



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas

Informe final

Desarrollo de productos a base de semillas de chía (*Salvia hispanica* L) para su aprovechamiento integral

Equipo de investigación

Sully Margot Cruz Velásquez

María Nereida Marroquín
Brenda Guisela López Roca
Nathalie Dulce Alexandra Gutiérrez Lara

Guatemala, 22 de febrero de 2020

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB)

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador del Programa de Investigación

Dra. Sully Margot Cruz Velásquez
Coordinadora del proyecto

Licda. María Nereida Marroquín
Investigadora

Nathalie Dulce Alexandra Gutiérrez Lara
Auxiliar de investigación II

Brenda Guisela López Roca
Auxiliar de investigación I

Otros colaboradores

Lic. Armando Cáceres (Laboratorio de Productos Naturales Farmaya)

Alfredo López (Eurotropic)

Dora Elena Chang (Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia)

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020.
Se encuentra bajo licencia creative commons 4.0

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.1. durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación de Ciencias Básicas

Índice

1. Resumen	1
2. Palabras clave	1
3. Abstract and keyword	1
4. Introducción	2
5. Planteamiento del problema	5
6. Preguntas de investigación	6
7. Delimitación en tiempo y espacio	6
8. Marco teórico	7
9. Estado del arte	16
10. Objetivo general	21
11. Objetivos específicos	21
12. Hipótesis (si aplica)	21
13. Materiales y métodos	21
14. Vinculación, difusión y divulgación	27
15. Resultados	27
16. Análisis y discusión de resultados	39
17. Conclusiones	42
18. Impacto esperado	43
19. Referencias	44

Índice de Tabla s

Tabla 1 Características físicas y organolépticas de la semilla de <i>S. hispanica</i>	27
Tabla 2 Prueba de mejor disolvente	28
Tabla 3 Rendimiento de extacción de semilla de <i>S. hispanica</i>	28
Tabla 4 Parámetros fisicoquímicos del aceite de <i>S. hispanica</i>	29
Tabla 5 Análisis químico proximal de semilla y residuo de semilla de <i>S. hispanica</i>	29
Tabla 6 Composición química de aceite fijo de <i>S. hispanica</i>	30
Tabla 7 Composición de ácidos grasos por categorías del aceite de chía	30
Tabla 8 Actividad antioxidante por CCF	31
Tabla 9 Determinación de actividad antioxidante de tinturas y aceites de <i>S. hispanica</i>	31
Tabla 10 Propuesta de galleta 1	32
Tabla 11 Propuesta de galleta 2	32
Tabla 12 Propuesta bloqueador solar	33
Tabla 13 Propuesta crema de día antiradicalaria	35
Tabla 14 Propuesta de leche corporal	35
Tabla 15 Propuesta acondicionador de cabello	36
Tabla 16 Propuesta de agua micelar	36
Tabla 17 Propuesta de concentrado a base de semilla de <i>S. hispanica</i> al 10%	37
Tabla 18 Propuesta de concentrado a base de semilla de <i>S. hispanica</i> al 5%	37
Tabla 19 Propuesta de concentrado a base de residuo de semilla de <i>S. hispanica</i> al 10%	38
Tabla 20 Propuesta de concentrado a base de residuo de semilla de <i>S. hispanica</i> al 5%	38

Índice de gráficas

Gráfica 1. Aporte nutricional de formulaciones de galleta y aporte de la harina de chía en las formulaciones	33
Gráfica 2. Espectros de la propuesta de formulación	34

Desarrollo de productos a base de semillas de chía (*Salvia hispanica* L) para su aprovechamiento integral

1. Resumen

La semilla de *Salvia hispanica* L. (chía), es un pseudocereal ancestral con potencial agroindustrial. Se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de semillas locales provenientes de Sololá, evaluación de la actividad antioxidante, se formularon dos productos alimenticios, se diseñaron cinco formulaciones fitocosméticas y cuatro propuestas de formulación de concentrados para pollos de engorde a base del residuo y semilla de chía. Se realizaron extractos de diferente polaridad presentando el mejor rendimiento el extracto diclorometánico (18.3,0.1%), el rendimiento de aceite por expresión fue de 23.6, 0.7%. El análisis proximal evidenció el potencial de la semilla en fibra cruda (19.21%), proteína (25.18%) y grasas (13.41), mientras que el residuo de la semilla presentó potencial en fibra (19.88%) y carbohidratos (47.66%). El aceite fijo presentó ácidos grasos poliinsaturados (84.35%), ácidos grasos omega 3 (68.24%). La mayor actividad antioxidante se evidenció en el residuo de la semilla por DPPH (CI₅₀ de 17.62 mg/mL, IC 95% [17.03, 18.22]), ABTS (CI₅₀ de 24.11, IC 95% [23.95, 24.27]) mg/mL, FRAP (16.68 mg de Fe⁺²/g de extracto), y fenoles totales (0.172 µg ácido gálico/g de extracto). Se diseñaron dos propuestas de galletas nutricionales las cuales aportan 8-12% de proteína, 2-5% de fibra cruda, 7-14 % de grasa y de 42-51% de carbohidratos. Se diseñaron cinco formulaciones fitocosméticas con el aceite de chía en proporciones de 0.2-5% obteniéndose un FPS de 25 para el bloqueador solar, lo cual puede contribuir a mejorar la rentabilidad del cultivo y diversificar los productos.

2. Palabras clave: Aceite, omega-3, antioxidante, fotoprotector, alimento, nutrición animal.

3. Abstract and keyword

Salvia hispanica L. (chia) seed is an ancestral pseudocereal with agro-industrial potential. The physicochemical properties of local seeds from Sololá were characterized, evaluation of the antioxidant activity, two food products were formulated, five phytocosmetic formulations and four formulation proposals for concentrates for broilers based on the residue and chia seed were designed. Extracts of different polarity were made with the best yield in the dichloromethane extract (18.3, 0.1%), yield oil was 23.6, 10.7%. The proximal analysis showed the potential of the

seed in crude fiber (19.21%), protein (25.18%) and fat (13.41%), while the residue of the seed presented potential in fiber (19.88%) and carbohydrates (47.66%). The fixed oil presented polyunsaturated fatty acids (84.35%), omega 3 fatty acids (68.24%). The highest antioxidant activity was evidenced in the seed residue by DPPH (CI50 of 17.62 mg / mL, CI 95% [17.03, 18.22]), ABTS (CI 50 of 24.11, CI 95% [23.95, 24.27]) mg / mL, FRAP (16.68 mg of Fe + 2 / g of extract), and total phenols (0.172 µg gallic acid / g of extract). Two proposals for nutritional biscuits were designed which provide 8-12% protein, 2-5% crude fiber, 7-14% fat and 42-51% carbohydrates. Five phytocosmetic formulations were designed with chia oil in proportions of 0.2-5%, obtaining an SPF of 25 for the sunscreen, which can contribute to improving the profitability of the crop and diversifying the products.

Key Word: oil, omega- 3, antioxidant, photoprotector, feed, animal nutrition.

4. Introducción

La *Salvia hispanica* L (chía), es una hierba anual perteneciente a la familia Lamiaceae, con amplia distribución y diversidad genética, especie precolombina nativa de Mesoamérica, de zonas montañosas de Guatemala y del oeste y centro de México (Álvarez-Chávez, Valdivia-López, Alberto-Juárez, & Tecante, 2008; Beltrán-Orozco & Romero, 2003), se cultiva con fines comerciales en Argentina, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay y Australia (Busilacchi et al., 2013). Recientemente se incorporaron como productores Nicaragua y países del sudeste de Asia (Jamboonsri et al., 2012).

La génesis del cultivo data desde tiempos prehispánicos siendo uno de los cuatro alimentos tradicionales (maíz, quínoa, amaranto y chía) más importantes en la dieta de las culturas indígenas. Esta especie logró sobrevivir debido a la conservación de algunas tradiciones precolombinas por parte de pequeños grupos de descendientes de las naciones Nahua (Ayerza & Coates, 2005; Cahill, 2003).

Diferentes partes de la planta son comercializadas para consumo humano en todo el mundo, como suplemento alimenticio. Las semillas de chía son usualmente consumidas como harina o grano integral incluidas en jugos de fruta, leche, refrescos y ensaladas. Recientemente la fibra está siendo utilizada en productos de pastelería y en la industria de bebidas debido a las

propiedades nutricionales y funcionales que incluyen fijación de grasa y como gelificante (Coorey, Tjoe, & Jayasena, 2014).

Es un buen recurso de proteína (19-27 g/100g), con un buen balance de aminoácidos esenciales especialmente metionina y cisteína (Ayerza, 2013; Sandoval-Oliveiros & Paredes-López, 2013; Weber, Gentry, Kohlhepp, & McCrohan, 1991). Se ha descrito la presencia de compuestos antioxidantes principalmente ácidos fenólicos (ácido clorogénico y cafeico) y flavonoles (miricetina, quercetina y kaempferol) (Amato et al., 2015). También contiene compuestos bioactivos como tocoferoles y minerales (Capitani, Spotorno, Nolasco & Tomás, 2012; Marineli, Lenquiste, Moraes, & Maróstica, 2015). El residuo de la semilla después del proceso de extracción del aceite constituye una fuente de fibra dietaria, por lo que se considera una especie con múltiples aplicaciones comerciales (Reyes-Caudillo, Tecante, & Valdivia-López, 2008).

Su contenido en ácidos grasos poliinsaturados supera a los de numerosos cereales comúnmente consumidos en la dieta. Es bien conocido que una dieta a base de un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados y un bajo consumo en grasas saturadas ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares como arteriosclerosis, diabetes, obesidad, entre otras (Coates & Ayerza, 2009; Komprda, Zorníková, Rozíková, Borkovcová, & Prywarová, 2013; Lee, 2009). Otra sustancia destacable de esta planta son los mucílagos que contiene; un tetrapolisacárido lineal compuesto por D-xilosa, D- glucosa y 4-O-metil-D-ácido glucurónico, que actúa como una fibra soluble que ayuda a evitar el estreñimiento crónico. Las semillas de chía, al ser sumergidas en agua, quedan envueltas por este mucílago, que es de interés desde el punto de vista nutricional y como agente espesante en la industria alimentaria. Estas semillas son sometidas a diferentes procesos de extracción según el producto que se desee obtener, pudiendo ser aceite o harina (Avila-De la Rosa, Alvarez-Ramírez, Vernon-Carter, Carrillo-Navas, & Pérez-Alonso, 2015; Coorey, Tjoe, & Jayasena, 2014).

Su harina presenta la ventaja de carecer de gluten, lo cual es muy beneficioso para ser utilizada en pacientes intolerantes al gluten. Debido a esta característica, se han llevado a cabo diversos estudios acerca de la sustitución de harina de chía por otras harinas convencionales, dando resultados positivos que proporcionan una diversidad alimentaria a los pacientes celíacos, por ejemplo, distintos tipos de postres, productos de panadería y pastas (Menga et al., 2017). Al ser

inodora e insípida, se puede utilizar para la elaboración de alimentos que requieren proteínas y grasas saludables sin afectar al sabor (Capriles, dos Santos, & Arêas, 2016).

La semilla ha demostrado actividad antioxidante por dos métodos *in vitro* (ABTS, ácido linoleico y aclaramiento del β -caroteno) y un método *in vivo* (peroxidación de liposomas), en forma similar al Trolox (Reyes-Caudillo, Tecante, & Valdivia-López, 2008). Los principales antioxidantes son los ácidos clorogénico y caféico, así como ciertos flavonoles (miricetina, quercetina y kaempferol) (Taga, Miller, & Pratt, 1984). Su importante contenido de omega 3 y omega 6 le hace muy importante para la nutrición humana, en vista que estos son necesario para realizar varias funciones, mantener buena salud y no pueden ser sintetizados artificialmente (Mohd et al., 2012).

El aceite fijo contiene 60-65% de omega 3 (ácido α linolénico) y 15-20% de omega 6 (ácido linolénico) (Amato et al., 2015; Mohd et al., 2012), la fuente más alta conocida de estos componentes grasos en el reino vegetal (Ayerza & Coates, 2011; Cooper, 2015), aunque existe una amplia variabilidad dependiendo de las condiciones del suelo y otras variables fenotípicas (Ayerza, 2010; Dubois, Breton, Linder, Fanni & Parmentier; 2007). La composición de esteroides incluye campesterol (472 ± 25 mg/kg de lípidos), stigmasterol ($1,248\pm 133$ mg/kg de lípidos), β -sitosterol ($2,057\pm 110$ mg/kg de lípidos) (Ciftci, Przybylski & Rudzinska; 2012). Los materiales producidos en Guatemala a partir de semillas autóctonas en el marco de un proyecto financiado por CONCYT demuestran un amplio rendimiento del contenido de aceite fijo (6.51% en semillas cultivadas de Jalapa a 12.98% en semillas cultivadas en Totonicapán), pero en todos los casos el contenido de omega 3 es más alto (64.58-68.62%) que todos los resultados encontrados en los diferentes estudios de la literatura internacional.

No sólo se incorpora en dietas para humanos, también se puede incorporar a piensos y dietas para animales con el fin de mejorar sus componentes nutricionales (Jamshidi, Amato, Ahmadi, Bochicchio, & Rossi, 2019). Se han llevado a cabo estudios en gallinas alimentadas a base de harina de chíá obteniendo resultados muy significativos tanto en la propia carne del animal como en los huevos; en los lípidos contenidos en la yema se observó un aumento de ácido alfa-linolénico y un descenso de ácido palmítico (Ayerza & Coates, 2001; 2002; Salazar-Vega, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, Betancur-Ancona & Castellanos-Ruelas, 2009).

Un grupo de gallinas fueron alimentadas con tres semillas (linaza, colza y chía), demostrando que las alimentadas con chía tenían un mayor contenido de omega 3 en el huevo y una mejor calidad de carne (Antruejo et al., 2011; Ayerza & Coates, 2011).

Es por ello que se caracterizaron las semillas, mucílago, aceite de chía proveniente de Sololá, se realizó una propuesta de formulación a base del aceite para su aplicación cosmética, un producto alimenticio con aplicación funcional en la nutrición humana y se demostró el potencial de la semilla y residuo en la alimentación animal con el objetivo de darle un valor agregado a la semilla de chía, diversificar los productos y fomentar el aprovechamiento integral de esta especie ancestral.

5. Planteamiento del problema

La semilla de chía es un considerada un super alimento ya que presenta micronutrientes como el calcio, hierro, magnesio, zinc, selenio, un potente antioxidante y cobre que contribuye a que el cuerpo pueda utilizar hierro, ácidos grasos esenciales como el omega 3, el cual es cada vez es más difícil de consumir de forma natural por el deterioro de los suelos y el alto consumo de alimentos procesados.

También se ha demostrado en diversos estudios epidemiológicos la relación entre la presencia de enfermedades degenerativas y el escaso consumo de nutrientes esenciales. De ahí que resulta importante promover una alimentación equilibrada para prevenir múltiples patologías.

