

# COMPOSICIÓN QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FORMULACIONES DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) BLANCO SINALOA 92

## CHEMICAL COMPOSITION, FUNCTIONAL CHARACTERISTICS, AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF CHICKPEA FORMULATIONS (*Cicer arietinum* L.) BLANCO SINALOA 92

N. Estela Ponce-Fernández\*, Gregorio Polloreña-López, Cindy Rosas-Domínguez,  
V. Mariel López-Peñuelas, S. Carmina Osuna-Izaguirre

Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Carretera Internacional y entronque a la Brecha Eje El Burrioncito, Guasave Sinaloa. (nponcef.itsg@gmail.com).

### RESUMEN

Las leguminosas como el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) son fuente de proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas, ácido fólico, b-caroteno y ácidos grasos que promueven la salud, por lo que es necesario su aprovechamiento integral. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición química, propiedades funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo con tratamientos térmicos e identificar su potencial para el desarrollo de nuevos productos. Las formulaciones fueron grano cocido y harina de garbanzo crudo y cocido. Las evaluaciones incluyeron pH,  $A_w$ , composición química, capacidad de absorción, retención de agua, emulsificación, espumado, estabilidad de la espuma y capacidad antioxidante. El diseño experimental fue completamente al azar, los datos se analizaron con ANDEVA de una vía y las diferencias entre los valores promedio se evaluaron con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  $A_w$  permaneció constante en las harinas; pero, en grano cocido el contenido de humedad ( $p \leq 0.05$ ) se afectó, lo cual limita su uso en la producción comercial de alimentos. El contenido de proteína, fibra y grasa disminuyó poco por el tratamiento térmico. La capacidad de absorción y retención de agua y gelificación aumentó con los tratamientos térmicos y la estabilidad de la espuma y capacidad de emulsificación disminuyeron. La capacidad antioxidante de los extractos (fenoles totales, DPPH y TEAC) no se afectó significativamente por los tratamientos térmicos en la harina, pero en grano cocido la capacidad antioxidante fue menor ( $p \leq 0.05$ ), por su contenido mayor de humedad. Por sus caracterización química y capacidad antioxidante la harina de garbanzo cocido podría usarse para enriquecer alimentos.

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: diciembre, 2017. Aprobado: junio, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 53: 35-44. 2019.

### ABSTRACT

Legumes such as chickpea (*Cicer arietinum* L.) are sources of proteins, carbohydrates, minerals, vitamins, folic acid, b-carotene and fatty acids that promote health; therefore, its integral use is necessary. The objective of this study was to evaluate the chemical composition, functional properties and antioxidant capacity of chickpea formulations with heat treatments and to identify its potential for developing new products. Formulations were cooked grain and flour made from raw chickpea and flour made from cooked chickpea. The evaluations included pH,  $A_w$ , chemical composition, absorption capacity, water retention, emulsification, foaming, foam stability and antioxidant capacity. A completely randomized experimental design was utilized, the data were analyzed with a one-way ANOVA and differences between average values were evaluated with the Tukey ( $p \leq 0.05$ ) test.  $A_w$  remained constant in the flours, but in cooked grain moisture content was affected ( $p \leq 0.05$ ), which limits its use in commercial food production. In protein content, fiber and fat were reduced little by the heat treatment. The capacity of water absorption and retention and gelation increased with the heat treatments, while foam stability and emulsification capacity decreased. Antioxidant capacity of the extracts (total phenols, DPPH and TEAC) was not significantly affected by the heat treatments in the flour, but in cooked grain antioxidant capacity was lower ( $p \leq 0.05$ ) because of its higher moisture content. Because of its chemical characterization and antioxidant capacity, cooked chickpea flour can be used to enrich foods.

**Key words:** Chickpea, nutrient quality, functional properties, antioxidant capacity.

**Palabras clave:** garbanzo, calidad nutrimental, propiedades funcionales, capacidad antioxidante.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos con beneficios adicionales a la nutrición ha incrementado en los últimos años. Las leguminosas podrían usarse para elaborar productos análogos a los alimentos de origen animal por sus propiedades nutricionales (Aguilar-Raymundo y Vélez-Ruiz, 2013), y enfrentar la desnutrición y malnutrición (Thongram *et al.*, 2016). México es el octavo productor mundial de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y Sinaloa ocupa el primer lugar nacional, con más de 53 mil t (SIAP, 2017). Sin embargo, el consumo de garbanzo es limitado aunque su contenido de aminoácidos esenciales y ácidos grasos insaturados, con importancia nutricional, es alto (Jukanti *et al.*, 2012). La digestibilidad de las proteínas del garbanzo es baja por la estructura de sus proteínas y la presencia de factores antinutricionales (Pusztai *et al.*, 2004); por esto, la optimización de la palatabilidad y calidad nutricional del garbanzo son materia de estudio. El tratamiento térmico se ha usado para inactivar inhibidores de proteasas (Aguilera *et al.*, 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar la composición química, propiedades funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo con tratamientos térmicos y su potencial para incorporarlos productos alimenticios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Formulaciones de garbanzo

Este estudio incluyó garbanzo Blanco Sinaloa 92, de Guasave, Sinaloa, México, del ciclo 2015-2016 y las muestras se obtuvieron aleatoriamente. Las formulaciones con garbanzo fueron harina de garbanzo crudo (HCR), grano cocido (GCO) y harina de garbanzo cocido (HCO). Para obtener HCR, 500 g de semilla se trituraron en licuadora industrial (Diremco 6172-6-2) y en molino de bolas (Generatoris FF-MB-002/PE), por 30 min. Las muestras se almacenaron en bolsas de aluminio a 25 °C. Las formulaciones GCO y HCO se obtuvieron con secado hidrotérmico, que es el método propuesto para harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) por Praderes *et al.* (2009), pero la cocción se hizo a 95 °C por 50 min y el secado a 93 °C por 70 min. Para GCO, el proceso de HCO se repitió hasta la fragmentación del grano triturado en licuadora. Esta formulación se almacenó a 5 °C en bolsas de aluminio.

