

La chía (*salvia hispanica L.*), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos
saludables

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Alimentación y Nutrición

Yamilé Jaramillo Garcés

Ingeniera de Alimentos

Asesora

Maritza Andrea Gil Garzón

MSc Ciencias Químicas

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingenierías

Especialización en Alimentación y Nutrición

Caldas- Antioquia

2013

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
Origen y descripción botánica y taxonómica de la planta y semilla de chía	9
Origen de la planta y de la semilla de chía	9
Botánica y jerarquía taxonómica	9
Condiciones agronómicas del cultivo	11
Composición de la semilla chía, sus propiedades nutricionales y biodisponibilidad	12
Ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de chía.....	12
Ácidos grasos Omega-3.....	14
Importancia de EPA Y DHA.....	15
Ácidos grasos Omega-6	16
Balance Omega-6 / Omega-3	17
Fuentes alimentarias de ácidos grasos poliinsaturados	19
Proteínas y aminoácidos contenidos en la semilla de chía.....	20
Vitaminas y minerales.....	22
Antioxidantes.....	24
Biodisponibilidad.....	25
Obtención y aplicación de los subproductos de la chía	28
Aceite de chía	28

Microencapsulación del aceite de chía.....	30
Harina de chía.....	31
Aplicación en matrices alimentarias de la semilla o el aceite de chía	31
CONCLUSIONES.....	35
AGRADECIMIENTOS	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Jerarquía taxonómica de la chía</i>	10
Tabla 2. Contenido de ácidos grasos (g/kg total de ácido graso) en semilla de chía	12
Tabla 3. Funciones de los Eicosanoides (Charro-Salgado, 2006).....	13
Tabla 4. Valores de omega 3 y 6 reportados para alimentos de origen animal y vegetal..	19
Tabla 5. Composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de chía, de acuerdo al método de extracción	20
Tabla 6. Contenido de aminoácidos del hidrolizado de proteínas de las semillas de chía.	21
Tabla 7. Contenido de vitaminas y elementos esenciales en semillas y harina desengrasada de chía.	23
Tabla 8 Descripción de los resultados de la evaluación de la causa- efecto sobre la salud a partir del consumo de la semilla de chía.	26
Tabla 9. Productos elaborados con aceite de chía ofertados en el comercio mundial.....	32

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1 Estructura ácido alfa linolénico	15
Gráfico 2. Estructuras químicas de los ácidos Eicosapentaenoico (EPA) y Docosahexaenoico (DHA).....	16
Gráfico 3. Estructuras de los ácidos linoleico (LA) y araquidónico (AA)	17
Gráfico 4. Estructura química de los antioxidantes presentes en la chía	25

RESUMEN

La chía (*Salvia hispanica*) es una especie que pertenece a la familia de la *labiatae*, donde también se encuentran algunas plantas aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. Es una semilla nativa del sur de México y norte de Guatemala. El uso de la semilla y sus subproductos se remonta a la época de los Mayas y los Aztecas, quienes empleaban la semilla como alimento, medicina, ofrenda a los dioses y materia prima para producir un aceite que era empleado como base en pinturas decorativas y ungüentos cosméticos. En la actualidad, la semilla de chía se ha convertido en fuente de gran interés gracias a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, en especial el ácido alfa linolénico, la fibra, la proteína y los antioxidantes. El consumo de ácidos grasos poliinsaturados, en especial el α -linolénico (C18:3_{n-3}), de mayor abundancia en la semilla de chía, se ha caracterizado por sus grandes efectos nutricionales, además de dar origen a ciertas prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxano con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante (PGE₃, PGI₃, TXA₄ Y LTB₅). Debido a la composición que presenta la semilla de chía, ha sido posible que tanto la semilla como los subproductos derivados de ella (aceite, harina, aceite microencapsulado) puedan ser incorporados a diferentes matrices alimentarias como panificación, bebidas, cereales, mezclas secas, entre otras, para dar un valor agregado.

En los últimos años, se ha conocido la importancia del consumo de ácidos grasos esenciales como el Ácido Alfa Linolénico (ALA), el cual es un ácido graso Omega-3 y al estar en un balance adecuado con el Omega-6 puede ayudar a reducir el riesgo de algunas enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y enfermedades degenerativas, como el párkinson y el alzhéimer.

La mayoría de las semillas tiene un contenido alto de ácidos grasos esenciales, siendo el Omega-6 el que se encuentra en una mayor proporción, lo cual desfavorece el equilibrio entre Omega-3 y Omega-6. La principal fuente de Omega-3 se encuentra en algunos animales marinos como el salmón y la sardina, pero también en algunas semillas como la linaza y la chía (salvia hispánica, L), fuentes vegetales con alto contenido de Omega-3.

La chía es una semilla originaria de Centroamérica y México, que se ha caracterizado por ser la fuente vegetal con mayor contenido de ácido graso Omega-3, además de ser una fuente rica en compuestos con capacidad antioxidante, tener un alto contenido de fibra y un bajo índice glucémico.

A pesar de que la semilla de chía es una fuente importante de nutrientes, el conocimiento sobre sus compuestos nutricionales y propiedades funcionales no es muy amplio en la actualidad, bien sea para ampliar su producción en países que son aptos para su cultivo, o para el uso como materia prima de sus subproductos (aceite, polvo ALA o su harina), con el fin de incorporarlos en matrices alimentarias o productos farmacéuticos. Finalmente, como producto para ser consumido directamente como alimento funcional.

Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo hacer una descripción de las propiedades reportadas hasta la fecha acerca de la semilla de chía (salvia hispanica), resaltando su importancia como fuente vegetal de ácido graso Omega-3, proteína, fibra,

antioxidantes y micronutrientes, como recurso de información para promover o ampliar su uso en la industria de alimentos.

Origen y descripción botánica y taxonómica de la planta y semilla de chía

Origen de la planta y de la semilla de chía

La semilla de chía empezó a ser usada para la alimentación humana en la época precolombina, alrededor del año 3500 a.C. y toma importancia por ser uno de los cultivos básicos en el centro de México y América central entre los años 1500 y 900 a.C.

El uso de la semilla y sus subproductos se remonta a la época de los Mayas y los Aztecas, quienes empleaban la semilla como alimento, medicina, ofrenda a los dioses y materia prima para producir un aceite que era empleado como base en pinturas decorativas y ungüentos cosméticos. La harina tostada, otro de sus subproductos, era utilizada para la elaboración de una popular bebida nutritiva denominada “Chía fresca” (agua, limón, chía). Pero años después del descubrimiento de América, los cereales aportados por los españoles desplazaron su cultivo, el cual casi llegó a desaparecer. Su cultivo solo sobrevivió en las áreas montañosas de México y Guatemala y a finales del siglo pasado, el interés por la chía resurgió por considerarla buena fuente de Omega-3, fibra alimentaria, proteína y antioxidantes. (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006)

Botánica y jerarquía taxonómica

La chía, *Salvia hispanica L.*, es una especie que pertenece a la familia de aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. En la Tabla 1 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica de la chía.

Tabla 1. Jerarquía taxonómica de la chía

Jerarquía	Descripción
Reino	<i>Plantae</i> - Planta
Subreino	<i>Tracheobionta</i> – Planta vascular
División	<i>Magnoliophyta</i> – Angiosperma
Clase	Magnoliopsida – Dicotiledónea
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	Lamiales
Familia	<i>Lamiaceae</i> – Menta
Género	<i>Salvia L</i> – Salvia
Especie	<i>Salvia hispanica L.</i>

Su planta tiene una altura entre un 1,0 y 1,5 metros, y sus tallos son ramificados, de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas. Las hojas opuestas con bordes aserrados miden de 80 a 100 cm de longitud, y 40 a 60 mm de ancho. Sus flores de color azul intenso o blancas se producen en espigas terminales, esta descripción morfológica de las flores fue abordada por Martínez como se muestra en la Foto1 (Martínez, 1959). Las semillas son ovales, suaves, brillantes y miden entre 1,5 y 2,0 mm de longitud. Según la variedad, su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).

