

Propiedades Fisicoquímicas y Nutraceuticas de Granos Integrales (Amaranto/Chía) Procesados en Condiciones Óptimas de Germinación

M.F. Sánchez-Osuna*, R. Gutiérrez-Dorado, E.O. Cuevas-Rodríguez, J. Milán-Carrillo, J. Perales-Sánchez, C. Reyes-Moreno

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa. (*) Infernandasanchez@gmail.com

RESUMEN:

Los granos de amaranto y chía han captado la atención en los últimos años debido a sus propiedades nutricionales y nutraceuticas. Estas semillas poseen buen contenido de proteínas (15-20%), lípidos (6-30%), fibra (18-30%) y balance de aminoácidos. Además, contienen compuestos fenólicos cuyo consumo se relaciona con beneficios a la salud. La germinación, aplicada en condiciones adecuadas, mejora propiedades nutrimentales y nutraceuticas de los granos. El objetivo fue evaluar propiedades nutrimentales, fisicoquímicas y nutraceuticas de una mezcla de harina de granos germinados [MHGG=70% harina amaranto germinado optimizada (HAGO) + 30% harina chía germinada optimizada (HCGO)]. Las condiciones óptimas de germinación [Temperatura/tiempo germinación (TG/tG)] para amaranto y chía fueron: TG=30°C/tG=78 h y TG=21°C/tG=157 h, respectivamente. Como referencia se utilizó una mezcla de harinas de granos crudos (MHGC). La MHGG presentó mayor contenido de proteínas (16.28 vs 15.31 %, bs), compuestos fenólicos totales [CFT, 531 vs 350 mg EAG/100g, bs], y actividad antioxidante [AAox, ABTS: 13,982 vs 3,520 µmol ET/100 g, bs] y menor contenido de lípidos (8.82 vs 14.19 %, bs) que la MHGC. La germinación es un método efectivo para incrementar CFT y AAox de los granos; la MHGG y/o sus extractos pueden ser recomendados para su utilización como fuente de antioxidantes naturales en alimentos funcionales.

Palabras clave: Germinación, Amaranto, Chía, Mezcla, Compuestos Fenólicos, Actividad Antioxidante

ABSTRACT:

Grains of amaranth and chia have attracted attention in recent years due to their nutritional and nutraceutical properties. These seeds have a good levels of proteins (15-20%), lipids (6-30%), fiber (18-30%) and an excellent balance of essential aminoacids. In addition, it contains phenolic compounds whose consumption is related to health benefits. The germination, applied in optimal conditions, improves nutritional and nutraceutical properties of the grains. The aim was to know the proximate composition, and physicochemical and nutritional properties of an optimized germinated grains flours mixture [OGGFM=70% optimized germinated amaranth grain flour (OGAGF) + 30% optimized germinated chia grain flour (OGCGF)]. The optimal germination conditions (Germination temperature/time, GT/Gt) for amaranth and chia grains were: GT=30°C/Gt=78 h, and GT=21°C/Gt=157 h, respectively. A raw grains flours mixture (RGFM) was used as reference. The OGGFM had higher proteins (16.28 vs 15.31 %, dw), total phenolic compounds [TPC, 531 vs 350 mg GAE/100 g, dw] and antioxidant activity [AoxA, ABTS: 13,982 vs 3,520 µmol TE/100 g, dw], and lower lipids (8.82 vs 14.19 %, dw) than RGFM. The germination is an effective method for enhancement of TPC and AoxA; the OGGFM and/or its extracts might be recommended for use as a source of natural antioxidants in functional foods.

Keywords: Germination, Amaranth, Chia, Mixture, Phenolic compounds, Antioxidant activity

INTRODUCCIÓN

Las semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) y chía (*Salvia hispanica* L.) fueron base de la alimentación de las culturas precolombinas Azteca y Maya; además de utilizarse como alimento se utilizaban en el pago de impuestos, tributo y rituales religiosas, siendo esta razón por la cual se prohibió su consumo con la llegada de los españoles (Paredes-López y col, 1990, Becerra, 2000, Bressani, 2006).

