

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y TECNOLÓGICAS
DE LA CHÍA (*Salvia hispánica* L.) Y DE SU EXTRACTO
DESGRASADO”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre-2017

Autor: Alicia Espinosa Plaza

Tutor/es: Juana Fernández López

Raquel Lucas González

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TECNOFUNCIONALES DE LA CHÍA (*Salvia hispánica* L.) Y DE SU EXTRACTO DESGRASADO

Resumen

En el presente trabajo se han determinado las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de las semillas de chía y de su extracto desgrasado, coproducto que se obtiene del proceso de extracción del aceite de chía mediante prensado en frío. Las modificaciones que se provocan durante el proceso de extracción del aceite pueden afectar dichas propiedades y, por ende, la aplicación tecnológica del mismo como ingrediente alimentario en diferentes procesos de elaboración de alimentos.

Palabras clave

Chía

Harina desgrasada

Coproducto

Propiedades tecnofuncionales

Composición proximal

PHYSICOCHEMICAL AND TECHNOFUNCTIONAL PROPERTIES OF CHIA SEEDS (*Salvia hispánica* L.) AND OF ITS DEFATTED EXTRACT

Abstract

In the present work, the physicochemical and technofunctional properties of chia seeds and their defatted extract, a coproduct obtained from the chia oil extraction process by cold pressing, have been determined. The modifications provoked during the oil extraction process can affect these properties and, therefore, their technological application as food ingredient in new food elaboration process.

Keywords

Chia

Defatted flour

Coproduct

Technofunctional properties

Proximal composition

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que han hecho posible que haya llegado hasta aquí.

A mis tutoras,
por su ayuda en cada momento.

A mis amigos,
por estar ahí siempre,
por hacerme reír en los momentos difíciles.

A toda mi familia,
por su cariño,
por darme fuerza para continuar.

A las personas que se fueron,
dejando un vacío muy grande,
mis abuelos y mi tía Carmen.

Todo lo que logre,
os lo dedico especialmente a vosotros.
Os llevo en mi corazón.

A mi abuela y mi tía Teresa,
por enseñarme que no hay sueños imposibles,
que con ganas, ilusión y trabajo todo se consigue.

Y, por último,
a las 3 personas más importantes de mi vida,
mis padres y mi hermana.

Gracias por vuestra educación,
por confiar siempre en mí
y apoyarme en cada decisión.

Os quiero.



AGRADECIMIENTOS

“La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España a través del Proyecto de Investigación AGL2016-75687-C2-2-R (AEI/FEDER/UE)”.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Origen de la chía	10
1.2 Características nutricionales	11
1.3 Productos comercializados con chía	12
1.4 Extracción del aceite de chía	14
1.5 Harina desgrasada	15
2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	16
3. OBJETIVOS	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1 Materia prima	17
4.2 Métodos analíticos	18
4.2.1 Composición proximal	18
4.2.1.1. Humedad	18
4.2.1.2. Proteínas	18
4.2.1.3. Grasas	19
4.2.1.4. Cenizas	20
4.2.2 Propiedades fisicoquímicas	21
4.2.2.1. pH	21
4.2.2.2. A_w	21
4.2.2.3. Color	21
4.2.3 Propiedades físicas	22
4.2.3.1. Densidad real	22
4.2.3.2. Densidad aparente	22
4.2.3.3. Porosidad	22
4.2.4 Propiedades tecnofuncionales	23
4.2.4.1. Capacidad de retención de agua (CRA)	23
4.2.4.2. Capacidad de retención de aceite (CRO)	23
4.2.4.3. Capacidad de retención de bilis (CRB)	24
4.2.4.4. Capacidad de hinchamiento (SWC)	25
4.2.4.5. Capacidad de gelificación y precipitado en fase oleosa	26
4.2.4.6. Actividad emulsificante (AE)	26
4.2.4.7. Estabilidad de la emulsión (EE)	27
4.3 Análisis estadístico	27

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1 Composición proximal	28
5.2 Propiedades fisicoquímicas	30
5.3 Propiedades físicas	32
5.4 Propiedades tecnofuncionales	33
6. CONCLUSIONES	36
7. BIBLIOGRAFÍA	38



1.INTRODUCCIÓN

1.1. Origen de la chía

La chía (*Salvia hispánica L.*) es una especie originaria de Centroamérica que pertenece a la familia Lamiaceae (Di Sapio et al., 2008). Esta semilla empezó a ser utilizada como alimento en el año 3500 a.C. en el centro-sur de México y norte de Guatemala, la antigua Mesoamérica. La chía se consumía en forma de grano, como bebida, harina, aceite, e incluso se utilizaba para pinturas de cara y para el cuerpo (Martínez y Maestri, 2015; Ugena Díaz, 2015).

Sin embargo, con la conquista de América, los españoles reemplazaron muchos de los cultivos (Ivana Capitani, 2013) por otros que eran de especial importancia en Europa como, por ejemplo, el trigo y la cebada, provocando un menor consumo de la chía, la cual, pasó a ser consumida por pequeños grupos en países como México, Guatemala y Nicaragua (Lobo Zavalía, 2011; Zúñiga Sáez, 2014).

Actualmente, la chía tiene de nuevo un alto potencial y, su producción y comercialización van en aumento debido a su composición y su importante valor nutricional para su uso en alimentos (Jaramillo Garcés, 2013; Ugena Díaz, 2015). Esta semilla es muy completa ya que es rica en ácidos grasos poliinsaturados omega-3, fibra, hidratos de carbono, proteínas, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes.

En cuanto a legislación, a nivel internacional la chía es considerada por la FDA (Food and Drug Administration) como un alimento. Además, a nivel europeo, la Comisión Europea, mediante una Decisión de Ejecución con arreglo al Reglamento (CE) nº 258/97, autorizó en 2013 el uso de semillas de chía como nuevo ingrediente alimentario y en 2014, la comercialización de aceite de chía. En los dos documentos publicados se especifican los usos y niveles de uso y, además, se describe el proceso de obtención del aceite de chía para poder ser comercializado, así como también se indican las pruebas que se deben de realizar a dicho aceite y los parámetros que tiene que cumplir.

1.2. Características nutricionales

Las semillas de chía son pequeñas, de forma ovalada y miden aproximadamente 2 mm de largo y 1,5 mm de ancho. Son de color café oscuro-negro, pero también pueden ser de color gris o blanco (Ayerza y Coates, 2005; Alvarado Rupflin, 2011; Martínez y Maestri, 2015). El rendimiento del cultivo depende de las condiciones ambientales como el suelo y el clima y, de factores como el riego, la fertilización y las técnicas de cosecha (Martínez y Maestri, 2015).

