10.1016/j.ejbt.2024.12.002.
- [47] A. Hashemi y A. Estilai, «Respuesta de germinación de semillas de chía dorada (Salvia columbariae Benth.) a baja temperatura y giberelina», Ind. Crops Prod., vol. 2, n.o 2, pp. 107-109, feb. 1994, doi: 10.1016/0926-6690(94)90091-4.
- [48] M. M. Lira et al., «Selected plants producing mucilage: Overview, composition, and their potential as functional ingredients in the development of plant-based foods», Food Res. Int., vol. 169, p. 112822, jul. 2023, doi: 10.1016/j.foodres.2023.112822.
- [49] A. K. F. I. Câmara, P. K. Okuro, R. L. da Cunha, A. M. Herrero, C. Ruiz-Capillas, y M. A. R. Pollonio, «Mucílago de chía (Salvia hispanica L.) como nuevo sustituto de grasa en productos cárnicos emulsionados: Caracterización tecnológica, fisicoquímica y reológica», LWT, vol. 125, p. 109193, may 2020, doi: 10.1016/j.lwt.2020.109193.
- [50] S. A. A. Shaikh, C. D. E, S. Natarajan, N. KP, S. U. Nayak, y N. Sujir, «Salivary TNF- α as a marker of periodontal disease in type 2 diabetes mellitus patients: A cross-sectional study», Int. J. Diabetes Dev. Ctries., nov. 2024, doi: 10.1007/s13410-024-01427-0.
- [51] E. S. Ibrahim Khushairay, S. M. Yusop, M. Y. Maskat, y A. S. Babji, «Péptidos de harina de chía desgrasada (Salvia hispanica L.): exploración de perfiles nutricionales, propiedades tecnofuncionales y biofuncionales, y direcciones futuras», Curr. Res. Food Sci., vol. 10, p. 101035, ene. 2025, doi: 10.1016/j.crfs.2025.101035.

- [52] H. Almanza K., U. Navarro M., J. Ruiz C. Extracción de colorante en polvo a partir de la semilla de aguacate en variedades hass y fuerte. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125, vol. 17, N° 1, p. 5–14, jun. 2019, doi:org/10.24054/limentech.v17i1.336.
- [53] B. Ozón, J. Cotabarren, T. Valicenti, M. Graciela Parisi, y W. David Obregón, «Chia expeller: A promising source of antioxidant, antihypertensive and antithrombotic peptides produced by enzymatic hydrolysis with Alcalase and Flavourzyme», Food Chem., vol. 380, p. 132185, jun. 2022, doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132185.
- [54] A. Ziemichód, Wójcik, Monika, y R. and Różyło, «Ocimum tenuiflorum seeds and Salvia hispanica seeds: mineral and amino acid composition, physical properties, and use in gluten-free bread», CyTA - J. Food, vol. 17, n.o 1, pp. 804-813, ene. 2019, doi: 10.1080/19476337.2019.1658645.
- [55] A. Rodríguez Lara et al., «Assessment of the Phytochemical and Nutritional Composition of Dark Chia Seed (*Salvia hispánica L.*) », Foods, vol. 10, n.o 12, Art. n.o 12, dic. 2021, doi: 10.3390/foods10123001.
- [56] C. Wang et al., «The biological functions and metabolic pathways of valine in swine», J. Anim. Sci. Biotechnol., vol. 14, n.o 1, p. 135, oct. 2023, doi: 10.1186/s40104-023-00927-z.
- [57] M. R. Segura-Campos, N. Ciau-Solís, G. Rosado-Rubio, L. Chel-Guerrero, y D. Betancur-Ancona, «Chemical and Functional Properties of Chia Seed (*Salvia hispanica L.*) Gum», Int. J. Food Sci., vol. 2014, n.o 1, p. 241053, 2014, doi: 10.1155/2014/241053.
- [58] G. Alarcon et al., «Effects of Cold Pressed Chia Seed Oil Intake on Hematological and Biochemical Biomarkers in Both Normal and Hypercholesterolemic Rabbits», Plant Foods Hum. Nutr., vol. 78, n.o 1, pp. 179-185, mar. 2023, doi: 10.1007/s11130-022-01036-4.
- [59] O. Zuluaga V.; S. Villa, D., D. Galeano. T., S. Durango. A., T. Pino. K., L. Camacho B. (2018). Elaboración de cupcake integral. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125, vol. 16 N° 2, p. 47–64, dic. 2020, doi:10.24054/limentech.v16i1.349.
- [60] M. S. Ferreira, M. C. Magalhães, J. M. Sousa-Lobo, y I. F. Almeida, «Trending Anti-Aging Peptides», Cosmetics, vol. 7, n.o 4, Art. n.o 4, dic. 2020, doi: 10.3390/cosmetics7040091.
- [61] E. S. I. Khushairay, M. A. Ghani, A. S. Babji, y S. M. Yusop, «The Nutritional and Functional Properties of Protein Isolates from Defatted Chia Flour Using Different Extraction pH», Foods, vol. 12, n.o 16, Art. n.o 16, ene. 2023, doi: 10.3390/foods12163046.