Foto 1. Planta chía (*Salvia hispanica L.*).

Condiciones agronómicas del cultivo

La chía es un cultivo que crece en condiciones tropicales y subtropicales y no es tolerante a las heladas (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).

En cuanto a las condiciones edáficas en las que se desarrolla, puede decirse que favorecen su crecimiento la disponibilidad de una amplia variedad de niveles de nutrientes y humedad, esta última sobre todo para la germinación. Sin embargo, un bajo contenido de nitrógeno puede ser un factor limitante para obtener buenos rendimientos (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006). Una vez establecida, la plántula se comporta bien con cantidades limitantes de agua. Por otro lado, los suelos donde mejor se desarrolla la planta son los arenosos-limosos, aunque también puede crecer en suelos arcillosos-limosos de buen drenaje (Ramiro Lobo Zavalía, 2009).

El cultivo es sensible a la duración del día (es una especie de días cortos) y su periodo de crecimiento y fructificación dependerá de la latitud donde se implante. Los primeros 45 días son críticos porque la chía crece muy despacio durante el periodo y las melazas, principalmente las latifoliadas pueden competir con ella por luz y nutrientes (Ramiro Lobo Zavalía, 2009).

Composición de la semilla chía, sus propiedades nutricionales y biodisponibilidad

La chía es una semilla oleaginosa que además de su alto contenido de Omega-3 presenta en su composición otros componentes de gran interés para la nutrición humana, como la fibra, las proteínas, los antioxidantes, las vitaminas y algunos minerales. A continuación de describirá de manera detalla la composición de la semilla y su importancia con relación al valor nutritivo.

Ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de chía

La semilla de chía contiene entre un 0,25 y 0,38 g_{aceite}/g_{semilla}, donde los mayores constituyentes son los triglicéridos, en el que los ácidos grasos poli-insaturados están presentes en altas concentraciones (R. Ayerza, 1995) (Ixtaina, Martínez et al.).

Algunos autores han descrito el contenido de ácidos grasos poliinsaturados presentes en la semilla de chía. En la Tabla 2 se describen los contenidos de los algunos ácidos grasos reportados.

Tabla 2. Contenido de ácidos grasos (g/kg total de ácido graso) en semilla de chía

Ácido graso según el tamaño de la cadena e insaturaciones	(Peiretti & Gai, 2009))	(R. Ayerza, 1995)	(Coates & Ayerza, 1996)	(Heuer, Yaniv, & Ravina, 2002)	(R. Ayerza, Wayne Coates, 2004)
C _{16:0}	71 ± 0,64	62 – 71	64 – 79	76 - 87	66 – 77
C _{18:0}	33 ± 0,41	31 – 37	24 – 32	26 - 30	27 – 36
C _{18:1 n-9}	60 ± 0,48	73 – 82	60 – 66	61 - 63	68 – 133
C _{18:2 n-6}	188 ± 0,25	198 – 208	170 - 201	174 - 187	180 – 211
C _{18:3 n-3}	641 ± 0,87	607 – 634	632 - 678	635 - 651	542 – 642
P/S*	7,9 ± 0,66	7,6 - 8,8	7,7 - 9,3	7,3 - 7,8	6,7 - 8,7
n-6 / n-3	0,29 ± 0,00	0,31 - 0,33	0,25 - 0,32	0,27 - 0,29	0,29 - 0,38

* Poli-insaturado/Saturado

Según el contenido de ácidos grasos reportados existe una alta coherencia entre los rangos tanto para los ácidos grasos saturados como los insaturados. Entre los ácidos grasos saturados se destaca que el ácido palmítico C16:0 se encuentra en una relación 2:1 con el ácido esteárico, C18:0, respectivamente.

Los resultados encontrados de los ácidos grasos insaturados versan sobre tres principalmente: ácido α -linolénico (C18:3_{n-3}), ácido linoleico (C18:2_{n-6}) y ácido erúxico (C18:1_{n-9}), siendo el α -linolénico el de mayor abundancia en la semilla de chía, lo que representa una importancia nutricional destacable porque éste participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxano con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante (PGE₃, PGI₃, TXA₄ Y LTB₅). (Silveira Rodríguez, Monereo Megías, & Molina Baena, 2003).

Tabla 3. Funciones de los Eicosanoides (Charro-Salgado, 2006)

Eicosanoide	Función
Tromboxano A ₂	Agregación plaquetaria Vasoconstricción
Tromboxano A ₃	Biológicamente inactivo
Prostaglandinas I ₂	Antiagregación plaquetaria
Prostaciclina I ₂	Vasodilatación
Prostaglandinas I ₃	Antiagregación plaquetaria
Prostaciclina I ₃	Vasodilatación
Leucotrienos B ₄	Efecto proinflamatorio Estimulación de la quimiotaxis Adhesión celular
Leucotrienos B ₅	Efecto antiinflamatorio Inhibición de la quimiotaxis Inhibición de la adhesión celular

En las últimas décadas, el interés de las investigaciones se han centrado principalmente en el alto contenido de los ácidos grasos poli-insaturados (PUFA's, por sus siglas en inglés) de

cadena larga, entre los cuales se destaca los ácidos grasos: el Omega-3, que se encuentra en pescados azules y se caracterizan por tener los ácidos grasos de cadenas más largas como EPA y DHA, mientras que en las fuentes vegetales se encuentra como ALA, y el Omega-6, ambos ácidos grasos son de gran importancia por ser considerados esenciales para el ser humano, ya que el organismo humano no posee las enzimas necesarias para sintetizarlos y se hace necesario obtenerlos a partir de la dieta, además de tener una alta demanda en la salud (Uribe, Perez, Kauil, Rubio, & Alcocer), por intervenir en la prevención de enfermedades cardiovasculares, siendo anti-trombótico, anti-inflamatorio, anti-rítmico, favoreciendo la estabilización plaquetaria, entre otros (Galli & Marangoni, 2006).

Por lo anterior, es necesario conocer la importancia de los ácidos grasos omega – 3 y Omega-6 en la relación alimentación - nutrición como se describe a continuación:

Ácidos grasos Omega-3.

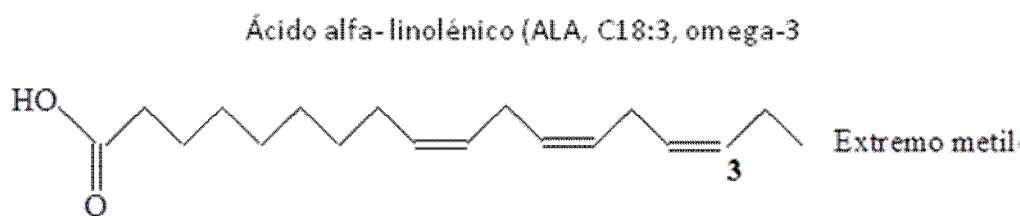
Los ácidos grasos omega-3 son aquellos que se derivan del ácido α -linolénico, donde este actúa en el cuerpo humano como un sustrato para la transformación del ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), mediante la acción de las enzimas de saturación y elongación (Alabdulkarim, Bakeet, & Arzoo, 2012).

El ácido α -linolénico a pesar de ser el principal precursor del DHA y EPA desarrolla una mínima conversión, de allí la importancia del consumo de alimentos que se conviertan en una fuente directa de EPA y DHA.

Las fuentes de alimentos más ricas en Omega-3 son los aceites de pescado, en especial los de aguas frías, en estos animales se pueden encontrar en forma de EPA y DHA debido al consumo de los pescados del fitoplancton (Travieso, 2010). Mientras que una de las mejores

fuentes vegetales reportadas es el aceite de chía (<60%), seguido por la linaza (57%) por la colza, la soja, el germen de trigo y las nueces (entre 7 y 13%) (Travieso, 2010).

