

“Determinación de la tecnología de extracción del mucílago de la semilla de chía (*Salvia hispánica L.*) y evaluación de sus propiedades funcionales”

“Determination of the extraction technology of the chia seed mucilage (*Salvia hispánica L.*) and evaluation of its functional properties”

DOI:10.34117/bjdv6n2-210

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 19/02/2020

Agustín Julián Portuguez Maurtua

Doctor en Ciencias de los Alimentos, Universidad Nacional Federico Villarreal-Perú.

E-mail: agustin.portuguez@unsch.edu.pe

Huamani Huamani Alberto Luis

Doctor en Ciencias de los Alimentos, Universidad Nacional Federico Villarreal-Perú.

E-mail: alberto.huamani@unsch.edu.pe

Ponce Ramírez Juan Carlos

Doctor en Ciencias de los Alimentos, Universidad Nacional Federico Villarreal-Perú.

E-mail: juan.ponce@unsch.edu.pe

Jack Edson Hernandez Mavila

Ingeniero, Universidad Nacional de san Cristóbal de Huamanga.

E-mail: jack.hernandez@unsch.edu.pe

Wiler Hugo De La Cruz Quispe

Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos, Universidad nacional Agraria la Molina.

E-mail: wiler.delacruz@unsch.edu.pe

Abrahán Trejo Espinoza

Maestro en química, Universidad Alas Peruanas.

E-mail: abraham.trejo@unsch.edu.pe

Fredy Rober Pariona Escalante

Maestro en Gestión Empresarial, Universidad Nacional de san Cristóbal de Huamanga.

E-mail: frpe_01@hotmail.com

RESUMEN

La chía es una especie originaria de Mesoamérica cuya mayor diversidad genética se presenta en la vertiente del Océano Pacífico. Durante mucho tiempo fue un elemento básico en su dieta. Sin embargo, con el paso del tiempo su uso cayó en el olvido. Fue a finales del siglo pasado

que el interés por la chía resurgió, ya que se les puede considerar una buena fuente de fibra dietaria, proteína y antioxidantes (Salgado-Cruz, et al., 2005). El objetivo del presente estudio fue determinar la tecnología de extracción del mucílago de chía. Se evaluaron los métodos de extracción existentes y se aplicó una tecnología modificada y adaptada a las condiciones reales del laboratorio, que consta de las siguientes operaciones: selección, clasificación, dilución, hidratación – agitación, filtrado, precipitación, secado, molienda y envasado. Se determinó el rendimiento de extracción del mucílago de la semilla de chía, mediante la evaluación de la influencia de la temperatura (20 °C; 30 °C y 40 °C) y tiempo (40 minutos; 50 minutos y 60 minutos). La influencia de la temperatura en el rendimiento de extracción reporta que si existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$). La influencia del tiempo en el rendimiento de extracción reporta que si existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$) y mediante la prueba de Comparación Múltiples de Medias de Tukey, el mejor tratamiento correspondió a una temperatura de 40 °C y un tiempo de extracción de 60 minutos, obteniéndose un rendimiento del 8,76 %. La harina de mucílago de chía tuvo en promedio una Capacidad de retención de agua de 7,23 g/g, capacidad de absorción de agua de 1,99 g/g, capacidad de adsorción de agua 1,58 g/g, capacidad de intercambio catiónico de 6,12 g/g y capacidad de absorción de moléculas orgánicas de 37,73 g/g.

Palabras claves: Chía, eficiencia, extracción, propiedades funcionales.

ABSTRACT

Chia is a species native to Mesoamerica whose greatest genetic diversity occurs in the Pacific Ocean. For a long time it was a staple in his diet. However, over time its use fell into oblivion. It was at the end of the last century that interest in chia resurfaced, since they can be considered a good source of dietary fiber, protein and antioxidants (Salgado-Cruz, et al., 2005). The objective of the present study was to determine the extraction technology of the Chia mucilage. Existing extraction methods were evaluated and a modified technology was applied and adapted to the real conditions of the laboratory, which consists of the following operations: selection, classification, dilution, hydration - agitation, filtering, precipitation, drying, milling and packaging. The extraction performance of the chia seed mucilage was determined by evaluating the influence of temperature (20 °C; 30 °C and 40 °C) and time (40 minutes; 50 minutes and 60 minutes). The influence of temperature on the extraction performance reports that there is a significant difference between treatments ($p < 0,05$). The influence of time on the extraction performance reports that if there is a significant difference between the treatments ($p < 0,05$) and by means of the Tukey Multiple Comparison of Means test, the best treatment corresponded to a temperature of 40 °C and a Extraction time of 60 minutes, obtaining a yield of 8,76 %. Chia mucilage flour had an average water retention capacity of 7.23 g / g, water absorption capacity of 1,99 g/g, water adsorption capacity 1,58 g/g, capacity of cation exchange of 6,12 g/g and absorption capacity of organic molecules of 37,73 g/g.

Keywords: Chia, efficiency, extracction, functional properties.

1 INTRODUCCIÓN

La importancia de la chía se debe a que sus granos ofrecen una nueva oportunidad para mejorar la nutrición humana, proporcionando una fuente natural de ácidos grasos Omega-3, antioxidantes y fibra dietética (Pozo, 2010).