La chía presenta dentro de su composición compuestos fenólicos y ácidos grasos esenciales, los cuales han demostrado que pueden prevenir enfermedades tales como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Coates, 2011; Porrás-Loaiza, Jiménez-Munguía, Sosa-Morales, Palou, & López-Malo, 2014). Aunado a lo anterior, sus capacidades absorbentes y la generación de mucílago al ser hidratada, la colocan como una materia prima para diferentes productos de aplicación alimenticia y cosmética.

Es considerada una semilla que puede ser de utilidad en la prevención de enfermedades y en la actualidad es muy común identificarla en diversidad de alimentos: harinas, galletas, cereales, pan, entre otros. Sin embargo, en Guatemala hay muy pocos productos que se comercialicen a base de chía.

La riqueza nutricional de la chía, la convierte en ingrediente ideal para adicionar a una gran diversidad de productos. Se la utiliza como ingrediente para hacer pan, barras energéticas, suplementos dietéticos, en dietas de aves para producción de huevos y carne y en dietas de vacas lecheras, entre otros. Por lo que tiene diferentes mercados a los cuales se puede introducir como alimento funcional.

El consumo actual de chía se ha incrementado en el mundo de manera significativa y se hace necesario ampliar la información que los consumidores tienen sobre dichas semillas para aumentar su uso gastronómico, y dar propuestas de productos para su diversificación y aprovechamiento integral, ya que por sus constituyentes aportan beneficios a la salud. En la industria cosmética tanto la semilla, aceite y mucílago pueden ser aprovechados para el diseño de cosméticos naturales biodegradables con menor impacto ambiental.

6. Preguntas de investigación

¿Cuáles son las características fisicoquímicas, nutricionales y funcionales de las semillas, aceite y subproductos de chía provenientes de productores locales guatemaltecos?

¿Es posible generar nuevos productos a base de semillas, aceite y subproductos de chía para su revalorización, aprovechamiento y diversificación en Guatemala?

7. Delimitación en tiempo y espacio

7.1 Delimitación en tiempo:

El estudio se realizó de febrero a diciembre, el primer semestre se realizó el extracto de semilla y residuo, extracción del aceite y mucílago, caracterización fisicoquímica, seguidamente se realizaron las pruebas de actividad antioxidante y determinación del factor de protección solar, para seleccionar el extracto o subproducto que presentó la mejor actividad para el diseño de la formulación cosmética. En el segundo semestre se diseñaron propuestas de productos alimenticios, cosméticos y de uso en la nutrición animal comprobando el aporte de la semilla y residuo de chía en la nutrición y cosmética.

7.2 Delimitación espacial:

La colecta del material se realizó en localidades de Sololá con la colaboración de la Empresa Eurotropic.

La extracción, caracterización y diseño de la formulación de producto fitocosmético se realizó en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (Lipronat) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

El diseño del producto alimenticio se desarrolló en colaboración con el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (Incap) y el Restaurante Clios.

La evaluación del aporte nutricional de la semilla y residuo de chía en la alimentación animal se desarrolló en el Lipronat.

8. Marco teórico

El género *Salvia* incluye unas 900 especies y se distribuye extensamente en varias regiones del mundo. *S. hispanica* conocida como salvia española, artemisa española, chía mexicana, chía negra o simplemente chía o chan, es una planta herbácea anual, originaria de las áreas montañosas del oeste y centro de México. Para los mayas era uno de los cultivos básicos (Bueno et al., 2010).

Las semillas tienen un uso prehispánico desde épocas tan tempranas como 3,500 AC (Coates, 2011), como alimento, medicina, aceite y ceremonial-religioso, al extremo de ser considerada por algunos historiadores tan importante como el maíz y en algunas áreas inclusive más importante; los códices del siglo XVI (Códice Florentino) dan fe que 21 de las 38 provincias aztecas consideraban a la chía como un tributo anual, aunque es de hacer notar la pérdida progresiva del conocimiento etnobotánico de las poblaciones silvestres, asociadas con la pérdida del hábitat de algunos sitios, lo que indica una degradación tanto del recurso genético como de los conocimientos ancestrales (Cahill, 2003).

Fray Bernardino de Sahagún en 1579 describe la preparación de barras y otras de consumo con fines alimenticios y medicinales; en la *Nueva Farmacopea de México* publicada en 1874 se incluye por sus usos farmacéuticos para extraer cuerpos extraños de los ojos (Coates, 2011). Las semillas son utilizadas para preparar bebidas refrescantes, al estar en el agua aumenta el volumen y se rodea de una gruesa capa de mucílago que

procede del tegumento exterior, también se molían la semilla junto con el maíz cocido para preparar una bebida llamada *chianzotzolatoli* (Cahill, 2003; Coates, 2011). La revisión de la literatura histórica demuestra que se usan varias partes de la planta, particularmente las semillas (35-40%), raíz (5-10%), partes vegetativas (5-10%) y partes no definidas (30-40%); los usos medicinales, por sistema indican que a lo largo del tiempo se ha usado para afecciones de la piel (21-23%), gastrointestinales (20-21%), fiebre (11-12%), respiratorias (4-9%), estimulante (4-8%), tracto urinario (3-4%), sistema nervioso (2-4%) y oftálmico (1-9%); el segundo uso tradicional más importante es como alimento (semilla entera, harina de semilla, mucílago y aceite) (Cahill, 2003).

Una ración de 24 g de semilla de chía diaria, contribuye en más del 25% de la fibra soluble diaria recomendada. El 5% de fibra soluble o mucílago tiene importancia por su valor nutricional y por su naturaleza hidrocoloide y gelificante es de utilidad en la industria cosmética (Avila-De la Rosa, Alvarez-Ramírez, Vernon-Carter, Carrillo-Navas, & Pérez-Alonso, 2015; Flores, 2008).

El aceite extraído de las semillas se utilizaba para preparar pintura y según los pintores es uno de los mejores para hacer pintura, superando al de linaza pues conserva el color brillante indefinidamente. Por su contenido de aceite se considera una planta de tipo industrial, de color amarillo que se vuelve más claro por acción de la luz, el sabor y olor es semejante a la linaza; de 100 kg de semillas se obtienen 21 kg de aceite y 79 kg de torta que puede utilizarse en la alimentación de animales y como abono agrícola. La caracterización de los subproductos demuestra que se puede preparar torta de semillas después de la extracción del aceite fijo; la extracción por prensado produjo un producto con mayor cantidad de aceite residual, mientras que las raciones obtenidas por extracción con disolventes permitieron obtener materiales con mayor capacidad de absorción (Capitani, Spotorno, Nolasco, & Tomás, 2012).

El follaje tierno también se aprovecha como alimento y en algunos casos como medicinal, aunque no puede individualizarse un tratamiento específico; la raíz también se utiliza en cocimiento para tratar problemas biliares y afecciones respiratorias (Coates, 2011). Las semillas se consideran un excelente alimento para humanos y animales, además de presentar una función metabólica que ayuda a controlar las grasas de la dieta. Se

considera útil para el tratamiento de estreñimiento y como un emoliente para el tratamiento de las mucosas oculares (Cahill, 2003).

La composición química nutricional de las semillas incluye:

Principio	Valor	Minerales *	Valor ^a	Aminoácidos ^{c,d}	Valor	Vitaminas	Valor
Calorías		Aluminio (µg/g)	2.5-28	Alanina	6.93-9.41	Vitamina A (µg/g)	43.0
Agua (%)	5-7	Azufre (mg)		Arginina	15.7-20.0	β-carotenos	
Carbohidratos (g/hg)	26-41	Calcio (mg/g) ^b	4.5-8.9	Cisteína	2.39-4.2	Tiamina (µg/g)	14.42
Proteínas (g/hg)	15-26	Cobre ((µg/g)	3.6-4.9	Fenilalanina	7.91-11	Riboflavina (µg/g)	2.13
Grasa (g/hg)	32-55	Fósforo (mg/g) ^b	4.7-9.2	Glicina	6.58-9.1	Niacina (µg/g)	82.5
Fibra dietética (g/hg)	18-43	Hierro (ng/g) ^b	90-125	Glutamina	25.2-28.0	Vitamina C (mg)	
Ceniza (%)	2-5	Magnesio (mg/g) ^b	3.3-5.1	Histidina	4.19±0.74	Vitamina E (mg)	
		Manganeso (µg/g) ^b	95-140	Isoleucina	5.34-7.4	Piridoxina (mg)	
Otros metabolitos		Potasio (mg/g)	7.0-11.0	Leucina	9.00-14.0		
Genisteína		Selenio (mg)	ND	Lisina	7.21-9.3	Ácidos grasos (%)^d	
Daidzeína		Sodio (µg/g)	ND-9	Metionina	0.63-0.67	láurico 12:0	0.03-0.06
Quercetina		Zinc (µg/g) ^b	49-75	Prolina	7.02-12.8	mirístico 14:0	0.04-0.06
				Serina	6.89-9.44	palmítico 16:0	6.95-7.65
				Tirosina	4.53-6.1	esteárico 18:0	2.69-3.55
				Treonina	5.54-5.92	oleico 18:1	3.40-13.25
				Triptófano	0.02±0.04	linoleico 18:2	18.35-21.05
				Valina	7.90-8.76	linolenico 18:3	59.50-64.20
Fuentes: Amato et al., 2015; Alvarado, 2011; Ayerza, 2013; Ciftci, Przybylski & Rudzinska, 2011; Llorent-Martínez et al., 2013; Nitrayová, 2014; Orona-Tamayo, Valverde, Nieto-Rendón, & Paredes-López, 2015; Scapin et al., 2015; Valenzuela et al., 2015)							

ND: No detectado; ^a Rango de cinco muestras comerciales en España; ^b Contribución > 5% de la recomendación diaria; ^c Rango de valores promedio en mg/g de dos genotipos (Tzotzol e Iztac) y en muestras obtenidas en ^d Eslovaquia y Polonia

Valor terapéutico de chía

Valor terapéutico	Referencia
Protector cardiaco	Munoz et al., 2012
Ayuda a control de diabetes	EFSA, 2009
Recursos de péptidos, repara el daño tisular	Segura-Campos et al., 2013
Control de dislipidemia	Chicco et al., 2009
Potencial para disminuir colesterol LDL e incrementa los beneficios de HDL	Ayerza & Coates 2005 Brenna et al., 2009
Control de hipertensión y triglicéridos	Rodea-González et al., 2012
Antiinflamatorio	Nadeem et al, 2015
Actividad antioxidante	EFSA, 2005
Semilla no alergénica	
Antiplaquetaria, anticarcinogénica, hipotensora, tratamiento de anemia, mejoría en dermatitis, analgésico	Ayerza & Coates, 2005
Antineoplásico	Adams et al., 2006
Enfermedad celiaca, constipación y vasodilatación	Adams et al., 2005
Desórdenes renales	Wojcikowski et al., 2006
Antiviral	Jiang et al., 2005

Cosmética natural

Se considera que un ingrediente cosmético es natural si proviene exclusivamente de plantas, animales, microorganismos o minerales, y si no se han realizado intencionadamente modificaciones químicas. Para obtener estos ingredientes, pueden emplearse procesos físicos (molienda, secado, destilación...), de fermentación o de extracción con disolventes.

Los ingredientes naturales derivados son, según la ISO 16128, aquellos en los que más de un 50% de su peso molecular es de origen natural, y cuya obtención se lleva a cabo por procesos químicos o biológicos con el objetivo de modificar su estructura química (en dicha norma se

incluye un listado informativo de estos procesos). Muy similar es la definición de ingrediente orgánico derivado. Por otra parte, considera ingrediente mineral derivado el obtenido procesando químicamente sustancias presentes de forma natural en la tierra, y cuya composición es la misma que la de un ingrediente natural mineral.

Los términos ecológico, biológico u orgánico se aplican a los ingredientes naturales obtenidos mediante técnicas de cultivo o producción animal que no utilicen pesticidas o abonos producidos por síntesis química (aunque sí productos químicos inorgánicos, como el sulfato de cobre no fabricado por síntesis o los nitratos presentes en el guano), ni organismos genéticamente modificados.

La cosmética natural debería elaborarse con ingredientes de origen natural y mediante procesos sostenibles; haber probado su eficacia; carecer de sustancias tóxicas, irritantes o alergénicas, y minimizar el impacto ambiental de los residuos que genera. Además, las empresas que la fabrican no deberían realizar publicidad engañosa ni fomentar las falsas ideas preconcebidas.

Es muy difícil fabricar un cosmético 100% natural que resulte eficaz, seguro y estable. Aunque existen numerosos activos eficaces (presentes, por ejemplo, en las plantas), la extracción y fraccionamiento de estos activos debería hacerse con solventes de origen natural y técnicas como la cromatografía. Además, aunque se dispone de una amplia gama de grasas vegetales y otros excipientes del mismo origen, el arsenal de tensioactivos (y sobre todo el de conservantes) es bastante limitado. Por otra parte, incluso algo tan simple como los ajustes de pH o la adición de un secuestrante de cationes es bastante complicado si no se utilizan ácidos o sales alcalinas fabricados por síntesis. Por otra parte, hay campos (como la fotoprotección) en los que se reduce la disponibilidad de materias primas de eficacia contrastada. Es por ello que los agentes implicados en el sector de la cosmética natural aceptan que se aplique el calificativo natural con ciertos márgenes de tolerancia, tanto en las materias primas utilizadas como en los procesos de fabricación. No obstante, aunque se admitan determinados porcentajes de sustancias de síntesis, suelen establecerse listados de sustancias no aceptables por motivos de seguridad o contaminación ambiental (Del Arco & Ibáñez, 2020).

Las plantas poseen una valiosa cantidad de componentes con propiedades cosméticas, por lo que

los extractos u otros derivados de las plantas podrían ser prometedores para su uso en cosmetología.

Los aceites vegetales son compuestos orgánicos que se obtienen a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Están formados básicamente por triglicéridos, diglicéridos, ácidos grasos (ácido esteárico, linoleico, oleico y linolénico) y otros constituyentes minoritarios como tocoferoles y esteroides. Los ácidos grasos hidratan, suavizan, mejoran la flexibilidad de la piel, y además reparan la epidermis, por esta razón son ampliamente utilizados en cosmética y dermofarmacia. Cuando hay insuficiencia de ácidos grasos esenciales en el organismo, se observan síntomas de dermatitis como escamas y deshidratación de la piel, por lo que el suplemento de ácidos grasos a la misma puede curar o aliviar esos síntomas (Draelos, 2006).

Fitocosmético es el término que define al producto cosmético (de higiene o tocador) que incluye casi exclusivamente materias primas de origen vegetal (fitoingredientes) en su formulación con el objetivo de ejercer una acción determinada. De acuerdo con las convenciones actuales, podemos decir que los productos fitocosméticos incluyen a los denominados cosméticos naturales y a los cosméticos orgánicos. Se reporta que a nivel mundial el ingrediente con mayor demanda corresponde a los aceites vegetales, con el 88% de la participación del volumen total de importaciones mundiales, por tal motivo la producción de aceites vegetales de semillas presenta potencialidad de mercado para la industria cosmética mundial. Además, la investigación de productos naturales es una temática cada vez de mayor interés mundial por sus posibilidades de aplicación en el mejoramiento de la calidad de vida (Valenzuela et al., 2020).