Gráfico 1 Estructura ácido alfa linolénico



Importancia de EPA Y DHA

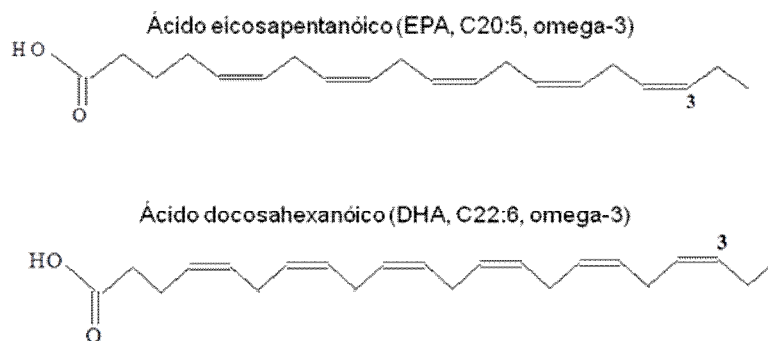
Como se mencionó anteriormente el ácido alfa linolénico es precursor de EPA y DHA y deben ser suministrados por la dieta. Estudios han revelado que el aumento en la ingesta de ácido alfa linolénico por un período de semanas a meses muestra un aumento en la proporción de EPA en los lípidos del plasma, eritrocitos, leucocitos, plaquetas, pero no se observa un incremento de DHA (Burdge GC, 2002)

Algunos estudios de seguimiento indican que realmente existe una conversión del ácido alfa linolénico en EPA, pero que se ve limitada en los seres humanos masculinos y con una transformación posterior en DHA relativamente bajo (Burdge GC, 2002; Emken, Adlof, & Gulley, 1994) La conversión fraccional de ácido alfa linolénico a cadena más larga de PUFA Omega-3 es mayor en mujeres, posiblemente debido a un efecto regulador de los estrógenos (Gorjão et al., 2009).

Por otra parte, la EPA y DHA pueden tener funciones potenciales individuales en la función de organismo humano, puesto que los suplementos enriquecidos con EPA mejoraron significativamente la angustia psicológica y los síntomas depresivos durante las transiciones de la menopausia y se han indicado como un agente anti-inflamatorio anti-caquexia efectiva (Lucas M, 2009). Por otro lado, el DHA es esencial para el crecimiento y el desarrollo funcional del cerebro en bebés, además de ser requerido en el mantenimiento de la función normal del cerebro en adultos (Horrocks & Yeo, 1999; Navarro-García a, 2004; Sidhu, 2003).

En el gráfico 2 se muestran las estructuras químicas de los ácidos EPA y DHA.

Gráfico 2. Estructuras químicas de los ácidos Eicosapentaenoico (EPA) y Docosahexaenoico (DHA)



Ácidos grasos Omega-6

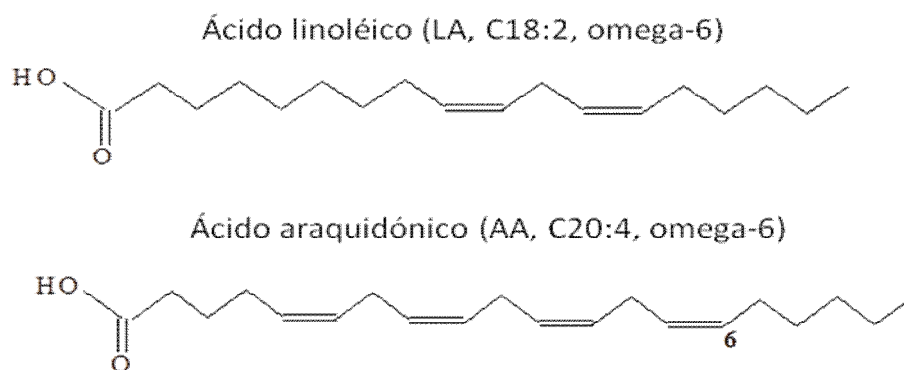
Los ácidos grasos Omega-6 derivan del ácido linoleico (LA) el cual por medio de enzimas desaturasas y elongasas va a ser precursor de ácido graso Gamma Linoleico (GLA) el cual se encuentra en algunos aceites vegetales y ácido araquidónico (AA) que es uno de los ácidos grasos más importantes asociados a los fosfolípidos de membrana, además puede ser

oxidado a una variedad de compuestos eicosanoides importantes en la señalización célula – célula.

A diferencia de los ácidos grasos Omega-3, los Omega-6, por lo general va a ser generadores de prostaglandinas, Tromboxano y Leucotrienos ((PGE₁, PGE₂, PGI₂, TXA₂, LTB₄) estimulantes del sistema inmune, vasoconstrictores y procoagulantes, con perfil por tanto potencialmente proinflamatorio, proalergizante y deletéreo a nivel cardiovascular (Silveira Rodríguez et al., 2003).

A continuación en el gráfico 3 se muestran las estructuras de los ácidos linoleico (LA) araquidónico (AA)

Gráfico 3. Estructuras de los ácidos linoleico (LA) y araquidónico (AA)



Balance Omega-6 / Omega-3

En el periodo paleolítico, los humanos se caracterizaban por tener una dieta baja en calorías por el consumo de grasas (20 – 25%), un consumo bajo en grasas saturadas (<6%) y el consumo de ácidos grasos *trans* que llegó a ser prácticamente despreciable (Eaton SB, 1996).

Debido a que la alimentación de estos humanos estaba basada en alimentos ricos en Omega-3 como vegetales, pescado, huevo, bayas lograron mantener en equilibrio adecuado entre Omega-6/ Omega-3, lo que contribuyó en forma significativa a la evolución humana, influyendo y permitiendo el desarrollo cerebral o cognitivo de las especies (Crawford MA, 2000).

La importancia de la relación Omega-3/Omega-6 para la salud humana también es bien conocido, ya que muchos estudios antropológicos, nutricionales y genéticos indican que una relación de ácidos grasos muy bajo promueve la patogénesis de muchas enfermedades, incluyendo enfermedad cardiovascular, cáncer, osteoporosis, así como enfermedades inflamatorias y autoinmunes, mientras que el aumento de los niveles de ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 (PUFA) ejercen efectos supresores. Mientras que una relación de Omega-3/Omega-6 más alta es deseable con el fin de reducir el riesgo de algunas enfermedades crónicas. Debido a que muchos de ellos son multigénica y multifactorial, la proporción óptima de ácidos grasos Omega-3/Omega-6 variaría con la enfermedad considerada (Simopoulos, 2002, 2008).

En la actualidad, con la aparición de la revolución industrial, donde por ejemplo, la dieta occidental tiene un valor calórico proveniente de las grasas que se encuentra por encima de la recomendada (30 -35%), donde se observa un mayor consumo de grasas saturadas (>10%), ácidos grasos Omega-6 y de esta forma a un desbalance en la relación Omega-6/Omega-3, llegando incluso a relaciones 20–30:1, respectivamente y donde el aumento en dieta de grasas *trans* también ha sido significativo (C. Gómez Candela, 2011).

En general, el porcentaje de grasas saturadas en las dietas aumenta debido al confinamiento y el contenido excesivo de energía de la dieta de alimento para el ganado. Además, el contenido de ácido graso Omega-6 aumentó considerablemente como resultado del

incremento (hasta 70%) de granos ricos en Omega-6 y aceites provenientes de los mismos (Kang, 2005). Es debido a este aumento que el balance Omega-6/Omega-3 se ha ido perdiendo, además porque los alimentos que son ricos en Omega-3 no se consumen tanto a pesar de estar presentes en alimentos como la semilla de chía.

