

Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

V.G. Aguilar-Raymundo* y J.F. Vélez-Ruiz

Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla.

Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés, Cholula, Puebla. C.P.72810. México.

RESUMEN

Las nuevas tendencias en el consumo de alimentos y los cambiantes estilos de vida se han enfocado a buscar productos más saludables que además de su aporte nutricional tenga un efecto benéfico a la salud. Estas necesidades han impulsado a la búsqueda de alternativas para la producción de alimentos funcionales, por lo que se ha propuesto el aprovechamiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). En México, su uso ha sido limitado, siendo una leguminosa rica en proteínas (18 - 25%) de alto valor biológico, el contenido de polisacáridos principalmente de almidón resistente. Varios autores han estudiado las propiedades funcionales (capacidad de hidratación, capacidad emulsionante y formación de espuma) que presenta la harina de garbanzo, el aislado y el concentrado proteico, considerándolo como ingrediente funcional para su incorporación en diferentes productos alimenticios como postres tipo natillas, productos de panificación y productos cárnicos. Por lo anterior el objetivo de este trabajo es revisar las propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo y de su harina, como ingrediente potencial para el desarrollo de nuevos productos.

Palabras clave: garbanzo, harina de garbanzo, propiedades nutricionales y funcionales.

ABSTRACT

New trends in food consumption and changing lifestyles have focused on looking healthier products in addition to their nutritional have a beneficial effect on health. These needs have prompted the search for alternatives to the production of functional foods, it is proposed the use of chickpea (*Cicer arietinum* L.). In Mexico, its use has been limited, being a legume rich in protein content (18-25 %) of high biological value, and its content in polysaccharides, mainly resistant starch among other components. Several authors have studied the functional properties (hydration capacity, emulsifying capacity and foaming capacity) of the chickpea flour, isolate and protein concentrate, considering as them functional ingredients suggested for incorporation in different food products, such as custard desserts bakery products and meat products. Therefore, the objective of this paper is to review the nutritional and functional properties of chickpea flour and chickpea, as potential ingredient for the development of new products.

Keywords: chickpea, chickpea flour, nutrition and functional properties.

* Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126
Fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica:
victoria.aguilarro@udlap.mx

Introducción

En las últimas décadas la demanda del consumidor con respecto a los alimentos ha cambiado considerablemente, ya que cada vez busca productos que contribuyan directamente a su salud. En este sentido se ha planteado el aprovechamiento de las leguminosas de mayor consumo, tales como frijol (*Phaseolus vulgaris*), soya (*Glycine max*), lenteja (*Lens esculenta*), chícharo (*Pisum sativum*), lupinos (*Lupinus angustifolius*) y garbanzo (*Cicer arietinum* L.), para la elaboración de productos análogos a los alimentos de origen animal. Existe una variedad de estudios sobre el uso de las leguminosas, sin embargo, con respecto al garbanzo, hay poca información de su aprovechamiento. El garbanzo es una leguminosa de importancia comercial (Utrilla-Coello, Osorio-Díaz y Bello-Pérez, 2007; Aravind, Naganagoud y Veerappa, 2008) y ha sido consumido debido a sus propiedades nutricionales, representando una gran opción, principalmente por su alto contenido proteico.

En estudios recientes, se han incorporado proteínas, aislados proteicos y harina de garbanzo a diversas formulaciones para mejorar su valor nutricional, así como sus características funcionales y fisicoquímicas (Kaur y Singh, 2007; Yamsaengsung, Schoenlechner y Berghofer, 2010; Jukanti, Gaur, Gowda y Chibbar, 2010). El objetivo de este trabajo es revisar las propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo y de su harina, así como identificar su potencial para el desarrollo de nuevos productos a base de esta leguminosa.

Revisión bibliográfica

A nivel mundial, el garbanzo se consume principalmente como grano y el modo de prepararlo está determinado por factores étnicos y regionales. En algunas partes del mundo, especialmente en Asia y África, el garbanzo se utiliza para la preparación de guisos, sopas, ensaladas y además se consume asado, cocido, salado y fermentado. Estas diferentes formas de consumo ofrecen a las personas una valiosa nutrición y beneficios potenciales para la salud (Jukanti *et al.*, 2012).