## INTRODUCTION

Consumption of foods with benefits additional to nutrition has incremented in recent years. Legumes can be used to prepare products analogous to feed of animal origin because of their nutritional properties (Aguilar-Raymundo and Vélez-Ruiz, 2013) in order to deal with malnutrition (Thongram *et al.*, 2016). Mexico is the eighth largest producer of chickpea (*Cicer arietinum* L.) worldwide, and Sinaloa occupies first place nationally with more than 53 thousand t (SIAP, 2017). However, consumption of chickpea is limited, even though its content of essential amino acids and unsaturated fatty acids is high (Jukanti *et al.*, 2012).

Chickpea protein digestibility is low because of the structure of the proteins and the presence of antinutritional factors (Pusztai *et al.*, 2004). For this reason, optimization of chickpea palatability and nutritional quality should be studied. Heat treatment was used to inactivate inhibitors of proteases (Aguilera *et al.*, 2009). The objective of this study was to evaluate the chemical composition, functional properties and antioxidant capacity of chickpea formulations with heat treatments and their potential for incorporating them in food products.

## MATERIALS AND METHODS

### Chickpea formulations

This study used the chickpea variety Blanco Sinaloa 92, from Guasave, Sinaloa, Mexico, in the 2015-2016 crop cycle and the samples were obtained randomly. Chickpea formulations were raw chickpea flour (HCR), cooked chickpea grain (GCO) and cooked chickpea flour (HCO). To obtain HCR, 500 g of seed were triturated in an industrial blender (Diremco 6172-6-2) and in a ball mill (Generatoris FF-MB-002/PE), for 30 min. The samples were stored in aluminum bags at 25 °C. The GCO and HCO formulations were obtained by hydrothermal drying, which is the method proposed for quinchoncho (*Cajanus cajan*) flour by Praderes *et al.* (2009), but they were cooked at 95 °C for 50 min and dried at 93 °C for 70 min. For GCO, the HCO process was repeated up to fragmentation of the grain triturated in the blender. This formulation was stored at 5 °C in aluminum bags.

### Chemical composition and properties of the flour

Moisture content, ash, fat, protein and fiber were evaluated in triplicate with AOAC (2000) standardized methods. Moisture

### Composición química y propiedades de la harina

El contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra se evaluaron por triplicado con los métodos estandarizados de la AOAC (2000). La humedad se realizó según el método AOAC 4.1.03 (2000), Método 934.01, en una estufa (Yamato DNE400) a 100 °C, por al menos 8 h. La grasa o extracto etéreo soluble se cuantificó como lo indica AOAC 4.1.05 (2000), Método 920.39, en muestra libre de humedad y en equipo de extracción Soxhlet. El contenido de proteína se determinó en la muestra seca y libre de grasa con el Método 960.52 de la AOAC 12.1.07 (2000) en un equipo digestor y destilador (Scorpion). Las cenizas se cuantificaron con el Método 942.05, de la AOAC (2000) en mufla (Felisa FE-363) a 550 °C por 4 h o más. El contenido de fibra se determinó por el método 962.09 de la AOAC (2000) en un extractor de fibra (Scorpion Scientific A-50290). El pH se determinó en 10 g de muestra suspendida en 40 mL de agua destilada con un potenciómetro HANNA (modelo 211) (AOAC, 2000). La actividad de agua ( $A_w$ ) se midió según el manual del equipo (Ro Tronic GROPALM). La capacidad de retención de agua (CRA) se midió en 1 g de muestra suspendida en 10 mL de agua destilada, después de agitar por 24 h y centrifugar (SIGMA 3-30KS) a 4750 rpm (30 min). La diferencia del volumen del sobrenadante y el inicial fue el valor CRA ( $\text{mL g}^{-1}$ ) (Chau y Cheung, 1998; Aguilera *et al.*, 2009). La capacidad de absorción de agua (CA) se evaluó en 1 g de muestra en 10 mL de agua destilada, después de agitar 1 h y centrifugar (SIGMA 3-30KS) a 4750 rpm (30 min). El volumen del sobrenadante, separado en una probeta, se midió y pesó (Aguilera *et al.*, 2009). La capacidad espumante (CE) se determinó en 1 g de muestra mezclada en 50 mL de agua y homogeneizada (Incu-Shaker H1000) por 5 min. El volumen inicial y final de la espuma se midió en una probeta. La estabilidad de la espuma (EE) se calculó con la diferencia del volumen de la espuma después de 30 s menos su volumen antes de agitar, entre el volumen inicial de la espuma. El valor se reportó en porcentaje (Aguilera *et al.*, 2009). La capacidad emulsificante (CEm) se evaluó en 1 g de muestra, con 20 mL de agua destilada y 7 mL de aceite de maíz con agitación. La muestra se centrifugó 1 h a 3000 rpm. La capa emulsificada se midió respecto al volumen total (Aguilera *et al.*, 2009). La capacidad de gelificación se midió por triplicado en suspensiones de la muestra al 4, 8, 12, 13, 14, 16, 18 y 20 % (p:v) en agua destilada, en muestras de 0.2, 0.4, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 y 1 g y 5 mL de agua destilada, en tubo de ensaye. Las muestras permanecieron en un baño de agua a 100 °C 1 h, luego en un baño de hielo por 1 h (Chau y Cheung, 1998; Aguilera *et al.*, 2009).

content was determined following the AOAC method 4.1.03 (2000), Method 934.01, in an oven (Yamato DNE400) at 100 °C for at least 8 h. The fat or soluble ether extract was quantified as indicated by AOAC 4.1.05 (2000), Method 920.39, in a moisture-free sample in Soxhlet extraction equipment. The protein content was determined in a fat-free dry sample with Method 960.52 of the AOAC 12.1.07 (2000) in a digester and distiller (Scorpion). Ash was quantified with AOAC Method 942.05 (2000) in a muffle furnace (Felisa FE-363) at 550 °C for 4 h or more. Fiber content was determined by AOAC (2000) method 962.09 in a fiber extractor (Scorpion Scientific A-50290). pH was determined in 10 g of sample suspended in 40 mL of distilled water with a potentiometer HANNA (model 211) (AOAC, 2000). Water activity ( $A_w$ ) was measured following the equipment manual (Ro Tronic GROPALM).