Fuentes alimentarias de ácidos grasos poliinsaturados

Existen estudios que demuestran la presencia de fuentes de omega 3 y 6, tanto de origen animal como vegetal, lo que influye principalmente en el contenido de cada uno de ellos haciendo más llamativos ciertos productos para la industria encargada de la obtención de aceites con alto valor agregado para ser empleados como materia prima y para los consumidores que buscan cada día una alimentación más saludable.

En la tabla 4 se muestran los valores de omega 3 y 6 reportados para alimentos de origen animal y vegetal:

Tabla 4. Valores de omega 3 y 6 reportados para alimentos de origen animal y vegetal

Fuente	Alimento	Cantidad (% ácido graso)						Método de extracción	Referencia
		Oleico	ALA	EPA	DHA	LA	AA		
Animal	Sardina	-	0,76	0,95	3,1	1,05	0,96	FSC-CO ₂	(Létisse, Rozières, Hiol, Sergent, & Comeau, 2006) (Rubio-Rodríguez et al.)
	Sardina	596	0,49	10,1	16,1	1,43	1,38	Soxhlet	
	Salmón	14,6	1,4	7,9	6,3	9,3	0,67	FSC-CO ₂	
	Lino	16,1 ± 0,8	50,0 ± 1,2			14,4 ± 0,7	NR	Soxhlet	
	Lino	17,5 ± 0,6	55,0 ± 0,8			16,2 ± 0,5	NR	FSC-CO ₂	
Vegetal	Lino	14,7 ± 0,5	53,8 ± 0,8			15,6 ± 0,4	NR	Prensado	(Pradhan, Meda, Rout, Naik, & Dalai; Teh & Birch)
	Lino	15,2 ± 0,63	59,34 ± 1,34			16,66 ± 0,4	NR	Prensado	
	Sacha	8,43	50,45			34,12	0,14	FSC-CO ₂	
	Inchi	8,41	50,41			34,08	0,16	Soxhlet	
	Canola	66,8 - 68,3	7,8 - 9,0			15,1 - 16,1	0,5 - 0,7	FSC-CO ₂	
	Canola	66,8 - 67,2	8,4 - 8,7			15,3 - 15,8	0,5 - 0,8	FSC-Propano	
	Canola	57,12 ± 0,20	12,21 ± 0,18			24,01 ± 0,04	-	Prensado	
	Canola								

En la tabla 5 se describen la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de chía, de acuerdo al método de extracción:

Tabla 5. Composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de chía, de acuerdo al método de extracción

Fuente	Método de extracción	C18:1	C18:2	C18:3	Referencia	Observación
Chía	Solvente	5,3 ± 1,1	19,7 ± 0,0	65,6 ± 0,8	Vanesa Y. Ixtaina 2011	Semilla Argentina
Chía	Presión	5,4 ± 0,4	20,3 ± 0,2	64,5 ± 0,2		Semilla Guatemala
Chía	Solvente	5,8 ± 0,3	16,6 ± 1,2	69,3 ± 1,0		
Chía	Presión	5,5 ± 0,4	17,5 ± 0,2	66,7 ± 0,4		
Chía	No reportado	7,4 ± 0,8	22,0 ± 0,1	60,5 ± 1,2	Marcela L. Martínez 2012	Caracterización de la semilla
Chía	FSC-CO ₂	4,1	20,9	62,3	Vanesa Y. Ixtaina 2010	-
Chía	Soxhlet	6,8	19,6	61,3		
Chía	FSC-CO ₂	6,28 - 7,28	17,51-18,15	63,45- 66,0	Jose Antonio Rocha 2011	Promedio de diferentes condiciones de extracción

De acuerdo con los datos reportados, el método de extracción o el origen entre Argentina y Guatemala no tienen una variación significativa con respecto al contenido de los ácidos grasos mencionados, por esta razón es necesario evaluar la calidad e inocuidad exigida en los mercados mundiales, en los cuales compiten productos libres de solventes orgánicos, características ofrecidas por los métodos de extracción por fluidos supercríticos o por prensado.

Proteínas y aminoácidos contenidos en la semilla de chía

La chía contiene aproximadamente un 20% de proteína, nivel que resulta más alto que el que contiene algunos cereales tradicionales como el trigo (13,7%), el maíz (9,4%), el arroz (6,5%), la avena (16,9%) y la cebada (12,5%) (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).

Las semillas de chía además de tener un alto contenido de proteínas se han hecho interesantes comparada con otras semilla como el trigo, la avena, la cebada y el centeno por no tener gluten (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).

Si se hace un análisis del contenido de sus aminoácidos, se puede encontrar que el aporte de lisina es relativamente alto y la cisteína y metionina se pueden comparar favorablemente con otras semillas oleaginosas. Los aminoácidos de la chía no tienen factores limitantes en una dieta para adultos, lo cual significa que ésta puede ser incorporada en la dieta humana y ser mezclada con otros granos, a fin de producir una fuente equilibrada en proteínas (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006)

Además los aminoácidos que conforman las proteínas contenidas en el aceite de la semilla de chía, existen estudios donde muestran las diferencias en el perfil aminolítico expresado en gramos del aminoácido con respecto al contenido general de nitrógeno ($\text{g}_{\text{aminoácido}}/16\text{g}_N$) que dependen del método de extracción, como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Contenido de aminoácidos del hidrolizado de proteínas de las semillas de chía.

Aminoácido	Extracción por solvente	Extracción por prensado
		$\text{g}_{\text{aminoácido}}/16\text{g}_N$
Ácido aspártico	7,64	7,36
Treonina	3,43	3,23
Serina	4,86	4,43
Ácido glutámico	12,4	13,65
Glicina	4,22	4,03
Alanina	4,31	4,41
Valina	5,1	5,32
Cisteína	1,47	1,04

Aminoácido	Extracción por solvente	Extracción por prensado	
		g aminoácido/16g N	
Metionina	0,36		0,36
Isoleucina	3,21		3,35
Leucina	5,89		5,99
Triptófano	---		1,29
Tirosina	2,75		2,75
Fenilalanina	4,73		4,77
Lisina	4,44		3,6
Histidina	2,57		2,45
Arginina	8,9		8,63
Prolina	4,4		3,92
Total	80,64		80,81

Fuente por (Brown, 2003)

El contenido de lisina es bastante alto y la metionina y la cisteína se comparan de forma favorable con otras oleaginosas.

Según los resultados mostrados en la anterior tabla, la presencia de aminoácidos esenciales para los niños como el triptófano dependerá del método de extracción del aceite a partir de la semilla de chía, de allí que por el método de prensado se podrá alcanzar un contenido de 1.29 g/16 g N, pero por el método convencional de extracción con solventes orgánicos no se reporta ningún contenido del mismo.

Vitaminas y minerales

La semilla de chía se ha caracterizado por ser una buena fuente de vitaminas y minerales del complejo B como la Niacina, tiamina y ácido fólico, así como Vitamina A. Además la semilla de chía es una fuente excelente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre, como se muestra en la Tabla 7. Otra de las grandes ventajas de esta semilla es su bajo contenido en sodio (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).

Los niveles de hierro encontrados en las semillas de chía y en la harina remanente después de extraer el aceite son muy elevados y representan una cantidad inusual para la semilla que, comparada con otros productos tradicionales conocidos como fuentes ricas de hierro (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006)

Tabla 7. Contenido de vitaminas y elementos esenciales en semillas y harina desengrasada de chía.