El amaranto es un pseudocereal que pertenece a la clase de las dicotiledóneas, a la familia *Amaranthaceae* y al género *Amaranthus*. La semilla de chía, considerada una oleaginosa, pertenece a la clase de las dicotiledóneas, a la familia *Lamiaceae* y al género *Salvia*. Recientemente el cultivo de ambas semillas se está retomando en varios países de América Latina debido a su amplio rango de adaptación a ambientes desfavorables como ser resistente a sequías y a frío, poder desarrollarse en suelos salinos, alcalinos y ácidos; y ser menos susceptible al ataque de plagas (Hernández-Acosta y col, 2014). En los últimos años el consumo de estos granos se ha incrementado debido a sus propiedades nutrimentales y nutraceuticas. Estas semillas se caracterizan por un contenido alto (15-20%, bs) de proteínas de buen valor biológico, lípidos (6-33%) con presencia de ácidos grasos esenciales (Linoleico, Linolénico), fibra (18-30%) y un balance de aminoácidos esenciales mejor que el de los cereales comunes (Segura-Campos y col, 2013, Muñoz y col, 2013, Ogrodowska y col, 2014). Adicionalmente, ambos granos contienen fitoquímicos con actividad biológica, principalmente actividad antioxidante, que se han con propiedades nutraceuticas y a los cuales se les atribuye un potencial benéfico a la salud. Existe un marcado interés por la industria alimentaria y farmacéutica en la aplicación de tecnologías que mejoren las propiedades nutricionales y nutraceuticas de semillas como el amaranto y la chía.

La germinación es un bioproceso que consiste en la reanudación de la actividad metabólica de la semilla y el crecimiento activo de los tejidos del embrión, lo que resulta en la ruptura de la cubierta seminal y la emergencia de una plántula (Robbins y col, 1974). Se ha reportado que la aplicación de la germinación en pseudocereales y oleaginosas, como amaranto y chía, mejora la biodisponibilidad de nutrimentos e incrementa su potencial nutraceutico, como consecuencia del aumento en compuestos fenólicos. Recientemente se ha aplicado esta tecnología, en condiciones optimizadas, a semillas de amaranto y chía, observándose un incremento en nutrimentos (p.ej. proteínas), valor nutricional (aminoácidos esenciales, digestibilidad proteínica, relación de eficiencia proteínica), compuestos fenólicos y actividad antioxidante (Perales-Sánchez y col, 2014, Gómez-Favela y col, 2016). Sin embargo, no existen reportes acerca de mezclas de harinas de granos germinados (p. ej. amaranto y chía), de su valor nutrimental y propiedades nutricionales y nutraceuticas, así como de sus posibles aplicaciones.

El objetivo de esta investigación fue evaluar propiedades nutrimentales, fisicoquímicas y nutraceuticas de una mezcla de harinas de granos germinados [MHGG=70% harina amaranto germinado optimizada (HAGO) + 30% harina chía germinada optimizada (HCGO)] obtenidas aplicando condiciones óptimas de germinación obtenidas en estudios previos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se utilizaron semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) y chía (*Salvia hispanica* L.) obtenidas en el Mercado “Rafael Buelna”, Culiacán, Sinaloa, México. Las semillas se limpiaron, colocaron en bolsas de polietileno y éstas se introdujeron en recipientes de plástico (20 L) con tapa hermética los cuales se almacenaron a 4°C hasta su utilización.