Water retention capacity (CRA) was measured in 1 g of sample suspended in 10 mL of distilled water after shaking for 24 h and centrifuged (SIGMA 3-30KS) at 4750 rpm (30 min). The difference between the supernatant volume and the initial volume was the CRA value ( $\text{mL g}^{-1}$ ) (Chau and Cheung, 1998; Aguilera *et al.*, 2009).

Water absorption capacity (CA) was evaluated in 1 g of sample in 10 mL of distilled water after shaking for 1 h and centrifuging (SIGMA 3-30KS) at 4750 rpm (30 min). The volume of the supernatant, separated in a test tube, measured and weighed (Aguilera *et al.*, 2009).

Foaming capacity (CE) was determined in 1 g of sample mixed in 50 mL of water and homogenized (Incu-Shaker H1000) for 5 min. Initial and final volume of the foam was measured in a test tube. Foam stability (EE) was calculated as the difference in volume after 30 s minus its volume before shaking, divided by initial foam volume. The value was reported as a percentage (Aguilera *et al.*, 2009).

The emulsifying capacity (CEm) was evaluated in 1 g of sample, shaken with 20 mL distilled water and 7 mL of maize oil. The sample was centrifuged for 1 h at 3000 rpm. The emulsified layer was measured relative to total volume (Aguilera *et al.*, 2009).

Gelation capacity was measured in triplicate in suspensions of sample at 4, 8, 12, 13, 14, 16, 18 and 20 % (w:v) in distilled water in samples of 0.2, 0.4, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 and 1 g and 5 mL distilled water in test tubes. The samples were kept in a water bath at 100 °C for 1 h, then in an ice bath for 1 h (Chau and Cheung, 1998; Aguilera *et al.*, 2009).

## Capacidad antioxidante

### Preparación de extractos hidrofílicos

Los extractos hidrofílicos se prepararon en triplicado. Un g de HCR y HCO (pesado en balanza analítica; PR 2003 Deltarange) se homogenizó (Homogenizador IKA, ultra Turrax) en 20 mL de metanol al 80 % (J.T. Baker), el homogenizado se mantuvo en un sonicador (Branson 2510) por 30 min, y se centrifugó (SIGMA 3-30KS) a 14,000 rpm por 15 min a 4 °C. El volumen de dos lavados adicionales con 10 mL de metanol 80 % se recolectó y filtró con papel Whatman No. 1; los extractos (EHCR y EHCO) se aforaron a 30 mL con metanol al 80 % y almacenaron a -20 °C hasta su uso. En ellos se determinaron fenoles totales y capacidad antioxidante (Shivashankara *et al.*, 2004). Para obtener GCO y EGCO se utilizaron 10 g de producto fresco con el método ya descrito.

### Contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales en los extractos se determinó con el método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) con algunas modificaciones. Cincuenta  $\mu\text{L}$  de extracto se mezclaron con 3 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  (desionizada) y 250  $\mu\text{L}$  del reactivo de Folin-Ciocalteu 1 N; se agitaron 8 min y agregaron 750  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20 %) y 950  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}$ , se agitaron de nuevo y mantuvieron 30 min en reposo. La absorbancia se determinó a 765 nm en un espectrofotómetro (UV-VIS HACH DR 6000). Los resultados se expresaron como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por g de biomasa seca.

### DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidracil)

La capacidad de los extractos para inactivar al radical estable DPPH se evaluó con el método de Brand-Williams *et al.* (1995). La solución base se obtuvo con 2.5 mg de radical DPPH en 100 mL de metanol puro. La solución se ajustó a  $0.7 \pm 0.02$  (515 nm). La reacción se desarrolló con 3.9 mL de radical DPPH y 100  $\mu\text{L}$  de cada extracto. Las mezclas se agitaron y se dejaron reposar en la oscuridad 30 min. La reducción del radical se determinó a 515 nm en espectrofotómetro (UV-VIS HACH DR 6000). La actividad se expresó como de inhibición del radical DPPH en porcentaje

### TEAC (capacidad antioxidante en equivalentes Trolox)

El valor TEAC se determinó con la técnica de Pellegrini *et al.* (1999), que se basa en la capacidad de los extractos para inactivar el radical  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazoline-6-

## Antioxidant capacity

### Preparation of hydrophilic extracts

Hydrophilic extracts were prepared in triplicate. One gram of HCR and HCO (weighed on an analytical balance, PR 2003 Deltarange) was homogenized (Homogenizador IKA, ultra Turrax) in 20 mL of 80 % methanol (J.T. Baker), placed in a sonicator (Branson 2510) for 30 min and centrifuged (SIGMA 3-30KS) at 14,000 rpm for 15 min at 4 °C. The volume of two additional washes with 10 mL of 80 % methanol was collected and filtered with Whatman No. 1 paper. The extracts (EHCR and EHCO) were gauged to 30 mL with 80 % methanol and stored at -20 °C until use. In these extracts, total phenols and antioxidant capacity were determined (Shivashankara *et al.*, 2004). To obtain GCO and EGCO, 10 g of fresh product were used with the method described above.