<i>Nutriente</i>	<i>Chia</i>	
	<i>Semilla entera</i>	<i>Harina desengrasada</i>
<i>Macroelementos (mg/100 g)</i>		
Calcio	714	1180
Potasio	700	1100
Magnesio	390	500
Fósforo	1067	1170
<i>Microelementos (mg/100 g)</i>		
Aluminio	2,0	4,3
Boro	---	1,4
Cobre	0,2	2,6
Hierro	16,4	20,4
Manganeso	2,3	6,8
Molibdeno	0,2	---
Sodio	---	2,9
Zinc	3,7	8,5
<i>Vitaminas (mg/100 g)</i>		
Niacina, B3	6,13	11,30
Tiamina, B1	0,18	0,79
Riboflavina, B2	0,04	0,46
Vitamina A	44 IU	---

Dentro de los microelementos reportados se destaca que los niveles de hierro encontrados en las semillas de chía y en la harina remanente después de extraer el aceite son muy elevados y representan una cantidad inusual para la semilla que, comparada con otros productos tradicionales conocidos como fuentes ricas de hierro, presenta, cada 100g de porción comestible,

6; 1,8 y 2,4 veces más cantidad de hierro que la espinaca, las lentejas y el hígado vacuno, respectivamente.

Antioxidantes

El análisis de la torta obtenida después extracción del aceite en la semillas de chía ha demostrado que poseen una fuerte actividad antioxidante (M. Silvia Taga, 1984). Estos antioxidantes hacen que la chía sea una fuente de ácidos grasos Omega-3 estable.

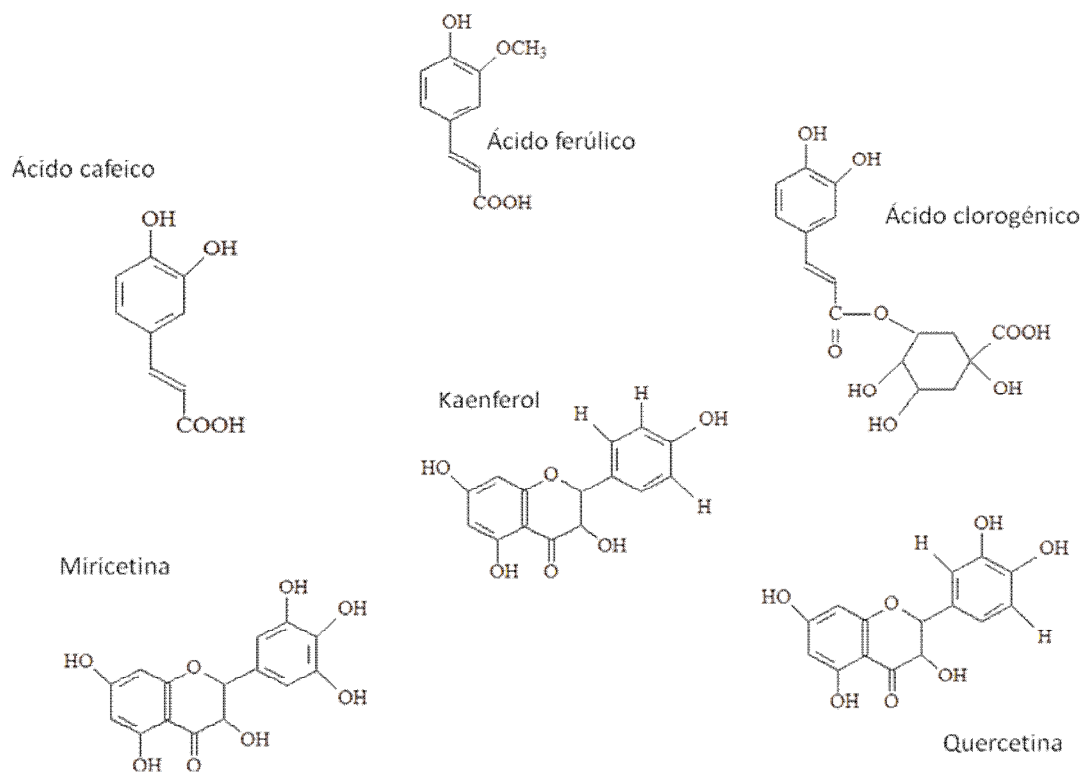
El ácido clorogénico y el ácido cafeico son los antioxidantes más importantes en la semilla chía, aunque también se ha encontrado que contiene miricetina, quercetina y kaempferol flavonoles. Estos compuestos son tanto primaria y sinérgicos antioxidantes, y contribuyen a la fuerte actividad antioxidante de la chía (Castro-Martínez, 1986; M. Silvia Taga, 1984)

Algunas investigaciones han demostrado que el quercetin es un potente antioxidante que puede impedir la oxidación de los lípidos, proteínas y DNA y sus propiedades son significativamente más efectivas que los flavonoles no-ortohidroxi. (Korhonen, 2009; Makris DP, 2001). El ácido cafeico y el ácido clorogénico, contenidos en la semilla de chia, han demostrado tener una fuerte actividad contra los radicales libres y los procesos oxidativos en general, inhibiendo la peroxidación de los lípidos. Estas propiedades antioxidantes son significativamente más fuertes que las del ácido ferúlico y las de los antioxidantes comunes como la vitamina C (ácido ascórbico) y la vitamina E (α -tocoferol).

La chía cuya oxidación es mínima o no existe, ofrece un significativo potencial dentro de la industria alimentaria, dado que las otras fuentes de EPA y DHA como los productos marinos y

de ácido alfa linolénico como el lino, exhiben una descomposición rápida debido a la ausencia de antioxidantes adecuados (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).

Gráfico 4. Estructura química de los antioxidantes presentes en la chía



Biodisponibilidad

La biodisponibilidad de nutrientes entendida de diferentes formas, de acuerdo al enfoque de las investigaciones, puede definirse como: la proporción de un nutriente que el organismo absorbe de los alimentos y utiliza para las funciones corporales normales, que usualmente involucra absorción, utilización y/o disposición ((Davidsson, 2011; Holst, 2008; Reeves, 2008)

De acuerdo con el definición planteada para la biodisponibilidad, es necesario que aquellos compuestos ingeridos, ya sea por medio de un alimentos, un suplemento o un fármaco, que pueden ser considerados por tener una causa – efecto en la salud del consumidor, deberá ser sometido a estudios específicos para determinar la efectividad de acuerdo a diversos factores que van desde la cantidad consumida, las formas químicas, la composición dietaría, las secreciones gastrointestinales hasta el tipo de población que lo consume (Bovell-Benjamin AC, 2010). De allí que los Omega 3 hayan sido objeto de estudio de varios investigadores con el fin de evaluar la biodisponibilidad de acuerdo con: el efecto sobre la salud, el origen, la cantidad y el tipo de presentación en la que pueden ingerirla los consumidores.

En la tabla 8 se muestra los reportes más significativos de estudios realizados sobre la biodisponibilidad del omega-3 (causa – efecto sobre la salud) a partir de la semilla de chía:

Tabla 8 Descripción de los resultados de la evaluación de la causa- efecto sobre la salud a partir del consumo de la semilla de chía.