Producción de harinas de amaranto y chía germinados optimizadas (HAGO, HCGO). Los granos de amaranto se remojaron en 1000 ml de solución de hipoclorito de sodio al 0,1% durante 10 min. Posteriormente, estas semillas se lavaron con agua destilada hasta alcanzar un pH neutro. Después, las semillas se remojaron con 1000 ml de agua destilada a 25°C durante 6 h. Las semillas hidratadas se colocaron en charolas de germinación sobre papel humectado. Las

charolas se introdujeron en la cámara de germinación (Centro de Instrumentos, Universidad Autónoma de Sinaloa) y se sometieron al proceso de germinación en condiciones óptimas previamente establecidas [Temperatura de germinación (TG)=30°C / tiempo de germinación (tG)=78 h]. Al interior de la cámara se mantuvo una humedad relativa (HR) de 80-90% utilizando bandejas con agua. Las semillas de amaranto obtenidas del bioproceso se secaron (50°C/8 h), enfriaron (25°C), molturaron hasta pasar por malla 80 (0.180 mm) para obtener harina de amaranto germinada optimizada (HAGO). La HAGO se envasó en bolsas de plástico y éstas se introdujeron a recipientes (20 L) con tapa hermética y almacenaron a 4°C.

Las semillas de chía se colocaron en charolas de germinación sobre una cama de papel absorbente previamente humectado con 100 ppm de hipoclorito de sodio, posteriormente se colocaron en la germinadora con condiciones óptimas previamente establecidas [Temperatura de germinación (TG)=21°C / tiempo de germinación (tG)= 157 h]. Las semillas tuvieron fotoperiodos de luz/oscuridad de 12 h. Los germinados se secaron (50°C/8 h), enfriaron (25°C) y molturaron hasta pasar por malla 80 (0.180 mm) para obtener harina de chía germinada optimizada (HCGO). La HCGO se envasó en bolsas de plástico y éstas se introdujeron a recipientes (20 L) con tapa hermética y almacenaron a 4°C,

Para la obtención de la mezcla de harinas de granos germinados [MHGG= 70% harina de amaranto germinado optimizada (HAGO) + 30% harina de chía germinada optimizada (HCGO)] se mezclaron las harinas para su homogenización y se empacaron en bolsas hasta su posterior utilización. Como referencia se utilizó una mezcla de harinas de granos crudos [MHGC=70% harina de amaranto crudo (HAC) + 30% harina de chía cruda (HCC)].

Extracción de compuestos fenólicos. Se extrajeron compuestos fenólicos libres y ligados de ambas mezclas (MHGG, MHGC) de acuerdo a la metodología reportada por Adom y Liu (2002) y Mora-Rochín y col (2010). Se mezclaron 0.5 g de muestra con 10 mL de etanol al 80% durante 10 minutos, posteriormente fueron centrifugados (5000 x g/10min); lo anterior se repitió 2 veces y los sobrenadantes fueron recuperados (para obtener la fracción libre), concentrados al vacío a 45°C y almacenados a -20 °C hasta su evaluación. Para obtener la fracción ligada se utilizó el precipitado al cual se le realizó una hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio, posteriormente se neutralizó con ácido clorhídrico y se realizaron 4 lavados con acetato de etilo, se recuperaron los sobrenadantes y se concentraron al vacío a 45 °C y almacenados hasta su evaluación a -20°C.

Composición química. Se determinó contenido de proteína, lípidos y cenizas mediante la metodología de la AOAC (1999) y se determinaron carbohidratos por diferencia. Todas las medidas se realizaron por triplicado.

Propiedades Fisicoquímicas. Se determinó el parámetro L y ΔE mediante la metodología de Reyes-Moreno y col (2003), Índice de Solubilidad en Agua ¹ (ISA), mediante la metodología de Anderson y col (1969) y Dispersabilidad siguiendo la metodología de Mora-Escobedo y col (1994). ¹ Los resultados se expresaron como g sólidos/100g muestra. Todas las medidas se realizaron por triplicado.