En cuanto a la composición de la semilla de chía, contiene alrededor de un 33% de aceite y es la fuente vegetal con el mayor porcentaje de ácido alfa-linolénico conocido hasta el momento, alrededor del 60% (Di Sapia et al., 2008; Zúñiga Sáez, 2014). También contiene otros ácidos grasos como ácido linoleico (20%), porcentajes similares de ácido palmítico y oleico (6,5%) y ácido esteárico (menor de 4%) (Ayerza, 1995; Bueno et al., 2010; Zúñiga Sáez, 2014; Martínez y Maestri, 2015). Todo ello explica los múltiples efectos beneficiosos de la chía en la prevención de enfermedades como enfermedades cardíacas, ictus, cáncer... (Ayerza y Coates, 2000, 2005; Bueno et al., 2010).

De acuerdo a Ayerza y Coates (2005), la semilla de chía tiene un porcentaje entre 19-27% de proteínas, mayor que el de otros cereales como trigo (13,7%), maíz (9,4%) y arroz (6,4%), por ejemplo. Además, contiene los 8 aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina) y presenta la ventaja de no contener gluten (Ayerza y Coates, 2005; Alvarado Rupflin, 2011).

En materia de vitaminas, la semilla de chía es una muy buena fuente de vitaminas, especialmente del grupo B, destacando la vitamina B3 (Di Sapia et al., 2008). Esto es un punto a su favor debido a que la carencia de vitaminas del grupo B incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Con respecto a los minerales, es una fuente excelente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre (Ayerza y Coates, 2005; Alvarado Rupflin,

2011). En comparación con la leche, contiene una cantidad de calcio 6 veces mayor (714 mg), el doble de fósforo (1067 mg) y 4,6 veces más de potasio (700 mg) por cada 100 gramos de producto (Ayerza y Coates, 2005). Además, tiene valores muy elevados de hierro (16,4 mg), muy poco frecuentes en otras semillas (Ixtaina, 2010; Ivana Capitani, 2013).

De acuerdo a Ayerza (2005) y Coates (1991), el contenido de fibra de la semilla de chía es aproximadamente de un 30%. De ese 30%, alrededor de un 90% es fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) y un 6-10% es fibra soluble, que al entrar en contacto con el agua da lugar a la formación de un mucílago de aspecto gelatinoso (Ixtaina, 2010; Martínez y Maestri, 2015).

En referencia a los antioxidantes, contiene ácidos cinámicos como el ácido cafeico y el ácido clorogénico, y también contiene flavonoles como la miricetina, quercetina y kaempferol (Ayerza y Coates, 2005). Estos antioxidantes participan en la prevención de 4 de las enfermedades más importantes a nivel mundial como el cáncer, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y la hipertensión. Además, dichos antioxidantes sirven para frenar la descomposición inhibiendo las oxidaciones de los lípidos y, por lo tanto, manteniendo una buena conservación del aceite (Reyes-Caudillo et al., 2008).

1.3. Productos comercializados con chía

En la actualidad, la semilla de chía se consume de diversas formas. Se puede consumir la semilla entera o molida, mezclándola con agua y formando un gel, e incluso se puede añadir a bebidas, yogures, sopas, etc. (Anónimo, 2017).

La chía se emplea en el desarrollo de nuevos alimentos, especialmente, en el desarrollo de alimentos funcionales debido a sus propiedades beneficiosas para la salud del consumidor. Además, la chía es una semilla libre de gluten, por lo que los productos que la contienen pueden ser consumidos por personas celíacas.

A continuación, se muestran algunos de los productos que existen en la actualidad elaborados con chía.



1.4. Extracción del aceite de chía

El aceite de la semilla de chía se puede obtener por diversos métodos de extracción. En este caso, el método utilizado para realizar la extracción del aceite es un prensado en frío. Según el Documento de Debate sobre los Aceites Prensados en Frío preparado por el Comité del CODEX sobre Grasas y Aceites, el aceite obtenido por prensado en frío es “obtenido por procedimientos mecánicos u otros procedimientos físicos, a temperaturas inferiores a 40°C, en condiciones que no ocasionen la alteración del aceite y que no hayan sufrido tratamiento alguno distinto del lavado, la decantación, el centrifugado y la filtración”.

El objetivo del prensado es lograr que el aceite que contiene cada semilla en su interior salga hacia el exterior. Dentro de las células, el aceite se encuentra formando pequeños orgánulos con una forma esférica (oleosomas), por lo que, al aplicarle una fuerza externa se producen alteraciones a nivel macroscópico y microscópico, debido a la presión y reducción del espacio disponible, las paredes celulares se rompen y el aceite sale al exterior (Martínez y Maestri, 2015).

Una vez realizado el prensado (figura 1) se obtiene, por un lado, aceite, el cual será sometido a una filtración para eliminar las impurezas y así obtener un aceite virgen y, por otro lado, la harina desgrasada (Quintana et al., 2015).