Objetivo del estudio	Condiciones del estudio	Resultados	Referencia
Determinar si el Omega 3 de las semillas de chía mejoran el desempeño deportivo en eventos que duran más de 90 min., y permite a los atletas reducir su ingesta de azúcar, para reemplazarla con omega-3 como fuente energética.	Dosis: Grupo control (100% calorías por el consumo de Gatorade) Grupo problema: (50% de calorías provenientes de los Verdes Plus Omega 3 Chía semillas, 50% Gatorade) Muestra: Seis varones altamente entrenados realizaban una carrera de 1 hora en el ~ 65% de su VO2 máx en una cinta de correr, seguido de una contrarreloj de 10 k en una pista.	No hubo ninguna estadística diferencia en el rendimiento ($p = 0,83$) entre Omega 3 Chía carga (media 10k/h=37 min y 49 s) y con Gatorade (media =37 min y 43 s), pero Omega 3 de chía carga aparece una opción viable para permitir a los atletas reducir su ingesta de azúcar y aumentar la ingesta de ácidos grasos omega 3, sin afectar el rendimiento	(Illian, 2011)
Evaluar los efectos de un patrón de dieta (DP, proteína de soya, nopal, semillas de chía y avena) en	Estudio aleatorizado, los participantes consumieron su dieta habitual, pero redujeron en 500 kcal para 2 semanas.	Todos los participantes tuvieron una disminución en el peso corporal (PC), el IMC y la	(Guevara-Cruz M, 2012)

Objetivo del estudio	Condiciones del estudio	Resultados	Referencia
<p>las variables bioquímicas del síndrome metabólico, el AUC de la glucosa y la insulina, intolerancia a la glucosa (IG), la relación de la presencia de determinados polimorfismos relacionados con los Mets, y la respuesta a la DP</p>	<p>Ellos fueron asignados con el placebo (P, n = 35) o grupo de DP (n = 32) y consumen la dieta de energía reducida además de la bebida P o DP (235 kcal) menos la energía proporcionada por estos para 2 meses.</p>	<p>circunferencia de la cintura durante el tratamiento de 2 meses (P <0,0001), sin embargo, sólo el grupo de DP tuvo disminuciones de suero TG, la proteína C-reactiva (CRP), y AUC para la insulina y GI después de una prueba de tolerancia a la glucosa.</p>	
<p>Evaluación de la disminución del riesgo cardiovascular (presión sistólica y factores emergentes como la PCR relacionada con inflamación y FvW relacionada con la coagulación), además de glicemia y control lipídico en diabetes tipo 2 controlada.</p>	<p>Suplementación con 37g/día de semilla de chía, equivalentes a 11 g de aceite de chía</p>	<p>Se demostró el control de los factores propuestos en el objetivo. Además, este estudio demostró que los niveles de ALA y eicosapentaenoico (EPA) de los ácidos grasos en plasma aumentaron hasta en un 87% después del consumo de semilla de Chía</p>	<p>(Vuksan, 2007)</p>

Obtención y aplicación de los subproductos de la chía

Aceite de chía

En los últimos años ha habido un desarrollo paralelo de las especies de plantas prometedoras poco explotadas como fuente de aceites dietéticos o de la especialidad, con cantidades significativas de aceites o una alta proporción de ácidos grasos nutricional, medicinal o industrialmente deseables. La composición de los aceites vegetales es importante desde el punto de vista nutricional. Por lo tanto, los ácidos grasos Omega-3 juegan un papel muy importante en la fisiología, especialmente durante el crecimiento fetal e infantil (Bowen, 2005).

Es de ahí que la calidad de estos aceites comestibles es tan importante pues se ve influenciada en la aceptación del consumidor por ser un factor primario de la formulación (Ixtaina, Vega et al.).

A pesar de la amplia gama de fuentes de aceites vegetales, el consumo mundial está dominada por la palma, soja, colza, girasol y aceites con 38,1, 35,7, 17,8 y 18,2 millones de toneladas consumidas al año, respectivamente (American Soybean Association, 2007)(Ixtaina, Martínez et al.).

En la actualidad, el aceite de la semilla de chía no es ampliamente utilizado comercialmente a pesar de que tiene características que son muy adecuados para aplicaciones industriales, y pueden contribuir a las dietas humanas saludables, debido a que, por un lado en términos de rendimiento, constituye aproximadamente entre el 25% y el 38% del peso, por otro

lado el principal interés en este aceite, como se mencionó anteriormente, es la composición de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) como los ácidos linolénico y linoleico que constituyen el 60% y 20% respectivamente y en una menor proporción los ácidos palmítico y esteárico.

La producción comercial de aceites vegetales se basa en la extracción de prensado y disolvente. Dado que el aceite de semilla de chía es un producto natural, que tiene una composición química variable dependiendo de varios factores tales como el entorno de cultivo y el sistema de extracción (Dauksas, Rimantas Venskutonis, Sivik, & Nillson, 2002).

Hasta la fecha, se ha reportado extracción de aceites de semilla de chía con disolventes y con prensado en frío pero hay poca información sobre la influencia del sistema de extracción sobre su perfil de ácidos grasos y las características físico-químicas (Ixtaina, Martínez et al.; Velasco Vargas, 2004).

La extracción de aceite por Fluidos Supercríticos (FSC) con dióxido de carbono (CO_2) representa un método alternativo para reemplazar la extracción de aceites industriales convencionales con disolventes y por prensado. Entre sus principales ventajas se encuentran que el CO_2 es barato, no tóxico, no inflamable, tiene una alta compenetración en matrices sólidas, además de ser fácilmente removido de la matriz. En contraste a la extracción con disolventes, la extracción de aceite de semilla con FSC- CO_2 es un campo cada vez con mayor interés debido a la creciente reducción de disolventes autorizados en la industria alimentaria. FSC- CO_2 se ha empleado en la extracción de ácidos grasos poliinsaturados de pescado (Rubio-Rodríguez et al., 2008) y la extracción de aceite de semillas de uva (Molero Gómez, Pereyra López, & Martínez de la Ossa, 1996), la soja (D. Nodar, 2002), las semillas de amaranto (Westerman, Santos, Bosley, Rogers, & Al-Duri, 2006), avellana (Özkal, Salgin, & Yener, 2005) y las semillas de sachá inchi (L. Follegatti-Romero, 2009).

Es importante tener en cuenta que la extracción por FSC CO₂ también se puede ver afectada por varios factores, tales como la presión de extracción, la temperatura y el tiempo. Además, se ha reconocido que las propiedades reológicas de la aceite dependen de muchos factores incluyendo la temperatura, velocidad de cizallamiento, tiempo, presión y sus propiedades químicas (Ixtaina, Vega et al.)

Microencapsulación del aceite de chía

Una de las presentaciones comerciales del aceite de chía es en polvo, producto de la microencapsulación por secado por aspersión.

Uno de los objetivos de la microencapsulación del aceite es poder facilitar la incorporación de éste en diferentes matrices alimentarias, con el fin de conservar algunos de los compuestos volátiles presentes en el aceite de la semilla de chía, los cuales son inestables en presencia de oxígeno, luz, humedad y calor (Rodea-González et al.). Adicionalmente, mediante la microencapsulación es posible aumentar la estabilidad de los compuestos que fácilmente pueden ser oxidados, como es el caso de los ácidos grasos, logrando el aumento de sus propiedades funcionales y reduciendo la exposición de sabores no deseables en los consumidores por la presencia de los omegas (Fuchs et al., 2006; Kha, Nguyen, & Roach, 2010).

Algunas de las aplicaciones en la industria de alimentos del Polvo ALA es en bebidas lácteas o mezclas de leche en polvo, que se caracterizan por tener un valor agregado debido al alto contenido en Omega-3 proporcionado por este aditivo.

Harina de chía

El proceso de extracción de la harina comprende un segundo paso de la extracción del aceite, ya sea por prensado, solvente o fluidos supercríticos es de aquí que la importancia, como lo menciona en la extracción del aceite (Ixtaina, Vega et al.), se va a relacionar directamente con la calidad de la harina.

La harina de la semilla de chía se ha caracterizado por ser una buena fuente ácidos grasos, fibra dietética total, proteína y antioxidantes(Vázquez-Ovando, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona), además de ser una harina libre de gluten que la hace apta para el consumo de personas que padecen la enfermedad celiaca (R. Ayerza, Wayne Coates, 2006).






Algunas de las aplicaciones que se pueden hacer con este producto para obtener alimentos con estas propiedades podrían ser: pastas, productos de panificación (panes, galletas, grisines), pre-mezclas de harina para panificación, barras de cereales, entre otros.








Aplicación en matrices alimentarias de la semilla o el aceite de chía







En la actualidad, existe una amplia oferta de productos alimenticios en los cuales se ha incorporado el aceite de chía, tales como: pan multigrano, cereales, pasta, aceites de oliva, y margarinas. Además, el aceite se vende en tiendas de abarrotes, tiendas naturistas, supermercados, ya través de Internet, como suplementos nutricionales en cápsulas blandas o como aceites para preparaciones gastronómicas.