Las sustancias naturales extraídas de las plantas se han considerado recientemente como posibles filtros solares debido a su absorción de rayos ultravioleta y su poder antioxidante. Estos compuestos presentan reactividad estable como donadores de electrones por lo que tienen la propiedad antioxidante, y pueden reaccionar con radicales libres producidos por la radiación ultravioleta e inhibir o retrasar sus efectos nocivos. Algunos de estos compuestos son principalmente fenoles simples, ácidos fenólicos, cumarinas, taninos y flavonoides (Mishra, Mishra & Chattopadhyay, 2012).

Formas farmacéuticas utilizadas en cosmética

Emulsiones

Las emulsiones son sistemas cinéticamente estabilizados de dos líquidos inmiscibles y la actividad termodinámica del sistema de emulsión no varían por cambios en la concentración de sus constituyentes . Existen diferentes tipos de emulsiones, pero aceite en agua (o / w) o agua en aceite (w / o) son consideradas las más importantes . Recientemente, las emulsiones han ganado una inmensa importancia en el campo de la farmacéutica y la dermatología y también puede utilizarse en alimentos, lavandería, limpieza, lubricantes , fabricación de metales y en bebidas . Generalmente, las preparaciones en emulsión no son tóxicas y han demostrado ser un sistema de liberación controlada, que protegen los activos, aumentan su biodisponibilidad y propiedades terapéuticas . Estéticamente, debido a la fase oleosa, la emulsión mejora la capacidad de propagación y los efectos farmacológicos de los ingredientes. Anteriormente, las preparaciones tópicas basadas en emulsiones mostraron mayores potenciales no tóxicos que las otras formas de dosificación (Mohammad et al., 2018).

Crema

Son formas farmacéuticas semisólidas que están compuestas por dos fases, una oleosa y una acuosa, emulsionadas. Pueden contener uno o más principios activos y hasta un 80% de agua. Son formulaciones de absorción lenta y consistencia no untuosa o líquida muy espesa, destinadas a la aplicación tópica en piel o mucosas Confieren hidratación profunda y pueden incluir el agregado de un factor solar para brindar protección adicional. Están recomendadas en pieles maduras y en aquellas que presentan alto grado de sequedad. Pueden ser complementadas con un serum en caso de mayor necesidad.

Geles

Los geles son sistemas dispersos translúcidos o transparentes, formados por al menos dos fases. Su contenido acuoso o hidroalcohólico es muy alto, rondando alrededor del 90%. Estructuralmente se distingue una fase continua y una fase discontinua, siendo esta última donde se incorporan los principios activos. Se definen como semisólidos que pueden ser suspensiones de pequeñas partículas inorgánicas o grandes moléculas orgánicas interpenetradas por un líquido. A temperatura ambiente son semisólidos, pero se fluidifican con el aumento de la temperatura Existen 3 mecanismos de formación de geles: 1. Por cambio de pH 2. Por calentamiento y

posterior enfriamiento 3. Por simple humectación Esta forma farmacéutica en general no admite principios activos de origen lipídico, lo que hace que los geles tengan un escaso poder de penetración cutánea, limitándose a una acción tópica.

Serums

Los serums son formulaciones a base de aceite o agua con altas concentraciones de principio activo. Debido a que su formulación no es necesariamente una emulsión, no quiere emulsionantes, los cuales dañan los principios activos de la fórmula. Generalmente, este tipo de preparado tiene pocos ingredientes correctamente seleccionados para optimizar la 38 disponibilidad del ingrediente activo, el cual puede ser una vitamina, un factor de crecimiento, un extracto botánico, entre otros (Draelos, 2018). Este tipo de formulación proporciona rápida absorción y gran penetración. Debido a su alta concentración de principio activo, suele indicarse en el tratamiento de pieles más dañadas. Además, al no tener acabado oleoso no deja la piel grasa, por lo que puede utilizarse sólo o ser el paso previo a la aplicación de una crema o emulsión.

Elección de la forma farmacéutica según tipo de piel y beneficio obtenido

Forma farmacéutica	Tipo de piel	Beneficio
Crema	Pieles maduras y secas	Hidratación profunda
Emulsión	Pieles jóvenes	Hidratación y rápida absorción
Gel	Pieles grasas	Efecto criógeno y desinflamante
Serum	Pieles altamente dañadas	Buena penetrabilidad y altas concentraciones de activos

Aplicaciones de la semilla y aceite de chía

Producto	Concentración/aplicación	Uso del producto final
Helados	10-20%	Helado
Queso cheddar	10-20%	Pizza, sándwiches, aderezos
Omega-3 nutraceúticos	10-30%	Yogurt, productos de panadería
Aceite de chía parcialmente hidrogenado	Cocina, aceite para freír, manteca para panadería	Galletas, panadería
Omega-3 para enriquecer galletas escolares	Aceite de chía, fracción de oleína, fracción de estearina	Pasteles, galletas
Aceite de cocina	100% de aceite de chía o combinado con aceite de soja, canola, algodón o girasol en diferentes proporciones	Aceite para freír, cocinar
Suplemento de Omega-3	5-20% dependiendo del suplemento	Para afecciones de piel, ansiedad, agente antidiabético, disfunción renal.
Alimento para aves	1-2% para huevos enriquecidos con omega-3	Salud de la comunidad
Alimento para ganado	Incrementa la concentración de omega-3 en leche y productos derivados. Puede utilizarse de 5-10%	Leche funcional y productos derivados
Cosméticos	5-20%	Bloqueador

 Ramadan, 2019

9. Estado del arte

Se han realizado diferentes estudios demostrando el valor terapéutico de la chía como cardioprotector (Muñoz, Cobos, Diaz, & Aguilera, 2012); para el control de diabetes (European Food Safety Authority, 2009), potencial para reparar y mejorar el daño en el tejido por la presencia de péptidos bioactivos (Segura-Campos, Salazar-Vega, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2013), control de la hipertensión, triglicéridos y antiinflamatorio (Rodea-González et al., 2012), actividad antioxidante (Nadeem, Ajmal, & Ayaz, 2015), antiviral (Jiang et al., 2005), lo cual evidencia el potencial de la semilla de chía en los diferentes sectores nutracéutico, farmacéutico, cosmético entre otros.

Se evaluó la composición de chía en seis ecosistemas tropicales y subtropicales de Sur América en el cual se concluyó que la composición de la semilla se ve afectada por la localidad debido a uno o más factores ambientales como la temperatura, luz, tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes, en general las semillas con menor cantidad del ácido α -linoleico correspondían a regiones húmedas, áridas y semiáridas, la variación de proteína no pudo ser explicada por factores climáticos pero se encontró mejor producción de proteínas en zona desérticas (Ayerza & Coates, 2004).

Un estudio determinó el contenido de proteína, aceite y perfil de ácidos grasos de cultivos comerciales localizados en Argentina, Bolivia y Ecuador el cual evidenció diferencias significativas, por lo que se concluye la necesidad de evaluar la introducción de cultivos en nuevas áreas ya que impactan significativamente sobre la composición de la semilla, se determinó que los factores ambientales incluyen en las características más deseables de la semilla (Ayerza & Coates, 2011). Se investigó la composición de la semilla de dos genotipos de chía con diferente color, el cual relacionó el contenido de proteína, aceite, fibra, aminoácidos y antioxidantes determinando que no existe una relación con la composición y el color de la semilla y se encontró el diglucósido secoisolaricorsorcinol como un compuesto antioxidante que contribuye a la estabilidad del aceite de chía (Ayerza, 2013).

La semilla ha demostrado actividad antioxidante por dos métodos *in vitro* (ABTS, ácido linoleico y aclaramiento del β -caroteno) y un método *in vivo* (peroxidación de liposomas), en forma similar al Trolox (Reyes-Caudillo, Tecante, & Valdivia-López, 2008). Los principales

antioxidantes son los ácidos clorogénico y caféico, así como ciertos flavonoles (miricetina, quercetina y kaempferol) (Taga, Miller, & Pratt, 1984). Su importante contenido de omega 3 y omega 6 le hace muy importante para la nutrición humana, en vista que estos son necesario para realizar varias funciones, mantener buena salud y no pueden ser sintetizados artificialmente (Mohd et al., 2012).

En ratas dislipidémicas por administración de una dieta rica en sucrosa se demostró un efecto beneficioso en la homeostasis de lípidos y glucosa (Chicco, D'Alessandro, Hein, Oliva, & Lombardo, 2008). En un ensayo clínico en pacientes con síndrome metabólico se demostró que la inclusión de semillas en el patrón dietético contribuye a la pérdida de peso, reduce los niveles séricos de triglicéridos y la intolerancia a la glucosa (Guevara-Cruz et al., 2011); aunque en otro estudio la administración a 76 sujetos con sobrepeso por 12 semanas no redujo el peso significativamente (Nieman, et al., 2009).

La administración a 10 mujeres posmenopáusicas durante 7 días de un suplemento con 25 g de semilla en polvo aumentó los niveles plasmáticos de ácidos α -linolénico y eicosapentanóico, sin elevar los niveles de los ácidos decosapentanóico y decosaheptanoico (Jin et al., 2012). En un estudio simple-ciego cruzado, 20 pacientes con diabetes tipo 2 bien controlada recibieron 37 ± 4 g/día de semillas o salvado de trigo durante 12 semanas, se demostró que los pacientes redujeron la presión sistólica y los niveles de proteína C reactiva y factor de von Willebrand, lo que indica que la suplementación a largo plazo puede atenuar los factores de riesgo en estos pacientes (Vuksan et al., 2007).

En 11 individuos normales la administración de 0, 7, 15 y 24 g de semillas horneadas con pan blanco, demostró disminución de los niveles de glucosa postprandial como una explicación de los efectos a largo plazo en la hipertensión arterial, factores de coagulación y marcadores inflamatorios observados en el estudio anterior con pacientes con diabetes tipo 2 (Vuksan et al., 2010).

En dos estudios con individuos sanos, en el primero con dosis ascendentes de semillas y en el segundo comparando semillas enteras contra semilla en polvo, se demostró disminución de la glucosa posprandial y ligera supresión del apetito en ambas preparaciones (Lee, 2009). El hidrolizado proteico de las semillas presenta actividad antihipertensiva y antioxidante al agregarse al pan blanco y a crema de zanahoria; este hidrolizado de bajo peso molecular, posiblemente péptidos, presenta actividad inhibitora de la enzima I-convertasa de angiotensina, pero no presenta actividad antioxidante (Salazar-Vega, Segura-Campos, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2012; Segura-Campos, Salazar-Vega, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2013), aunque un estudio reciente demuestra que además de la actividad hipotensora los péptidos de prolamina y las fracciones globulínicas muestran una potente actividad antioxidante (ABTS, DPPH, FRAP), lo que justifica su incorporación en la dieta humana como alimento funcional (Orona, Valverde, Nieto & Paredes, 2015), en panadería, repostería, producción de mayonesa, barras nutritivas (Alvarado, 2011) y otros alimentos en los que se usa su mucílago como una fuente de goma funcional (Coelho, & de las Mercedes, 2014; Segura-Campos, Acosta-Chi, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2014).

Otra aplicación interesante es el uso del extracto hidroetanólico del polvo de las semillas (2%) y otros subproductos como antioxidante en la preservación de salchichas de cerdo (Silva et al., 2015) y hamburguesas que le permitan comportarse como alimentos más balanceados nutricionalmente (Souza et al., 2015). Las partes vegetativas de chía pueden usarse como forraje con un buen valor nutritivo cuando se colectan antes del periodo de floración, pero después de este período la calidad nutricional disminuye considerablemente con un aumento de fracciones fibrosas y una dramática disminución del contenido de proteína cruda; esta situación es inversamente proporcional al mejoramiento de la calidad nutricional de las semillas (Peiretti & Gai, 2009).

Un grupo de gallinas fueron alimentadas con tres semillas (linaza, colza y chía), demostrando que las alimentadas con chía tenían un mayor contenido de omega 3 en el huevo y una mejor calidad de carne (Antruejo et al., 2011; Ayerza & Coates, 2011). La administración en la dieta de ratas demostró que su plasma contiene cantidades

significativamente menores de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad y que las lipoproteínas de alta densidad y los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 se encuentran en cantidades mayores (Ayerza & Coates, 2007; Fernandez, Vidueiros, Ayerza, Coates & Pallaro, 2008); experimentos con cerdos y conejos dieron resultados similares, sin que se demostrara algún olor desagradable (Coates & Ayerza, 2009; Dalle & Szendrö, 2011).

El aceite fijo contiene 60-65% de omega 3 (ácido α linolénico) y 15-20% de omega 6 (ácido linolénico) (Amato et al., 2015; Mohd et al., 2012), la fuente más alta conocida de estos componentes grasos en el reino vegetal (Ayerza & Coates, 2011; Cooper, 2015), aunque existe una amplia variabilidad dependiendo de las condiciones del suelo y otras variables fenotípicas (Ayerza, 2010; Dubois, Breton, Linder, Fanni & Parmentier; 2007). La composición de esteroides incluye campesterol (472 ± 25 mg/kg de lípidos), stigmasterol ($1,248 \pm 133$ mg/kg de lípidos), β -sitosterol ($2,057 \pm 110$ mg/kg de lípidos) (Ciftci, Przybylski & Rudzinska; 2012). Los materiales producidos en Guatemala a partir de semillas autóctonas en el marco de un proyecto financiado por CONCYT demuestran un amplio rendimiento del contenido de aceite fijo (6.51% en semillas cultivadas de Jalapa a 12.98% en semillas cultivadas en Totonicapán), pero en todos los casos el contenido de omega 3 es más alto (64.58-68.62%) que todos los resultados encontrados en los diferentes estudios de la literatura internacional.

La evaluación del contenido de gliadinas demostró que las semillas y sus harinas están libres de gliadina, lo que las hace seguras para usarse en pacientes con enfermedad celíaca (López, Dryner, Vidueiros, Pallaro, & Valencia, 2010). Así como, el uso de la harina de las semillas con una harina de nuez e hidrocoloides de diversos tipos demostró que mejora considerablemente las características y propiedades físico-químicas y reológicas en la preparación de masas a base de harinas libres de gluten (Moreira, Chenlo, & Torres, 2013). Las hojas también tienen un potencial uso alimenticio y medicinal, habiéndose demostrado la presencia de varios flavonoides (ácido clorogénico, derivados del ácido ferúlico, glicósidos de luteolina, ácido rosmarínico y derivados, así como algunos poco comunes como acetil vitexina, y acetil orientina) y ácido hidroxicinámico (Amato et al.,

2015). En general el contenido de metales pesados en las semillas es bajo y se encuentran en niveles seguros y generalmente están libres de micotoxinas (Heuer, Yaniv, & Ravina, 2002); asimismo no contiene gluten (Bueno et al., 2010). Un estudio demostró que la exposición a las semillas no produce una respuesta alérgica, aún en individuos con alergia a cacahuates y nueces (Coates, 2011).