Actividad antioxidante. La actividad antioxidante de los extractos se determinó acorde a las metodologías ABTS y DPPH siguiendo los protocolos descritos por Re y col (1999), Brand y col (1995) respectivamente. Los resultados se expresaron como μ moles ET/100 g de muestra en base seca.. Además se evaluó el contenido de compuestos fenólicos (CFT) mediante la metodología de Singelton y col (1999). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido Gálico (EAG) / 100 g de muestra, bs. Todas las medidas se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química. En general, se pueden observar cambios en la composición química; como un aumento del 7% en el contenido de proteína de la mezcla de harinas de granos germinados con respecto a la mezcla de harinas de granos crudos, una disminución del 38% en el contenido de lípidos y un incremento del 17% en el contenido de carbohidratos. (**Tabla I**).

	Mezcla harinas granos crudos (70% HAC – 30% HCC)	Mezcla harinas granos germinados (70% HAGO – 30% HCGO)
Proteína	15.31 ^b	16.28 ^a
Lípidos	14.19 ^a	8.82 ^b
Minerales	3.47 ^b	4.16 ^a
Carbohidratos	55.45 ^b	65.16 ^a

Los resultados se expresan como el promedio de 3 réplicas. Medias con diferente letra (^{a-b}) en el mismo renglón son diferentes (Duncan, $p < 0.05$).

Propiedades Fisicoquímicas. Se puede observar un incremento en el valor L y una disminución en el ΔE , además de un incremento del 42% en ISA de la mezcla de harinas de granos germinados y un mayor porcentaje de dispersabilidad de la mezcla de harinas de granos germinados con respecto a la mezcla de harinas de granos crudos (**Tabla II**).

	Mezcla harinas granos crudos (70% HAC – 30% HCC)	Mezcla harinas granos germinados (70% HAGO – 30% HCGO)
L	71.72 ^a	62.52 ^b
ΔE	26.62 ^b	38.17 ^a
ISA¹	14.15 ^b	20.04 ^a
Dispersabilidad (%)	50 ^b	90 ^a

Los resultados se expresan como el promedio de 3 réplicas. Medias con diferente letra (^{a-b}) en el mismo renglón son diferentes (Duncan, $p < 0.05$). ¹ Índice de Solubilidad en Agua (ISA)= g sólidos/100g muestra.

Compuestos Fenólicos Totales (CFT) y Actividad Antioxidante. En general, el CFT y la AAox fueron mayores en la mezcla de harinas de granos germinados que en la mezcla de harinas de granos crudos (MHGG, MHGC), El CFT incrementó en un 52%; mientras que la actividad antioxidante por la metodología de ABTS tuvo un incremento del 297% en la mezcla de harinas de granos germinados con respecto a la mezcla de harinas de granos crudos; y por último en DPPH se tuvo un incremento del 41%, los tres métodos mostraron una tendencia similar, siendo la fracción de fitoquímicos libres la que tuvo mayor proporción en la mezcla procesada. (**Tabla III**).

Propiedad	Mezcla harinas granos crudos (70% HAC – 30% HCC)	Mezcla harinas granos germinados (70% HAGO – 30% HCGO)
Compuestos fenólicos¹		

Fenólicos libres	141 ^b	304 ^a
Fenólicos ligados	209 ^a	227 ^a
Fenólicos totales	350 ^b	531 ^a
ABTS²		
Fitoquímicos libres	1,707 ^b	8,745 ^a
Fitoquímicos ligados	1,813 ^b	5,237 ^a
Fitoquímicos totales l	3,520 ^b	13,982 ^a
DPPH²		
Fitoquímicos libres	1,065 ^b	1,699 ^a
Fitoquímicos ligados	1,226 ^b	1,533 ^a
Fitoquímicos totales	2,291 ^b	3,232 ^a

Los resultados se expresan como promedio; ^{a,b} Medias con letra diferente en el mismo renglón indican diferencias significativa; (Duncan $p \leq 0.05$); ¹ Compuestos fenólicos = mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100g, bs. ² μmol equivalentes de Trolox (ET)/100g, bs.