En México, las formas en que se consume el garbanzo son en fresco, frito con chile como aperitivo o secado al sol. Para alimentos tradicionales se utiliza en sopas, cremas, harina para la preparación de atole y mondongo (Utrilla-Coello *et al.*, 2007).

1. Origen

El cultivo de garbanzo es muy antiguo y presenta bajos requerimientos para su siembra. Se ha cultivado desde el comienzo de la agricultura hace más de 9,500 años, desde Turquía hasta Irán (Redden y Berger, 2007; Frimpong, 2010). Algunos autores sugieren que se originó en el Cáucaso meridional y el norte de Persia. La evidencia lingüística sugiere que el tipo kabuli entró a la India a través de Kabul, capital de Afganistán hace unos dos siglos y que recibió el nombre de “kabuli chana” en hindú.

De acuerdo con estudios realizados mediante polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción, se ha llegado a la conclusión de que existen cuatro centros de biodiversidad de garbanzo: Pakistán-Afganistán, Iraq, Turquía y Líbano. Numerosas especies de plantas fueron domesticadas y aprovechadas en el cercano Oriente hace unos 11,000 años (Talebi, Naji y Fayaz, 2008).

1.1 Características botánicas y clasificación

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) pertenece a la familia *Leguminosae*. Es una planta anual, tiene raíces profundas, tallos pelosos y ramificados, que alcanzan una altura de hasta 0.60 m. La planta tiene abundancia de glándulas excretoras; las hojas son pari o imparipinnadas; folíolos de borde dentado; flores axilares solitarias; frutos en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior, ligeramente arrugadas, con dos grandes cotiledones (Morales-Cómez, Durón-Noriega, Martínez-Díaz, Núñez-Moreno y Fu-Castillo, 2004; Valencia, 2009; Frimpong, 2010).

Existen dos tipos de garbanzo: kabuli y desi. Morfológicamente son distintos; kabuli forma vainas relativamente largas, sus semillas son grandes, menos arrugadas, de color blanco o crema. El tipo desi, son semillas pequeñas y de color marrón, contiene una capa áspera con una angularidad pronunciada y la superficie fuertemente estriada. La cubierta de la semilla de tipo desi es considerablemente más gruesa que la de los tipos kabuli pero en ambos tipos hay buena adherencia del recubrimiento de la semilla y de los cotiledones (Ravi, 2005; Jukanti *et al.*, 2012).

Las características físicas del grano de garbanzo dependen de la variedad (genotipo) y de las condiciones ambientales durante su desarrollo. El conocimiento de las propiedades físicas es indispensable para el adecuado diseño del equipamiento, para el manejo, transporte y acondicionamiento de los granos. En un estudio realizado por Ravi (2005) reportó datos de diámetro perpendicular (7.58 ± 0.07 mm) y diámetro paralelo al cotiledón (9.47 ± 0.14) para el grano tipo kabuli. Por su realizaron mediciones de las dimensiones de longitud (7.92 - 8.14

mm), ancho (6.10-6.37 mm) y grosor (6.43-6.84 mm) para el grano de garbanzo tipo kabuli, por lo que se concluye que las características físicas están en función de la variedad del grano en estudio.

Los tipos de garbanzo que se producen en México provienen inicialmente de la región mediterránea (Francia, España e Italia) y asiática (India y Afganistán); las primeras se destinan al consumo humano (kabuli) y las segundas al forrajero (desi), en la Fig.1 se muestran estos tipos donde las principales diferencias son el color y el tamaño. Debe destacarse que estos tipos han sido adaptadas y mejoradas genéticamente, generando otras diversas variedades con altos rendimientos, semilla de calidad para el mercado de exportación y resistencia a distintas enfermedades. Algunas variedades que se han liberado y se cultivan en gran parte de México, son Surutato 77, Sonora 80, Santo Domingo 82, Tubatama-88, Mocorito- y Blanco-Sinaloa 92 y recientemente liberadas Costa 2004 y Blanco noroeste (Morales-Gómez *et al.*, 2004).

1.2 Requerimientos edafo-climáticos

El garbanzo es una planta catalogada como resistente a la sequía. En algunas regiones su cultivo se practica bajo condiciones de humedad residual, puede crecer bajo un rango de precipitación de 150 a 1,000 mm, siendo el óptimo alrededor de los 650 mm (Morales-Gómez *et al.*, 2004; Valencia, 2009).