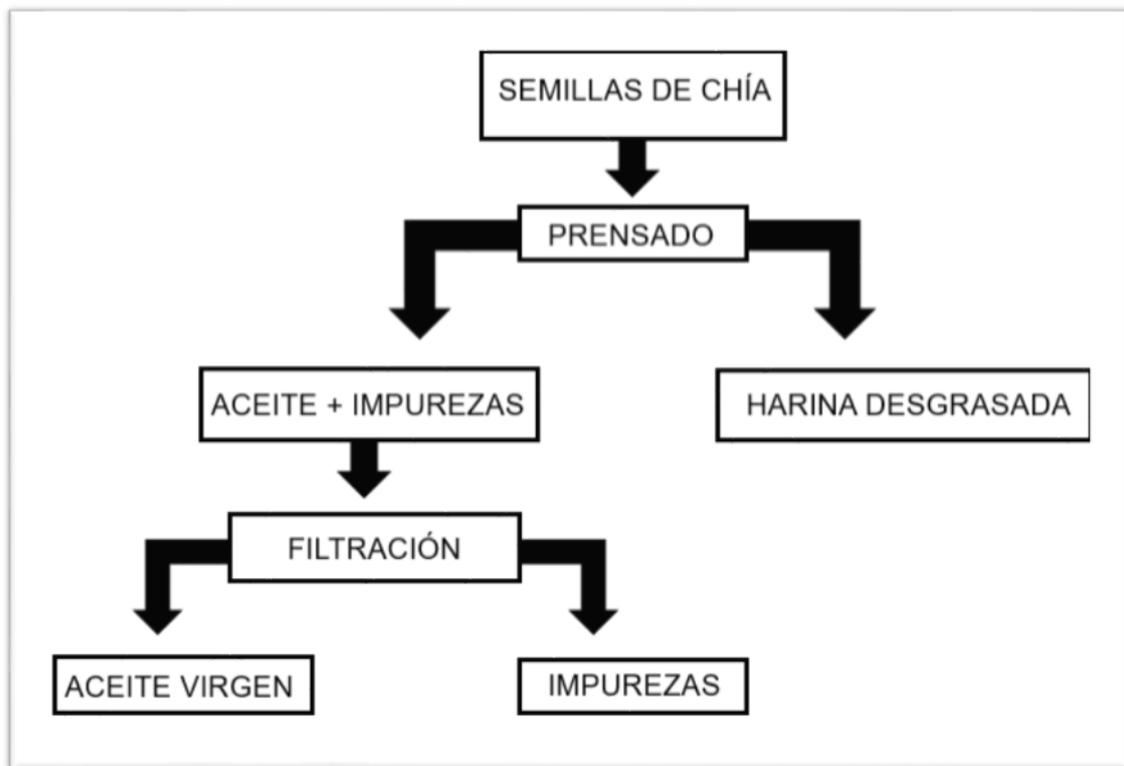


Figura 1. Diagrama de flujo de la extracción de aceite de la semilla de chía por prensado en frío

De acuerdo a Quintana et al., (2015), los rendimientos de aceite obtenidos mediante este método son altos y, además son mayores (26%) que en el caso de una extracción por disolvente (11%).

1.5. Harina desgrasada

Con la extracción del aceite de la semilla de chía, se obtiene como coproducto una harina de color marrón pálido. Esta harina se debe conservar en un ambiente fresco (15-25°C), seco y protegido de la exposición directa a la luz (Imbarex).

La harina obtenida es una harina desgrasada, como su nombre indica, tiene un porcentaje muy bajo de grasa, pero al igual que las semillas, es una buena fuente de proteínas, hidratos de carbono, fibra dietética, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes. Se considera un coproducto del proceso de obtención del aceite de semilla de chía por prensado en frío.

2.JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En los últimos años ha habido un boom en el reconocimiento de las propiedades nutricionales y funcionales de la semilla de chía, lo que ha llevado a un incremento en su consumo, no solo de semillas de chía sino también de los alimentos con chía o sus productos derivados. Uno de estos alimentos es el aceite de chía obtenido mediante prensado en frío, que además es el único método de extracción de aceite admitido por la UE para la comercialización del aceite de chía.

La producción de aceite de chía mediante extracción en frío genera un coproducto, la harina desgrasada de chía, con un contenido muy bajo de grasas, pero que mantendría todos los demás componentes nutritivos presentes en las semillas de chía. Ello permitiría pensar que podría utilizarse como ingrediente alimentario de alto valor nutritivo en diferentes procesos de elaboración de alimentos, de forma similar a como se utilizan las semillas de chía originales. No obstante, se desconoce el efecto que el propio proceso de extracción de aceite tendría sobre las propiedades tecnofuncionales de la harina desgrasada, lo que determinaría su aplicabilidad en diferentes matrices alimentarias.

3.OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Determinar la composición de la harina desgrasada de chía (obtenida como coproducto de la extracción del aceite de las semillas de chía por prensado en frío) y sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales, en vista de su posible aplicación en los procesos de elaboración de diferentes alimentos.
2. Comparar la composición, propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de las semillas de chía y de la harina desgrasada de chía.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materia prima

Las semillas de chía fueron adquiridas en un supermercado situado en Orihuela, Alicante. Dichas semillas pertenecían a la marca NaturGreen, eran procedentes de la agricultura ecológica y su origen era Perú. Se eligieron éstas porque coincidían con las características de las semillas de chía (ecológicas, procedentes de Perú) utilizadas para la producción del aceite de chía y la harina desgrasada que se utilizó en este trabajo.

Por otro lado, la harina desgrasada nos fue facilitada por la doctora Mónica Haros (CESIC) del Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos de Valencia con la que el grupo de investigación IPOA tiene un proyecto de investigación sobre chía.



Figura 2. Semillas de chía (derecha) y harina desgrasada de chía (izquierda)

4.2. Métodos analíticos

4.2.1. Composición proximal

4.2.1.1. Humedad

La determinación de humedad se realizó siguiendo el método de la AOAC (AOAC, 1990). Se introdujeron unas cápsulas durante 1 hora en una estufa a 105°C. Después se sacaron, se introdujeron en un desecador durante 30 minutos y se pesaron (m_1). A continuación, se pesaron 3 gramos de muestra (m_2) y las cápsulas con la muestra se introdujeron de nuevo en la estufa a 105°C durante 24 horas. Al sacarlas y enfriarse en un desecador, se volvieron a pesar (m_3).

Mediante la siguiente ecuación se calculó la humedad (gramos de agua por 100 gramos de muestra):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

m_1 : peso cápsula (gramos)

m_2 : peso cápsula + muestra antes del secado (gramos)

m_3 : peso cápsula + muestra desecada (gramos)

4.2.1.2. Proteínas

La determinación de proteínas se realizó mediante el método Kjeldhal. Este método se divide en dos partes: digestión, mediante la cual se transforma el nitrógeno orgánico en iones amonio y, en segundo lugar, la destilación de iones amonio sobre una disolución de ácido bórico que contiene una solución indicadora colorimétrica y la valoración. Se utilizó para ello un digestor Büchi

Digestion Unit modelo 426 y un destilador Büchi Destillation Unit modelo B-316 (Büchi, Suiza).

Para la digestión se pesó 1 gramo de muestra sobre papel de arroz o celulosa y se añadió a un tubo de digestión junto a 2 pastillas catalizadoras. Además, se realizaron 2 blancos que contenían lo mismo pero la muestra se sustituyó por 5 mL de agua destilada. A continuación, se adicionaron 15 mL de ácido sulfúrico al 98% y se realizó la digestión a 400°C durante 45 minutos. Después, se realizó la destilación y valoración con un destilador automático. En el programa informático del destilador se introdujeron los datos de la operación a realizar y el factor de conversión de nitrógeno a proteína que, en este caso, fue de 5,70 (Coorey et al., 2012). De esta forma el destilador proporcionaba el porcentaje exacto de proteínas que contiene la muestra.