Un estudio reciente en embarazadas demostró que la ingesta de aceite de semillas durante el tercer trimestre embarazo y primeros tres meses de lactancia, aumenta significativamente los niveles de ácido α -linolénico y disminuye los niveles de ácido linoleico, sin modificaciones de los niveles de ácido araquidónico, eicosapentanoico y docosahexanóico; se concluye que la leche de mujeres que ingieren aceite de semillas de chía durante la etapa de amamantamiento aumenta sus niveles de ácido docosahexanóico (Valenzuela et al., 2015).

Una reciente resolución de la Autoridad Europea sobre Seguridad Alimentaria indica que el consumo de semillas de chía y sus productos molidos pueden colocarse en el mercado como ingredientes alimenticios, razón por la que se han desarrollado varios productos, como semilla completa, harina completa, semidesgrasada y baja en grasa; su uso en panadería demuestra un producto con las mismas calidades de los panes fabricados con los materiales convencionales, pero su adición a panes con harinas convencionales muestra un aumento significativo respecto a los controles de proteínas, lípidos, ceniza y fibra dietaria, además de inhibir la cinética de la retrodegradación de la amilopectina en los procesos de almacenaje, lo que estaría directamente relacionado con el retraso en el enranciamiento del pan (Iglesias-Puig & Haros, 2013), así mismo, es importante el uso de la semilla completa o molida como una fuente de goma funcional para la industria alimenticia. Las semillas contiene fécula, mucílago, proteína, carbohidratos, fibra dietética, aceite fijo, ceniza, minerales y vitaminas (Coelho & de las Mercedes, 2014; Lee, 2009; Orona-Tamayo, Valverde, Nieto-Rendón, & Paredes-López, 2015; Weber, Gentry, Kohlhepp, & McCrohan, 1991), así como flavonoides, isoflavonas (Martínez & Paredes, 2014) y compuestos fenólicos (miricetina, quercetina, kaempferol y ácidos caféico y clorogénico) (Reyes-Caudillo, Tecante, & Valdivia-López, 2008). Velásquez y colaboradores (2015) sugieren que el mucílago puede ser utilizado microencapsulado en

srpay drying con diversos materiales bioactivos por la estabilidad del mucílago a diferentes temperaturas y humedad.

10. Objetivo general.

Desarrollar productos a base de semillas de *S. hispanica* (chía) con aplicación cosmética y alimenticia para su aprovechamiento integral.

11. Objetivos específicos

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, composición nutricional y funcional de las semillas, aceite y residuo de chía proveniente de Sololá para el desarrollo de nuevos productos.

Diseñar propuestas de formulación a base de mucílago, extracto, aceite de semilla chía y residuo de chía para su aplicación como bloqueador solar o aclarador de la piel.

Desarrollar un producto a base de la harina y aceite de chía para la revalorización de los granos ancestrales con aplicación funcional en la nutrición humana.

Determinar la potencialidad de la semilla y residuo de chía en base a su composición química para la inclusión en la alimentación animal para el aprovechamiento y diversificación del subproducto.

12. Hipótesis (si aplica). Por tratarse de una investigación descriptiva no aplica.

13. Materiales y métodos

13.1 Enfoque y tipo de investigación:

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que se analizó la composición nutricional, actividad antioxidante, el factor de protección solar, los parámetros fisicoquímicos en los extractos, aceite y subproductos de semilla de chía.

El tipo de investigación es descriptiva, explicativa y aplicada enfocada en el desarrollo de productos.

13.2 Recolección de información:

Universo: Semillas de chía procedentes de Sololá

Muestra: Extractos, aceite y mucílago obtenidas de semillas de chía

13.3 Técnicas e instrumentos:

13.3.1 Obtención del material: Se colectaron las semillas de chía procedentes de Sololá con el apoyo de la Empresa Eurotropic y Laboratorio Farmaya, se secaron las semillas en un horno de convección de aire forzada a 40 °C hasta obtener una humedad < 10 %, posteriormente se molieron y tamizaron para la obtención de la harina.

13.3.2 Obtención del mucílago: Se utilizaron las semillas desengrasadas empleando un extrusor o prensa hidroelectrica, posteriormente se hidrataron 50 g de semilla y adicionaron 1000 mL de agua a temperatura ambiente, se solubilizó el mucílago mediante sonificación por 2 h y agitación simultánea durante 1 h, se filtró a alta presión hasta obtener la solución de mucílago libre de semillas, se deshidrató la solución a una temperatura de 50 °C por 10 h para obtener películas de mucílago, se tamizó y se pesó para obtener el porcentaje de rendimiento (Flores, 2008).

13.3.3 Análisis químico proximal: Se realizó la determinación de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra cruda, carbohidratos, siguiendo los procedimientos establecidos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006), dichos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

13.3.4 Obtención del extracto: A partir de 200 g de material seco de cada la semilla de chía se realizaron extractos por percolación, ultrasonido, soxhlet empleando disolventes de diferente polaridad etanol al 90°, acetato de etilo, diclorometano, éter y se concentró en rotaevaporador. Posteriormente se secó en desecadora hasta obtener un extracto seco.

13.3.5 Cuantificación de fenoles totales: Se preparó una curva patrón con 4 mL de ácido gálico disuelto en agua (1:10) en concentraciones de 0.625-6.25 mg/mL. Se prepararon dos tubos de muestra del extracto, se realizó la lectura en el espectrofotómetro a una

longitud de onda de 765 nm. La cantidad de fenoles totales es expresada como μg equivalentes de ácido gálico por mg de extracto, todas las muestras se realizaron por quintuplicado para obtener el promedio, desviación estándar y los intervalos de confianza (Monente, Ludwig, Irigoyen, de Peña, & Cid, 2015).

13.3.6 Evaluación de la actividad antioxidante:

- Método por CCF para evaluar la actividad atrapadora de radicales por difenilpicrilhidracilo (DPPH): Se aplicaron 10 μL de muestra y 5 μL del estándar antioxidante terc-butil-hidroquinona (TBHQ) en una placa cromatográfica de silica gel 60F₂₅₄. Se colocó la placa en una cámara de vidrio saturada previamente con acetato de etilo:ácido acético:ácido fórmico:agua (100:11:11:26). Se secó y asperjó con DPPH (1 mg/mL en metanol). Resultados: Si los extractos presentan actividad antioxidante se observa la decoloración del DPPH en las bandas respectivas. Cada cromatografía se realizó por quintuplicado.
- Método colorimétrico por DPPH: Se disolvió 20 mg de extracto en 1 ml de metanol, se prepararon cinco diluciones de concentración de 4-20 mg/mL. Posteriormente se prepararon una serie de cuatro tubos de reacción por ensayo. Se realizó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro (517 nm) contra el blanco respectivo. Se calculó el porcentaje de disminución de la absorbancia causado por el extracto respecto al control. La actividad antioxidante se expresa en términos de la concentración de inhibición al 50 % (CI₅₀), que es la concentración del extracto requerida para disminuir un 50 % la absorbancia de DPPH se expresa como mg/mL. Se realizó el ensayo por quintuplicado para cada una de las muestras, obteniendo los intervalos de confianza. (Vasco, Ruales, & Kamal-Eldin, 2008).
- Determinación del poder reductor de hierro (FRAP): Se disolvió 20 mg de extracto en 1 mL de metanol. Se mezcló 1mL del extracto, 1mL de tampón de fosfato (0.2M, pH 6.6) y 1mL de ferrocianuro de potasio (1 %) e incubó durante 20 min a 50 °C. Se mezcló 1.5 mL del sobrenadante de la solución, 1.5 mL de agua destilada y 0.375 mL de cloruro férrico (0.1 %) y se midió la absorbancia a 700 nm. Se realiza cada muestra por quintuplicado

para obtener los promedios, desviación estándar, los resultados se expresan como μg de Fe (II)/g de extracto. Para ello se construyó una recta patrón con disoluciones de concentración conocida de FeSO_4 , comprendidas entre 0.2 y 10 mM (Kosem, Han, & Moongkarndi, 2007).

- Decoloración del radical catiónico del reactivo ácido 2,2'-azinobis-(ácido-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS): El procedimiento se basa en lo descrito por Vasco, Rueales, & Kamal (2008) con algunas modificaciones. Se realizó la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro a 734 nm en el minuto 1, 4 y 6 de cada dilución del extracto. Esta se interpreta según el valor de CI_{50} , es decir, la concentración del extracto requerida para disminuir un 50 % la absorbancia de ABTS. Los resultados se expresan en mg/mL, ya que representa la concentración de solución de Trolox que tiene la misma capacidad antioxidante que el extracto. El ensayo se realizó por quintuplicado para obtener promedio, desviación estándar.

13.3.7 Propuesta de bloqueador solar y evaluación de factor de protección solar

Se utilizó el programa Sunscreen optimizer TM para las propuestas de formulación y determinación del factor de protección solar, se evaluaron seis diferentes formulaciones y se seleccionó la formulación que mostró el mejor FPS, considerándose la que presentó un factor de 25 como la mejor, ya que se clasifica dentro de un rango medio, el cual cubre tanto espectro UVA/UVB.

13.3.8 Propuesta de productos fitocosméticos

Se revisaron diferentes bases de datos para la propuesta de productos fitocosméticos entre las cuales se mencionan:

- UL Prospector for Personal Care & Knowledge Center
<https://www.ulprospector.com/en/la/PersonalCare>
- Cosmetics & Toiletries Bench Reference
http://dir.cosmeticsandtoiletries.com/search/cbr_ing.html
- PCPC (Personal Care Council) <https://www.personalcarecouncil.org/> & Buyer's Guide

- Websites fabricantes, algunos ejemplos: <https://intobeauty.evonik.com/>
<http://eusolex.formulation.finder.merckgroup.com/#/filter/list>
- Institut of Personal Care Sciences <https://personalcarescience.com.au/> & YouTube
- Chemist Corner <https://chemistscorner.com/>

Posteriormente se diseñaron y seleccionaron cinco productos fitocosméticos de 20 formulaciones propuestas, empleando criterios de factibilidad, costo, eficacia, composición química dentro de los cuales se mencionan: Bloqueador solar, crema antiradicalaria, leche corporal, acondicionador de cabello, agua micelar.

13.3.9 Diseño de un producto alimenticio: Se determinaron las condiciones iniciales para la propuesta del producto, el orden de la mezcla de ingredientes, combinación de uso de semilla entera y molida de chía, combinación de aceite, combinación con otras semillas y harinas (amaranto y camote), se realizaron pruebas para el desarrollo de una galleta, para lo cual se contó con el apoyo del Restaurante Clios y del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (Incap).

13.10 Evaluación del efecto nutricional de la semilla y residuo de semilla de chía con diferentes niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde: Se realizó el análisis proximal de la semilla de chía y se analizaron los requerimientos nutricionales de pollos de engorde según lo que describe la literatura y se realizó el análisis de lo que aporta la semilla y residuo en concentrados para pollos (Ayerza, Coates, & Lauria, 2002; Komprda, Zoníková, Rozíková, Borkovcová, & Przywarová, 2013).

13.4 Técnicas e instrumentos:

Técnica: Se realizó el análisis y experimentación de acuerdo a criterios y especificaciones establecidas en los métodos para la actividad antioxidante, determinación del factor de protección solar, caracterización fisicoquímica y nutricional.

Instrumento: La información se recolectó de acuerdo a los procedimientos y técnicas establecidos en los métodos, para la extracción se emplearon equipos tales como percolador, soxhlet, rotaevaporador, prensa hidráulica; para la actividad antioxidante se

utilizaron equipos como espectrofotómetro y lector de placas, para la caracterización química, se utilizaron disolventes, reactivos específicos para cada prueba y equipo espectrofotómetro para las mediciones cuantitativas.

13.5 Operacionalización de las variables o unidades de análisis:

Tabla 1
Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Objetivos específicos	Variables o unidades de análisis	Forma en que se medirán, clasificarán o cualificarán
Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, composición nutricional y funcional de las semillas, aceite y residuo de chía proveniente de Sololá para el desarrollo de nuevos productos.	Semilla de chía Harina de chía Aceite de semilla Residuo de semilla desengrasada Extracto Residuo de semilla después del extracto Mucílago	Las propiedades fisicoquímicas que se determinaron: densidad, pH, índice de refracción, color, tamaño. Composición nutricional: proteínas, carbohidratos, grasas, carbohidratos, humedad, cenizas Funcional: evaluación de actividad antioxidante por métodos de inhibición de radicales libres los cuales permitieron determinar la concentración inhibitoria media (CI ₅₀) para DPPH y ABTS, expresada en mg/mL. Para la prueba de FRAP se expresó como µg de Fe (II)/g de extracto y fenoles totales µg equivalentes de ácido gálico/mg de extracto.
Diseñar propuestas de formulación a base de mucílago, extracto y aceite de semillas de chía para su aplicación cosmética como bloqueador solar o aclarador de la piel.	Mucílago Extracto Aceite Producto fitocosmético	Se realizó la propuesta de formulaciones cosméticas a base del aceite de chía y un bloqueador solar. Se determinó el factor de protección solar en la formulación.
Desarrollar un producto a base de la harina y aceite de chía para la revalorización de los granos ancestrales con aplicación funcional en la nutrición humana.	Harina de semilla de chía Aceite de semilla de chía Producto alimenticio	Se realizó la propuesta de galletas a base de semilla de chía, harina de amaranto y camote
Determinar la potencialidad de la semilla y residuo de chía en base a su composición química para la inclusión en la alimentación animal para el aprovechamiento y diversificación del subproducto.	Semilla de chía al 5 y 10 % Residuo de la semilla desengrasada Propuesta de Concentrado de aves	Se analizó los resultados del análisis proximal de la semilla y residuo de chía Se analizó los requerimientos nutricionales de pollos de engorde Se realizó la propuesta de concentrados para pollos de engorde. Se determinó el aporte nutricional de la semilla y residuo de chía en el concentrado

13.6 Procesamiento y análisis de la información:

Los datos obtenidos se muestran en Tablas y gráficas, se tabularon los datos de cinco repeticiones en cada uno de los ensayos para la caracterización fisicoquímica, composición nutricional y actividad antioxidante y se calculó la media aritmética, desviación estándar e intervalos de confianza según el caso por el programa Excel de Office. Para el cálculo de la concentración inhibitoria media (CI₅₀) determinada para la actividad antioxidante se realizó mediante regresión lineal y coeficiente de determinación empleando cinco diluciones de la muestra, un blanco y un estándar. Se realizó un análisis de varianza a un nivel de .05 y un intervalo de confianza del 95% en las pruebas que la variable de respuesta sea numérica.