Una lista de los productos alimenticios y suplementos nutricionales con semillas y aceite de chía, que existe en el mercado mundial, se incluyen en la tabla 9.

Tabla 9. Productos elaborados con aceite de chía ofertados en el comercio mundial

Nombre de compañía	Sitio web	Consumo/producción	Aplicaciones	Producto
FPT S. A	www.benexia.com	1400 ton/año para la industria de alimentos	Suplemento nutricional o como materia prima	
Empresa Carrozzi S. A Chile	www.carrozzi.cl	3 ton/mes	Pastas, cereal y desayuno	
Terramater, Chile	www.terramater.cl	600 kg/año	Aceite gourmet Oliva & Chía	
Fuente Natura, México	www.fuente-natura.cl	500 kg/año	Suplemento nutricional (aceite de chía)	
Madaus & Co, Argentina	www.drmdaus.ar	500 kg/año	Suplemento nutricional	

Nombre de compañía	Sitio web	Consumo/producción	Aplicaciones	Producto
Latina Inc., Japón	www.latina-inc.com	500kg/año	Suplemento nutricional (aceite de chía)	
K-squares, Korea	www.ksquares.com	500kg/año	Suplemento nutricional (aceite de chía)	
The Chia Co, Australia	www.thechiaco.com.au	1400 toneladas/año de cultivos	Suplemento nutricional. Industria: aceite y semillas de chía	
Pepsico	www.pepsicocarreer.com	10 ton/año	Snack saludable con semillas de chía	
Sunrice, Australia	www.sunrice.com.au	19 ton/año	Industria de alimentos (aceite y semillas)	
Fonterra, Australia	www.fonterra.com	500 kg/mes	Yogurt (aceite de chía)	
Centenary Bakery	www.madebybikini.com	2 ton/mes	Pan (semillas de chía)	

Nombre de compañía	Sitio web	Consumo/producción	Aplicaciones	Producto
Campbell Arnotts	www.arnootts.com.au	10 ton/año	Biscuits	
Naturkost Ubelhor GmbH&Co KG, Alemania	www.sachia.de/home.htm	No definido	Suplemento nutricional	
Valensa Int.	www.valensa.com	10 ton/mes	Suplemento nutricional	
Green Plus	www.greenplus.com	17 ton/mes	Suplemento nutricional	
Ruth's Hempfood	www.rutheshempfood.com/chia.html	1.5 ton/mes	Cereal para desayuno	
Salba	www.sourcealba.com	300 ton/año	Suplemento nutricional	

CONCLUSIONES

- La semilla de chía presenta un alto valor nutricional, debido a su contenido de ácidos grasos poliinsaturados, la fibra, la proteína y los antioxidantes.
- La semilla de chía, comparado con otras fuentes vegetales presenta mayor contenido de ácido graso alfa linolénico.
- Los ácidos grasos Omega-3 son importantes por sus grandes efectos nutricionales, además de dar origen a ciertas prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxano con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante (PGE_3 , PGI_3 , TXA_4 Y LTB_5) la semilla de chía es una buena fuente de éstos ácidos grasos.
- Tanto la semilla de chía, como sus subproductos pueden ser incorporados en matrices alimentarias permitiendo dar un valor agregado, como fuente de ácidos grasos Omega-3, principalmente en el aceite y como buena fuente de fibra, libre de gluten y contenido de antioxidantes en su harina.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer muy especialmente a mi asesora Maritza Andrea Gil Garzón MSc, por toda la confianza que siempre ha depositado en mí, por ser esa brújula y ese faro para saber guiarme y acompañarme en esta nueva etapa de mi vida. Gracias por darme las fuerzas en momentos difíciles.

A cada uno de los profesores que entregaron todo su conocimiento sin egoísmo y mostrar siempre esa disposición para poder cumplir con los objetivos planteados desde un inicio.

Pablo, Daniel y Hernando de HRA Uniquímica SA, por medio de los cuales conocí y me enamoré de la semilla de chía. Además por brindarme el espacio necesario para asistir a todas mis clases y asesorías

A Carolina Chica, de Benexia en Chile, por compartir su conocimiento, no sólo de la semilla de chía, sino en temas nutricionales y aplicaciones en productos, también por todo el apoyo en cuanto a material bibliográfico, y fotográfico de la semilla de chía y por esa gran disposición.

A Jose F. Guarín por su gran ayuda en búsqueda de material bibliográfico.

Edilma Zapata Montoya MSc por su gran ayuda en la elaboración de estructuras químicas.

A mi familia y amigos por estar siempre ahí y saber entender tantas ausencias en este tiempo.

A todos y cada uno de mis compañeros de la Especialización que hicieron que este año fuera de muchas experiencias agradables, siempre los llevaré en mi corazón.

BIBLIOGRAFÍA

- Alabdulkarim, B., Bakeet, Z. A. N., & Arzoo, S. (2012). Role of some functional lipids in preventing diseases and promoting health. *Journal of King Saud University - Science*, 24(4), 319-329.
- 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*, 9(72), 971-1090.
- Ayerza, R., Wayne Coates. (2004). Protein and oil content, peroxide index and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) grown in six tropical and sub-tropical ecosystems of South America. *Tropical Science*, 3(44), 131 - 135.
- Ayerza, R., Wayne Coates. (2006). *Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas* (1 ed.). Buenos Aires.
- Bovell-Benjamin AC, B. E. (2010). Nutrition and Bioavailability: Sense and Nonsense of Nutrition Labeling. In E. G. F. Safety (Ed.), *Christine EB, Aleksandra S, Sangsuk O, Huub L.M. LelieveldA2 - Christine E. Boisrobert ASSO, Huub LML* (pp. 289-309). San Diego.
- Bowen, R. A. R., Clandinin, M.T. (2005). Maternal dietary 22:6n₃ is more effective than 18:3n₃ in increasing content in phospholipids of glial cells from neonatal rat brain. *British Journal of Nutrition*, 93, 601 - 611.
- Brown, J. (2003). Chia meal data. , Gilbert, Arizona, USA. *International Flora Technologies Inc (Unpublished)*, 1.
- Burdge GC, W. S. (2002). Conversion of alpha-linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. *British Journal of Nutrition*, 88(4), 411 - 420.
- C. Gómez Candela, L. M. B. L. a. V. L. K. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutricion hospitalaria*, 26(2), 323 - 329.

- Castro-Martínez, R., D.E. Pratt, and E.E. Miller. (1986). *Natural antioxidants of chia seeds*. Paper presented at the Proceedings of the World Conference on Emerging Technologies in the Fats and Oils Industry.
- Coates, W., & Ayerza, R. (1996). Production potential of chia in northwestern Argentina. *Industrial Crops and Products*, 5(3), 229-233.
- Crawford MA, B. M., Broadhurst CL et al. (2000). Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. *Lipids*(34), 39-47.
- Charro-Salgado, P. M.-M. P. y. A. (2006). Ácidos grasos esenciales. Bienestar y salud. *Jano*(1590).
- D. Nodar, A. M. G., E. Martínez de la Ossa. (2002). Characterization and process development of supercritical fluid extraction of soybean oil. *Food Science and Technology International*, 8, 337 - 342.
- Dauksas, E., Rimantas Venskutonis, P., Sivik, B., & Nillson, T. (2002). Effect of fast CO₂ pressure changes on the yield of lovage (*Levisticum officinale* Koch.) and celery (*Apium graveolens* L.) extracts. *The Journal of Supercritical Fluids*, 22(3), 201-210.
- Davidsson, L. a. S. T. (2011). New frontiers in science and technology: nuclear techniques in nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(2), 691S-695S.
- Eaton SB, E. S. r., Konner MJ, Shostak M. (1996). An evolutionary perspective enhances understanding of human nutritional requirements. *Journal nutrition*, 6(126), 1732 - 1740.
- Emken, E. A., Adlof, R. O., & Gulley, R. M. (1994). Dietary linoleic acid influences desaturation and acylation of deuterium-labeled linoleic and linolenic acids in young adult males. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Lipids and Lipid Metabolism*, 1213(3), 277-288.
- Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M. E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. N., et al. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 27-35.