4.2.1.3. Grasas

La determinación de grasas se realizó mediante el método Soxhlet, utilizando un extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo. 6003286 (J.O Selecta S.A Abrera, Barcelona, España).

Se incorporaron 3 piedras de ebullición en cada vaso de extracción y se introdujeron en la estufa durante 24 horas a 60°C. Una vez sacados de la estufa, se introdujeron en un desecador durante 30 minutos y se pesaron (m_1).

A continuación, en un cartucho se introdujeron 5 gramos de semillas de chía (7 gramos en el caso de la harina desgrasada), 10 gramos de arena de mar y se mezclaron con una varilla de vidrio. El cartucho se introdujo en una gradilla, ésta a su vez en el vaso y todos los cartuchos se taparon con un algodón. Después se añadieron 150 mL de éter de petróleo en cada vaso, se colocaron los 6 vasos en el equipo y se realizó la extracción. Una vez finalizado el proceso, se sacaron los vasos del equipo y se quitaron las gradillas con los algodones. Los vasos de nuevo se introdujeron en la estufa durante 24 horas a 60°C, se enfriaron en un desecador y se pesaron (m_2).

Mediante la siguiente ecuación se calculó el contenido de grasas (gramos de grasa por 100 gramos de muestra):

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(m_2 - m_1) * 100}{m_0}$$

M₀: peso muestra (gramos)

M₁: peso vaso extracción con las piedras (gramos)

M₂: peso vaso extracción con piedras y con grasa (gramos)

4.2.1.4. Cenizas

Para determinar el contenido de cenizas, se pesó 1 g de muestra (M₁) en una cápsula de porcelana (M₀) y se introdujo en la mufla (Hobersal modelo 12-PR/300 "PAD") a 150°C. Cada media hora se iba subiendo la mufla 100°C hasta alcanzar los 550°C. Una vez alcanzados los 550°C, se introdujeron las cápsulas en un desecador durante unos 30 minutos y se pesaron las cápsulas con las cenizas (M₂).

Mediante la siguiente ecuación se calculó el contenido de cenizas (gramos de cenizas por 100 gramos de muestra):

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100$$

M₀: peso cápsula (gramos)

M₁: peso cápsula + muestra (gramos)

M₂: peso cápsula + cenizas (gramos)

4.2.2. Propiedades físicoquímicas

4.2.2.1. pH

La medida de pH se realizó mediante un equipo Crison micro pH meter 2001 (modelo 507, Crison, Barcelona, España). Se preparó una solución acuosa al 10% (p/v), es decir, se mezcló 1 gramo de muestra con 9 mL de agua destilada. Una vez realizada la mezcla, se introdujo el electrodo del pHmetro en la solución y se obtuvo el valor exacto de pH.

4.2.2.2. A_w

La actividad de agua de las muestras se determinó utilizando un equipo Novasina (AW SPRINT TH-500) a 25°C. Las muestras se colocaron en unas cápsulas de plástico que se introdujeron en el equipo y tras su estabilización se obtenía la lectura del valor de A_w .

4.2.2.3. Color

La determinación de color se realizó con un colorímetro CM-2600d (Minolta Camera Co., Osaka, Japón) con iluminante D65 y con un ángulo observador de 10°, modo SCI, con apertura para la iluminación de 11 mm y 8 mm para la medida, basado en el espacio CIELAB. Se determinaron las coordenadas siguientes: L^* (luminosidad), a^* (rojo/verde) y b^* (amarillo/azul). Además, a partir de estas coordenadas se calcularon el tono (h^*) y el croma (C^*) mediante las siguientes ecuaciones:

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

4.2.3. Propiedades físicas

4.2.3.1. Densidad real

La densidad real se determinó mediante el método del picnómetro con tolueno. Para ello, el picnómetro de 25 mL se pesó primeramente vacío y después se llenó con tolueno, con el fin de poder obtener la densidad del tolueno.

Una vez vacío el picnómetro, se añadieron 5 gramos de semillas de chía, se enrasó con tolueno y se pesó.

4.2.3.2. Densidad aparente

La densidad aparente solo se determinó en el caso de las semillas de chía. Para su determinación se enrasaron con muestra tubos graduados de 10 mL. Además, se pesó la cantidad de muestra añadida a dichos tubos. Se calculó la densidad aplicando la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{masa \text{ (gramos)}}{volumen \text{ (mL)}}$$

4.2.3.3. Porosidad

La porosidad de las muestras se estimó como el factor de empaquetamiento, mediante la siguiente ecuación, una vez calculados los valores de densidad real y densidad aparente:

$$Porosidad (\%) = \frac{densidad \text{ real} - densidad \text{ aparente}}{densidad \text{ real}} * 100$$

4.2.4. Propiedades tecnofuncionales

4.2.4.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA se define como la aptitud que tiene la fibra para retener agua durante la aplicación de fuerzas externas (Robertson et al., 2000).

Se realizaron 3 repeticiones de 0,5 g de muestra (ME) cada una de ellas. Las muestras se colocaron en un tubo de centrifuga (MT), se añadieron 10 mL de agua destilada y se dejaron reposar durante 24 horas a temperatura ambiente.

A continuación, se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 minutos en una centrifuga Nahita Model 2690. Una vez realizada la centrifugación, se eliminó el sobrenadante y finalmente, se pesó el tubo con el precipitado que contenía (MTP).

Mediante la siguiente ecuación se calculó la CRA (gramos de agua retenida por gramos de muestra):

$$CRA \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

MTP: masa del tubo con precipitado (gramos)

MT: masa del tubo (gramos)

ME: masa de muestra (gramos)

4.2.4.2. Capacidad de retención de aceite (CRO)

La CRO se define como la aptitud que tiene la fibra para retener aceite durante la aplicación de fuerzas externas (Robertson et al., 2000).

Se realizaron 3 repeticiones de 0,5 g de muestra (ME) cada una de ellas. Las muestras se colocaron en un tubo de centrífuga (MT), se añadieron 5 gramos de aceite de girasol y se dejaron reposar durante 24 horas a temperatura ambiente.

A continuación, se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 minutos en una centrífuga Nahita Model 2690. Una vez realizada la centrifugación, se eliminó el sobrenadante y finalmente, se pesó el tubo con el precipitado que contenía (MTP).