- [62] S. L. Nassef, G. S. El-Hadidy, y A. S. Abdelsattar, «Impact of Defatted Chia Seeds Flour Addition on Chemical, Rheological, and Sensorial Properties of Toast Bread», *Egypt. J. Agric. Sci.*, vol. 73, n.o 4, pp. 55-66, oct. 2022, doi: 10.21608/ejarc.2023.174785.1008.
- [63] M. R. Segura-Campos, «Isolation and functional caharacterization of chia (*Salvia hispanica*) proteins», *Food Sci. Technol.*, vol. 40, pp. 334-339, dic. 2019, doi.org/10.1590/fst.41618.
- [64] D. M. Ferreira et al., «Characterization of Chia Seeds, Cold-Pressed Oil, and Defatted Cake: An Ancient Grain for Modern Food Production», *Molecules*, vol. 28, n.o 2, Art. n.o 2, ene. 2023, doi: 10.3390/molecules28020723.
- [65] Z. Xiao et al., «Structural characterization of chia seed polysaccharides and evaluation of its immunomodulatory and antioxidant activities», *Food Chem. X*, vol. 20, p. 101011, dic. 2023, doi: 10.1016/j.fochx.2023.101011.
- [66] C.-B. Ioniță-Mîndrican et al., «Therapeutic Benefits and Dietary Restrictions of Fiber Intake: A State-of-the-Art Review», *Nutrients*, vol. 14, n.o 13, Art. n.o 13, ene. 2022, doi: 10.3390/nu14132641.
- [67] J. Ehret et al., «Benefits of Fiber-Enriched Foods on Satiety and Parameters of Human Well-Being in Adults with and without Cardiometabolic Risk», *Nutrients*, vol. 15, n.o 18, Art. n.o 18, ene. 2023, doi: 10.3390/nu15183871.
- [68] E. B. Giuntini, F. A. H. Sardá, y E. W. de Menezes, «The Effects of Soluble Dietary Fibers on Glycemic Response: An Overview and Futures Perspectives», *Foods*, vol. 11, n.o 23, Art. n.o 23, ene. 2022, doi: 10.3390/foods11233934.
- [69] T. Mao, F. Huang, X. Zhu, D. Wei, y L. Chen, «Effects of dietary fiber on glycemic control and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis», *J. Funct. Foods*, vol. 82, p. 104500, jul. 2021, doi: 10.1016/j.jff.2021.104500.
- [70] S. Kabisch, Weickert, Martin O., y A. F. H. and Pfeiffer, «The role of cereal soluble fiber in the beneficial modulation of glycometabolic gastrointestinal hormones», *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 64, n.o 13, pp. 4331-4347, may 2024, doi: 10.1080/10408398.2022.2141190.
- [71] G. Alarcon et al., «Effects of Cold Pressed Chia Seed Oil Intake on Hematological and Biochemical Biomarkers in Both Normal and Hypercholesterolemic Rabbits», *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 78, n.o 1, pp. 179-185, mar. 2023, doi: 10.1007/s11130-022-01036-4.
- [72] M. A. E. Mansour, G. A. Galal, y S. M. Abu El-Maaty, «Effect of addition of full fat

and defatted flaxseed flour on the quality of pan bread», Zagazig J. Agric. Res., vol. 45, n.o 1, pp. 271-279, ene. 2018, doi: 10.21608/zjar.2018.49847.

