

PROPIEDADES FUNCIONALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DE GUAJE (*Leucaena leucocephala*) Y SU USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
FUNCTIONAL PROPERTIES, ANTIOXIDANT CAPACITY OF GUAJE FLOUR (*Leucaena leucocephala*) AND ITS USE IN THE FOOD INDUSTRY

Bravo-Delgado, HR.¹, Jiménez-Castillo, S.F.¹, Meza-Álvarez, L.I.¹, Arangute-Zárate, A.¹, Nieva-Vázquez, A.^{2*}

¹Ingeniería en Procesos Bioalimentarios de la Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación de la 1 sur No. 1101, San Pablo Tepetzingo C.P. 75859, Tehuacán, Puebla, México. ^{2*} Licenciatura en Nutrición Clínica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-CRS. Carretera libramiento Tecnológico, Col. Lázaro Cárdenas S/N, Tehuacán, Puebla, México C.P. 75859. *adriana.nieva@correo.buap.mx

Resumen

El guaje, conocido científicamente con el nombre de *Leucaena leucocephala*, es un árbol de la familia de las leguminosas o fabáceas, alcanza una altura promedio de 10 m y no presenta espinas. La presente investigación fue realizada con el objetivo de caracterizar la harina de guaje y proponer usos para industria alimentaria. El Guaje se deshidrató en horno de charolas a 60 °C, fue molido y tamizado en malla #40. Se realizó un Análisis Químico Proximal a la materia prima (Proteínas, cenizas, humedad y fibra cruda; AOAC, 2000). Adicionalmente se evaluaron propiedades funcionales como; capacidad de absorción de agua y aceite, capacidad de emulsificación, capacidad espumante y formación de espumas. El contenido de proteínas es de 32.1%, el cual es más del doble de lo contenido por el huevo hervido, que de acuerdo al Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes 3ª Edición es de 13% . La harina de guaje no presentó capacidad espumante ni formación de espumas, sin embargo, la harina de guaje tiene una capacidad de absorción de agua y aceite de 0.52 ± 0.01 g agua / g muestra y 0.46 ± 0.02 g aceite / g muestra respectivamente. Esta capacidad alta de entrelazarse con lípidos es muy importante en la formulación de productos para freír, así como también para realizar productos de panificación y confiterías.

Palabras claves: guaje, propiedades funcionales, harina, proteínas.

Abstract

The guaje, known scientifically by the name of *Leucaena leucocephala*, is a tree of the legume or fabaceae family, reaches an average height of 10 m and has no spines. The present investigation was carried out with the objective of characterizing the gourd flour and propose uses for the food industry. The Guaje was dehydrated in a 60 ° C tray oven, ground and sieved in # 40 mesh. A Proximal Chemical Analysis was performed on the raw material (Proteins, ashes, moisture and raw fiber; AOAC, 2000; Delgado, 1995). Additionally, functional properties such as; water and oil absorption capacity, emulsification capacity, foaming capacity and foaming . The protein content is 32.1%, which is more than double that contained by the boiled Egg, which according to the Mexican System of Equivalent Foods 3rd Edition is 13%. The gourd flour did not show foaming capacity or foaming, however, the guaje flour has a water and oil absorption capacity of 0.52 ± 0.01 g water / g sample and 0.46 ± 0.02 g oil / g sample respectively. This high ability to intertwine with lipids is very important in the formulation of frying products, as well as to make bakery and confectionery products. It also decreases the development of oxidative rancidity and consequently increases the stability during storage.

Keywords: guaje, functional properties, flour, proteins.

1* Autor responsable

Recibido: Mayo 2019. Aceptado: Agosto 2019

Publicado como ARTÍCULO en la Revista Tecnológica Agrobioalimentaria 3(1): 1-6, 2019, ISSN 2395-8332

I. INTRODUCCIÓN

El guaje, conocido científicamente con el nombre de *Leucaena leucocephala*, es un árbol de la familia de las leguminosas o fabáceas, alcanza una altura promedio de 10 m y no presenta espinas (CONABIO, 2016). Esta leguminosa es conocida bajo el nombre común de guaje, que en algunas regiones del país se considera como una planta invasora, debido a su rápida reproducción y tolerancia a los cambios climáticos, y de acuerdo a Leucocephala, (2014), el guaje presenta un elevado porcentaje de proteínas y vitamina A. El guaje aparte contiene “mimosina”, que es una sustancia química encontrada en las semillas y vaina, la cual en la ciencia médica es utilizada como auxiliar en los tratamientos de enfermedades como la psoriasis y el cáncer (Ospina *et al.*, 2017).