La semilla de chía es un alimento completo para la salud y el bienestar de la persona. Tiene 700 % más Omega-3 que el salmón del atlántico, 100 % más fibra que cualquier cereal en hojas, 800 % más fósforo que la leche completa, 500 % más calcio asimilable que la leche, 1400 % más magnesio que el brócoli, 100 % más potasio que los plátanos, 200 % más hierro que la espinaca, 300 % más selenio que el lino, tiene un efecto saciante, posee 30 % más antioxidantes que los arándanos, aporta todos los aminoácidos esenciales y es el vegetal con más alto contenido en Omega-3(ω -3) (<http://chiaperu.pe/sample-page/>, 2014).

En medio acuoso, la semilla queda envuelta en un polisacárido mucilaginoso copioso, el cual es excelente para la digestión que, junto con el grano en sí mismo forma un alimento nutritivo.

El consumo de la semilla de chía, ha despertado un gran interés, y algunos estudios la reportan como una buena fuente de fibra dietética, proteína, antioxidantes, etc.

Los motivos de la elección del tema, se relaciona con los componentes nutritivos y funcionales de la semilla de chía y sus efectos beneficiosos para la alimentación y la salud de los consumidores.

En la actualidad el uso de productos funcionales y sus derivados presentan una tendencia favorable en las distintas industrias (alimentos, farmacéutica, cosmética), además la preocupación de las empresas por incorporar en sus tecnologías de procesamiento aditivos naturales con propiedades funcionales que le permitan obtener productos derivados beneficiosos para la salud.

La tecnología de extracción y las propiedades funcionales del mucílago de la semilla de chía, serán una información importante para diversificar su uso en diferentes productos derivados ricos en fibra dietaria destinado para el consumo humano.

El trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar la tecnología de extracción del mucílago de la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) y evaluar sus propiedades funcionales.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

La investigación se realizó en los laboratorios de Procesos Agroindustriales y Biotecnología Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

2.2 MATERIA PRIMA

Las semillas de chía de variedad Negra, se obtuvieron de la Parcela Chimayco del productor Alejandro Toscano Meza, Comunidad Campesina de Churcampa Pichcay, distrito de Churcampa, provincia de Churcampa, región Huancavelica. Las mismas que se conservaron en envases plásticos cerrados herméticamente hasta el momento de la realización de la parte experimental de laboratorio.

2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 Tecnología de Extracción de Mucílago de Chía

Se evaluó considerando la viabilidad de la tecnología de extracción de mucílago de chía. La tecnología de extracción del mucílago que se aplicó fue una modificada y adaptada a las condiciones del laboratorio. En un vaso precipitado marca Pyrex de 100 ml, se agregó 5 g de semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) y 250 ml de agua destilada (relación semilla de chía: agua de 1:50 p/v), se colocó sobre el agitador magnético, calentando hasta llegar a 20; 30 y 40°C, hidratando la semilla por un tiempo de 40; 50 y 60 minutos respectivamente. Posteriormente se procedió a extraer el mucílago mediante un filtrado al vacío, haciendo uso de un matraz Erlenmeyer, embudo de plástico, coladera de plástico y la bomba al vacío, para luego obtener un extracto más puro en un segundo filtrado, esta vez con un embudo de porcelana y tela muselina sintética. Para la precipitación del mucílago se utilizó 75 ml de etanol 96 °GL (% v/v). Posteriormente las muestras fueron deshidratadas en una estufa eléctrica a temperatura de 60 °C durante 2 horas, luego el mucílago deshidratado obtenido se molió en un mortero de porcelana y envasó en frascos de vidrio.

En la **Figura 1**, se presenta el Esquema experimental de la extracción del mucílago de la semilla de chía

En la **Figura 2**, se presenta el Diagrama de flujo de extracción de mucílago de chía, modificada y adaptada a las condiciones de laboratorio.

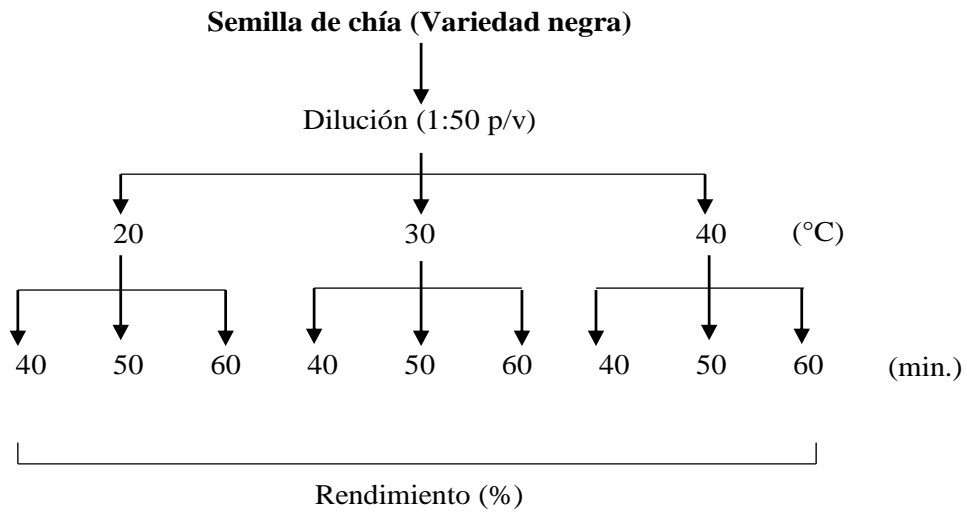


Figura 1. Esquema experimental de la extracción del mucílago de la semilla de chíá