### Total phenol content

Total phenol content in the extracts was determined with the Folin-Ciocalteu method (Singleton and Rossi, 1965) with some modifications. Fifty  $\mu\text{L}$  of extract were mixed with 3 mL  $\text{H}_2\text{O}$  (deionized) and 250  $\mu\text{L}$  of the reagent Folin-Ciocalteu 1 N. This mixture was shaken for 8 min and, after adding 750  $\mu\text{L}$  of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20 %) and 950  $\mu\text{L}$   $\text{H}_2\text{O}$ , it was shaken again, then left to set 30 min. Absorbance was determined at 765 nm in a spectrophotometer (UV-VIS HACH DR 6000). The results were expressed as mg of gallic acid equivalents (EAG) per g of dry biomass.

### DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil)

The capacity of the extracts to inactivate the stable DPPH radical was evaluated with the method of Brand-Williams *et al.* (1995). The solution was adjusted to  $0.7 \pm 0.02$  (515 nm). The reaction developed with 3.9 mL of DPPH radical and 100  $\mu\text{L}$  of each extract. The mixtures were shaken and left in repose in darkness for 30 min. Reduction of the radical was determined at 515 nm in a spectrophotometer (UV-VIS HACH DR 6000). Activity was expressed as DPPH radical inhibition in percentage.

### TEAC (Trolox equivalents of antioxidant capacity)

The TEAC value was determined with the technique of Pellegrini *et al.* (1999), which is based on the capacity of the extracts to inactivate the  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  radical (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid). The cation was generated with 19.2 mg  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  solubilized in 5 mL of deionized water and

sulfónico). El catión se generó con 19.2 mg de ABTS<sup>•+</sup> solubilizados en 5 mL de agua desionizada y 88 µL de K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (0.0378 g mL<sup>-1</sup>). La solución madre se mantuvo en oscuridad a temperatura ambiente por 16 h. A 1 mL de radical ABTS<sup>•+</sup> activado se agregaron 88 mL de metanol y se ajustó a 0.7±0.02 (734 nm); se adicionaron 2970 µL de ABTS<sup>•+</sup> a 30 µL de cada extracto, la absorbancia a 734 nm se monitoreó al minuto 1 y 5 después del mezclado inicial. Los resultados se presentaron como µmoles de equivalentes Trolox (ET) g<sup>-1</sup> de materia seca (ps).

**Análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente aleatorizado y los tratamientos fueron las formulaciones (HCR, GCO y HCO), por triplicado. Los datos se analizaron con ANDEVA de una vía (MINITAB 16) y las diferencias entre los valores promedio se evaluaron con la prueba de Tukey (p≤0.05).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Composición química**

Algunas propiedades de las proteínas se modifican con el pH; así, HCR (6.11±0.01) mostró el pH menor p≤0.05 respecto a HCO (6.45±0.01) y GCO (6.71±0.01). La tendencia del aumento de pH proporcional al procesamiento térmico es atribuible a la solubilización de los aminoácidos básicos. Aguilera *et al.* (2009) reportaron este efecto y afirmaron que la funcionalidad de las proteínas es dependiente del pH. Entre HCR y HCO no hubo diferencia significativa (p>0.05) en A<sub>w</sub> (0.39), pero sí las hubo en GCO (0.40), debido al contenido mayor de humedad de la formulación (Cuadro 1). Todos estos valores son similares a los reportados por Cuevas *et al.* (2008).

Los tratamientos térmicos disminuyeron el N proteico, la grasa y las cenizas lo cual se atribuyó a la

88 µL K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (0.0378 g mL<sup>-1</sup>). The mother solution was kept in darkness at room temperature for 16 h. An aliquot of 1 mL of activated ABTS<sup>•+</sup> radical was 88 mL methanol and gauged to 0.7±0.02 (734 nm), 2970 µL ABTS<sup>•+</sup> was added to 30 µL of each extract. Absorbance at 734 nm was monitored at minute 1 and 5 after initial mixing. The results are presented as µmoles of Trolox equivalents (ET) g<sup>-1</sup> of dry matter (dw).

**Statistical analysis**

The experimental design was completely randomized, and the treatments were the formulations (HCR, GCO and HCO), in triplicate. The data were analyzed with a one-way ANOVA (MINITAB 16), and the differences between average values were evaluated with the Tukey test (p≤0.05).

**RESULTS AND DISCUSSION**

**Chemical composition**

Some properties of the proteins were modified by pH. HCR (6.11±0.01) had a lower pH (p≤0.05) than HCO (6.45±0.01) and GCO (6.71±0.01). The trend of increasing pH proportional to heat processing is attributable to solubilization of basic amino acids. Aguilera *et al.* (2009) reported this effect and confirmed that protein functionality is dependent on pH. Between HCR and HCO, there was no significant difference (p>0.05) in A<sub>w</sub> (0.39), but there was in GCO (0.40) due to the higher moisture content of the formulation (Table 1). All these values are similar to those reported by Cuevas *et al.* (2008).

The heat treatments decreased protein N, fat and ash; this was attributed to the incorporation of water during cooking. HCR and HCO were not different (p>0.05) in protein content. In contrast, there were

**Cuadro 1. Composición química de garbanzo en formulaciones. Table 1. Chemical composition of chickpea formulations.**

Formulaciones	Humedad	Proteína	Contenido (%)			
			Grasa	Fibra	Carbohidratos	Ceniza
HCR	8.62 b	22.62 a	7.81 a	3.39 a	54.42 a	3.14 a
GCO	61.87 a	9.29 c	3.03 c	1.51 b	23.46 b	0.84 c
HCO	9.94 b	21.17 b	6.98 b	3.27 a	54.30 a	2.34 b

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en una columna indican diferencia significativa (p≤0.05). HCR: harina de garbanzo crudo; GCO: garbanzo cocido; HCO: harina de garbanzo cocido ♦ <sup>a,b,c</sup> Different letters in a column indicate significant differences (p≤0.05). HCR: raw chickpea flour; GCO: cooked chickpea; HCO: cooked chickpea flour.

incorporación del agua durante la cocción. HCR y HCO no presentaron diferencias ( $p=0.05$ ) en el contenido de proteína. En contraste, sí hubo diferencias ( $p\leq 0.05$ ) respecto a GCO. Con los tratamientos térmicos en GCO y HCO la proteína disminuyó discretamente y esto fue similar a los resultados obtenidos por Arab *et al.* (2010) quienes evaluaron harina de garbanzo crudo y cocinado, por lo cual pudo disminuir la estabilidad en su estructura cuaternaria, terciaria y secundaria. Pero en nuestro estudio el cambio no fue significativo (Cuadro 1)

El extracto etéreo del garbanzo fue mayor (3.4 a 8.8 %) que el de otras leguminosas; en HCR fue mayor y en GCO el menor ( $p\leq 0.05$ ). Este valor coincidió con el de Wood y Grusak (2007) y es un poco menor al de Wang *et al.* (2010) en harinas de frijol y garbanzo con cocción.