14. Vinculación, difusión y divulgación

Se estableció cooperación con las empresas Eurotropic y Farmaya que se han enfocado en apoyar a productores locales y desarrollar productos a base de semillas y hierbas nativas, con el Incap se contó con el apoyo en la formulación y desarrollo del producto alimenticio, así como con el Restaurante Clios se realizaron pruebas de formulación de galletas ya que tienen interés en introducir productos naturales nativos con alto valor nutricional.

15. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados:

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización de semilla de *S. hispanica* (chía), en la cual se describen las características físicas y organolépticas.

Según los resultados la forma característica de la semilla ovalada, color de gris, café con predominio del color negro, textura lisa lo cual concuerda con lo reportado para la semilla de chía.

Caracterización de semilla de *S. hispanica*

Tabla 1

Características físicas y organolépticas de la semilla de S. hispanica

Parámetro	Descripción
Forma	Ovalada
Color	variadas (gris, café, negro)
Tamaño	2 mm de largo y 1.5 mm de ancho
Textura	Lisa
Otras características	Líneas negras sin patrón

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la prueba de mejor disolvente, empleando cuatro diferentes concentraciones de etanol. Según se puede apreciar el mejor rendimiento según la prueba de mejor disolvente se obtuvo con alcohol al 90°.

Tabla 2

Prueba de mejor disolvente

Grado alcohólico	Peso muestra (g)	Peso total (g)	% rendimiento
30	1.0027	31.9434	5.57
50	1.0041	31.5088	5.32
70	1.0095	34.5201	5.68
90	1.0011	53.7161	8.74

En la Tabla 3 se muestran los resultados de rendimiento de extracción con disolvente de diferente polaridad y tres técnicas de extracción. Según los resultados obtenidos el rendimiento incrementa utilizando la semilla molida y las mejores técnicas fueron percolación, soxhlet y ultrasonido, los disolventes con los cuales se obtuvo el mejor rendimiento fue diclorometano y acetato de etilo. El rendimiento del aceite fue de 23.6% y de mucílago fue de 3.5%.

Tabla 3

Rendimiento de extracción de semilla de S. hispanica

Tipo de extracto	Método de extracción	Porcentaje
Extracto etanólico (semilla entera)	Percolación	0.13 (0.03)
	Soxhlet	10.4 (0.03)
	Ultrasonido	0.4 (0.02)
Extracto etanólico (semilla molida)	Percolación	2.14 (0.2)
	Ultrasonido	2.22 (0.1)
Extracto diclorometánico (semilla entera)	Percolación	4.8 (0.02)
	Ultrasonido	0.14 (0.1)
Extracto diclorometánico (semilla molida)	Percolación	18.3 (0.1)
Extracto acetato de etilo (semilla entera)	Percolación	0.42 (0.01)
	Soxhlet	15.3 (0.01)
	Ultrasonido	17.5 (0.02)
Extracto etéreo (semilla molida)	Percolación	13.4 (0.1)
	Ultrasonido	5.2 (0.2)
Aceite de semilla	Expresión en frío	23.6 (0.7)
Mucílago	Digestión	3.5 (2.6)

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica del aceite fijo de semillas de chía. Se obtuvo un rango de densidad de 0.17-0.93 g/mL, índice de refracción de 1.490-1.491, temperatura de formación de humos 244-262 °C y negativo para la prueba en frío.

Tabla 4

Parámetros fisicoquímicos del aceite de S. hispanica

Extracción	Temperatura °C de formación de humos	Prueba de frío a - 20°C*	Índice de refracción	Densidad del aceite (g/ml)
1	244 (17)	(-)	1.490	0.93
2	252 (5)	(-)	1.491	0.17
3	262 (3)	(-)	1.491	0.27
4	258 (14)	(-)	1.491	0.83
5	247 (9)	(-)	1.490	0.58

*formación de cristales positivo (+), negativo (-)

En la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis químico proximal de la semilla y residuo de chía. Se observó mayor cantidad de grasa (15.29%) y proteína (26.65%) en la semilla como base seca, mientras que en el residuo de la semilla se presentó mayor cantidad de fibra (22.45%) y carbohidratos (40.83 %). Como alimento de igual manera la semilla presentó mayor cantidad de grasa (13.41%) y proteína 25.18%), mientras que el residuo de semillas presentó mayor cantidad de fibra (19.88%) y carbohidratos (47.66 %).

Tabla 5

Análisis químico proximal de semilla y residuo de semilla de S. hispanica

Muestra	Base seca (%)							Alimento (%)				
	MST	Ho	Cenizas	EE	FC	PC	ELN	Cenizas	EE	FC	PC	ELN
Semilla	88.17 (0.04)	11.89 (0.03)	4.25 (0.03)	15.29 (0.04)	21.79 (0.03)	26.65 (0.02)	32.02 (0.05)	3.75 (0.03)	13.41 (0.03)	19.21 (0.04)	25.18 (0.03)	38.44 (0.08)
Residuo	88.67 (0.13)	11.33 (0.13)	5.84 (0.02)	10.95 (0.03)	22.45 (0.03)	19.93 (0.02)	40.83 (0.10)	5.22 (0.03)	9.70 (0.02)	19.88 (0.03)	17.55 (0.03)	47.66 (0.01)

MST = Materia seca total, Ho = Humedad, EE = Extracto etéreo, FC = Fibra cruda, PC = Proteína cruda,

ELN = Extracto libre de nitrógeno

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la composición química del aceite fijo de semilla de chía analizada por cromatografía de gases. Según se observa los ácidos grasos mayoritarios detectados fueron ácido linolénico (68.24%), linoleico (15.94%) y oleico (6.80%), lo cual evidencia la potencialidad del aceite de chía por la presencia de ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 6

Composición Química de aceite fijo de S. hispanica

Ácido graso	tr (min)	Porcentaje (área/área)
Mirístico (C 14:0)	14.33	<0.1
Pentadecanoico (C 15:1)	16.35	<0.1
Palmítico (C 16:0)	19.09	5.44
Palmitoleico (16:1, como suma de isómeros)	21.27	<0.1
Margárico (C 17:0)	22.70	<0.1
Esteárico (C 18:0)	27.60	2.89
Oleico (cis C 18:1, como suma de isómeros)	30.85	6.80
Trans-Linoleico (trans C 18:2, como suma de isómeros)	35.65	0.2
Linoleico (cis C 18:2, como suma de isómeros)	36.92	15.94
Araquídico (C 20:0)	42.73	0.2
Linolénico (C 18:3, como suma de isómeros)	45.70	68.24
Cis-11-Eicosenoico (C 20: 1n9)	47.90	0.1
Behénico (C 22:0)	69.48	trazas
Araquidónico (cis C 20: 4n6)	73.13	trazas

En la Tabla 7 se muestra la composición de ácidos grasos detectados en semilla de chía predominando ácidos grasos poliinsaturados (84.35%), principalmente ácidos grasos omega 3 (68.24%) y omega 6 (15.94%), los cuales aportan beneficios para la salud.

Tabla 7

Composición de ácidos grasos por categorías del aceite de chía

Composición por categorías	Total (%)
Ácidos grasos saturados	8.65
Ácidos grasos monoinsaturados	7.00
Ácidos grasos poliinsaturados	84.35
Ácidos grasos trans	0.2
Ácidos grasos Omega 3	68.24
Ácidos grasos Omega 6	15.94

En la Tabla 8 se muestran los resultados de la actividad antioxidante por cromatografía en capa fina mediante el método DPPH. Lo cual evidencia que todas las muestras extractos, tinturas y aceite presentaron actividad antioxidante inhibiendo el radical libre mediante decoloración. Es de resaltar la potencial del residuo el cual demostró actividad antioxidante al igual que la semilla.

Tabla 8

Actividad antioxidante DPPH por cromatografía en capa fina

Muestra	Actividad antioxidante
Tintura de semilla	+
Tintura de residuo	++
Aceite de semilla	++
Extracto de semilla	++
TBHQ	+++
Trolox	+++
Vitamina C	+++
Hiperósido	+++
Quercetina	+++
Rutina	+++
Ácido clorogénico	+++

+++ Alta actividad, ++ mediana actividad, + baja actividad, - sin actividad

En la Tabla 9 se muestran los resultados de la actividad antioxidante por tres diferentes métodos DPPH, ABTS y FRAP, así como la cantidad de fenoles totales presentes en las muestras. Se puede observar que el residuo presentó la mayor actividad antioxidante por los tres métodos respecto a la semilla y el aceite, lo cual confirma el potencial del residuo. Se evidenció el potencial por el método FRAP reducción de hierro (16.68 mg Fe²⁺/g extracto) y la inhibición de radicales libres como DPPH (17.62 mg/mL) y ABTS (24.11 mg/mL).

Tabla 9

Determinación de actividad antioxidante de tinturas y aceite de S. hispanica

Muestra	Fenoles totales (µg ácido gálico/g de extracto)	DPPH CI₅₀ (mg/mL)	ABTS CI₅₀ (mg/mL)	FRAP mg Fe²⁺/g extracto
Tintura de semilla	<0.001	> 100	>100	<0.1
Tintura de residuo	0.172 (0.004)	17.62(0.52) [17.03, 18.22]	24.11 (0.14) [23.95, 24.27]	16.68 (1.36)
Aceite de semilla	0.044 (0.001)	34.74(0.89) [33.72, 35.75]	>100	0.60 (0.03)

Propuestas de productos alimenticios

En la Tabla 10 y 11 se muestran las propuestas de galletas a base de semillas de chía. Se decidió la formulación de galleta como producto alimenticio por la aceptación en los diferentes grupos etarios, facilidad de preparación y escalamiento. En la propuesta 1 se utilizó un porcentaje del 4% de harina de chía, se decidió incluir pepitoria por el aporte en ácidos grasos, camote por ser un ingrediente hipoglicémico, rico en carotenoides, maní por el aporte proteico y plátano por el aporte de potasio. En la propuesta 2 se utilizó un 10% de harina de chía y camote. El costo de la propuesta de galleta 1 es de un quetzal, lo cual puede ir dirigido a un grupo de mayor poder adquisitivo, mientras que la galleta 2 puede enfocarse a población más vulnerable con menores ingresos.

Tabla 10

Propuesta de galleta 1

Ingrediente	Composición de la galleta (%)	Cantidad unitaria de ingredientes (%)
Puré de camote	28.24	3.97
Mantequilla de maní	18.83	32.89
Extracto de vainilla	19.92	12.83
Canela en polvo	0.89	7.31
Panela	9.41	5.49
Pepitoria	7.85	26.40
Harina de chía	3.77	0.95
Harina de plátano	9.10	2.29
Bicarbonato	0.89	0.54
Sal	0.22	0.03
Costo galleta 60 g		Q 0.99

Tabla 11

Propuesta de galleta 2

Ingrediente	Composición	Composición (%)
Mantequilla	2 cucharadas	4
Canela	1 cucharada	2
Banano batido	1	17
Azúcar morena o panela	½ taza	22
Harina de chía	¼ taza	10
Harina de camote	1 taza	45

En la gráfica 1 se muestra el aporte nutricional de las formulaciones de galletas a base de semilla de chía. Se puede observar que en la propuesta 1 tienen un importante aporte de proteína, mientras que la formulación 2 tiene un aporte importante de fibra y carbohidratos, la chía aporta proteína, grasa y fibra en mayor proporción en la formulación 2 por el porcentaje de harina de chía utilizado.

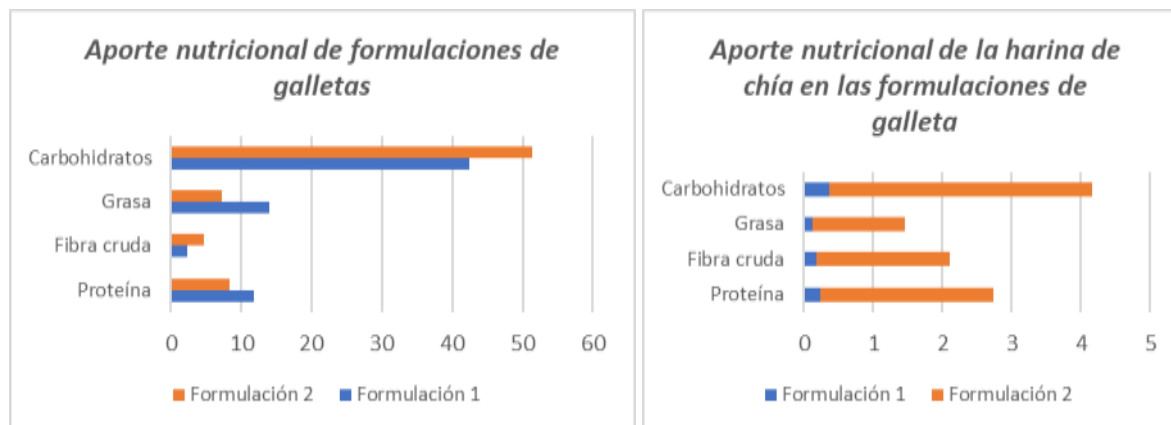


Gráfico 1. Aporte nutricional de formulaciones de galletas y aporte de la harina de chía en las formulaciones

Propuestas de formulación cosmética a base del aceite de chía

En la Tabla 12 se muestra la propuesta de bloqueador solar a base del aceite de chía. En dicha formulación se utilizó aceite de chía al 2%, se utilizaron dos filtros físicos como el dióxido de titanio y óxido zinc, el cual se complementa con un filtro químico en baja proporción como el etilhexilmetoxicinamato.

Tabla 12

Propuesta bloqueador solar W/O

Ingrediente	(%)
Dióxido de titanio	10
Óxido de zinc	5
etilhexilmetoxicinamato	1
Alcohol cetílico	4
Aceite de chía	2
Estereato sorbitan	1.5
Cocogliceridos	2
Dicaprilil eter	3
Glicelina	10
Ectoina	0.30
Goma xanthan	0.30
Agua csp	100

Determinación del Factor de Protección solar

En el gráfico 2 se muestran los espectros de absorción de la formulación propuesta. Se observa la absorbancia de 200-400 nm y se evidencia el potencial para espectro UVA y UVB lo cual es deseable en un bloqueador solar, lo cual demuestra como los filtros físicos, químicos y aceite de chía equilibran la fórmula y se complementan. El cálculo de factor de protección solar demostró que con dicha formulación se obtuvo un factor de 25 lo cual es un factor aceptable.