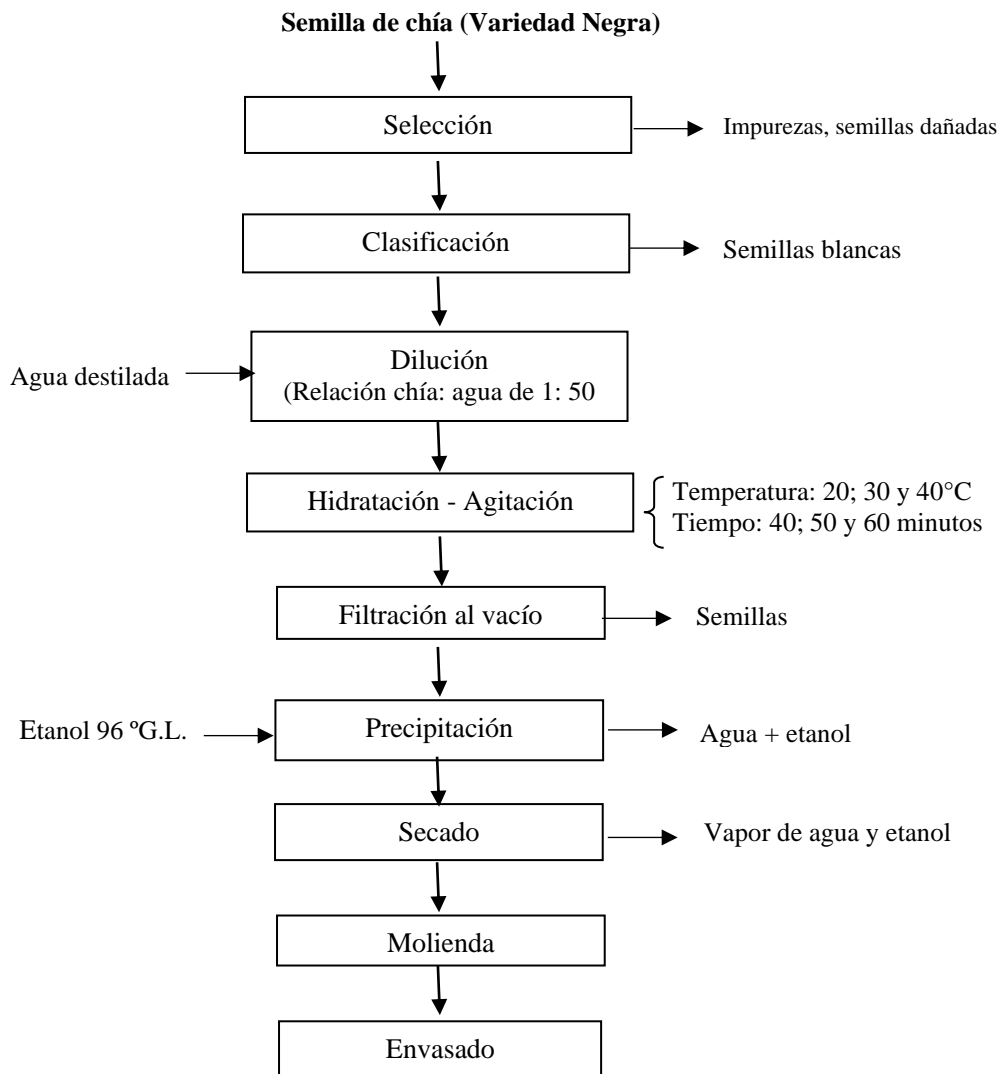


Figura 2. Diagrama de flujo de extracción de mucílago de chíá, modificada y adaptada

2.3.2 Evaluación de las propiedades funcionales del Mucilago de La Semilla de Chía (*Salvia Hispánica* L.)

▪ **Capacidad de retención de agua (CRA).**- Se determinó siguiendo la técnica de Chau y col., (1997). En un tubo de centrífuga de 50 mL de capacidad previamente pesado se adicionó 10 mL de agua destilada a 1 g de muestra (b.s.). Esta suspensión se homogeneizó en vortex durante 1 min y se centrifugó a 2000xg durante 30 min. Se retiró el agua sobrenadante y se pesó la suspensión fibrosa, determinando la ganancia en peso de agua. La capacidad de retención de agua se expresó como los gramos de agua retenidos por gramo de muestra (b.s.).

$$CRA = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}}$$

▪ **Capacidad de Absorción de Agua (CAb).**- En primer lugar se determinó la CAb aproximada. Para ello, se pesaron 2 g de muestra (b.s.), se le adicionó agua destilada hasta la saturación (aproximadamente 35 mL), se homogeneizó en vortex durante aproximadamente 1 min, se centrifugó a 2000xg durante 10 min, para luego retirar el exceso de agua y pesar.