- Galli, C., & Marangoni, F. (2006). N-3 fatty acids in the Mediterranean diet. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 75(3), 129-133.
- Gorjão, R., Azevedo-Martins, A. K., Rodrigues, H. G., Abdulkader, F., Arcisio-Miranda, M., Procopio, J., et al. (2009). Comparative effects of DHA and EPA on cell function. *Pharmacology & Therapeutics*, 122(1), 56-64.
- Guevara-Cruz M, T. A., Aguilar-Salinas CA, et al. (2012). A dietary pattern including nopal, chia seed, soy protein, and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome. *Journal of nutrition*, 42(1), 64-69.
- 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.
- Holst, B. a. G. W. (2008). Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(2), 73 - 82.
- Horrocks, L. A., & Yeo, Y. K. (1999). HEALTH BENEFITS OF DOCOSAHEXAENOIC ACID (DHA). *Pharmacological Research*, 40(3), 211-225.
- Illian, T. G. C., Jason C. and Bishop, Phillip A. (2011). Omega-3 Chia Seed loading as a means of carbohydrate loading. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 61-65.
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. n. M., Diehl, B. W. K., et al. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 166-174.
- Ixtaina, V. Y., Vega, A., Nolasco, S. M., Tomájs, M. C., Gimeno, M., Bãrzana, E., et al. Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.): Characterization and process optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*, 55(1), 192-199.
- kang, J. X. (2005). Balance of omega-6/omega-3 essential fatty acids is important for health. The evidence from gene transfer studies. *World Review of Nutrition and Dietetics*(95), 93 - 102.

- Kha, T. C., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385-392.
- Korhonen, H. (2009). Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of Functional Foods*, 1(2), 177-187.
- L. Follegatti-Romero, C. P., R. Grimaldi, F. Cabral. (2009). Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Supercritical Fluids*, 49, 323 - 329.
- Létisse, M., Rozières, M., Hiol, A., Sergent, M., & Comeau, L. (2006). Enrichment of EPA and DHA from sardine by supercritical fluid extraction without organic modifier: I. Optimization of extraction conditions. *The Journal of Supercritical Fluids*, 38(1), 27-36.
- Lucas M, A. G., Mérette C, Poulin MJ, Dodin S. (2009). Ethyleicosapentaenoic acid for the treatment of psychological distress and depressive symptoms in middle-aged women: a double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(2), 641 - 665.
- M. Silvia Taga, E. E. M. a. D. E. P. (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 61(5), 928 - 931.
- Makris DP, R. J. (2001). Comparison of quercetin and a non-orthohydroxy flavonol as antioxidants by competing in vitro oxidation reactions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(7), 3370 - 3377.
- Martínez, M. (1959). *Plantas útiles de la Flora Mexicana*. DF México.
- Molero Gómez, A., Pereyra López, C., & Martínez de la Ossa, E. (1996). Recovery of grape seed oil by liquid and supercritical carbon dioxide extraction: a comparison with conventional solvent extraction. *The Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal*, 61(3), 227-231.

- Navarro-García a, G. P.-A., R. Bringas-Alvarado, L. Ortega-García a, J. (2004). Characterization of the lipid composition and natural antioxidants in the liver oil of *Dasyatis brevis* and *Gymnura marmorata* rays. *Food Chemistry*, 87(1), 89-96.
- Özkal, S. G., Salgin, U., & Yener, M. E. (2005). Supercritical carbon dioxide extraction of hazelnut oil. *Journal of Food Engineering*, 69(2), 217-223.
- Pederssetti, M. r. M., PalÃ°, F., da Silva, E. A., Rohling, J. H., Cardozo-Filho, L. c., & Dariva, C. u. Extraction of canola seed (*Brassica napus*) oil using compressed propane and supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 102(2), 189-196.
- 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(2â€4), 267-275.
- Pradhan, R. C., Meda, V., Rout, P. K., Naik, S., & Dalai, A. K. Supercritical CO₂ extraction of fatty oil from flaxseed and comparison with screw press expression and solvent extraction processes. *Journal of Food Engineering*, 98(4), 393-397.
- Ramiro Lobo Zavalía, M. G. A., F. Javier Fuentes, Walter A. Rodríguez, Miguel Morandini y Mario R. Vevani. (2009). Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán, República Argentina. *Avance agroindustrial*, 4(32), 27 - 30.
- Reeves, P. G. a. R. L. C. (2008). Bioavailability as an issue in risk assessment and management of food cadmium: a review. *Sci Total Environ*, 398(1-3), 13-19.
- Rodea-González, D. A., Cruz-Olivares, J., Román-Guerrero, A., Rodríguez-Huezo, M. E., Vernon-Carter, E. J., & Pérez-Alonso, C. Spray-dried encapsulation of chia essential oil (*Salvia hispanica* L.) in whey protein concentrate-polysaccharide matrices. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 102-109.
- Rubio-Rodríguez, N., de Diego, S. M., BeltrÃ;n, S., Jaime, I., Sanz, M. T., & Rovira, J. Supercritical fluid extraction of fish oil from fish by-products: A comparison with other extraction methods. *Journal of Food Engineering*, 109(2), 238-248.

- Rubio-Rodríguez, N., de Diego, S. M., Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., & Rovira, J. (2008). Supercritical fluid extraction of the omega-3 rich oil contained in hake (*Merluccius capensis*–*Merluccius paradoxus*) by-products: study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality. *The Journal of Supercritical Fluids*, 47(2), 215-226.
- Sidhu, K. S. (2003). Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38(3), 336-344.
- Silveira Rodríguez, M. B., Monereo Megías, S., & Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? *Revista Española de Salud Pública*, 77, 317-331.
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
- Simopoulos, A. P. (2008). The Importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine* 233, 674 - 688.
- Teh, S.-S., & Birch, J. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), 26-31.
- Travieso, J. C. F. (2010). Ácidos grasos omega-3 y prevención cardiovascular. (Spanish). *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 41(1), 3-15.
- Uribe, J. A. R., Perez, J. I. N., Kaul, H. C., Rubio, G. R., & Alcocer, C. G. Extraction of oil from chia seeds with supercritical CO₂. *The Journal of Supercritical Fluids*, 56(2), 174-178.
- Vázquez-Ovando, J. A., Rosado-Rubio, J. G., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. Procesamiento en seco de harina de chia (*Salvia hispanica* L.): caracterización química de fibra y proteína Dry processing of chia (*Salvia hispanica* L.) flour: chemical characterization of fiber and protein. *CyTA: Journal of Food*, 8(2), 117-127.
- Velasco Vargas, I., Tecante, A., Valdivia López, M.A., Aburto Juárez, M.L., (2004). *Extracción y caracterización del aceite de semilla de chía (Salvia hispanica L.): estudio para su valoración y aprovechamiento*. Paper presented at the Proceedings of the IV Encuentro Nacional de Biotecnología IPN, Santa Cruz, Tlaxcala, México.

Vuksan, V. W., Dana. Sievenpiper John L. Jenkins Alexandra L. (2007). Supplementation of Conventional Therapy With the Novel Grain Salba (*Salvia hispanica* L.) Improves Major and Emerging Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes. *Diabetes care*, 30(11), 2804 - 2810.

Westerman, D., Santos, R. C. D., Bosley, J. A., Rogers, J. S., & Al-Duri, B. (2006). Extraction of Amaranth seed oil by supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 37(1), 38-52.