- [73].S. M. Daza Orsini, G. P. Parra Aparicio. Espectroscopia de infrarrojo con transformada de fourier (FT-IR) para análisis de muestras de harina de trigo, fécula de maíz y almidón de yuca. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035, vol. 19, N° 1, p. 5-16. jun. 2021, doi:10.24054/limentech.v19i1.1407.
- [74] K. A.-H. Selim, M. K. Mostafa, A. A.-T. Mahmoud, R. A. Ali, y S. Desk, «Effect of bioactive compounds of defatted flaxseed meal on rheological and sensorial properties of toast and cake», J. Food Sci. Technol., vol. 4, n.o 4, may 2019, Accedido: 30 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.siftdesk.org/article-details/Effect-of-bioactive-compounds-of-defatted-flaxseed-meal-on-rheological-and-sensorial-properties-of-toast-and-cake/479>.
- [75] Y. Absi, I. Revilla, y A. M. Vivar-Quintana, «Commercial Hemp (*Cannabis sativa* Subsp. *sativa*) Proteins and Flours: Nutritional and Techno-Functional Properties», Appl. Sci., vol. 13, n.o 18, Art. n.o 18, ene. 2023, doi: 10.3390/app131810130.
- [76] A. Jurgoński, P. M. Opyd, y B. Fotschki, «Effects of native or partially defatted hemp seeds on hindgut function, antioxidant status and lipid metabolism in diet-induced obese rats», J. Funct. Foods, vol. 72, p. 104071, sep. 2020, doi: 10.1016/j.jff.2020.104071.
- [77] V. Tufarelli et al., «Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) cake as sustainable dietary additive in slow-growing broilers: effects on performance, meat quality, oxidative stability and gut health», Vet. Q., vol. 43, n.o 1, pp. 1-12, dic. 2023, doi: 10.1080/01652176.2023.2260448.
- [78] K. Prakash, S. N. Naik, D. Vadivel, P. Hariprasad, D. Gandhi, y S. Saravanadevi, «Utilization of defatted sesame cake in enhancing the nutritional and functional characteristics of biscuits», J. Food Process. Preserv., vol. 42, n.o 9, p. e13751, 2018, doi: 10.1111/jfpp.13751.
- [79] D. Melo et al., «Whole or Defatted Sesame Seeds (*Sesamum indicum* L.)? The Effect of Cold Pressing on Oil and Cake Quality», Foods, vol. 10, n.o 9, Art. n.o 9, sep. 2021, doi: 10.3390/foods10092108.
- [80] D. D. Church et al., «Essential Amino Acids and Protein Synthesis: Insights into Maximizing the Muscle and Whole-Body Response to Feeding», Nutrients, vol. 12, n.o 12, Art. n.o 12, dic. 2020, doi: 10.3390/nu12123717.
- [81] Hernández Palma, H., Novoa, D. J., & Mendoza Cásseres, D. (2023). Renewable energy and energy efficiency measures applicable to health providing institutions

in Colombia. Colombian Journal Of Advanced Technologies, 1(41), 123–131. doi.org/10.24054/rcta.v1i41.2557.

- [82] M. Negro, O. Crisafulli, y G. D'Antona, «Effects of essential amino acid (EAA) and glutamine supplementation on skeletal muscle wasting in acute, subacute, and postacute conditions», Clin. Nutr. ESPEN, vol. 62, pp. 224-233, ago. 2024, doi: 10.1016/j.clnesp.2024.05.023.
- [83] G. Li, Z. Li, y J. Liu, «Amino acids regulating skeletal muscle metabolism: mechanisms of action, physical training dosage recommendations and adverse effects», Nutr. Metab., vol. 21, n.o 1, p. 41, jul. 2024, doi: 10.1186/s12986-024-00820-0.
- [84] R. Gunarathne, X. Guan, T. Feng, Y. Zhao, y J. Lu, «L-lysine dietary supplementation for childhood and adolescent growth: Promises and precautions», J. Adv. Res., vol. 70, pp. 571-586, abr. 2025, doi: 10.1016/j.jare.2024.05.014.
- [85] D. E. Matthews, «Review of Lysine Metabolism with a Focus on Humans», J. Nutr., vol. 150, pp. 2548S-2555S, oct. 2020, doi: 10.1093/jn/nxaa224.
- [86] A. Kumar et al., «Nutraceuticals derived from seed storage proteins: Implications for health wellness», Biocatal. Agric. Biotechnol., vol. 17, pp. 710-719, ene. 2019, doi: 10.1016/j.bcab.2019.01.044.
- [87] Q. Yang, D. Zhao, C. Zhang, N. Sreenivasulu, S. S.-M. Sun, y Q. Liu, «Lysine biofortification of crops to promote sustained human health in the 21st century», J. Exp. Bot., vol. 73, n.o 5, pp. 1258-1267, mar. 2022, doi: 10.1093/jxb/erab482.
- [88] Doria Alvarez, A. ., & Orozco Ospino, J. . (2020). Evaluación de propiedades físico-químicas y mecánicas del adobe elaborado con cal para su uso en la construcción sostenible. RCTA, 1(35), 89–94. doi.org/10.24054/rcta.v1i35.47.
- [89] I. Leinonen, P. P. M. Iannetta, R. M. Rees, W. Russell, C. Watson, y A. P. Barnes, «Lysine Supply Is a Critical Factor in Achieving Sustainable Global Protein Economy», Front. Sustain. Food Syst., vol. 3, abr. 2019, doi: 10.3389/fsufs.2019.00027.
- [90] N. Vera-Cespedes, L. A. Muñoz, M. Á. Rincón, y C. M. Haros, «Physico-Chemical and Nutritional Properties of Chia Seeds from Latin American Countries», Foods, vol. 12, n.o 16, Art. n.o 16, ene. 2023, doi: 10.3390/foods12163013.
- [91] A. Katunzi-Kilewela, L. D. Kaale, O. Kibazohi, R. M. Fortunatus, y L. M. P. Rweyemamu, «Fatty acid and amino acid profiling of chia seeds and physicochemical characterisation of chia seeds oil», Afr. J. Food Sci., vol. 16, n.o 11, pp. 269-278, nov. 2022, doi: 10.5897/AJFS2022.2227.
- [92] A. Ziemichód, M. Wójcik, y R. Różyło, «Ocimum tenuiflorum seeds and Salvia