Mediante la siguiente ecuación se calculó la CRO (gramos de aceite retenido por gramos de muestra):

$$CRO \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

MTP: masa del tubo con precipitado (gramos)

MT: masa del tubo (gramos)

ME: masa de muestra (gramos)

4.2.4.3. Capacidad de retención de bilis (CRB)

La CRB se define como la aptitud que tiene la fibra para retener bilis durante la aplicación de fuerzas externas (López-Marcos et al., 2016).

Se realizaron 3 repeticiones de 0,165 g de muestra (ME) cada una de ellas. Las muestras se colocaron en un tubo de centrífuga (MT), se añadieron 5 gramos de bilis porcina (bilis fresca procedente de un matadero de porcino) y se dejaron reposar durante 24 horas a temperatura ambiente.

A continuación, se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 minutos en una centrífuga Nahita Model 2690. Una vez realizada la centrifugación, se eliminó el sobrenadante y finalmente, se pesó el tubo con el precipitado que contenía (MTP).

Mediante la siguiente ecuación se calculó la CRB (gramos de bilis retenida por gramos de muestra):

$$CRB \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

MTP: masa del tubo con precipitado (gramos)

MT: masa del tubo (gramos)

ME: masa de muestra (gramos)

4.2.4.4. Capacidad de hinchamiento (SWC)

La capacidad de hinchamiento es la capacidad de la fibra para aumentar su volumen en presencia de agua, estando influenciado por su composición, porosidad y tamaño de partícula (Femenia et al., 1997).

Para determinar la capacidad de hinchamiento de las muestras, se añadieron 0,5 gramos de muestra en un tubo graduado y se midió el volumen que ocupaba (V_0). Después, se adicionaron 5 mL de agua destilada, se agitaron los tubos con el vórtex durante 1 minuto aproximadamente y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 24 horas. Finalmente, se volvió a medir el volumen ocupado por las muestras (V_1).

Mediante la siguiente ecuación se calculó la SWC (volumen de agua por gramos de muestra):

$$SWC \left(\frac{mL}{g} \right) = \frac{V1 - V0}{\text{peso muestra}}$$

4.2.4.5. Capacidad de gelificación y precipitado en fase oleosa

La capacidad de gelificación y precipitado en fase oleosa se define como la capacidad que tiene la fibra para absorber grasa y agua en una matriz formando un gel.

Para estas determinaciones, se añadieron a un vaso de precipitado, 20 g de agua destilada y 20 g de aceite de girasol. A continuación, se agitó dicha mezcla durante 30 segundos en un agitador Ultraturax. Después, se incorporaron 1,33 gramos de muestra, continuando la agitación hasta un tiempo de 2 minutos.

La mezcla resultante se introdujo en un tubo Falcón y durante una hora en un baño de agua a 37°C. Tras enfriarse, el tubo se centrifugó durante 20 minutos a 3000 rpm en una centrífuga Sigma 3-16PK y, por último, se pesaron y midieron las fases que presentaba.

Mediante las siguientes ecuaciones se calcularon la capacidad de gelificación y el precipitado en fase oleosa:

$$\% \text{ Capacidad de gelificación} = \frac{\text{volumen de gel}}{\text{volumen total}} * 100$$

$$\% \text{ Precipitado en fase oleosa} = \frac{\text{volumen de precipitado}}{\text{volumen total}} * 100$$

4.2.4.6. Actividad emulsificante (AE)

La AE es la habilidad de una molécula para actuar como un agente que facilita la solubilización o dispersión de dos líquidos inmiscibles (Chau et al., 1997).

Para esta determinación se mezclaron 1 g de muestra con 50 mL de agua destilada en un vaso de precipitado y después se homogeneizó con un agitador Ultraturax durante 2 minutos a 8000 rpm. A continuación, se añadieron en el mismo vaso, 50 mL de aceite de girasol y se volvió a homogeneizar con el

Ultraturrax a 8000 rpm durante 1 minuto. 10 mL de la mezcla se pasaron a un tubo de centrifuga y se centrifugó durante 5 minutos a 1500 rpm. Una vez centrifugado, se midió el volumen de la emulsión formada.

Mediante la siguiente ecuación se calculó la AE (mL de volumen de emulsión respecto al volumen total del tubo):

$$AE (\%) = \frac{\text{volumen capa emulsión}}{\text{volumen total en el tubo}} * 100$$

4.2.4.7. Estabilidad de la emulsión (EE)

La EE es la habilidad de mantener una emulsión y su resistencia a la ruptura bajo la acción del calor (Chau et al., 1997).

Para determinar la EE, los tubos con las emulsiones formadas en la determinación anterior (AE) se calentaron en un baño de agua durante 30 minutos a 80°C. Una vez pasado dicho tiempo, se enfriaron, se centrifugaron durante 5 minutos a 1500 rpm y, por último, se midió el volumen de la emulsión.

Mediante la siguiente ecuación se calculó la EE (mL de volumen de emulsión que permanece respecto al volumen de emulsión que previamente había):

$$EE (\%) = \frac{\text{volumen emulsión que permanece}}{\text{volumen emulsión inicial}} * 100$$

4.3. Análisis estadístico

Los análisis se realizaron por triplicado para cada una de las 2 muestras (semillas de chía y harina desgrasada). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete IBM SPSS Statistics 24 mediante el cual se calcularon las medias y se realizó un análisis de varianza ANOVA de 1 factor para determinar si se

encontraban diferencias significativas entre las 2 muestras con un nivel de confianza del 95%.

5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Composición proximal

En la tabla 1 se presenta la composición proximal de las semillas de chía y de la harina desgrasada de chía.

Tabla 1. Composición proximal de las semillas de chía y la harina desgrasada de chía

	Semillas chía	Harina desgrasada
Humedad (%)	5,94 ± 0,12 ^a	6,84 ± 0,11 ^b
Proteínas (%)	20,58 ± 0,24 ^a	27,02 ± 0,08 ^b
Grasas (%)	34,33 ± 0,53 ^a	7,40 ± 0,11 ^b
HC (%)*	34,34	52,79
Cenizas (%)	4,81 ± 0,15 ^a	5,95 ± 0,80 ^a

HC: hidratos de carbono; *: se han calculado por diferencia con el resto de constituyentes (a-b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas (p<0,05) entre las muestras)

La comparación de la composición de las semillas de chía con la de harina desgrasada (Tabla 1), revela como era de esperar, que existen diferencias significativas entre las dos muestras.