El contenido de fibra fue mayor en HCR ( $p\leq 0.05$ ) respecto a HCO, HCR y GCO, lo cual pudo resultar de la formación de almidón resistente durante la cocción, con propiedades similares a la fibra, y a las diferencias del contenido de humedad entre tratamientos. Estos resultados fueron similares a los de Aguilera *et al.* (2009), mientras que los resultados en HCR y HCO fueron ligeramente mayores a los reportados por Arab *et al.* (2010) y Wang *et al.* (2010), en harina de garbanzo crudo y cocido.

Los carbohidratos fueron la fracción más abundante en el garbanzo (51 a 71 % en las formulaciones), HCR y HCO tuvieron los contenidos mayores, y estos resultados coincidieron con los de Aguilera *et al.* (2009). Garbanzo cocido presentó el menor porcentaje de carbohidratos debido a su proporción mayor de agua.

El contenido de cenizas fue mayor ( $p\leq 0.05$ ) en HCR y menor en GCO. Los resultados HCR, de la variedad Desi fueron similares a los de Zia-Ul-Haq *et al.* (2007). Los porcentajes de ceniza de GCO y HCO coincidieron con los de Xu *et al.* (2013) con tratamientos térmicos.

### Propiedades funcionales de las proteínas

Aguilar-Raymundo y Vélez-Ruiz (2013) señalaron que las proteínas de garbanzo son albúminas, globulinas y glutelinas, que también están en trigo y huevo. En nuestro estudio la capacidad de absorción aumentó con la cocción y el secado; así, CA presentó diferencias significativas ( $p\leq 0.05$ ) (Cuadro 2), mientras que HCO mostró un valor similar al

diferencias ( $p\leq 0.05$ ) relativa a GCO. With the heat treatments, protein decreased discretely in GCO and HCO, and this was similar to the results obtained by Arab *et al.* (2010) who evaluated raw and cooked chickpea flour and found that heat treatments were able to decrease the stability in their quaternary, tertiary and secondary structure. But in our study the change was not significant (Table 1).

Ether extract of chickpea was higher (3.4 to 8.8 %) than that of other legumes. In HCR it was higher and in GCO it was the lowest ( $p\leq 0.05$ ). This value coincided with Wood and Grusak (2007) and was a little lower than that of Wang *et al.* (2010) in cooked bean and chickpea flours.

Fiber content was higher ( $p\leq 0.05$ ) in HCR than in HCO, HCR and GCO, which could be a result of the formation of resistant starch during cooking with properties similar to the fiber and of the differences in moisture content among treatments. These results were similar to those of Aguilera *et al.* (2009), while the results in HCR and HCO were slightly higher than those reported by Arab *et al.* (2010) and Wang *et al.* (2010) in raw and cooked chickpea flour.

Carbohydrates were the most abundant fraction in chickpea (51 to 71 % in the formulations) HCR and HCO had the highest contents, and these results coincided with those of Aguilera *et al.* (2009). Cooked chickpea had the lowest percentage of carbohydrates due to its higher proportion of water.

Ash content was higher ( $p\leq 0.05$ ) in HCR and lower in GCO. The HCR results, of the Desi variety, were similar to those of Zia-Ul-Haq *et al.* (2007). The percentages of ash of GCO and HCO coincided with those of Xu *et al.* (2013) with heat treatments.

### Functional properties of the proteins

Aguilar-Raymundo and Vélez-Ruiz (2013) pointed out that the proteins in chickpea are albumins, globulins and glutelins, which are also in wheat and eggs. In our study, the capacity of absorption increased with cooking and drying. Thus, CA had significant differences ( $p\leq 0.05$ ) (Table 2), while HCO had a value similar to that found by Aguilera *et al.* (2009) and Arab *et al.* (2010). According to Jogihalli *et al.* (2017), this increase can cause absorption of water through the food fiber and dissociation of proteins, which increases exposure of polar groups in peptidic chains. GCO was a moist sample and so it did not absorb more.

**Cuadro 2. Propiedades funcionales de garbanzo en formulaciones.****Table 2. Functional properties of chickpea formulations.**

Evaluación funcional	Parámetro				
	CA (mL g <sup>-1</sup> )	CRA (mL g <sup>-1</sup> )	CE (%)	EE (%)	CEm (%)
HCR	1.83 b	1.16 c	48.89 a	100 a	45.2 a
GCO	0.97 c	4.57 a	6.52 c	33.3 b	32.53 b
HCO	3.80 a	2.73 b	8.70 b	100 a	14.13 c

a,b,c Letras diferentes en cada columna indican diferencia significativa (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). HCR: harina de garbanzo crudo; GCO: garbanzo cocido; HCO: harina de garbanzo cocido; CA: capacidad de absorción; CRA: capacidad de retención de agua; CE: capacidad de espumado; EE: estabilidad de la espuma; CEm: capacidad de emulsionante. ♦ a,b,c Different letters in each column indicate significant difference (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). HCR: raw chickpea flour; GCO: cooked chickpea; HCO, cooked chickpea flour; CA: absorption capacity; CRA: capacity of water retention; CE: foaming capacity; EE: foaming stability; CEm: emulsion capacity.

documentado por Aguilera *et al.* (2009) y Arab *et al.* (2010). Según Jogihalli *et al.* (2017), este aumento puede provocarlo la absorción de agua por la fibra alimentaria y la disociación de las proteínas, que incrementa la exposición de grupos polares en las cadenas peptídicas. GCO era una muestra húmeda, por lo cual no absorbió más.