La CAb aproximada se calculó de la siguiente manera:

$$CA_{\text{aprox.}} = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}}$$

Con el valor de la CAb aproximada se calculó el peso de la muestra para la determinación, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de muestra} = \frac{15}{(CA_{\text{aprox.}} + 1)}$$

Posteriormente, se determinó la cantidad de agua necesaria para completar a 15 g el peso de la muestra utilizada. Dicho cálculo se realizó restando a 15 el peso de la muestra determinado previamente. El resultado obtenido fue la cantidad de agua adicionada a la muestra para completar un peso de 15 g.

Para determinar la CAb se colocó la muestra en cuatro tubos de centrífuga adicionando 1,5 y 0,5 mL de agua destilada por encima y por debajo de lo determinado, se homogeneizó

bien y centrifugó a 2000 rpm por 10 minutos, se retiró el sobrenadante y se pesó. Se calcularon los gramos de agua absorbidos en cada tubo para obtener un promedio. La CAB de la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$C_{Ab} = \frac{\text{Promedio de agua absorbida (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

- **Capacidad de Adsorción de Agua (CA_d).**- La capacidad de adsorción de agua se determinó siguiendo la técnica de Chen y col., (1984). Se pesó 1 g de muestra (b.s.) y se colocó en un microambiente de 98% de humedad relativa en equilibrio, el cual se generó colocando en un recipiente de vidrio herméticamente cerrado 20 mL de solución salina saturada de sulfato de potasio y llevando a estufa a 25°C. La muestra se dejó en ese ambiente hasta peso constante, informando esta capacidad como la ganancia en peso expresada en gramos de agua por gramo de muestra seca

$$CA_d = \frac{\text{Peso de agua adsorbida (g)} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

- **Capacidad de retención de aceite (CR_a).**- La capacidad de retención de aceite se determinó según la técnica de Chau y col., (1997). Se adicionaron 10 mL de aceite refinado de maíz a 1 g de muestra (b.s.). Esta suspensión se homogeneizó en vortex durante 1 min y se centrifugó a 2200xg durante 30 min (centrífuga refrigerada Rolco CR-5850, radio 22cm, Argentina). Se retiró el aceite sobrenadante y se pesó la suspensión fibrosa, determinando así la ganancia en peso de aceite. La capacidad de retención de aceite fue expresada como los gramos de aceite retenidos por gramo de muestra (b.s.). La densidad del aceite de maíz fue 0,92 g/mL.

$$CR_a = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}}$$

- **Capacidad de Absorción de Moléculas Orgánicas (CAMO).**- Esta propiedad se determinó siguiendo la técnica de Zambrano y col., (2001). Se pesaron 3 g de muestra (b.s.) y se colocó en un tubo de centrifuga de 50 mL de capacidad con un exceso de aceite refinado de maíz (densidad = 0,92 g/mL) (aprox. 25 mL) y se dejó en reposo en la oscuridad durante

24 h. Luego se centrifugó a 2000xg durante 15 min a 25°C. La capacidad de absorción de moléculas orgánicas se expresó como la absorción de componentes hidrofóbicos y se calcula en términos de ganancia de peso de la muestra.

$$\text{CAMO} = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \times 100}{\text{Peso inicial}}$$

2.4 DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó el Diseño en Bloques al Azar con arreglo factorial de (3x3), para evaluar el efecto de los factores: temperatura y tiempo en el rendimiento de extracción del mucílago de la semilla de chíá. Para aceptar o rechazar la Hipótesis nula se utilizó el Análisis de Varianza de dos factores con tres niveles cada uno (Bloques al azar) y determinar si hay o no diferencia significativa entre los tratamientos a un nivel de significación de 0,05. Si $p < 0,05$ se rechaza la Hipótesis nula y se concluye que hay diferencias significativas entre los tratamientos. Se aplicó la prueba Post Hoc Comparaciones Múltiples de Subconjuntos homogéneos de Tukey considerándose un nivel de significancia del 5%. Para tal efecto se utilizó la herramienta estadística IBM SPSSstatistics 24.

2.4.1 Modelo Estadístico

Se utilizó el siguiente Modelo lineal:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable dependiente o respuesta individual

U = Media general

A_i = Temperatura de extracción

B_j = Tiempo de extracción

$(AB)_{ij}$ = Interacción entre A_i y B_j

E_{ijk} = Efecto del error experimental

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES**3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA SEMILLA DE CHÍA NEGRA**

En la Tabla 1, se presenta los resultados del análisis químico proximal de la semilla de chía, variedad negra que se utilizó en el presente investigación.