El valor más destacado que se obtiene, es la reducción del contenido de grasas en la harina (por la extracción del aceite), obteniéndose un valor de aproximadamente 7,40%, comparado con el 34,33% obtenido en la semilla de chía. Este valor de grasas en las semillas de chía coincide con el 33% obtenido por Di Sapio et al., (2008).

Debido a esta reducción de grasas, el contenido de los demás nutrientes, aumenta en el caso de la harina desgrasada. Las proteínas aumentan alrededor de un 7% con respecto al 20,58% de las semillas de chía, obteniéndose así un 27,02%. Por otro lado, el contenido de humedad, con la extracción del aceite, pasa de un 5,94% en las semillas de chía a un 6,84% en la harina. Estos resultados de proteínas y humedad en las semillas de chía, se encuentran dentro del rango que Ayerza y Coates (2005) y Salgado-Cruz et al., (2005) describieron también para semillas de chía (rango de proteínas 19-27% y de humedad 5,2-5,57%).

El contenido de hidratos de carbono no se determinó experimentalmente, se obtuvo por diferencia. Este nutriente aumentó también con la extracción del aceite, pasando de un 34,34% en las semillas a un 52,79% en la harina desgrasada. El valor de hidratos de carbono obtenido en las semillas de chía coincide con el 31% reportado por Ayerza y Coates (2005). En ese 34,34% de hidratos de carbono obtenido en las semillas de chía, se engloba a la fibra dietética y los azúcares, siendo un 30% fibra dietética (soluble e insoluble) y el otro 4,34% aproximadamente, azúcares (Ixtaina, 2010).

Sin embargo, el contenido de cenizas fue igual para las dos muestras, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

5.2. Propiedades físicoquímicas

En la tabla 2 se presentan los valores de las propiedades físicoquímicas de las semillas de chía y de la harina desgrasada de chía.

Tabla 2. Propiedades físicoquímicas de las semillas de chía y la harina desgrasada de chía

	Semillas chía	Harina desgrasada
Actividad de agua (A_w)	0,529 ± 0,007 ^a	0,517 ± 0,004 ^a
pH	6,51 ± 0,03 ^a	6,69 ± 0,04 ^b

(a-b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras)

Con respecto a la actividad de agua, no existieron diferencias significativas entre las muestras ($p > 0,05$). Esto indicaría que las semillas de chía y la harina serían igual de estables desde el punto de vista microbiológico. En los dos casos, la actividad de agua es inferior a 0,60, es decir, en estos casos los microorganismos no podrían multiplicarse, pero los microorganismos permanecen vivos durante períodos largos, por lo que, si el alimento gana humedad, se pueden desarrollar (Redacción Interempresas, 2012). En cualquier caso, estos valores tan bajos de A_w contribuyen a la conservación del producto.

En cuanto al pH, existieron diferencias significativas entre las dos muestras. Aun así, el pH es neutro en los dos casos. De acuerdo a Muñoz (2012) y Cevallos (2015), el pH de las semillas de chía es de 6,5, coincidiendo con el obtenido.

En la tabla 3 se presentan los valores de las coordenadas colorimétricas y de las magnitudes psicofísicas de las semillas de chía y de la harina desgrasada de chía.

Tabla 3. Coordenadas colorimétricas y magnitudes psicofísicas de las semillas de chía y la harina desgrasada de chía

	Semillas chía	Harina desgrasada
L* (luminosidad)	47,08 ± 0,29 ^a	51,01 ± 0,12 ^b
a* (rojo/verde)	3,11 ± 0,07 ^a	3,82 ± 0,02 ^a
b* (amarillo/azul)	11,17 ± 0,12 ^a	14,84 ± 0,03 ^b
C* (croma)	11,60 ± 0,13 ^a	15,32 ± 0,03 ^b
h* (tono)	74,47 ± 0,22 ^a	75,56 ± 0,06 ^a

(a-b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras)

El color es una cualidad organoléptica de los alimentos. El color se aprecia mediante el sentido de la vista y es un factor que los consumidores tienen muy en cuenta a la hora de comprar un producto, es decir, puede determinar la aceptación o rechazo de un producto (Bello Gutiérrez, 2000). En este caso, las dos muestras son diferentes ya que existen diferencias significativas entre las coordenadas L* y b* y entre los valores de croma.

Teniendo en cuenta los valores y observando la Figura 3, se podría decir que la harina es más clara (valor de L* más alto) que las semillas de chía. Esto era de esperar porque la luminosidad está relacionada con la humedad (Sayas Barberá et al., 2016), a mayor humedad existe una mayor luminosidad, fundamentalmente debido al incremento de la reflexión de la luz.

Además, las semillas de chía presentaron mayor componente azul del color (valor de b* más bajo) mientras que la harina presentó mayor componente amarillo. Esto indicaría que el proceso de extracción de aceite, extrae fundamentalmente compuestos que contribuyen a la componente azul del color de las semillas de chía.

En cuanto a las magnitudes psicofísicas, se encuentran diferencias en el caso del croma, teniendo la harina desgrasada una mayor saturación, un mayor brillo. Sin embargo, no existen diferencias de tono entre las dos muestras, presentando un valor de 75° aproximadamente, lo que se relaciona con tonos marrones (rojos-amarillos).

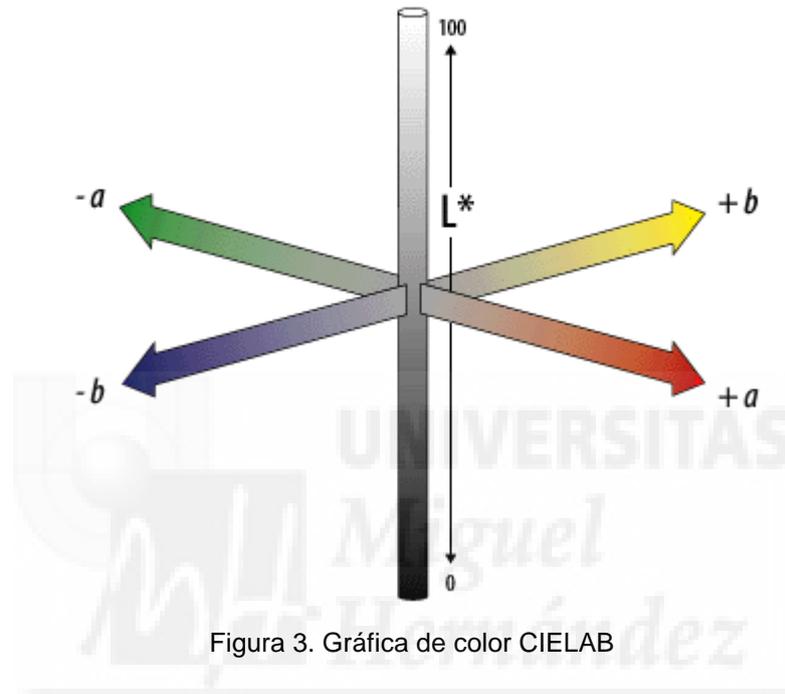


Figura 3. Gráfica de color CIELAB

5.3. Propiedades físicas

En la tabla 4 se presentan los valores de las propiedades físicas de las semillas de chía.