En CRA hubo diferencias ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Los valores de HCO fueron similares a los que obtuvieron Jogihalli *et al.* (2017) con procesamiento térmico mínimo y potencia baja. Además de las proteínas, los carbohidratos y la fibra contribuyeron a esta característica. A pesar de que GCO presentó CRA mayor, su manejo en la producción de alimentos podría dificultarse por su contenido elevado de humedad.

Las formulaciones presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en CE debido a las diferencias durante la cocción y deshidratación. La disminución en GCO y HCO fue 42.37 % y 40.2 % respecto a HCR. Estos valores fueron mayores a los obtenidos por Jogihalli *et al.* (2017) durante el tostado del garbanzo y por Aguilera *et al.* (2009) en muestras liofilizadas. Los valores bajos de CE de las muestras procesadas son resultado de cambios en la configuración original de las proteínas durante la cocción y deshidratación. Las moléculas de proteínas flexibles permiten formar espuma y las globulares generan CE menor, ya que no reducen la tensión superficial de la interfase aire-agua. De acuerdo con Aguilera *et al.* (2009), la solubilización de las proteínas en las muestras reduce con la cocción y deshidratación; esto disminuye la capacidad espumante. Garbanzo cocido

There were differences ( $p \leq 0.05$ ) in CRA among treatments. HCO values were similar to those obtained by Jogihalli *et al.* (2017) with minimum heat processing and low potency. Besides proteins, carbohydrates and fiber contributed to this characteristic. Although GCO had a higher CRA, its handling in food production could become more difficult because of its high moisture content.

The formulations were significantly different ( $p \leq 0.05$ ) in CE due to the differences during cooking and dehydration. The decrease in GCO and HCO was 42.37 % and 40.2 % relative to HCR. These values were higher than those obtained by Jogihalli *et al.* (2017) during roasting chickpea and by Aguilera *et al.* (2009) in lyophilized samples. The low CE values of processed samples are the result of changes in the original configuration of the proteins during cooking and dehydration. The flexible protein molecules permit foaming and the globular molecules generate lower CE, since they do not reduce the surface tension of the air-water interface. According to Aguilera *et al.* (2009), solubilization of the proteins in the samples decreases with cooking and dehydration, decreasing foaming capacity. Cooked chickpea differed because of the high moisture content. Badui (2012) and Sikorski (2007) indicated that foam stability depends on type of protein, degree of denaturalization, pH, temperature and mixing methods.

HCR and HCO do not differ ( $p > 0.05$ ) in EE, but GCO was different ( $p \leq 0.05$ ). These results were similar to those documented by Wen *et al.* (2008) in Kabuli-type chickpea, which exhibited 94.7 % stability after 120 min, but the high content of moisture in GCO decreased stability.

difirió por su contenido alto de humedad. Badui (2012) y Sikorski (2007) indicaron que la estabilidad de la espuma depende de: tipo de proteína, grado de desnaturalización, pH, temperatura y métodos de mezclado.

HCR y HCO no difirieron ( $p=0.05$ ) en EE, pero GCO sí fue diferente ( $p\leq 0.05$ ). Estos resultados fueron similares a los documentados por Wen *et al.* (2008) en garbanzo tipo Kabuli, que mostró 94.7 % de estabilidad después de 120 min, pero el contenido alto de humedad en GCO disminuyó la estabilidad.

Las formulaciones presentaron diferencia ( $p\leq 0.05$ ) en CEm, debido a los tratamientos térmicos. Los resultados fueron similares a los de Ionescu *et al.* (2011) en emulsión de garbanzo (1 a 40 %). Entre los factores que intervienen están las características estructurales de la proteína, el grado de hidrólisis, el contenido y el arreglo de aminoácidos, la temperatura, el pH y los iones (Sikorski, 2007).

La capacidad de gelificación es una propiedad funcional usada en la industria alimentaria, porque contribuye a la plasticidad, elasticidad y viscosidad de ciertos alimentos (Ionescu *et al.*, 2011). La formación del gel del garbanzo mostró que la capacidad de gelificación depende directamente de la concentración de las formulaciones. Esto lo demostraron Ma *et al.* (2011) en harinas de garbanzo descascarillado. En HCR y HCO se obtuvieron geles y firmes a partir de concentraciones de 13 y 20 %; HCO mostró el valor mayor y GCO el menor. Estos resultados fueron similares a los de Kaur y Singh (2007) y Ma *et al.* (2011) a partir de concentraciones de 15 %.

### Capacidad antioxidante

Las harinas de garbanzo crudo (EHCR), garbanzo cocido (EGCO) y harina de garbanzo cocido (EHCO) presentaron diferencias ( $p\leq 0.05$ ) en el contenido de fenoles totales (Cuadro 3). Estas diferencias pueden deberse a variaciones genéticas entre los cultivares o a diferencias en estado de madurez del grano, prácticas agronómicas, manejo y tratamientos postcosecha. Entre EHCR y EHCO no hubo diferencias ( $p=0.05$ ), lo cual mostró la estabilidad al remojo, cocción y deshidratación de esos compuestos. El contenido de fenoles fue similar a los valores que obtuvieron Aguilera *et al.* (2011) en garbanzo variedad Sinaloa después de diferentes procesos térmicos; esta variedad contrastó con Castellano que mostró inestabilidad en el contenido de fenoles totales.

The formulations were different ( $p\leq 0.05$ ) in CEm due to heat treatments. The results were similar to those of Ionescu *et al.* (2011) in chickpea emulsion (1 to 40 %). Among the factors that intervene are the structural characteristics of the protein, the degree of hydrolysis, content and arrangement of amino acids, temperature, pH and the ions (Sikorski, 2007).