Con respecto a la temperatura, las plantas no se dañan fácilmente por las bajas temperaturas, comunes en invierno; sin embargo, las heladas pueden afectar a la planta en las etapas de floración y formación de vainas. El rango térmico para su desarrollo es de 5-35°C, con un óptimo de 22°C. Una combinación de temperaturas diurnas de 18-25°C y nocturnas de 5-10°C resulta ser adecuada para el desarrollo del garbanzo (Valencia,

2009). Los suelos en los que se desarrolla adecuadamente el garbanzo son los silicio-arcillosos sin yeso. La profundidad del suelo deber ser mediana, con un mínimo de 25-60 cm. En relación a la salinidad del suelo, el garbanzo resulta ser ligeramente tolerante. El pH del suelo oscila en un rango de 4.2-8.6, siendo el óptimo de 7 (Morales-Gómez *et al.*, 2004; Valencia, 2009).

1.3 Producción internacional y nacional

El garbanzo se cultiva en diferentes partes del mundo, entre los países de mayor producción son: la India (8, 220,000 ton/año), Australia (513,338 ton/año) y Pakistán (496,000 ton/año). México ocupa el décimo lugar en cuanto a producción de garbanzo a nivel mundial (FAO, 2011).

En la producción nacional destacan los siguientes estados productores de garbanzo: Sonora (32,894.87 ton/año), Guanajuato (12, 449.55 ton/año), Michoacán (8,883.58 ton/año), Sinaloa (8,660.94 ton/año) y Baja California Sur (6,556.60 ton/año) (SIAP, 2011).

2. Propiedades nutricionales del garbanzo

La composición química del garbanzo muestra un alto contenido de grasa y fibra, mientras que la cantidad de proteína permanece alrededor del 22%. La calidad de las proteínas del garbanzo hidrolizado y los aislados se han explorado con el fin de mejorar su calidad nutricional (Muhammad, Lloyd, Rashida y Mian, 2013).

2.1 Carbohidratos

El garbanzo es una gran fuente de carbohidratos y proteínas, tanto que representan alrededor del 80% del peso seco total del grano.

Tabla I. Composición química de algunas leguminosas

Leguminosa	Proteína*	Lípidos*	Carbohidratos*	Fibra*	Minerales*
Frijol negro	26.9	1.6	66.9	1.0	3.6
Judía mungo	26.7	2.3	64	7.2	3.6
Garbanzo	22.7	5.0	66.3	3.0	3.0
Alubias	24.1	1.8	65.2	4.5	4.4
Chícharos	27.4	1.3	66.6	0.9	3.8
Lentejas	28.6	0.8	67.3	0.8	2.4
Chícharo seco	25.7	1.6	68.6	1.6	3.0

*Cantidades expresadas en porcentaje(%) b.s.

Fuente: Muhammad *et al.*, 2013

La concentración de monosacáridos en el garbanzo son: galactosa (0.05%), ribosa (0.1%), fructosa (0.25%) y glucosa (0.7%). Los disacáridos libres más abundantes son: la maltosa (0.6%) y la sacarosa (1-2%). El garbanzo es una de las leguminosas con mayor concentración de oligosacáridos. Los oligosacáridos no son digeridos ni absorbidos por el sistema digestivo humano, pero son fermentados por las bacterias del colon liberando gases (flatulencia). Los α -galactósidos, son el segundo grupo de carbohidratos de mayor abundancia en el reino de las plantas después de la sacarosa, y en el garbanzo representan alrededor del 62% de los azúcares totales (mono-, di- y oligosacáridos) (Frimpong, 2010; Jukanti *et al.*, 2012).

Los dos grupos más importantes de α -galactósidos presentes en esta leguminosa son: (1) la familia de oligosacáridos rafinosa, corresponde al 25% distribuido en rafinosa (trisacárido), estaquiosa (tetrasacárido), y verbascosa (pentasacárido) y (2) galactosil ciclitoles incluyendo el ciceritol 36 - 43% (Frimpong, 2010; Jukanti *et al.* 2012).