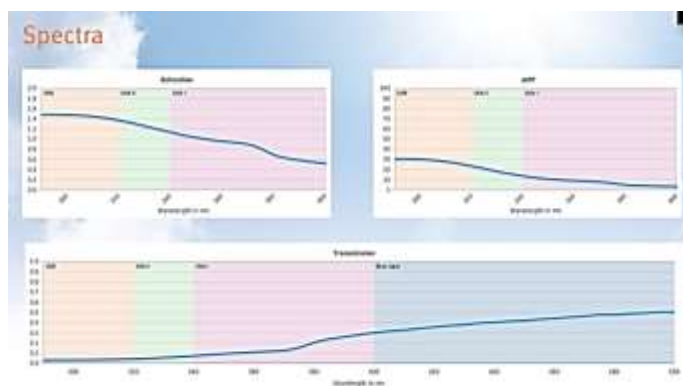


Gráfico 2. Espectros de la propuesta de formulación

Cálculo del Factor de Protección Solar (FPS)

BASICS (SPF)		UVA METRICS	
SPF	(ISO 24443)	UVA-PF in vitro	(ISO 24443)
	25.1		8.9
SPF Rating (EU)	25	UVA-PF/SPF	(ISO 24443)
Protection Class	medium		0.35 EU
UV Filter Efficiency	1.6	C-Value	(ISO 24443)
(SPF/% UV Filter)			1.02
		CW (Europe), nm	(ISO 24443)
			381
		CW (USA), nm	(FDA Guidance)
			381 US
		FDA UVA Rating	broad
		(FDA Guidance)	
		UVA-PF in vivo	(ISO 24442)
			8.9 JP
		JCIA Rating	(ISO 24442)
			PA+++ GB
		Mean UVA/UVB	(Boots)
			0.63 GB
		Star Rating	(Boots)

En la Tabla 13 se muestra la propuesta de crema de día antiradicalaria con un factor de protección solar de 8 utilizando el aceite de chía al 2%, se evidencia dos efectos beneficiosos con dicha formulación la protección solar y el efecto antioxidante lo cual es deseable en una crema de día.

Tabla 13

Propuesta crema de día antiradicalaria SPF 8 W/O

Ingrediente	(%)
Dióxido de titanio	4
Óxido de zinc	10
Bis-etilhexyl hidroxidimetoxi benzilmalonato	1
Alcohol cetílico	4
Aceite de chía	2
Estereato sorbitan	1.5
Cocogliceridos	2
Dicaprilil eter	3
Glicelina	10
Ectoina	0.30
Goma xanthan	0.30
Agua csp	100

En la Tabla 14 se muestra la propuesta de leche corporal incorporando aceite de chía al 5%. La formulación constituye una propuesta como antienvjecimiento, propiciando una renovación constante de la superficie de la piel, hidrata y protege la piel de factores externos. El aceite de chía aporte propiedades de hidratación, protección solar y antioxidante.

Tabla 14

Propuesta leche corporal

Nombre común	INCI	Fase	Función	Porcentaje
Aceite de <i>Salvia hispanica</i>	<i>S. hispanica</i> Seed Oil	1	Humectante	5%
Monoestearato de glicerilo	PEG 100 stearate	1	Emulsificante	10%
Tween 80 ®	Polysorbate-80	1	Emulsificante	10%
Glicerina vegetal	Glycerin	2	Humectante	5%
Benzoato de sodio	Sodium Benzoate	2	Conservante	2%
Agua	Agua	2	Solvente	c.s.p. 100%

En la Tabla 15 se muestra la propuesta de formulación de un acondicionador para cabello, incorporando aceite de chía. Se utilizó un 3.5% de aceite en la formulación la cual cumple una función antiestática para mantener el cabello libre de frizz, brindando una protección al cabello, la cual se complementa con la glicerina como humectante.

Tabla 15

Propuesta acondicionador de cabello

Nombre común	INCI	Fase	Función	Porcentaje
Aceite de <i>S. hispanica</i>	<i>S. hispanica</i> Seed Oil	1	Antiestático	3.5%
Alcohol cetílico	Cetyl alcohol	1	Emulsificante	15%
Cera blanca o de abejas	Cera Alba/Beeswax	1	Estabilizante	1%
Glicerina Vegetal	Glycerin	2	Humectante	10%
Isodionato de cocoil sódico	Sodium Cocoyl Isethionate (SCI)	2	Surfactante aniónico	2%
Esencia de manzana	Pyrus malus Fruit Extract	3	Perfume	0.02%
Natamicina	Natamicyn	2	Conservante	0.05%
Agua	Agua	2	Solvente	c.s.p. 100%

En la Tabla 16 se muestra la propuesta de agua micelar, dicha formulación permite el cuidado y la limpieza facial, se utilizó un 0.2% del aceite de chía el cual proporciona humectación lo cual es muy conveniente para el cuidado del rostro. Los tensioactivos presentes en su composición son moléculas anfipáticas, es decir, poseen 2 grupos polares diferentes. Un grupo lipófilo (miscible en aceite) como el aceite de chía y apolar, y otro grupo hidrófilo (miscible en agua) y polar.

Tabla 16

Propuesta agua micelar

Nombre común	INCI	Fase	Función	Porcentaje
Aceite de <i>S. hispanica</i>	<i>S. hispanica</i> Seed Oil	2	Humectante	0.2%
Propilenglicol	Propylene glycol	1	Solvente	2%
CMC	Cellulose gum	1	Matriz polimérica	0.05%
Aloe Vera	<i>Aloe barbadensis</i> Extract	1	Humectante	1%
Extracto de manzanilla	<i>Camellia sinensis</i> Leaf Extract	1	Antimicrobiano Astringente Emoliente	1%
Betaína de coco	Cocamidopropyl Betainamide Mea Chloride	2	Tensioactivo	5%
EDTA	EDTA	1	Agente quelante	3%
Natamicina	Natamicyn	1	Conservante	0.05%
Agua	Agua	1	Solvente	c.s.p. 100%

Propuestas de formulación de concentrado para pollos de engorde

Se realizaron cuatro propuestas de concentrados para pollos de engorde utilizando semilla y residuo a dos concentraciones al 5 y 10% se realizó el análisis del aporte de proteína, fibra y grasa. En la Tabla 17 se muestra la propuesta de concentrado a base de semilla al 10% la cual se evidencia el aporte en proteína (2.5%), fibra (1.9%) y grasa (1%), lo cual permite disminuir la cantidad de otras semillas utilizadas para equilibrar la formula.

Tabla 17

Propuesta de concentrado a base de semilla de S. hispanica al 10%

Ingrediente	Proteína		Fibra		Grasa		
	%	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)
Soya	35	43.2	15.1	6.7	2.3	2	0.7
Semilla de chía	10	25.1	2.5	19.1	1.9	13.4	1
Semolina de arroz	10	12	1.2	7.3	0.7	12.3	1.2
maíz amarillo	16	8.8	1.4	2	0.3	6	0.9
afrecho de trigo	4	16	0.6	15	0.6	5.5	0.2
sorgo	25	9.5	2.3	2	0.5	3	0.7
Total	100		23.3		6.5		5.2

En la Tabla 18 se muestra el aporte de proteína (1.26%), fibra (0.96%) y grasa (0.67%) de la semilla de chía al 5% en la propuesta de concentrado lo cual evidencia que puede constituir una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 18

Propuesta de concentrado a base de semilla de S. hispanica al 5%

Ingrediente	Proteína		Fibra		Grasa		
	%	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)
Soya	35	43.2	15.12	6.7	2.35	2	0.70
Semilla de chía	5	25.18	1.26	19.21	0.96	13.41	0.67
Semolina de arroz	10	12	1.20	7.32	0.73	12.32	1.23
maíz amarillo	21	8.8	1.85	2	0.42	6	1.26
afrecho de trigo	4	16	0.64	15	0.60	5.5	0.22
sorgo	25	9.5	2.38	2	0.50	3	0.75
Total	100		22.44		5.56		4.83

En la Tabla 19 se muestra el aporte del residuo de semilla de chía al 10% evidenciando el potencial del residuo, ya que representa un aporte en proteína (1.98%), fibra (2.24 %) y grasa (0.96%), principalmente en ácidos grasos poliinsaturados y fibra.

Tabla 19

Propuesta de concentrado a base de residuo de semilla de S. hispanica al 10%

Ingrediente	Proteína		Fibra		Grasa		
	%	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)
Soya	35	43.2	15.12	6.7	2.34	2	0.7
Residuo de chía	10	19.8	1.98	22.45	2.24	9.69	0.96
Semolina de arroz	10	12	1.2	7.32	0.73	12.32	1.23
maíz amarillo	16	8.8	1.40	2	0.32	6	0.96
afrecho de trigo	4	16	0.64	15	0.6	5.5	0.22
sorgo	25	9.5	2.37	2	0.5	3	0.75
Total	100		22.73		6.74		4.83

En la Tabla 20 se muestra el aporte del residuo de semilla al 5%, principalmente en fibra (1.12%), y grasa (0.48%) con importantes ácidos grasos poliinsaturados, lo cual lo hace un concentrado muy saludable y nutritivo para aves, mejorando la calidad de carne, se evidencia que se puede utilizar el residuo lo cual lo permite el aprovechamiento de integral de la semilla de manera sostenible.

Tabla 20

Propuesta de concentrado a base de residuo de semilla de chía al 5%

Ingrediente	Proteína		Fibra		Grasa		
	%	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)	(%)	Aportado (%)
Soya	35	43.2	15.12	6.7	2.345	2	0.7
Residuo de chía	5	19.88	0.99	22.45	1.12	9.69	0.48
Semolina de arroz	10	12	1.20	7.32	0.73	12.32	1.23
maíz amarillo	21	8.8	1.85	2	0.42	6	1.26
afrecho de trigo	4	16	0.64	15	0.60	5.5	0.22
sorgo	25	9.5	2.38	2	0.50	3	0.75
Total	100		22.18		5.72		4.65

16. Análisis y discusión de resultados:

Las semillas de chía presentan forma ovalada, color gris, café y negro, tamaño 2 mm de largo y 1.5 mm de ancho, textura lisa, lustrosa lo cual coincide con la descripción botánica y morfológica de la semilla. Según Hernández y Miranda (2008) las características morfológicas que permiten una mejor asociación de las muestras de *S. hispanica* con su origen geográfico son: ancho y largo de corola, ancho del cáliz, tipo de cáliz, días a la floración, diámetro de tallo y número de ramas, mientras que las poblaciones silvestres, son: tamaño de flor, densidad de verticilos en la inflorescencia, peso de semilla, tipo de cáliz al madurar y la duración del ciclo biológico. También reportan que la semilla silvestre es de mayor tamaño que la cultivada, en este estudio se utilizó la semilla cultivada.

Las semillas de chía son generalmente pequeñas, planas y de forma ovalada. Se ha reportado que miden de 2.0-2.5 mm de largo, 1.2-1.5 mm de ancho y 0.8-1.0 mm de espesor. La planta es sensible a la luz del día y produce semillas blancas y negras, las más comunes son las semillas negras. Las semillas de color blanco y negro son ligeramente diferentes entre sí, las semillas blancas son más grandes, gruesas y más anchas que las semillas negras (Suri, Passi, & Goyat, 2016).

La prueba de sólidos totales permite determinar la concentración alcohólica a la cual se debe realizar la extracción para obtener la mayor cantidad de sólidos, y de esta manera hacer más eficiente la extracción, lo cual demuestra la presencia de compuestos polares presentes dependiendo del grado alcohólico utilizado. Según los resultados obtenidos se observó la mejor extracción empleando etanol al 90 ° lo cual evidencia la presencia de compuestos de alta polaridad y la mayor cantidad de sólidos, ya que se observó un rendimiento de 8.74 %.

En la extracción del aceite de chía realizada por expresión utilizando prensa eléctrica, se obtuvo un rendimiento de 23.6 (0.7) % similar al obtenido por Ixtaina et al. (2011) quien reportó un rendimiento de aceite aproximado de 24.8% de semillas proveniente de Argentina y 20.3% para semillas de Guatemala, mientras que Dabrowski et al (2017) obtuvo 24.1%. Mientras que Fernandes et al (2019) reportó un rendimiento de aceite obtenido por expresión de 20.1%, por soxhlet durante 360 minutos de 33.90% y por fluidos supercríticos empleando un cosolvente

reportó un rendimiento de 25.10%, lo cual demuestra que el método de extracción influye en el rendimiento de extracción del aceite (Ishak, Hussain, Coorey, & Abd, 2021).

Basado en diferentes estudios el contenido de aceite se encuentra en rango de 20 a 38% (Ayerza, 1995, Ixtaina et al., 2011; Ayerza & Coates, 2004; Da Silva et al, 2014; Amato et al., 2015), lo cual está dentro del rango determinado para la muestra de semilla de chía proveniente de Sololá.

Se determinaron las características fisicoquímicas del aceite entre los cuales se menciona índice de refracción a 25 °C, el cual presentó un valor de 1.490. Clara (2020) reportó el índice de refracción (40 °C) del aceite de chía 1.475 (0.05), índice de peróxido (meq/kg) 18.35 (1.63), índice de yodo (g/100g) 192.86 (0.01), dichos valores se relacionan con la presencia de ácidos grasos poliinsaturados.

Nutricionalmente las semillas de chía han presentado de 25-50% de lípidos, entre los cuales el 60% constituyen ácidos grasos omega-3, rangos de proteína entre 15-25%, carbohidratos de 26-40%, fibra dietaria (18-35%) y cenizas entre 4-6%. Las semillas de chía (por cada 100 g) presentan una mayor cantidad de proteínas (25.18 g) en comparación con otros granos como trigo (11.8 g), avena (13.6 g), cebada (11.5 g), arroz (6.8 g) y maíz (11.1g) (Carrillo et al., 2018; Coelho & Salas-Mellado, 2014; Ixtaina et al., 2008; Katunzi-Kilewela, Rweyemamu, Kibazohi & Kaale, 2021; Katunzi-Kilewela, Kaale, Kibazohi, & Rweyemamu, 2021; Muñoz-González et al., 2019; Porrás-Loaiza et al., 2014). La fibra dietaria de semillas de chía varían de 36-40 g/100 g que es mucho más alta que la que presentan varios granos, verduras y frutas tales como maíz, zanahoria, espinaca, plátano, pera, manzana. (Reyes-Caudillo, Tecante, & Valdivia-López, 2008). La chía contiene aproximadamente un 5% de mucílago que también puede actuar como fibra soluble (Muñoz, Cobos, Díaz & Aguilera, 2012)

Jamshidi, et al (2019) reportó la composición nutricional de chía, proteína 16.54%, grasa 30.74%, ácidos grasos poliinsaturados 23.67%, omega-3 17.83%, carbohidratos 42.12%, fibra total 34.40 %, las diferencias encontradas se deben a factores como el genotipo, ambientales y agronómicos (Ayerza & Coates, 2004; Amato et al., 2015; De Falco et al., 2017, 2018).

Suri et al., (2016) reportó que la diferencia de los ecosistemas influye en la composición nutricional de proteína, ácidos grasos y fibra en semillas de chía lo cual explica las diferencias

que se puedan encontrar dependiendo de la región donde se cultive. Dentro de los factores ambientales que pueden influir en la composición de las semillas de chía se han descrito la temperatura, la luz, la composición y tipo de suelo.