La mala nutrición es uno de los problemas de salud más graves que afecta no solo a los países en desarrollo. En México se estima que más de 170 mil personas padecen algún tipo de desnutrición ya sea leve, moderada o severa, y del total de la población nacional, el 71.28% tienen sobrepeso (ENSANUT, 2016).

Las acciones constantes por erradicar el problema de la mala nutrición en el estado de Puebla han sido insuficientes, debido a los rasgos que presenta la sociedad: económicos, culturales y demográficos. En algunos países de América y África, el consumo de leguminosas, en particular de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), ha contribuido a mejorar la mala nutrición de sus habitantes (Reynoso-Camacho *et al.*, 2006 Audu y Aremu, 2011 Duarte-Martino *et al.*, 2012) debido al alto contenido de proteína, vitaminas, minerales y fibra, ya que son alimentos de fácil consumo para la población de bajos recursos (Duarte-Martino *et al.*, 2012: 156). Otra alternativa para tal situación podrían ser aquellas especies subutilizadas como el guaje (*Leucaena spp.*) sin embargo, su potencial nutritivo y nutracéutico no han sido estudiados. El guaje se publicita en mercados públicos en forma de racimos, teniendo un precio estimado en Tehuacán Puebla de 5 pesos en M.N.

y su forma de consumo es variada; en sopas, acompañante de guisados, hervidos y consumidos como botanas, sin embargo, tiene un sabor astringente y amargo lo cual a algunos consumidores no les apetece sensorialmente. Actualmente, el consumidor prefiere alimentos nutracéuticos o funcionales porque previenen algunas enfermedades degenerativas y mantienen la buena salud, lo que ha ocasionado gran interés de los investigadores para estudiar el contenido de fitoquímicos, químicos proximales con actividad antioxidante en granos y leguminosas (Salinas-Moreno *et al.*, 2012). Con base en lo antes señalado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido de componentes nutricionales, propiedades funcionales y antioxidantes para contribuir a la revalorización alimentaria de las especies de guaje rojo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las vainas de guaje rojo, sin alteraciones morfológicas y patológicas visibles, se obtuvieron en el mercado la purísima de la ciudad de Tehuacán, Puebla, México. Las semillas se desprendieron de la vaina, se lavaron en agua corriente y, posteriormente, se enjuagaron con agua destilada y clorada al 0.5%.

Elaboración de la harina de guaje

Las semillas fueron seleccionadas mediante un muestreo (NOM-147-SSA1-1996), para posteriormente deshidratarlas en un horno de charolas a 60 °C durante 12 h, posteriormente fueron a molienda en un molino de martillos (Weber Bros., Metal Works., Chicago, IL), hasta reducir las partículas a un tamaño de malla 40.

Análisis químico proximal

La harina de guaje fue caracterizada mediante un análisis químico proximal evaluándose: humedad cenizas, fibra cruda, extracto etéreo y proteínas de acuerdo a los métodos descritos por el AOAC, (1998). El contenido de carbohidratos totales se

calculó mediante la fórmula utilizada por Audu y Aremu (2011):

$$CT = 100 - (PC + L + C)$$

Donde:

CT = Carbohidratos totales (%)

PC = Proteína cruda (%)

L = Lípidos (%)

C = Cenizas (%)

Propiedades funcionales

Las pruebas de propiedades funcionales realizadas a la harina de guaje fueron: capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante, capacidad espumante y estabilidad de la espuma y capacidad de gelificación.

Capacidad de absorción de agua

Se realizó una modificación a la técnica reportada por Beuchat, (1977). A 1 g de la muestra de harina de guaje se añadieron 10 mL de agua destilada en tubos cónicos de 16 mL de capacidad y se agitaron en Vortex durante 1 min a temperatura ambiente. Los tubos se centrifugaron a 3000 rpm por 30 min. Los resultados se expresaron como gramo de agua retenida por gramo de muestra.