Tabla 4. Propiedades físicas de las semillas de chía

Semillas chía	
Densidad aparente (kg/m³)	726,50 ± 6,84
Densidad real (kg/m³)	1143,64 ± 17,55
Porosidad (%)	36,50 ± 1,40

Las propiedades físicas solamente se calcularon en el caso de las semillas de chía. De acuerdo a Porrás-Loaiza et al. (2013), el valor obtenido de densidad real se encuentra aproximadamente en el rango indicado (980-1100 kg/m³), al igual que el valor de densidad aparente (662-722 kg/m³). Además, como se puede apreciar en la Tabla 4, el porcentaje de porosidad obtenido (36,50%) también está en el rango del obtenido por estos autores para las semillas de chía de 4 regiones de México y de Argentina (32%).

Estas propiedades varían en función del contenido de humedad (Porrás-Loaiza et al., 2013) de las semillas y éste a su vez, puede variar debido a las condiciones de crecimiento, cosecha, almacenamiento y ubicación geográfica (altitud, temperatura, humedad relativa y características del suelo).

5.4. Propiedades tecnofuncionales

En la tabla 5 se presentan los valores de las propiedades tecnofuncionales de las semillas de chía y de la harina desgrasada de chía.

Tabla 5. Propiedades tecnofuncionales de las semillas de chía y la harina desgrasada de chía

	Semillas chía	Harina desgrasada
CRA (g/g)	5,63 ± 0,13 ^a	3,29 ± 0,31 ^b
CRO (g/g)	1,17 ± 0,09 ^a	1,15 ± 0,15 ^a
CRB (g/g)	2,74 ± 0,16 ^a	3,76 ± 0,20 ^b
SWC (mL/g)	0,53 ± 0,12 ^a	0,53 ± 0,23 ^a
Capacidad gelificación (%)	53,64 ± 3,82 ^a	14,79 ± 6,16 ^b
Precipitado en fase oleosa (%)	36,25 ± 1,02 ^a	39,22 ± 3,66 ^a
AE (%)	50,00 ± 0 ^a	50,00 ± 0 ^a
EE (%)	10,00 ± 0 ^a	10,00 ± 0 ^a

CRA: capacidad de retención de agua; CRO: capacidad de retención de aceite;
 CRB: capacidad de retención de bilis; SWC: capacidad de hinchamiento;
 AE: actividad emulsificante; EE: estabilidad de la emulsión

(a-b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras)

De acuerdo a Salgado-Cruz et al. (2005), la capacidad de retención de agua (CRA) de la harina desgrasada de chía es menor que la de las semillas. A diferencia de lo que se esperaba, al aumentar el tamaño de partícula, aumenta la CRA, aunque el área de contacto sea menor. La alta capacidad de retención de agua de las semillas se debe al alto contenido de fibra soluble que presentan (Ixtaina, 2010). Debido a ello, captan gran cantidad de agua y forman geles que,

desde el punto de vista fisiológico, actúan retrasando la absorción intestinal y provocando una sensación de saciedad.

La capacidad de retención de aceite (CRO) es igual para las dos muestras ya que no existen diferencias significativas entre ellas. Como se puede apreciar en la Tabla 5, la CRO es baja con un valor de aproximadamente 1,1. Esto es una ventaja en los dos casos, ya que, en el caso de ser incorporados en alimentos fritos, no proporcionarían una sensación grasa, al captar poco aceite (Aguilera Gutiérrez, 2009).

En lo que respecta a la capacidad de retención de bilis (CRB) se puede observar que existen diferencias significativas entre las dos muestras ($p < 0,05$). La harina desgrasada tiene una mayor capacidad para retener bilis (3,76 gramos de bilis por gramo de muestra) que la semilla de chía, por lo que, a menor tamaño de partícula, la CRB es mayor. Debido a la capacidad para retener bilis, la harina actuaría adsorbiendo colesterol y eliminándolo por las heces, por lo tanto, los productos que la contienen tendrían un posible efecto hipocolesterolémico (Escámez Navarro, 2017).

La capacidad de hinchamiento (SWC), como se puede apreciar en Tabla 5, es igual para los dos tipos de muestra (0,53 mL de agua por gramo de fibra). En esta propiedad se determina la retención de agua sin la aplicación de una fuerza externa, al contrario de lo que sucede con la capacidad de retención de agua, la cual determina el agua retenida debido a la aplicación de una fuerza centrífuga. Por lo tanto, como es de esperar, el aumento de volumen es mucho menor en el caso de la capacidad de hinchamiento, ya que el agua se pierde más fácilmente debido a que no se modifica la estructura de la semilla.

En cuanto a la capacidad de gelificación, se puede apreciar que la harina desgrasada tiene una menor capacidad para formar geles (14,79%) que las semillas. Parecería que el proceso de extracción de aceite no solo elimina este componente, sino que también modifica la estructura y la interrelación del resto de constituyentes. Sin embargo, las dos muestras se comportan de igual forma a la hora de precipitar en una fase grasa, precipitando alrededor del 36-39%.

Como se puede observar en Tabla 5, la extracción de grasa no modifica las propiedades emulsionantes con respecto a las semillas de chía. La actividad emulsionante es de un 50% en los dos tipos de muestra, coincidiendo con el 50% obtenido por Vázquez-Ovando et al., (2013), y la estabilidad de la emulsión de un 10%. Esto significa que las proteínas presentes en la chía son las que determinan la formación y la rotura de una emulsión, y no están afectadas por el proceso de extracción de aceite.