hispanica seeds: mineral and amino acid composition, physical properties, and use in gluten-free bread», *CyTA - J. Food*, vol. 17, n.o 1, pp. 804-813, ene. 2019, doi: 10.1080/19476337.2019.1658645.

- [93] M. A. Gómez-Favela et al., «Improvement of Chia Seeds with Antioxidant Activity, GABA, Essential Amino Acids, and Dietary Fiber by Controlled Germination Bioprocess», *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 72, n.o 4, pp. 345-352, dic. 2017, doi: 10.1007/s11130-017-0631-4.
- [94] J. E. Sperringer, A. Addington, y S. M. Hutson, «Branched-Chain Amino Acids and Brain Metabolism», *Neurochem. Res.*, vol. 42, n.o 6, pp. 1697-1709, jun. 2017, doi: 10.1007/s11064-017-2261-5.
- [95] C. Wang et al., «The biological functions and metabolic pathways of valine in swine», *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, vol. 14, n.o 1, p. 135, oct. 2023, doi: 10.1186/s40104-023-00927-z.
- [96] M. Neinast, D. Murashige, y Z. Arany, «Branched Chain Amino Acids», *Annu. Rev. Physiol.*, vol. 81, n.o Volume 81, 2019, pp. 139-164, feb. 2019, doi: 10.1146/annurev-physiol-020518-114455.
- [97] S. U. Rehman, R. Ali, H. Zhang, M. H. Zafar, y M. Wang, «Research progress in the role and mechanism of Leucine in regulating animal growth and development», *Front. Physiol.*, vol. 14, nov. 2023, doi: 10.3389/fphys.2023.1252089.
- [98]. Rojas Puentes, M. D. P., Parada, C. J., & Leal Pabón, J. L. (2022). Work breakdown structures (WBS) in the scope management of software development projects. *Colombian Journal of Advanced Technologies*, 1(39), 51–58. doi.org/10.24054/rcta.v1i39.1375.
- [99] Y. Zhao et al., «Advances in the Role of Leucine-Sensing in the Regulation of Protein Synthesis in Aging Skeletal Muscle», *Front. Cell Dev. Biol.*, vol. 9, abr. 2021, doi: 10.3389/fcell.2021.646482.
- [100] C. Wang et al., «The biological functions and metabolic pathways of valine in swine», *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, vol. 14, n.o 1, p. 135, oct. 2023, doi: 10.1186/s40104-023-00927-z.
- [101] P. Reifenberg y A. Zimmer, «Branched-chain amino acids: physico-chemical properties, industrial synthesis and role in signaling, metabolism and energy production», *Amino Acids*, vol. 56, n.o 1, p. 51, ago. 2024, doi: 10.1007/s00726-024-03417-2.
- [102] K. Pathak et al., «The impact of leucine supplementation on body composition

and glucose tolerance following energy restriction: an 8-week RCT in adults at risk of the metabolic syndrome», *Eur. J. Clin. Nutr.*, vol. 78, n.o 2, pp. 155-162, feb. 2024, doi: 10.1038/s41430-023-01360-1.

- [103] L. Miao, Y. Zhang, Y. Lin, B. Liu, y X. Ge, «La suplementación adecuada con leucina promueve el metabolismo de la glucosa y mejora la homeostasis energética en la carpa cruciana juvenil (*Carassius auratus gibelio* var. CAS III).», *Comp. Biochem. Physiol. Part D Genomics Proteomics*, vol. 40, p. 100907, dic. 2021, doi: 10.1016/j.cbd.2021.100907.