Tabla 1. Análisis químico proximal de la semilla de chía negra en base húmeda

Componentes	Unidad	Cantidad
Humedad	%	9,80
Proteína	%	16,30
Carbohidrato	%	39,10
Lípido	%	29,20
Ceniza	%	5,60

La muestra en estudio tiene un contenido elevado de proteína (16,30%), además de un elevado contenido de lípidos (29,20%), lo cual varía debido a las condiciones de cultivo, lugar donde se siembra, condiciones climáticas y de riego. Silva (2015) reporta en promedio un contenido de proteína de 16,90% y de lípido 32,40 para la semilla de chía variedad negra. Capitani (2013) reporta que las semillas de chía contienen cerca de un 20% de proteínas, mientras que otros cereales como el trigo (14%), maíz (14%), arroz (8,5%), avena (15,3%) y cebada (9,2%) las contienen en menor proporción. Las proteínas de la semilla de chía son de muy fácil digestión y de rápida absorción, con lo que llegan rápido para nutrir a células y tejidos. Los lípidos de la semilla constituyen el 32,60% del total, donde el 60 % de éstos es el ácido α -linolénico (Omega-3, precursor de los ácidos grasos DHA ácido docosahexanoico y EPA o ácido eicosapentanoico) y el 20% es ácido α -linoleico (omega-6). Se debe tener en cuenta, que al ser una fuente de origen vegetal, no contiene colesterol, mientras que otras fuentes de AGE como el pescado, presentan colesterol y ácidos grasos saturados. Los lípidos representan el componente principal de la semilla, si bien su contenido es menor que el de girasol (47%) y el del maní (51%). (Hernández et al., 1977). Los carbohidratos engloban el 39,10% de su peso final. Dentro de éstos, no se encuentran azúcares (0% de monosacáridos y disacáridos), y casi el 90% es fibra y el resto fécula. La mayoría de la fibra es soluble y de alto peso molecular (mucílagos), con una extraordinaria capacidad de retención de agua (Capitani, 2013).

3.2 TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL MUCILAGO DE LA SEMILLA DE CHIA

Considerando la viabilidad básicamente técnica y económica de disponibilidad, la tecnología de extracción de mucílago de chía que se aplicó fue una modificada y adaptada a las condiciones reales del laboratorio (Ver Figura 2). La tecnología definitiva de extracción del mucílago de la semilla de chía empleada en el presente trabajo de investigación consta de las siguientes operaciones con sus respectivos parámetros:

Selección.- Se separaron las semillas dañadas y las impurezas contenidas en las muestras de semillas de chía.

Clasificación.- Se separaron las semillas por su color. Las semillas de tamaño uniforme y de variedad negra fueron seleccionadas para continuar con la siguiente operación, mientras que las semillas de color blanco se descartaron. Se determinó el peso inicial para tomarlo como referencia en el rendimiento en la extracción del mucílago de la semilla de chía. En cada tratamiento se utilizó 5 g de semilla.

Dilución.- Se utilizó la proporción semilla/agua equivalente de 1:50 p/v (5 g de semilla disuelto en 250 mL de agua).

Hidratación – agitación.- La dilución preparada en la etapa anterior, se llevó a Baño María a las temperaturas de 20 °C por un tiempo de 40; 50 y 60 minutos; 30 °C por un tiempo de 40; 50 y 60 minutos y 40 °C por un tiempo de 40; 50 y 60 minutos con agitación cada 10 minutos de hidratación.

Filtrado.- Se realizó en un embudo de porcelana y tela muselina sintética, ejerciendo vacío, con la finalidad de separar las semillas del mucílago.

Precipitación.- Con 75 mL de etanol 96° G.L., para facilitar la extracción del mucílago de la semilla de chía. El precipitado húmedo sometió a secado.

Secado.- Se realizó en una estufa a 60 °C durante 2 horas.

Molienda.- En un mortero con pilón, haciendo presión hasta obtener un polvo fino y uniforme.

Envasado.- En bolsas de polietileno de alta densidad con sello hermético. Además se realizó el análisis físico químico del mucílago de la semilla de chía.

El proceso de extracción del mucilago en semilla de chía, involucra etapas de extracción acuosa, pero no se ha reportado el efecto de la temperatura y relación semilla-agua, (San Juan et al., 2013). Un estudio previo, reporta que la semilla de chía en exceso de agua,

relación chía: agua 1:100, obtiene su máxima absorción de agua a los 30 minutos, este mismo estudio reporta que la adsorción máxima de agua fue de 26 g agua/g chía.

En la Tabla 2, se presenta los resultados del rendimiento en la extracción del mucílago de la semilla de chía.

Tabla 2: Rendimiento en la extracción del mucílago de la semilla de chía

Temperatura (° C)	Tiempo (min.)	Rendimiento	
		Cantidad (g)	Porcentaje (%)
20	40	0,155	3,10
	50	0,241	4,82
	60	0,367	7,34
30	40	0,182	3,64
	50	0,281	5,62
	60	0,396	7,92
40	40	0,214	4,28
	50	0,321	6,42
	60	0,438	8,76

Cuando el mucílago se encuentra completamente hidratado forma una cápsula transparente que se adhiere a la semilla con gran tenacidad y cuando muchas semillas se hidratan forman una solución altamente viscosa y estable (Muñoz, 2012).

Según la Tabla 2, en los rangos de temperatura y tiempo del presente trabajo, el tratamiento que reportó un mayor rendimiento del proceso de extracción fue a 40 °C durante 60 minutos, obteniéndose un 8,76 % de rendimiento. Es decir, por cada 100 g de semilla de chía se obtuvo 8,76 g de harina de mucílago de chía. Se observó que el mucílago aislado posee una gran capacidad de retener agua y debido a ello se logró extraer el mucílago.