Los α -galactósidos no son digeridos ni absorbidos en el tracto gastrointestinal de los seres humanos, lo que lleva a su acumulación en el intestino grueso. Esto es debido a que se carece de la enzima responsable de la degradación de oligosacáridos, α -galactosidasa. La germinación disminuye el contenido de rafinosa, estaquiosa y verbascosa, generando valores bajos de α -galactósidos (1.56%), causantes de las flatulencias en comparación con otras leguminosas como el frijol 2.46%, las lentejas 2.44% y los frijoles pintos 2.30% (Guillon y Champ, 2002; Campos-Vega *et al.*, 2009).

2.1.1 Almidón

El contenido de polisacáridos en el garbanzo varía entre 37.5 a 50.8%, siendo mayor en el garbanzo tipo kabuli que en el tipo desi (Frimpong, 2010). En la Tabla II se muestran los carbohidratos complejos presentes en el grano de garbanzo, del cual destaca por encontrarse en mayor proporción al almidón (50%) y en menor cantidad la fibra dietética soluble (3.7%). Algunos autores han reportado que el contenido de almidón total en la semilla de garbanzo es de 525 g/kg base seca y aproximadamente el 35% del almidón total se considera almidón resistente y el resto es el almidón disponible. El almidón resistente se refiere a todo el almidón y los productos de degradación que se resisten a la digestión intestinal, pero que se mantienen en el colon de los seres humanos, donde son fermentados por las bacterias presentes (Topping y Clifton, 2001). El almidón del garbanzo contiene amilosa que varía entre 30 y 40%, esto se ha asociado con la digestibilidad del almidón *in vitro*, debido a que contiene almidón de menor digestibilidad (almidón resistente) en comparación con el almidón de los cereales (Osorio - Díaz, Agama - Acevedo, Mendoza - Vinalay, Tovar, Bello - Pérez, 2009; Jukanti *et al.*, 2012).

El garbanzo también contiene polisacáridos que no forman parte del almidón, se dividen en dos tipos: solubles e insolubles. La parte soluble está integrada por hemicelulosa (3.5-9%) y sustancias pécticas (1.5-4%), éstos se digieren lentamente debido a su naturaleza higroscópica y pegajosa. Los componentes insolubles son la celulosa y algunas hemicelulosas siendo éstos los que forman parte de la pared celular y que generalmente se hace referencia a la fibra cruda. El garbanzo

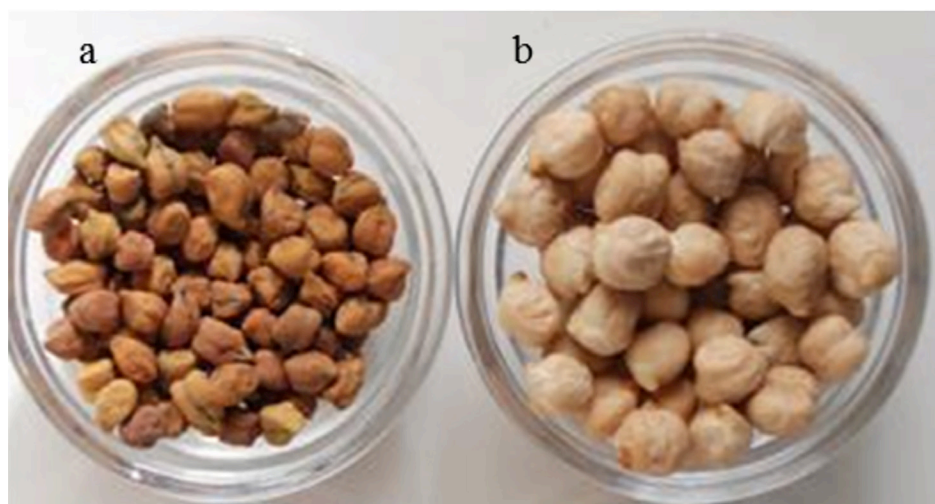


Fig. 1. a) garbanzo tipo desi; b) garbanzo tipo kabuli

tipo desi contiene entre 4 a 13% de celulosa, mientras que el tipo kabuli contiene menos del 5%, esto se debe a la diferencia en el grosor de la testa (Wood y Grusak, 2007).

2.2 Proteínas

El contenido de proteína en el garbanzo varía significativamente cuando se considera la masa total del grano seco (17-22%) y cuando es descascarado incrementa (25.3-28.9 %). En varios estudios se han reportado diferencias en la concentración de proteína cruda de kabuli y desi. Cabe señalar que la calidad de la proteína del garbanzo resulta ser, mejor que otras leguminosas tales como del frijol negro (*Vigna mungo* L.), judía mungo (*Vigna radiata* L.) y frijol rojo (*Cajanus cajan* L.).