6.CONCLUSIONES

- La diferencia en la composición proximal entre las semillas de chía y la harina desgrasada viene determinada por la extracción de aceite. Al disminuir el porcentaje de grasas, aumenta el porcentaje de los demás nutrientes. Nutricionalmente la harina desgrasada de chía es un producto muy interesante porque aporta todos los nutrientes de las semillas de chía, pero con mucha menos grasa (menos calorías). Tecnológicamente esta disminución del contenido de grasa también supone una ventaja, pues disminuye el riesgo de enranciamiento en los productos en los que se incorpore.
- La extracción de aceite no modifica la actividad de agua respecto de las semillas de chía. Sin embargo, sí que aumenta el pH.
- La harina desgrasada presenta una mayor luminosidad y una mayor saturación que las semillas de chía, pero el tono no se ve alterado.
- Con la extracción del aceite la capacidad de retención de agua disminuye. Por ello, las semillas de chía son más aptas para su incorporación en productos cocidos.

- La harina desgrasada tiene una mayor capacidad de retención de bilis, lo que conlleva a tener un efecto hipocolesterolémico y, por ende, un posible efecto de adsorción de colesterol durante su digestión.
- La harina desgrasada de chía no sería adecuada para su incorporación en productos gelificados ya que su capacidad de gelificación es menor que la de las semillas de chía.



7.BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Gutiérrez, Y. (2009). Harinas de leguminosas deshidratadas: caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecnofuncionales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Alvarado Rupflin, D.I. (2011). Caracterización de la semilla del chan (*Salvia hispánica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente. Revista 23 de la Universidad del Valle de Guatemala: 43-49.
- Anónimo. (2017). Quinoa y chía, ¿superalimentos o solo moda?: por qué y cómo tomarlas. El Confidencial.
- Ayerza, R. (1995). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispánica* L.) from five northwestern locations in Argentina. Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS). 72 (9): 1079-1081.
- Ayerza, R. y Coates, W. (2000). Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. Poultry Science. 79: 724-739.
- Ayerza, R. y Coates, W. (2005). Chía, rediscovering a forgotten crop of the aztecs. The University of Arizona Press.
- Bello Gutiérrez, J. (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos.
- Beltrán-Orozco, M.C. y Romero, M.R. (2003). La chía, alimento milenario. Revista Industria Alimentaria. 25 (5): 20-29.
- Bueno, M., Di Sapio, O., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M. y Severin, C. (2010). Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispánica* 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.
- Coates, W. (2013). Chía, el increíble supernutriente. Edaf.

- Comisión Europea. (2013). Decisión de Ejecución de la Comisión por la que se autoriza una extensión de los usos de las semillas de chía (*Salvia hispánica*) como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Comisión Europea. (2014). Decisión de Ejecución de la Comisión por la que se autoriza la comercialización de aceite de chía (*Salvia hispánica*) como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Comité del Codex sobre Grasas y Aceites. (2013). Documento de debate sobre los aceites prensados en frío.
- Coorey, R., Grant, A. y Jayasena V. (2012). Effects of chia flour incorporation on the nutritive quality and consumer acceptance of chips. *Journal of Food Research*. 1 (4): 85-95.
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H. y Severin, C. (2008). Chía: importante antioxidante vegetal. *Revista agromensajes de la facultad*: 11-13.
- Escámez Navarro, A. (2017). Contribución al estudio de la incorporación de nuevos ingredientes (*Chenopodium quínoa*) en embutidos crudos curados tipo chorizo rojo. Trabajo Fin de Grado. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Imbarex. www.imbarex.com.
- Ivana Capitani, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispánica* L.): aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata.
- Ixtaina, V. (2010). Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispánica* L.) obtenido mediante distintos procesos: aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata.
- Jaramillo Garcés, Y. (2013). La chía (*Salvia hispánica* L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. Trabajo de grado. Corporación Universitaria Lasallista.

- Lobo Zavalía, R., Alcocer, M.G., Fuentes, F.J., Rodríguez, W., Morandini, M. y Devani, M. (2011). Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán, República Argentina. EEAOC – Avance Agroindustrial. 32 (4): 27-30.
- Martínez, M. y Maestri, D. (2015). Aceites vegetales no tradicionales: guía para la producción y evaluación de la calidad. Brujas.
- Porras-Loaiza, P., Jiménez-Munguía, M.T., Sosa-Morales, M.E., Palou, E. y López-Malo, A. (2013). Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispánica* L.) seeds. International Journal of Food Science and Technology. 49: 571-577.
- Quintana Vasquez, J.C., Valencia Liza, J.W. y Castillo Martínez, W. (2015). Caracterización del aceite de semilla de chía (*Salvia hispánica* L.), extraído con solvente orgánico y prensado en frío – Lambayeque 2014. Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. 1 (2): 7-14.
- Redacción Interempresas. (2012). La importancia de conocer la actividad de agua.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A. y Valdivia-López, M.A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispánica* L.) seeds. Food Chemistry. 107: 656-663.
- Salgado-Cruz, M.P., Cedillo-López, D. y Beltrán-Orozco, M.C. (2005). Estudio de las propiedades funcionales de la semilla de chía (*Salvia hispánica*) y de la fibra dietaria obtenida de la misma. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
- Sayas Barberá, E., Pérez Álvarez, J.A., Fernández López, J., Sendra Nadal, E., Navarro Rodríguez de Vera, C., Viuda Martos, M., Pérez Vázquez, M.T., Jordán Vidal, M.M., Castaño Martínez, M.T. y Gallego Zaragoza, A. (2016). El dátil en la elaboración de alimentos saludables. Colección Cátedra Palmeral d'Eix. UMH.
- Ugena Díaz, L. (2015). Aceite de chía: beneficios e inconvenientes de su consumo. Trabajo Fin de Grado. Universidad Complutense.

- Vázquez-Ovando, A., Betancur-Ancona, D. y Chel-Guerrero, L. (2013). Physicochemical and functional properties of a protein-rich fraction produced by dry fractionation of chia seeds (*Salvia hispánica* L.). *CyTA - Journal of Food*. 11 (1): 75-80.
- Weber, C., Gentry, H., Kohlhepp, E. y McCrohan, P. (1991). The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. *Ecology of Food and Nutrition*. 26 (2): 119-125.
- Zúñiga Sáez, H.J. (2014). Monografía: Biología de la chía (*Salvia hispánica* L.). Memoria de título. Universidad de Chile.