Gelation capacity is a functional property for the food industry because it contributes to plasticity, elasticity and viscosity of certain foods (Ionescu *et al.*, 2011). The formation of chickpea gel showed that gelation capacity depends directly on the concentration of the formulations. This was demonstrated by Ma *et al.* (2011) in de-husked chickpea flour. With HCR and HCO, firm gels were obtained from 13 and 30 % concentrations. HCO had the highest value and GCO the lowest. These results were similar to those of Kaur and Singh (2007) and Ma *et al.* (2011) from 15 % concentrations.

### Antioxidant capacity

Crude chickpea flours (EHCR), cooked chickpea (EGCO), and cooked chickpea flour (EHCO) presented differences ( $p\leq 0.05$ ) in total phenol content (Table 3). These differences may be due to genetic variations among the cultivars or to differences in the stage of maturity of the grain, agronomic practices, management and postharvest treatments. Between EHCR and EHCO, there were no differences ( $p>0.05$ ); this indicates stability when these compounds were soaked, cooked and

**Cuadro 3. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos de garbanzo.**

**Table 3. Content of phenolic compounds and antioxidant capacity of chickpea extracts.**

Tratamiento	Fenoles (mg AG g <sup>-1</sup> ps)	DPPH (% inhibición)	TEAC ( $\mu$ M ET g <sup>-1</sup> ps)
EHCR	55.32 a	3.28 a	5.01 a
EHCO	51.00 a	2.71 a	4.90 a
EGCO	26.72 b	2.28 a	0.80 b

ab, Letras diferentes en una columna indican diferencia significativa (Tukey;  $p\leq 0.05$ ). EHCR: extracto de harina de garbanzo crudo, EHCO: extracto de harina de garbanzo cocido y EGCO: extracto de garbanzo cocido ♦ ab, Different letters in a column indicate significant difference (Tukey;  $p\leq 0.05$ ). EHCR: extract from raw chickpea flour; EHCO: extract from cooked chickpea flour; EGCO: extract of cooked chickpea.



Las características estructurales de los compuestos fenólicos permiten captar radicales libres y esta es una propiedad relacionada con la actividad antioxidante. Por lo tanto, el perfil de compuestos fenólicos proporcionaría información de su contribución a la capacidad antioxidante.

El contenido mayor de fenoles en EHCR se debió a que la cuantificaron incluyó los compuestos de endospermo y cascarilla. El contenido menor en EGCO se debió a la cocción y al desprendimiento de cascarilla, lo que disminuye la concentración de polifenoles (Segev *et al.*, 2011). Los resultados de capacidad antioxidante fueron similares entre las técnicas DPPH y TEAC. La capacidad antioxidante fue mayor en EHCR y menor en EGCO (Cuadro 3). Los resultados de DPPH fueron mayores a los que obtuvieron Zia-Ul-Haq *et al.* (2008) en garbanzo Desi (1.05-1.24) y ligeramente menores a los de Niño-Medina *et al.* (2017) en cascarilla de garbanzo. La concentración de estos compuestos es mayor en la cascara del grano. Los valores en EHCR y EHCO fueron menores a los obtenidos por Aguilera *et al.* (2011) (16.0 y 16.5  $\mu\text{M ET g}^{-1}$  ps) en capacidad antioxidante de garbanzo Castellano y Sinaloa. Las diferencias en el contenido de compuestos fenólicos no modificaron la capacidad antioxidante en DPPH, la cual depende de la presencia de otros compuestos bioactivos.

## CONCLUSIONES

$A_w$  permanece constante en las harinas, pero en grano cocido se afecta por el contenido de humedad. El tratamiento térmico también disminuye el contenido de proteína, fibra y grasa. La capacidad de absorción y retención de agua y gelificación aumenta en función del tratamiento térmico aplicado a las harinas; sin embargo, la estabilidad de la espuma y capacidad de emulsificación disminuyeron.

La capacidad antioxidante de los extractos no disminuye con el tratamiento térmico aplicado a la harina de garbanzo y es mayor que en grano cocido.

La harina de garbanzo cocido puede utilizarse para elaborar alimentos con esta leguminosa, como productos embutidos, bebidas nutraceuticas y productos de panificación.

dehydrated. The content of phenols was similar to the values obtained by Aguilera *et al.* (2011) in the chickpea variety Sinaloa after different heat processes. This variety contrasted with the Castellano variety, which exhibited instability in total phenol content.

Structural characteristics of the phenolic compounds allow capturing free radicals, and this is a property related to antioxidant activity. Therefore, the profile of phenolic compounds provides information of their contribution to antioxidant capacity.

The higher phenol content in EHCR was because quantification included the compounds of endosperm and husk. The lower content in EGCO was due to cooking and detachment of the husk, which decreases the concentration of polyphenols (Segev *et al.*, 2011). The results of antioxidant capacity were similar among the DPPH and TEAC techniques. The antioxidant capacity was higher in EHCR and lower in EGCO (Table 3). The results of DPPH were higher than those obtained by Zia-Ul-Haq *et al.* (2008) in chickpea Desi (1.05-1.24) and slightly lower than those reported by Niño-Medina *et al.* (2017) in chickpea husks. The values in EHCR and EHCO were lower than those obtained by Aguilera *et al.* (2011) (16.0 and 16.5  $\mu\text{M ET g}^{-1}$  dw) in antioxidant capacity of the chickpea varieties Castellano and Sinaloa. The differences in contents of phenolic compounds did not modify the antioxidant capacity in DPPH, which depends on the presence of other bioactive compounds.

## CONCLUSIONS

$A_w$  remains constant in the flours, but it cooked grain it is affected by moisture content. Heat treatment also decreases the contents of protein, fiber and fat. The water absorption and retention capacity and gelation increase in function of the heat treatment applied to the flours. However, foam stability and emulsifying capacity decreased.