El incremento observado en el contenido de proteínas puede ser atribuido a la pérdida de material químico, a través del proceso de respiración durante la germinación. La pérdida de material químico puede presentarse principalmente como pérdida en azúcares durante la respiración debido a la producción de dióxido de carbono y agua, la cual escapa de las semillas durante el proceso de germinación (Chaparro Rojas y col 2010). El decremento en el contenido de lípidos es debido al uso de estos como fuente de energía durante la germinación. El decremento del contenido de lípidos también ha sido reportado en otros alimentos como la soya (Paredes-López 1990). Por otra parte la disminución del valor L y el incremento de ΔE se puede atribuir a que durante la germinación se forman hidrolizados de proteínas y almidón, los cuáles durante el secado favorecen las reacciones de Maillard (Perales-Sánchez y col 2014). El incremento en el ISA podría deberse a que cuando se lleva a cabo el proceso de germinación el almidón se reduce a azúcares más simples (maltosa y dextrina) que son más solubles que la estructura integral del almidón componente principal de la semilla de amaranto; este fenómeno podría deberse a la ruptura de las cadenas de amilopectina al momento que los granos son germinados (Prieto Salgado y col 2013). En cuanto al incremento de CFT podemos decir que podría deberse a la liberación y biosíntesis de compuesto fenólicos, enzimas degradadoras de la pared celular son activadas durante la germinación, contribuyendo a la modificación estructural de la pared celular del grano. La importancia de esto radica en el hecho de que los compuestos fenólicos tales como hidroxicinamatos (ácidos ferúlico y p-cumárico) están asociados a los polisacáridos no amiláceos en la pared celular del grano a través de asociaciones con enlaces éster y éter. La acción de las enzimas degradadoras de la pared celular (principalmente esterasas) sobre estos enlaces contribuye a la liberación de compuestos fenólicos ligados (Paško y col 2009); (Perales-Sánchez y col 2014).

BIBLIOGRAFÍA

- Becerra, R. 2000. El amaranto: Nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *Biodiversitas* 30 1-6.
- Bressani, R. 2006. Estudios sobre la industrialización del grano de amaranto: caracterización química y nutricional de productos intermedios y finales del procesamiento. Proyecto FODECYT (23-2002):
- Chaparro-Rojas, D., Pismag-Portilla, R., Elizalde-Correa, A., Vivas-Quila, N., y Erazo- Caicedo, C. 2010. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial* 8 (1):35-42.

- Hernández-Acosta, E., García-Gallegos, E y Ramírez-Téllez, JL. 2014. Caracterización de suelos cultivados con amaranto y algunos aspectos agronómicos de la planta. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 5 (3):421-431.
- Muñoz LA, Cobos A, Diaz O y Aguilera JM. 2013. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. *Food reviews international* 29 (4):394-408.
- Ogrodowska D, Zadernowski R, Czaplicki S, Derewiaka D y Wronowska B. 2014. Amaranth seeds and products—the source of bioactive compounds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 64 (3):165-170.
- Paredes-López O (1990). Amaranto: características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial, Secretaria General de la Organizacion de los Estados Americanos
- Paško P, Bartoń H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Fołta M y Zachwieja Z. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry* 115 (3):994-998.
- Perales-Sánchez, JX., Reyes-Moreno, C., Gómez-Favela, MA., Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, EO., Valdez-Ortiz, A., y Gutiérrez-Dorado, R. 2014. Increasing the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds. *Plant foods for human nutrition* 69 (3):196-202.
- Prieto-Salgado, GK., Kuonquí A, Paola G y Cornejo F. 2013. Efecto del Tiempo de Germinación en las Características de Hidratación de la Harina y del Gel de Arroz.
- Segura-Campos, MR., Salazar-Vega, IM., Chel-Guerrero, LA., y Betancur-Ancona, DA. 2013. Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *LWT-Food science and Technology* 50 (2):723-731.