En la Tabla 3, se presenta el Análisis de varianza de la influencia de la temperatura y tiempo en el rendimiento de extracción del mucílago de la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.

Tabla 3. Análisis de varianza de la influencia de la temperatura y tiempo en el rendimiento de extracción del mucílago de la semilla de chía

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados	F	Sig.
			medios	calculado	
Modelo corregido	93,681 ^a	8	11.710	63234.770	2.01E-38
Intersección	897.409	1	897.409	4846007.120	2.50E-50
Temperatura (A)	8.786	2	4.393	23723.540	1.62E-31
Tiempo (B)	84.746	2	42.373	228813.140	2.25E-40
Temperatura * Tiempo (A*B)	.149	4	.0373	201.200	1.13E-14
Error	.003	18	.00019		
Total	991.093	27			
Total corregida	93.684	26			

Según la Tabla 3, el Análisis de Varianza de la influencia de la temperatura (20 °C; 30 °C y 40 °C) y el tiempo (40 minutos; 50 minutos y 60 minutos) en el rendimiento de extracción del mucílago de la semilla de chía, se deduce lo siguiente: Con las temperaturas de extracción existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$), con los tiempos de extracción existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$) y con la interacción temperatura*tiempo también existe significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$).

En la Tabla 4, se presenta las Pruebas post hoc comparaciones múltiples de Tukey.

Tabla 4. Pruebas post hoc comparaciones múltiples de Tukey

Temperatura (°C)	Tiempo (min.)	Media	Error	confianza 95%	
			típico	inferior	superior
20	40	3.103	.008	3.087	3.120
	50	4.823	.008	4.807	4.840
	60	7.337	.008	7.320	7.353
30	40	3.637	.008	3.620	3.653
	50	5.617	.008	5.600	5.633
	60	7.920	.008	7.903	7.937
40	40	4.277	.008	4.260	4.293
	50	6.417	.008	6.400	6.433
	60	8.757	.008	8.740	8.773

En la Tabla 5, se presenta las Pruebas post hoc subconjuntos homogéneos de Tukey

Tabla 5. Pruebas post hoc subconjuntos homogéneos de Tukey

Tiempo (min.)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
40	9	3.6722		
50	9		5.6189	
60	9			8.0044
Sig.		1.000	1.000	1.000

En la Tabla 6, se presenta las Pruebas post hoc subconjuntos homogéneos de Tukey.

Tabla 6. Pruebas post hoc subconjuntos homogéneos de Tukey

Temperatura (°C)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20	9	5.0878		
30	9		5.7244	
40	9			6.4833
Sig.		1.000	1.000	1.000

Mediante la prueba de Comparación Múltiples de Medias de Tukey, la diferencia de medias es significativa al nivel 0,05. Según la Prueba de Subconjuntos homogéneos de Tukey, el mejor tratamiento corresponde a una temperatura de 40 °C y un tiempo de extracción de 60 minutos.

San Juan et al., (2013), observó que un incremento en la temperatura (25 °C - 70 °C) de extracción aumentó el rendimiento de 2,3 hasta 8,9% (en base peso inicial de chía). Las temperaturas de extracción de 60 y 70 °C, proporcionaron rendimientos de extracción similares ($p > 0,05$).

Marín Flores, et al., (2008), evaluaron diferentes procedimientos para la extracción de mucílago de semillas desgrasadas de chía, obteniendo el rendimiento óptimo (15,1% b.s.) al emplear agitación mecánica y ultrasonido como variables asociadas a la etapa de solubilización. Cabe señalar que el rendimiento de extracción puede ser afectado por la relación soluto: solvente, temperatura y tiempo de extracción empleados.

Los valores obtenidos son mayores al reportado por Reynoso-Cortés (2002), en la extracción de mucílago de semillas de chía (1,3% b.s.). Por otra parte, Muñoz (2012) estudió las diferentes condiciones de extracción de mucílago de chía, alcanzando el mejor rendimiento (6,9%) después de 2 horas de hidratación a 80 °C y una relación semilla: agua (1:40 p/v).

En la Tabla 7, se presenta la composición proximal del mucílago de la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.).

Tabla 7. Análisis químico proximal del mucílago de la semilla de chía

Componentes	Unidad	Cantidad
Humedad	%	9,20
Proteína	%	10,80
Carbohidrato	%	70,20
Lípido	%	2,90
Ceniza	%	6,90

En la Tabla 7, puede observarse que el contenido de proteínas (10,80%) y de lípidos (2,90%) valores que son similares al rango de variación obtenida por Capitani (2013). Asimismo, el contenido de proteínas fue menor al del mucílago de okra - *Abelmoschus esculentus* (19,9 %) y de semillas de membrillo (20,9 %). Además su contenido de proteínas fue ligeramente superior al registrado por Sepúlveda et al. (2007) en mucílago de *Opuntia ficus indica* (7,3%). La concentración de carbohidrato es la que predomina en el mucílago de semilla de chía (70,20%). Este componente es el responsable de prácticamente todas sus propiedades funcionales y de sus atributos para su potencial uso en productos alimenticios funcionales.