Antioxidant capacity of the extracts does not decrease with the heat treatment applied to chickpea flour and is higher in cooked grain.

Cooked chickpea flour can be used to prepare foods with this legume, such as sausages, nutraceutical beverages and bakery products.

—End of the English version—

-----\*

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Raymundo V. G., y J. F. Vélez-Ruiz. 2013. Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *TSIA*. 7: 25-34.
- Aguilera Y., M. Dueñas, I. Estrella, T. Hernández, V. Benitez, R. M. Esteban, and M. A. Martín-Cabrejas. 2011. Phenolic profile and antioxidant capacity of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) as affected by a dehydration process. *Plant Food-Hum. Nutr.* 66: 187-195.
- Aguilera Y., R. M. Esteban, V. Benitez, E. Mollá, and M.A. Martín-Cabrejas. 2009. Starch, functional properties, and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. *J. Agric. Food Chem.* 57: 10682-10688.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. International 17th edition. Gaithersburg, MD. USA.
- Arab E. A., I. M. F. Helmy and G. F. Barih. 2010. Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour and the improvement of spaghetti produced from its. *Am. J. Sci.* 6: 1055-1072.
- Badui S. 2012. Química de los Alimentos. 5ta Ed. Pearson Education, México. pp: 163-179.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - J. Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
- Chau C. F., and C. K. Cheung P. 1998. Functional properties of flour prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chem.* 61: 429-433.
- Cuevas R. E. O., S. Mora R., N. M. Verdugo M., P. I. Angulo B., J. Milán C., R. Mora E., J. A. López V., J. A. Garzón T., y C. Reyes M. 2008. Propiedades fisicoquímicas y nutricionales de harina de garbanzo fermentado (TEMPE). In: Flores C. L. M. (ed). *La Investigación Científica, Tecnológica y Social en la UAS*. 1ra. edición, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. Diciembre. pp: 353-359.
- Ionescu A., I. Aprodu, G. Gurau, and I. Banu, I. 2011. Rheology of chickpea protein concentrate dispersions. *Sci. Stud. Res. Chem. Chemic. Engin. Biotechnol. Food Ind.* 12: 387-399.
- Joghialli P., L. Singh, and V. S. Sharanagat. 2017. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). *LWT - J. Food Sci. Technol.* 79: 223-233.
- Jukanti A. K., P. M. Gaur, C. L. L. Gowda, and R. N. Chibbar. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *Br. J. Nutr.* 108: 11-S26.
- Kaur M., and N. Singh. 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chem.* 102: 366-374.
- Ma Z., J. I. Boye, B. K. Simpson, S. O. Prasher, D. Monpetit, and L. Malcolmson. 2011. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Res. Int.* 44: 2534-2544.
- Niño-Medina, G., D. Muy-Rangel, A. D. J. Garza Juárez, J. A. Vázquez-Rodríguez, G. Méndez Zamora, y V. Urías-Orona. 2017. Composición nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarrilla de garbanzo (*Cicer arietinum*). *ALAN* 67: 68-73.
- Pellegrini N., R. Re, Y. Min, and C. Rice-Evans. 1999. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2, 2'-azinobis (3-ethylene-benzothiazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay. *Methods Enzymol.* 299: 379-389.
- Praderes G., A. García, y E. Pacheco. 2009. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchocho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 35: 79-84.
- Pusztai A., S. Bardocz, and M. A. Martín-Cabrejas. 2004. The mode of action of ANFs on the gastrointestinal tract and its microflora. In *Proceedings of the Fourth International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds*; Muzquiz, M., G. D. Hill, C. Cuadrado, M. M. Pedrosa, and C. Burbano (eds), EAAP, Wageningen, Toledo Spain, March 8-11. pp: 87-100.
- Segev A., H. Badani, L. Galili, R. Hovav, Y. Kapulnik, I. Shomer, and S. Galili. 2011. Total phenolic content and antioxidant activity of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by soaking and cooking conditions. *FNS* 2: 724-730.
- Shivashankara K. S., S. Isobe, M. I. Al-Haq, M. Takenaka, and T. Shiina. 2004. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment. *J. Agric. Food Chem.* 52: 1281-1286.
- Sikorski Z. E. 2007. The role of proteins in food. In: *Chemical and Functional Properties of Food Components*. 3a ed. CRC Press Taylor & Francis Group, USA. pp: 129-1176.
- Singleton V. L., and J. A. Rossi Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16: 144-158.
- Thongram S., B. Tanwar, A. Chauhan, and V. Kumar. 2016. Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flours. *Cogent Food Agric.* 2: 1172389.
- Wang N., D. W. Hatcher, R. T. Tyler, R. Toews, and E. J. Gawalko. 2010. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Res. Int.* 43: 589-594.
- Wen R. G., S. W. Xian, G. Jian, S. Z. Ju, and M. Hao, 2008. Physicochemical and processing functional properties form two Chinese chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *J. Food Process. Preserv.* 34: 575-594.
- Wood J. A., and M. A. Grusak. 2007. Nutritional value of chickpea. In: *Yadav, S. S., R. Redden, W. Chen and B. Sharma. Chickpea Breeding & Management*. CAB International, USA. pp: 101-142.
- Xu Y., M. Thomas, and L. B. Harbans. 2013. Chemical composition, functional properties and microstructural characteristics of three kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by different cooking methods. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49: 1215-1223.
- Zia-Ul-Haq M., S. Iqbal, S. Ahmad, M. I. Bhanger, W. Wiczowski, and R. Amarowicz. 2008. Antioxidant potential of Desi chickpea varieties commonly consumed in Pakistan. *J. Food Lipids* 15: 326-342.
- Zia-Ul-Haq M., S. Iqbal, S. Ahmad, M. Imran, A. Niaz, and M. I. Bhanger. 2007. Nutritional and Compositional Study of Desi Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars Grown in Punjab, Pakistan. *Food Chem.* 105: 1357-1363.