Capacidad de absorción de aceite

A 1 g de harina de guaje se añadieron 10 mL de aceite de maíz en tubos de centrifuga de 16 mL y se agitaron en Vortex por 2 min a temperatura ambiente. Los tubos se centrifugaron a 3000 rpm por 30 min. Los resultados se expresaron como gramo de aceite retenida por gramo de muestra (Beuchat, 1977).

Capacidad emulsificante

Se mezcló 1 g de la harina de guaje con 20 mL de agua destilada, se agitó durante 15 min, se ajustó el pH a 7 y se llevó a 25 mL con agua destilada. Se mezclaron 25 mL de esta solución con 25 mL de aceite de maíz en una licuadora a velocidad máxima por 3 min y se centrifugó a 1300 rpm por 5 min. La emulsión se expresó en términos de

porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido (Yasumatsu *et al.*, 1992).

Capacidad espumante y estabilidad de la espuma

Se mezclaron 2 g de la harina de guaje con 100 mL de agua destilada por 5 min a máxima velocidad en una licuadora. Transcurrido este tiempo, se transfirió a una probeta de 100 mL y se midió el volumen final a los 30 s. La capacidad espumante se expresó como el porcentaje de aumento en volumen. La estabilidad de la espuma se midió a intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 min (Bencini, 1986).

Capacidad de gelificación

Se prepararon suspensiones al 4, 8, 12, 14% (p/v), en agua destilada, de las que se tomaron 5 mL y se llevaron a tubos de ensayo, los cuales se colocaron en baño caliente (100 °C por 1 h) y posteriormente en hielo por 1 h adicional. La gelificación se determinó como la menor concentración en la cual la muestra del tubo invertido no cayó o deslizó (Coffman y García, 2000).

Cuantificación de la capacidad inhibidora de radicales libres

Método DPPH.

Se preparó una solución metanólica grado HPLC al 80 % (v/v) del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) a una concentración 100 µM. La absorbancia se midió a 517 nm (A_I = Absorbancia inicial). Se tomaron 2.9 mL de esta solución y se adicionaron 100 µL del extracto metanólico; la mezcla se incubó en oscuridad a 23 °C durante 30 min. La absorbancia se midió a una longitud de onda de 517 nm (A_F = Absorbancia final) y los resultados se expresaron en mg equivalentes de Trolox por cada 100 g de peso fresco (mg EQ·100 g⁻¹ p. f.). El porcentaje de inhibición se calculó empleando la fórmula: % de inhibición = $[1 - (A_F / A_I)] * 100$ de acuerdo con lo reportado en la metodología de Kim *et al.* (2002).

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA), prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) y se calculó el coeficiente de correlación de Pearson mediante el programa Statistical Analysis System (SAS, version 9.0, 2003) de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar, donde cada muestra seleccionada se consideró como tratamiento del cual se tuvieron seis repeticiones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Química proximal

La tabla 1 presenta los resultados químicos proximales de la harina de guaje. El contenido de proteínas es de 32.1%, el cual es más del doble de lo contenido por el huevo hervido, que de acuerdo al Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes 3^a. Edición es de 13%. Aunque la calidad de proteína es menor que la del huevo, también el guaje presenta una cantidad importante de aminoácidos esenciales en la semilla como la histidina (158 mg / g), isoleucina (290 mg/g), leucina (494 mg / g), lisina (368 mg / g), metionina (96 mg / g), fenilalanina (307 mg / g), treonina (290 mg / g), y valina (356 mg / g) (Ter Meulen *et al.*, 1979: 119), sin embargo también se ha reportado que las semillas de las leguminosas son ricas en proteínas y aminoácidos (Reynoso-Camacho *et al.*, 2006: 228), aunque carecen o contienen concentraciones muy bajas de aminoácidos azufrados que generan un gran valor biológico (Audu y Aremu, 2011: 1072; Duarte-Martino *et al.*, 2012: 237) y triptófano (la metionina y el triptófano son aminoácidos esenciales indispensables en la dieta humana). Los niveles de proteínas encontrados en guaje superan a los observados en chícharo y en haba. Oakes y Skov (1967) reportaron un contenido inferior de proteína (14.0-16.2%) en ramas y vainas de *Leucaena* sp. usadas como forraje para vacas y cabras, también fue menor a lo encontrado por Sotelo, (1997) en semillas de la especie *L. leucocephala*. Debido a que se desconocen las