En la Tabla 8, se presentan las propiedades funcionales del mucílago de la semilla de chía extraído en el presente trabajo y el tratamiento que reportó un mayor rendimiento.

Tabla 8. Propiedades funcionales del mucílago de la semilla de chía (g/g)

Muestra	CRA	CAb	CAd	CRa	CAMO
M ₁	7,68	1,98	1,58	1,10	17,24
M ₂	7,82	2,03	1,60	0,90	17,22
M ₃	6,20	1,96	1,56	0,80	17,23
Media	7,23	1,99	1,58	0,93	17,23

CRA: Capacidad de retención de agua (g agua retenidos/g muestra b.s.).

CAb: Capacidad de absorción de agua (g agua absorbidos/g muestra b.s.).

CAd: Capacidad de adsorción de agua (g agua adsorbidos/g muestra b.s.).

CIC: Capacidad de retención de aceite (g aceite retenidos/g muestra b.s.).

CAMO: Capacidad de absorción de moléculas orgánicas (g moléculas orgánicas absorbidas/g muestra b.s.).

La mayor capacidad para retener y absorber agua de la muestra, puede atribuirse a su menor contenido de lípidos residuales.

Según la Tabla 8, la capacidad de retención agua (CRA) del mucílago de la semilla de chía fue de 7,23 g de agua /g de fibra; en estudios realizados a la semilla de chía (Capitani, 2013; Vázquez-Ovando et al., 2010), se observó una mayor CRA (9,19 ± 0,29 y 15,41 g de agua/g fibra) esta diferencia se le atribuye a la variedad de especie utilizada, al tratamiento de extracción recibido, además al tamaño de partícula, ya que teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación se aumenta, por la superficie de contacto que se tiene, sin embargo fue mayor que la reportada por Zambrano et al., (2001) en un estudio realizado para salvado de trigo (2,48 g de agua/g de fibra). Los resultados no solo influye el tamaño de partícula, sino también la composición de la fibra, siendo la cantidad de fibra dietética soluble (FDS) la que posiblemente haya tenido mayor influencia en la harina de chía (Zambrano et al., 2001). El valor de la CRA determina el grado en que una fibra se puede incorporar a un sistema alimenticio sin deteriorar la viscosidad, ni la apariencia del producto final (Larrauri, 1999).

El valor de CAb del mucílago de la semilla de chía fue de 1,99 g agua absorbida/ g muestra b.s. Este valor puede ser relacionado con el tamaño (área de contacto), la composición celular (cantidad de celulosa, hemicelulosa y pectina), en relación a la cantidad de grupos hidroxilos libre capaces de interactuar con el agua externa y la cantidad de FDI (Capitani, 2013).

La capacidad de adsorción (CAd) del mucílago de la semilla de chía fue de 1,58 g de agua/g fibra. Capitani et al., (2013) reportaron un valor 0,51 g de agua/ g de fibra, mientras que Vázquez-Ovando y col. (2010) obtuvieron valores de 0,3 g de agua/g de fibra. Los

resultados obtenidos de CAd comparado con el salvado de trigo ($0,3 \pm 0,02$ g de agua/ g de fibra), pueden relacionarse con la porosidad del material, al tamaño de partícula o a la cantidad de carbohidratos totales que presente cada muestra, ya que los azúcares libres tienden a hidratarse en mayor facilidad (Santos, 1995).

Un alto valor de CAd indica que requiere de empaques que permitan una excelente barrera de humedad lo que permitirá estabilizar la emulsión en su vida de anaquel, pues el agua puede actuar como plastificante modificando sus propiedades (Zambrano et al., 2001). La CAd es muy importante en el almacenamiento del material, principalmente cuando es un suplemento o ingrediente en la formulación de algunos alimentos como concentrados, bebidas, entre otras.

No se puede relacionar la CAb y CAd debido a que el agua se agrega en los sitios activos de diferente manera (Zambrano et al., 2001); la primera está relacionada con la cantidad de enlaces que se puedan establecer entre los componentes de fibra, y la segunda, se relaciona con fenómenos físicos de adhesión del agua al material.

La CRa es de 0,93 g aceite absorbido/ g muestra b.s., ligeramente menor a la de los residuos fibrosos de cebada (2,00 g/g) y de *Canavalia ensiformis* (2,3 g/g) (Betancur-Ancona y col., 2004), mientras que su CAb fue 1,99 g agua absorbida/g muestra b.s., fue menor a los valores observados en zanahoria, nopal y cascarilla de maíz, trigo y soja (6,36; 5,75; 3,18; 3,17; 2,91 y 1,42 g/g, respectivamente (Vázquez-Ovando y col., 2009). En tanto, su CAd y CAMO fue mayor a la de la fracción fibrosa mexicana (0,3 y 1,09 g/g, CAd y CAMO respectivamente (Vázquez-Ovando et al., 2010) y similar a la de cascarilla de maíz, soja y trigo (Zambrano et al., 2001).