La forma más extendida de evaluar la actividad antioxidante de una sustancia es mediante métodos *in vitro* espectrofotométricos. Los principales son ORAC, FRAP, TEAC y DPPH. El ensayo FRAP mide la capacidad de los antioxidantes para reducir el complejo férrico tripiridil triazina. Por su facilidad de operación, los ensayos DPPH y TEAC son los más extendidos, el ensayo DPPH se basa en la detección del radical cromógeno DPPH (Prior & Cao, 2000). Alcántara et al., (2019) demostró que los mejores resultados de actividad antioxidante se presentan con mezclas de agua-acetona (1/3-2/3) presentando valores de fenoles totales 58.44 mg de ácido gálico /g, DPPH 250 μ mol equivalentes de trolox/g y FRAP 720 μ mol equivalentes de trolox/ g.

La actividad antioxidante representa un potencial en la producción de nutraceuticos y un recurso de compuestos como kaempferol, quercetina, ácido clorogénico ya que representan un factor protector contra radicales libres y procesos oxidativos (Martínez-Cruz & Paredes, 2014; Reyes-Caudillos et al., 2008, Muños, Cobos, Días & Aguilera, 2013).

Actualmente, se han reportado estudios sobre formulaciones cosméticas y cosmeceúticas a base del aceite de chía con resultados positivos para el cuidado de la piel, se determinó un FPS de 25 en la propuesta de formulación de bloqueador solar lo cual lo hace un producto promisorio en la industria cosméticas, por lo que este estudio puede representar un aporte en el aprovechamiento de la semilla de chía una aplicación en la cosmética.

La semilla de chía en la formulación de galletas aporta una grasa muy saludable por el aporte de omega 3, posee una cantidad de antioxidantes naturales como los flavonoides que presentan propiedades funcionales para la mejora y mantenimiento de la salud, constituye una fuente de proteínas puesto que presenta un perfil de casi todos los aminoácidos y un buen contenido en lisina, no contiene gluten, rica en fibra lo cual la hace muy interesante para agregar en diversidad de alimento, constituye una buena fuente vitamina del grupo B, calcio y hierro.

Estudios en la nutrición animal han demostrado el potencial de la semilla sobre todo por el aporte de grasa y mejora en los atributos sensoriales, se han incluido porcentajes de la harina de 3, 6, 9, 10, 15 y 20% (Ayerza et al., 2002, Salazar-Vega et al., 2009, Komprda et al., 2013; Jamshidi et al., 2019), según los resultados obtenidos en base al análisis químico de la semilla se sugiere incorporar 10% de residuo o semilla de chía ya que se evidencia el aporte en proteína, fibra y grasa dentro del concentrado para pollo de engorde.

Las semillas de chía son una excelente fuente de fibra dietética (insoluble y soluble), omega-3 ácidos grasos, proteínas y compuestos bioactivos con importantes propiedades funcionales que constituye una materia prima muy interesante en la industria alimentaria, cosmética y veterinaria. Las semillas de chía actúan como un buen espesante, formador de gel, quelante, potenciador de espuma, emulsionante, formadores de suspensión, agente clarificante, bloqueador solar y como agente rehidratante. Por tanto, puede utilizarse comercialmente para el desarrollo de nuevos productos enriquecidos con omega-3, proteína, fibra soluble / insoluble y compuestos fenólicos. Puede incorporarse en una gran diversidad de productos. Investigaciones realizadas in vivo e in vitro han apoyado el hecho de que es seguro para el consumo humano y también presenta una amplia gama de beneficios para la salud. Por tanto, la chía puede considerarse un alimento funcional que podría ayudar a mejorar la salud de la población.

17. Conclusiones

17.1 Se realizó la caracterización de la semilla de chía (*Salvia hispanica*) la cual evidenció el potencial de la semilla en fibra cruda (19.21%), proteína (25.18%) y grasas (13.41), mientras que el residuo de la semilla presentó potencial en fibra (19.88%) y carbohidratos (47.66%) y el mejor rendimiento de extracción se presentó en el extracto diclorometánico.

17.2 El rendimiento del aceite de semilla de chía obtenido por expresión fue de 23.6 %, el cual mostró un 84.35% de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácidos grasos omega-3 lo cual evidencia el potencial del aceite.

17.3 Se determinó la actividad antioxidante por diferentes métodos evidenciando actividad la tintura del residuo de semilla de chía por DPPH (CI₅₀ de 17.62 mg/mL, IC 95% [17.03, 18.22]),

ABTS (CI₅₀ de 24.11, IC 95% [23.95, 24.27]) mg/mL, FRAP (16.68 mg de Fe⁺²/g de extracto), y fenoles totales (0.172 µg ácido gálico/g de extracto).

17.4 Se desarrollaron dos propuestas de galletas a base de harina de chía en las cuales se evidenció el aporte de proteína (8-12%), fibra (2-5%), grasa (7-14%) y carbohidratos (42-51%) con aplicación funcional en la nutrición.

17.5 Se diseñaron cinco formulaciones fitocosméticas con el aceite de chía en proporciones de 0.2-5% obteniéndose un FPS de 25 para el bloqueador solar, lo cual evidencia el potencial del aceite en cosmética.

17.6 Se diseñaron dos propuestas de concentrados incluyendo semilla y residuo de semilla de chía al 10 y 5% evidenciándose el aporte en proteína (2.5-0.99%), fibra (2.24-0.96%) y grasa (1.3-0-48%) obteniéndose beneficios en la nutrición animal principalmente por el aporte de fibra (6.74-5.56) y proteína (23.3-22.18%) en la formulación final.

Impacto esperado

Se caracterizaron las semillas de chía, mucílago, aceite y subproductos, procedentes de comunidades locales de Sololá, se diseñaron formulaciones fitocosméticas demostrando el uso como agente antisolar, aclarador, humectante y antioxidante, se desarrollaron propuestas de galletas ya que actualmente se comercializa principalmente la semilla y muy pocos productos y de esta manera se espera dar opciones a la industria de alimentos para aprovechar el recurso por sus múltiples propiedades nutricionales y funcionales así como incentivar a la diversificación de los productos.

De igual manera se analizó el aporte nutricional de la semilla de chía en la nutrición animal que permita mejorar la calidad de la carne ya que es una fuente importante de proteína, minerales, vitamina B, y ácidos grasos esenciales.

El uso de este grano ancestral genera un impacto a nivel local ya que los agricultores están en busca de cultivos alternativos por el desplome de los precios de los cultivos básicos tradicionales, de igual manera se busca que los cultivos satisfagan las necesidades de alimentación actual, que permitan hacer frente a la variabilidad climática y que cumplan las características nutricionales.

Guatemala es considerado uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático y debido a su débil estructura social y económica en muchas regiones del país se presentan altos índices de desnutrición, por lo que el desarrollo de cultivos con alto valor nutricional es una necesidad. La demanda de chía a nivel internacional ha ido en aumento por lo que Guatemala siendo el centro de origen puede aprovechar comercializar no sólo la semilla sino ofrecer productos novedosos a los diferentes sectores. El desarrollar productos con valor agregado, que se puedan ofrecer a la industria alimenticia, cosmética y veterinaria impacta el sector económico y genera una vinculación entre la academia y empresa ya que se presentan opciones para diversificar, transformar y transferir productos lo cual fortalece la cadena productiva y se beneficia a la población con productos de calidad, que contribuyen a la nutrición humana, animal y en el campo de la cosmética ofrecer productos naturales biodegradables con menor huella ecológica.

18. Referencias

- Alvarado, R. (2011). Caracterización de la semilla de chan (*Salvia hispanica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente. *Revista de la Universidad del Valle Guatemala*, 23, 43-49
- Álvarez-Chávez, L. M., Valdivia-López, M. A., Alberto-Juárez, M. L., & Tecante, A. (2008). Chemical characterization of the lipid fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). *International Journal of Food Properties*, 11, 687-697 doi: [10.1080/10942910701622656](https://doi.org/10.1080/10942910701622656)
- Amato, M., Caruso, M. C., Guzzo, F., Galgano, F., Commisso, M., Bochicchio, R., ... Favati, F. (2015). Nutritional quality of seeds and leaf metabolites of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Southern Italy. *European Food Research and Technology*, 241(5), 615-625 doi: [10.1007/s00217-01524889](https://doi.org/10.1007/s00217-01524889)
- Antruejo, A., Azcona, J. O., Garcia, P. T., Gallinger, C., Rosmini, M., Ayerza, R., ... Perez, C. D. (2011). Omega 3 enriched egg production: the effect of α -linolenic ω -3 fatty acid sources on laying hen performance and yolk lipid content and fatty acid composition. *British Poultry Science*, 52(6), 750-760 doi: [10.1080/00071668.2011.638621](https://doi.org/10.1080/00071668.2011.638621)

- AOAC International. (2006). AOAC International Guidelines for Laboratories Performing Microbiological and Chemical Analyses of Food and Pharmaceuticals: An Aid to Interpretation of ISO/IEC 17025: 2005. AOAC International.
- Avila-De la Rosa, G., Alvarez-Ramírez, J., Vernon-Carter, E. J., Carrillo-Navas, H., & Pérez-Alonso, C. (2015). Viscoelasticity of chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage dispersion in the vicinity of an oil-water interface. *Food Hydrocolloids*, *49*, 200-207
- Ayerza, R. (1995). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *72*, 1079-1081 doi: 10.1007/BF02660727
- Ayerza, R., & Coates, W. (2001). Omega 3 enriched eggs: the influence of dietary α -linolenic fatty acid source on egg production and composition. *Canadian Journal of Animal Science*, *81*(3), 355-362
- Ayerza, R., Coates, W., & Lauria, M. (2002). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an omega 3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. *Poultry Science*, *81*(6), 826-837 doi: [10.1093/ps/81.6.826](https://doi.org/10.1093/ps/81.6.826)
- Ayerza, R. H., & Coates, W. (2004). Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Tropical Science*, *44*(3), 131-135 doi: [10.1002/ts.154](https://doi.org/10.1002/ts.154)
- Ayerza, R., & Coates, W. (2005). Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. *Nutrition Research*, *25*(11), 995-1003 doi: 10.1016/j.nutres.2005.09.013
- Ayerza Jr, R., & Coates, W. (2007). Effect of dietary α -linolenic fatty acid derived from chia when fed as ground seed, whole seed and oil on lipid content and fatty acid composition of rat plasma. *Annals of Nutrition and Metabolism*, *51*(1), 27-34 doi: [10.1159/000100818](https://doi.org/10.1159/000100818)
- Ayerza, A. & Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, *34*(2), 1366-1371 doi: 10.1016/j.indcrop.2010.12.007
- Ayerza, R. (2010). Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *87*(10), 1161-1165 doi: 10.1007/s11746-010-1597-7

- Ayerza, R. (2013). Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in seed color. *Emirates Journal of Food & Agriculture* (EJFA), 25(7), 495-500 doi: [10.9755/ejfa.v25i7.13569](https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i7.13569)
- Beltrán-Orozco, M. C., & Romero, M. R. (2003). Chía, alimento milenario. *Revista Industria Alimentaria*. Septiembre/Octubre, 20-29
- Bueno, M., Di Sapiro, O., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., & Severin, C. (2010). Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L.(Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9(3), 221-227
- Busilacchi, H., Bueno, M., Severin, C., Di Sapiro, O., Quiroga, M., & Flores, V. (2013). Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *Cultivos Tropicales*, 34(4), 55-59
- Cahill, J. P. (2003). Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* L.(Lamiaceae). *Economic Botany*, 57(4), 604-618 doi: 10.1663/0013-0001(2003)057[0604:EOCSHL]2.0.CO;2
- Carrillo, W., Cardenas, M., Carpio, C., Morales, D., Alvarez, M., & Silva, M. (2018). Content of nutrients component and fatty acids in chia seeds (*Salvia hispanica* L.) cultivated in Ecuador. *Asian J Pharm Clin Res*, 11(2), 1-4.
- Capitani, M. I., Spotorno, V., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT-Food Science and Technology*, 45(1), 94-102 doi: [10.1016/j.lwt.2011.07.012](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.012)
- Capriles, V. D., dos Santos, F. G., & Arêas, J. A. G. (2016). Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, 67, 83-91 doi:10.1016/j.jcs.2015.08.005
- Coorey, R., Tjoe, A., & Jayasena, V. (2014). Gelling properties of chia seed and flour. *Journal of Food Science*, 79(5), 859-866 doi: [10.1111/1750-3841.12444](https://doi.org/10.1111/1750-3841.12444)
- Chicco, A. G., D'Alessandro, M. E., Hein, G. J., Oliva, M. E., & Lombardo, Y. B. (2008). Dietary chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in α -linolenic acid improves adiposity and temperature hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats. *British Journal of Nutrition*, 101(1), 41-50 doi:[10.1017/S000711450899053X](https://doi.org/10.1017/S000711450899053X)

- Ciftci, O. N., Przybylski, R., & Rudzińska, M. (2011). Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(7), 794-800 doi:[10.1002/ejlt.201100207](https://doi.org/10.1002/ejlt.201100207)
- Coates, W. (2011). Whole and Ground Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds, Chia Oil—Effects on Plasma Lipids and Fatty Acids. In *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 309-315). Boca Raton: Academic Press doi: [10.1155/2012/171956](https://doi.org/10.1155/2012/171956)
- Coates, W., & Ayerza, R. (2009). Chia (*Salvia hispanica* L.) seed as an n-3 fatty acid source for finishing pigs: effects on fatty acid composition and fat stability of the meat and internal fat, growth performance, and meat sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, 87(11), 3798-3804 doi: [10.2527/jas.2009-1987](https://doi.org/10.2527/jas.2009-1987)
- Coelho, M. S., & de las Mercedes Salas-Mellado, M. (2014). Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L) em alimentos. *Journal of Food Technology*, 17(4), 259 doi: [10.1590/1981-6723.1814](https://doi.org/10.1590/1981-6723.1814)
- Cooper, R. (2015). Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 5(3), 138-143 doi: [10.1016/j.jtcme.2015.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2015.02.004)
- Dąbrowski, G., Konopka, I., Czaplicki, S., & Tańska, M. (2017). Composition and oxidative stability of oil from *Salvia hispanica* L. seeds in relation to extraction method. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(5), 1600209.
- Dalle, A., & Szendrő, Z. (2011). The role of rabbit meat as functional food. *Meat science*, 88(3), 319-331 doi: [10.1016/j.meatsci.2011.02.017](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017).
- Del Arco, J., & Ibáñez, D. (2020). Cosmética natural, una apuesta de futuro. *El farmacéutico: profesión y cultura*, (593), 26-29.
- Draeos, Z. (2006). Cosmeceuticos: Serie dermatología estética. *España: Esevier*.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., & Parmentier, M. (2007). Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(7), 710-732 doi:[10.1002/ejlt.200700040](https://doi.org/10.1002/ejlt.200700040)
- European Food Safety Authority (2009) Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies on a request from the European Commission on the safety of Chia seed (*Salvia hispanica*) and ground whole Chia seed' as a food ingredient. EFSA J 996:1-2