características nutritivas de las proteínas presentes en guaje, se sugiere realizar estudios posteriores de la calidad de las mismas. La variación en la calidad nutricional de la proteína en las leguminosas, en particular del frijol, depende de factores genéticos, del perfil de aminoácidos esenciales, tiempo de almacenamiento, proceso de cocinado y de sustancias anti-nutricionales (Duarte-Martino *et al.*, 2012). Los resultados proximales son similares a los reportados por Román *et al.*, (2014), quienes estudiaron las propiedades nutricionales dos variedades de guaje (rojo y verde) en la región de Iguala, Guerrero. Era sumamente importante caracterizar el guaje consumido en la región de Tehuacán Puebla, México, debido a que las condiciones climáticas y geológicas son muy diferentes a las reportadas por otros estudios, además, Tehuacán tiene suelos muy salinos, lo cual hace que las propiedades nutricionales de los alimentos sean diferentes.

TABLA 1. Composición química proximal de la harina de guaje en base húmeda

Composición	Harina %
Humedad	12.87 ± 0.7
Cenizas	1.42 ± 0.09
Fibra cruda	15.14 ± 0.9
Proteínas	32.1 ± 1.2
Carbohidratos	29.91 ± 2.32
Lípidos	8.56 ± 0.89

Los datos son expresados como el promedio de las observaciones ± su desviación estándar con n=3.

Los valores de fibra cruda encontrados en guaje es de 15.17 ± 0.9% que es superior a lo reportado en semilla de frijol rojo (3.6 %) (Audu y Aremu, 2011), así como a los contenidos en sorgo (2.10 %), frijol de soya (4.28 %) y haba (5.4 %) (Apata y Ologhobo, 1994). Es importante mencionar que el consumo de fibra disminuye los niveles de colesterol y de azúcar en sangre; no obstante, el mecanismo de acción aún no está elucidado (Duarte-Martino *et al.*, 2012).

Propiedades funcionales

Los resultados de propiedades funcionales se presentan en la tabla 2. La harina de guaje no presentó capacidad espumante ni formación de espumas, sin embargo, la harina de guaje tiene una capacidad de absorción de agua y aceite de 0.52 ± 0.01 g agua / g muestra y 0.46 ± 0.02 g aceite / g muestra respectivamente.

TABLA 2. Propiedades funcionales de la harina de guaje.

Propiedad funcional	Harina
Capacidad de absorción de agua	0.52 ± 0.02 g de agua/ g de harina
Capacidad de absorción de aceite	0.46 ± 0.01 g de aceite/ g de harina
Capacidad de gelificación	Negativo
Formación de espumas	Negativo
Capacidad emulsificante	Negativo

Los datos son expresados como el promedio de las observaciones \pm su desviación estándar con $n=3$.

La harina de guaje, presenta una capacidad alta de entrelazarse con lípidos pero un poco baja en comparación de la harina de chícharo (*C. cajan (L.) Millsp*) 2.2 ± 0.2 g de aceite/ g de harina (Sangronis, Machado, & Cava, 2004), siendo muy importante en la formulación de productos para freír, así como también para realizar productos de panificación y confiterías. Así mismo, la capacidad alta de absorción de aceite, disminuye el desarrollo de la rancidez oxidativa y en consecuencia aumenta la estabilidad durante el almacenamiento (Sathe, 2002).

Cuantificación de la capacidad inhibidora de radicales libres

La harina de guaje presentó una capacidad antioxidante de 140 ± 1.2 mg Trolox $\cdot 100$ g⁻¹ p.f lo cual equivale al $90.7 \pm 1.2\%$ de inhibición, siendo similar a lo reportado por Román *et al.* (2014) quienes encontraron el 91.7% de

inhibición. Esta alta capacidad antioxidante hacen que el guaje sea un alimento funcional por su calidad nutricional y el alto contenido de componentes antioxidantes.

IV. CONCLUSIONES

Se obtuvo una harina con un alto contenido proteico. Las semillas de guaje tienen mayor contenido de fibra cruda que los reportados en frijol, sorgo, haba y frijol de soya. Por lo anterior, el guaje es una especie de consumo subvalorado de alto valor nutricional y funcional. La harina de guaje puede ser muy prometedora para la industria alimentaria debido a que, por su fácil entrecruzamiento con agua y aceite, se pueden realizar botanas nutricionales para escolares como galletas, pan, barras de frutas, mermeladas, helados y confiterías.