La CAMO es una de las propiedades que considera a la fibra en su comportamiento termodinámico, esto se basa en sus principios de sorción, que representan la relación funcional entre la actividad del agua y el contenido de humedad en el equilibrio a una temperatura dada, el conocimiento de las características de adsorción de agua es necesario para predicciones de la vida útil y determinación de la humedad crítica y actividad de agua para la aceptabilidad de productos en donde se utilizaría la fibra que en ocasiones se deterioran por ganancia de humedad.

La CAMO del mucílago de la semilla de chía es de 17,23 g de aceite/ g de muestra b.s. es mucho menor que en la fuente de fibra (52,5 g de aceite/ g de muestra b.s. fibra) reportado por Salgado-Cruz et al, (2005). La cuantificación de la CAMO nos permite indicar el mucílago de chía es una fuente de fibra apta o capaz de ligar una gran porción de molécula orgánicas,

y esto es importante porque esto puede relacionarse con lo que ocurre a nivel intestinal, de tal manera que la digestión de lípidos cambia, y como se observa es mejor si la semilla de chía se encuentra como fibra.

4 CONCLUSIONES

La tecnología de extracción del mucílago de la semilla de chía consta de las siguientes operaciones: Selección y clasificación, Dilución, Hidratación – agitación, Filtrado, Precipitación, Secado, Molienda y Envasado. Las temperaturas de extracción de 20, 30 y 40 °C, proporcionaron rendimientos de extracción similares. El tiempo influye significativamente en el rendimiento de extracción del mucílago de la semilla de chía y el mejor tratamiento corresponde a un tiempo de extracción de 60 minutos. El mejor tratamiento corresponde a una temperatura de 40 °C y un tiempo de extracción de 60 minutos, con los cuales se obtuvo 8,76% de mucílago de semilla de chía. La harina de mucílago de chía tuvo en promedio una Capacidad de retención de agua de 7,23 g/g, capacidad de absorción de agua de 1,99 g/g, capacidad de adsorción de agua 1,58 g/g, capacidad de intercambio catiónico de 6,12 g/g y capacidad de absorción de moléculas orgánicas de 37,73 g/g.

REFERENCIAS

- Betancur-Ancona, D.; Gallegos-Tintoré, S.; Chelguerrero, L. (2004). Wet-fractionation of *Phaseolus lunatus* seeds: partial characterization of starch and protein. *Journal of the Science and Food Agriculture*, v. 84, n. 10, p. 1193-1201.
- Capitani, M. I. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de Chía (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química. Tesis Doctoral. Argentina.
- Chau, C., Cheung, K., y Wong, Y. (1997). Functional Properties of protein concentrate from three Chinese Indigenous Legume Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 2500-2503.
- Chen J, Piva M, Labuza TP (1984). Evaluation of water binding capacity (WBC) of food fiber sources. *J Food Sci* 49 (1), 59-63.
- Hernández M, Chávez A, Bourges H (1977). Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso práctico. Instituto Nacional de la Nutrición. México. L 12.

- Larrauri, J. A. (1999). New Approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Sciences & Technology*. 10(1): 3-8.
- Marin Flores F M, Acevedo M J, Tamez R M, Nevero M J, Garay AL (2008). Patent WO/2008/0044908 Method for obtaining mucilage from *Salvia hispanica* L. World Intellectual Property Organization
- Muñoz L A, Cobos A, Díaz O, Aguilera J M (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *J Food Eng*, 108: 216–224.
- Muñoz, L. A., Cobos A., Díaz O. y Aguilera J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *J Food Eng*, 108: 216–224.
- Pozo, S. A. (2010). Alternativas para el control químico de las malezas anuales en el cultivo de la Chía (*Salvia hispanica*) en la granja ECCA, provincia de Imbabura. Ibarra, Ecuador, Junio. Informe final de tesis.
- Reynoso-Cortés L B (2002). Extracción, separación y caracterización reológica del mucilage de la semilla de chía (*Salvia* spp.). Tesis de grado. Universidad Simón Bolívar (México)
- Salgado-Cruz Ma. De la Paz, Cedillo-López Daniel, C. M. en C. Beltrán Orozco Ma. Del Carmen. (2005). Propiedades de la chía. Dpto. de graduados e investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. Prol. de Carpio esq. Plan de Ayala Col. Sto. Tomas. M. México. D.F.
- Santos M. A. (1995). Química y bioquímica de alimentos. UACH, México, 11-24; 43-60, 177-200.
- Sepúlveda E, Sáenz C, Aliaga E, Aceituno C (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *J Arid Environ* 68, 534-545
- Vázquez-Ovando J, Rosado-Rubio G, Chel-Guerrero L, Betancur-Ancona D (2010). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - J Food Sci Techn* 42, 168-173.
- Vázquez-Ovando J, Rosado-Rubio G, Chel-Guerrero L, Betancur-Ancona D (2010). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - J Food Sci Techn* 42, 168-173.
- Zambrano, M. L, Meléndez, R. y Gallardo, Y. (2001). Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. En *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud*. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo MF, Saura-Calixto F, Witting E, y Wenzel E (Eds.), Varela Editora Brasil, 195-209.

Páginas Web:

<http://chiaperu.pe/sample-page>; 2014.