- Fernandez, I., Vidueiros, S. M., Ayerza, R., Coates, W., & Pallaro, A. (2008). Impact of chia (*Salvia hispanica* L.) on the immune system: preliminary study. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(OCE1) doi: 10.1017/S0029665108006216
- Fernandes, S. S., Tonato, D., Mazutti, M. A., de Abreu, B. R., da Costa Cabrera, D., D'Oca, C. D. R. M., ... & de las Mercedes Salas-Mellado, M. (2019). Yield and quality of chia oil extracted via different methods. *Journal of Food Engineering*, 262, 200-208.
- Flores, M.F. (2008). Patente No WO 2008/044908 A2. México.
- Guevara-Cruz, M., Tovar, A. R., Aguilar-Salinas, C. A., Medina-Vera, I., Gil-Zenteno, L., Hernández-Viveros, I., ... Torres, N. (2011). A dietary pattern including nopal, chia seed, soy protein, and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome. *The Journal of Nutrition*, 142(1), 64-69 doi: [10.3945/jn.111.147447](https://doi.org/10.3945/jn.111.147447)
- Heuer, B., Yaniv, Z., & Ravina, I. (2002). Effect of late salinization of chia (*Salvia hispanica*), stock (*Matthiola tricuspidata*) and evening primrose (*Oenothera biennis*) on their oil content and quality. *Industrial Crops and Products*, 15(2), 163-167 doi:[10.1016/S0926-6690\(01\)00107-8](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00107-8)
- Iglesias-Puig, E., & Haros, M. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology*, 237(6), 865-874 doi: 10.1007/s00217-013-2067-x
- Ishak, I., Hussain, N., Coorey, R., & Abd Ghani, M. (2021). Optimization and characterization of chia seed (*Salvia hispanica* L.) oil extraction using supercritical carbon dioxide. *Journal of CO2 Utilization*, 45, 101430.
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W., ... & Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 166-174.
- Jamboonsri, W., Phillips, T. D., Geneve, R. L., Cahill, J. P., & Hildebrand, D. F. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. A new ω 3 source. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(2), 171-178 doi: 10.1007/s10722-011-9673-x
- Jamshidi, A. M., Amato, M., Ahmadi, A., Bochicchio, R., & Rossi, R. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) as a novel forage and feed source: A review. *Italian Journal of Agronomy*, 14(1), 1-18. doi:[10.4081/ija.2019.1297](https://doi.org/10.4081/ija.2019.1297)

- Jiang, R. W., Lau, K. M., Hon, P. M., Mak, T. C., Woo, K. S., & Fung, K. P. (2005). Chemistry and biological activities of caffeic acid derivatives from *Salvia miltiorrhiza*. *Current Medicinal Chemistry*, 12(2), 237-246 [doi:10.2174/0929867053363397](https://doi.org/10.2174/0929867053363397)
- Jin, F., Nieman, D. C., Sha, W., Xie, G., Qiu, Y., & Jia, W. (2012). Supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(2), 105-110 doi.org/10.1007/s11130-012-0286-0
- Katunzi-Kilewela, A., Rweyemamu, L., Kibazohi, O., & Kaale, L. (2021). Effects of Drying, Packaging Conditions and Storage Time on Proximate Composition of Chia Seeds (*Salvia hispanica*). *Tanzania Journal of Science*, 47(1), 258-267.
- Katunzi-Kilewela, A., Kaale, L. D., Kibazohi, O., & Rweyemamu, L. M. (2021). Nutritional, health benefits and usage of chia seeds (*Salvia hispanica*): A review. *African Journal of Food Science*, 15(2), 48-59.
- Komprda, T., Zorníková, G., Rozíková, V., Borkovcová, M., & Przywarová, A. (2013). The effect of dietary *Salvia hispanica* seed on the content of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in tissues of selected animal species, including edible insects. *Journal of Food Composition and Analysis*, 32(1), 36-43 [doi:10.1016/j.jfca.2013.06.010](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.06.010)
- Kosem, N., Han, Y. H., & Moongkarndi, P. (2007) Antioxidant and cytoprotective activities of methanolic extract from *Garcinia mangostana* hulls. *Science Asia* 33, 283-292. [doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33.283](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33.283).
- Lee, A. (2009). The Effects of *Salvia hispanica* L.(Salba) on postprandial glycemia and subjective appetite (Master's of Science). University of Toronto
- Llorent-Martínez, E. J., Fernández-de Córdova, M. L., Ortega-Barrales, P., & Ruiz-Medina, A. (2013). Characterization and comparison of the chemical composition of exotic superfoods. *Microchemical Journal*, 110, 444-451 doi.org/10.1016/j.microc.2013.05.016
- López, L. B., Dyner, L. M., Vidueiros, S. M., Pallaro, A., & Valencia, M. E. (2010). Determinación del contenido de gliadinas en alimentos elaborados con amaranto, quínoa y/o chíá. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(1), 80-86 [doi:10.4067/S0717-75182010000100008](https://doi.org/10.4067/S0717-75182010000100008)
- Marineli, R. S., Lenquiste, S. A., Moraes, E. A., & Maróstica, M. R. Jr., (2015). Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (*Salvia hispanica* L.) in diet induced obese rats. *Food Research International*, 76, 666–674 [doi:10.1016/j.foodres.2015.07.039](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.039)

- Martínez-Cruz, O., & Paredes-López, O. (2014). Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) by ultra high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1346, 43-48 [doi:10.1016/j.chroma.2014.04.007](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.04.007)
- Menga, V., Amato, M., Phillips, T. D., Angelino, D., Morreale, F., & Fares, C. (2017). Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food Chemistry*, 221, 1954-1961 [doi:10.1016/j.foodchem.2016.11.151](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.151)
- Mishra, A. K., Mishra, A., & Chattopadhyay, P. (2012). Assessment of in vitro sun protection factor of *Calendula officinalis* L.(asteraceae) essential oil formulation. *Journal of Young Pharmacists*, 4(1), 17-21.
- Mohammad, I. S., Naveed, M., Ijaz, S., Shumzaid, M., Hassan, S., Muhammad, K. S., ... & Khan, H. M. S. (2018). Phytocosmeceutical formulation development, characterization and its in-vivo investigations. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 107, 806-817.
- Mohd Ali, N., Yeap, S. K., Ho, W. Y., Beh, B. K., Tan, S. W., & Tan, S. G. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *BioMed Research International*, 2012, 1-9. [doi:10.1155/2012/171956](https://doi.org/10.1155/2012/171956)
- Monente, C., Ludwig, I. A., Irigoyen, A., de Peña, M. P., & Cid, C. (2015). Assessment of total (free and bound) phenolic compounds in spent coffee extracts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63, 4327–4334. [doi: 10.1021/acs.jafc.5b01619](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01619)
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2013). Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 160-166 [doi:10.1016/j.lwt.2012.06.008](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.008)
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 216-224.
- Muñoz-González, I., Merino-Álvarez, E., Salvador, M., Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., & Herrero, A. M. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) a Promising Alternative for Conventional and Gelled Emulsions: Technological and Lipid Structural Characteristics. *Gels*, 5(2), 19.

- Nadeem, M., Ajmal, M., & Ayaz, M. (2015). Analytical characterization of butter oil enriched with omega 3 and 6 fatty acids through chia (*Salvia hispanica* L.) seed oil. *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 16(2), 4.
- Nieman, D. C., Cayea, E. J., Austin, M. D., Henson, D. A., McAnulty, S. R., & Jin, F. (2009). Chia seed does not promote weight loss or alter disease risk factors in overweight adults. *Nutrition Research*, 29(6), 414-418 [doi:10.1016/j.nutres.2009.05.011](https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.05.011)
- Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J., & Sirotkin, A. (2014). Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 8(1), 72-76
- Orona-Tamayo, D., Valverde, M. E., Nieto-Rendón, B., & Paredes-López, O. (2015). Inhibitory activity of chia (*Salvia hispanica* L.) protein fractions against angiotensin I-converting enzyme and antioxidant capacity. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 236-242 [doi:10.1016/j.lwt.2015.05.033](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.033)
- Peiretti, P. G., & Gai, F. (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Animal Feed Science and Technology*, 148(2-4), 267-275 [doi:10.1016/j.anifeedsci.2008.04.006](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.04.006)
- Porras-Loaiza, P., Jiménez-Munguía, M. T., Sosa-Morales, M. E., Palou, E., & López-Malo, A. (2014). Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(2), 571-577 [doi:10.1111/ijfs.12339](https://doi.org/10.1111/ijfs.12339)
- Ramadan, M. F. (Ed.). (2019). *Fruit oils: Chemistry and functionality*. Switzerland: Springer.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., & Valdivia-López, M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 107(2), 656-663 [doi:10.1016/j.foodchem.2007.08.062](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.062)
- Rodea-González, D. A., Cruz-Olivares, J., Román-Guerrero, A., Rodríguez-Huezo, M. E., Vernon-Carter, E. J., & Pérez-Alonso, C. (2012). Spray-dried encapsulation of chia essential oil (*Salvia hispanica* L.) in whey protein concentrate-polysaccharide matrices. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 102-109 [doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.01.020](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.020)
- Salazar-Vega, M. I., Rosado-Rubio, J. G., Chel-Guerrero, L. A., Betancur-Ancona, D. A., & Castellanos-Ruelas, A. F. (2009). Composition in alpha linolenic acid (ω 3) of egg and

broiler meat using Chia (*Salvia hispanica* L.) in poultry feedstuff. *Interciencia*, 34(3), 209-213

Salazar-Vega, I. M., Segura-Campos, M. R., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2012). Antihypertensive and antioxidant effects of functional foods containing chia (*Salvia hispanica*) protein hydrolysates. *Agricultural and Biological Sciences Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry*, 381-98

Sandoval-Oliveros, M. R., & Paredes-López, O. (2013). Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(1), 193-201 doi.org/10.1021/jf3034978

Scapin, G., Schmidt, M. M., Prestes, R. C., Ferreira, S., Silva, A. F. C., & da Rosa, C. S. (2015). Effect of extract of chia seed (*Salvia hispanica*) as an antioxidant in fresh pork sausage. *International Food Research Journal*, 22(3), 1195-1202.

Segura-Campos, M. R., Salazar-Vega, I. M., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2013). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 723-731 [doi: 10.1016/j.lwt.2012.07.017](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.017)

Segura-Campos, M., Acosta-Chi, Z., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2013). Whole and crushed nutlets of chia (*Salvia hispanica*) from Mexico as a source of functional gums. *Food Science and Technology*, 34(4), 701-709 [doi:10.1590/1678-457X.6439](https://doi.org/10.1590/1678-457X.6439)

Silva, A. F. C., Schimdt, M. M., Scapin, G., Prestes, R. C., Ferreira, S., & da Rosa, C. S. (2015). Effect of extract of chia seed (*Salvia hispanica*) as an antioxidant in fresh pork sausage. *International Food Research Journal (Malaysia)*, 22 (3), 1195-1202


Souza, A. H., Gohara, A. K., Rotta, E. M., Chaves, M. A., Silva, C. M., Dias, L. F., ... Matsushita, M. (2015). Effect of the addition of chia's by product on the composition of fatty acids in hamburgers through chemometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5), 928-935 [doi:10.1002/jsfa.6764](https://doi.org/10.1002/jsfa.6764)

Suri, S., Passi, S. J., & Goyat, J. (2016, March). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) A new age functional food. In *4th International Conference on Recent Innovations in Science Engineering and Management* (pp. 286-299).

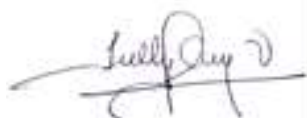
- Taga, M. S., Miller, E. E., & Pratt, D. E. (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *61*(5), 928-931
[doi:10.1007/BF02542169](https://doi.org/10.1007/BF02542169)
- Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., & Hussain, J. (2015). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): A review. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(4), 1750–1758.[doi:10.1007/s13197-015-1967-0](https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0)
- Valenzuela, G. M., Gruszyki, M. R., Pérez Zamora, C. M., Nuñez, M. B., Chiappetta, D. A., & Giménez, M. C. (2020). Formulación de productos cosméticos con aceite de semillas de *Cucurbita argyrosperma* C. Huber.
- Valenzuela, R., Bascuñán, K., Chamorro, R., Barrera, C., Sandoval, J., Puigrrredon, C., ... Valenzuela, A. (2015). Modification of docosahexaenoic acid composition of milk from nursing women who received alpha linolenic acid from chia oil during gestation and nursing. *Nutrients*, *7*(8), 6405-6424
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, *111* (4), 816-823
[doi:10.1016/j.foodchem.2008.04.054](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054)
- Velásquez, S. K., Figueira, A. C., Rodríguez, M.E., Román, A., Carrillo, H., & Pérez, S. (2015). Sorption isotherms, thermodynamic properties and glass transition temperature of mucilage extracted from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Carbohydrate Polymers*, *121*, 411-419
- Vuksan, V., Whitham, D., Sievenpiper, J. L., Jenkins, A. L., Rogovik, A. L., Bazinet, R. P., ... Hanna, A. (2007). Supplementation of conventional therapy with the novel grain Salba (*Salvia hispanica* L.) improves major and emerging cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: results of a randomized controlled trial. *Diabetes Care*, *30*(11), 2804-2810
[doi:10.2337/dc07-1144](https://doi.org/10.2337/dc07-1144)
- Vuksan, V., Jenkins, A. L., Dias, A. G., Lee, A. S., Jovanovski, E., Rogovik, A. L., & Hanna, A. (2010). Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (*Salvia hispanica* L.). *European Journal of Clinical Nutrition*, *64*(4), 436

Weber, C. W., Gentry, H. S., Kohlhepp, E. A., & McCrohan, P. R. (1991). The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. *Ecology of Food and Nutrition*, 26(2), 119-125
doi.org/10.1080/03670244.1991.9991195

Listado de los integrantes del equipo de investigación

Nombre	Firma
Sully Margot Cruz Velásquez	

Guatemala, diciembre 2020



Sully Margot Cruz Velásquez

Coordinador(a)

Proyecto de Investigación



Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Pérez
 Coordinador General de Programas
 Digi USAC

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
 Coordinador
 Programa Universitario de Investigación

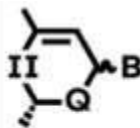


Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Pérez
 Coordinador General de Programas
 Digi USAC

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
 Coordinador General de Programas



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



instituto-(*)
- (Investigaciones) -
(químicas) y -
biológicas

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

REF.IIQB.86.02.2021

Guatemala, 23 de febrero del 2021

Señor Director

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para adjuntar el informe final del proyecto: **“Desarrollo de productos a base de semillas de chía (*Salvia hispanica* L) para su aprovechamiento integral”** con código AP11-2020, coordinado por la Dra. Sully Margot Cruz Velásquez y avalado por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Asimismo, la coordinadora del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por DIGI del **informe final y del manuscrito científico**. El manuscrito científico debe enviarse, por la coordinadora del proyecto, para publicación, al menos, en una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

“Id y enseñad a todos”

Dra. Sully Margot Cruz Velásquez
Coordinadora del Proyecto



Dra. María Eunice Enriquez Cottón
Directora

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

c.c. archivo
MEEC/tvch.