V. REFERENCIAS

- AOAC. 2000 Official Methods of Analysis 16th ed. Association of Oficial Analytical Chemists, Arlington, VA. USA.
- APATA, D. F.; ALOGHOB, A. D. 1994. Biochemical evaluation of some Nigerian legume seeds. Food Chemistry 49: 333-338. doi: 10.1016/j.aoas.2013.07.010.
- AUDU, S. S.; AREMU, M. O. 2011. Effect of processing on chemical composition of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour. Pakistán Journal of Nutrition 10(11): 1069-1075. doi: 10.3923/pjn.2011.1069.1075.
- Bencini, M. 1986. Functional properties of drumdried chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours. J. Food Sci. 51: 1518-1526.
- Beuchat, Larry R. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25 (2), 258-261 DOI: 10.1021/jf60210a044.
- Coffman C, García V (1977) Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *J. Food Technol.* 12: 473.

- DUARTE-MARTINO, H. C.; BIGONHA, S. M.; DE MORAIS, C. L.; DE OLIVEIRA B. R. C.; BRUNORO C. N. M.; RAMÍREZ, C. L. L.; MACHADO, R. R. S. 2012. Nutritional and Bioactive Compounds of Bean: Benefits to Human Health, pp. 233-258.
- IAMI, S. Y. 1993. Effect of processing on the proximate composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. Food Chemistry 47(2):153-158. doi: 10.1016/0308-8146(93)90237-A. ctive Compounds (ACS Symposium). TUNICK, M. H.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E. (eds.). American Chemical Society. USA. doi: 10.1021/bk-2012-1109.
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/leucaena-leucocephala/fichas/ficha.htm>
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>
- KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J. Y LEE, C.Y. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(13): 3713-3717. doi: 10.1021/jf020071c.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-147-SSA1-1996.
- OAKES, A.J.; SKOV, O. 1967. Yield trials of *Leucaena* in the U.S. Virgin Islands. Journal of Agriculture University of Puerto Rico 51: 176-181.
- Ospina-Daza, Luis Alejandro, & Buitrago-Guillen, María Eugenia, & Vargas-Sánchez, Julio Ernesto (2017). Identificación y degradación de mimosina, un compuesto tóxico en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Pastos y Forrajes, 40(4), undefined-undefined. [fecha de Consulta 29 de Septiembre de 2019]. ISSN: 0864-0394. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2691/26915817600>
- Reynoso-Camacho, Rosalía & Ramos-Gómez, Minerva. (2006). Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris*). Advances in Agricultural and Food Biotechnology. 217-236.
- Román-Cortés, Nallely, García-Mateos, María del Rosario, Castillo-González, Ana María, Sahagún-Castellanos, Jaime, & Jiménez-Arellanes, Adelina. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena* spp.): un recurso ancestral subutilizado. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(2), 157-170. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.07.023>
- SALINAS-MORENO, Y.; PÉREZ-ALONSO, J. J.; VÁZQUEZ-CARRILLO, G.; ARAGÓN-CUEVAS, F.; VELÁZQUEZ-CARDELAS, G. A. 2012. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas chalqueño, elotes cónicos y bolita. *Agrociencia* 46(7): 693-706. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n7/v46n7a5.pdf>.
- Sangronis, E., Machado, C., & Cava, R. (2004). Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus Vulgaris* y *Cajan cajan*) Germinadas. Scielo. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000200007
- Sathe, SK. (2002). *Dry bean protein functionality*. *Crit. Rev. Biotechn.* 22: 175-223.
- Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. 3ª edición. Mexico, D.F., Julio del 2008.
- SOTELO, A. 1997. Constituents of wild food plants, pp. 89-111. In: *Functionality of Food Phytochemicals*. JOHNS, T.; ROMEO, J. T. (eds.). Plenum Press, New York.USA.
- Ter Meulen, U.; Struck, S.; Schulke; El-Harith, A.A. 1979. Revisión sobre el valor nutritivo y aspectos tóxicos de la *Leucaena leucocephala*. *Prod. Anim. Trop.* 4: 112-126.
- Yasumatsu, K.; K. Sawada, S. Moritaka, M. Misaki, J. Toda, T. Wada and K. Ishii. 1992. Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products.

Agricultural and Biological Chemistry 36:
719-727.