La mayoría de las proteínas que se encuentran en el garbanzo son principalmente de reserva y se clasifican con base en sus propiedades de solubilidad, tales como albúminas, globulinas, y glutelinas. Las globulinas, representan aproximadamente el 70% del total de proteína contenida en las leguminas (garbanzo, chícharo y lentejas). Las albúminas, corresponden al 10-20% de la proteína total. Por último, las glutelinas, se encuentran entre el 10 y el 20% (Roy, Boye y Simpson, 2010).

Las proteínas de reserva del garbanzo son relativamente bajas en aminoácidos que contienen azufre, tales como metionina, cisteína y triptófano. Sin embargo, el contenido de lisina y arginina es alto en comparación con los cereales. Por esta razón, la combinación de leguminosas y cereales proporcionan los aminoácidos esenciales necesarios para una adecuada nutrición (Duranti, 2006).

Hay muchos otros tipos de proteínas que se encuentran en las leguminosas, incluyendo diversas enzimas, inhibidores de

tripsina y las lectinas, que son comúnmente conocidos como compuestos o factores antinutricionales. La mayoría de estas proteínas son solubles en agua. Además, presentan diferencias con respecto a otras proteínas de reserva, a su funcionalidad, debido a que han evolucionado en la semilla como un mecanismo protector. Dichas propiedades se presentan en la harina, concentrados y aislados proteicos de leguminosas. Los concentrados proteicos son aquellos que contienen un mínimo (70%) de proteína en base seca, se extraen a partir de harina desgrasada, con la eliminación de compuestos solubles no proteicos, obteniendo un producto rico en azúcares insolubles y proteínas (de Luna-Jiménez, 2007). Los aislados proteicos son los que contienen entre el 80 y 90% de proteínas, para obtenerlo generalmente el grano es descascarillado, pulverizado y la harina se desgrasa, posteriormente se ajustan a pH alcalinos, para generar la precipitación de proteínas y separarla del resto de los compuestos no solubles.

2.3 Lípidos

El garbanzo presenta mayor contenido de grasa que otras leguminosas. La concentración total de lípidos de los tipos desi y kabuli oscila entre 2.9-7.4 % y 3.4-8.8%, respectivamente. El contenido total de lípidos en el garbanzo comprende principalmente ácidos grasos poliinsaturados (62-67%), ácidos grasos mono-insaturados (19-26%) y grasas saturadas (12-14%) (Wood y Grusak, 2007).

El contenido de lípidos presenta una ligera variación genotípica, ya que se ha visto que en países como Irak, India y Canadá, que siembran las mismas especies de garbanzo, el promedio de lípidos es de 5.3, 6.6 y 7.3% respectivamente. El principal ácido graso presente en las fracciones lipídicas es el ácido palmítico (Ravi, 2005). El ácido linoleico se encuentra en el tipo desi (46-62%) y kabuli (16-56%) (Muhammad *et al.*, 2007; Wood y Grusak, 2007).

2.4 Vitaminas

El garbanzo contiene vitaminas hidrosolubles y liposolubles. Del grupo del complejo B destacan la riboflavina (vitamina B₂) que se encuentra en pequeñas cantidades, ésta se activa después de ser absorbida en el intestino delgado; la niacina (vitamina B₃) se asocia con el contenido de proteínas, por lo que alimentos ricos en proteína son fuentes importantes de niacina; la vitamina B₆ se presenta en tres formas químicas, piridoxina, piridoxal y piridoxamina (Wood y Grusak, 2007). El garbanzo es una fuente rica en piridoxina.

El contenido de folato varía de 150-557 µg/g y de vitamina C, 4 mg/100 g (Wood y Grusak, 2007). Abbo *et al.* (2005) señalan

Tabla II. Concentración de polisacáridos en el grano de garbanzo

Componente	Concentración (%)
Almidón	50.4
Amilosa	20.0 - 46.5
Almidón resistente	3.4 - 16.4
Celulosa	1.1 - 13.7
Hemicelulosa	0.6 - 16.0
Lignina	Trazas a 7.1
Fibra dietética total	8.2 - 24.0
Fibra dietética soluble	3.7
Fibra dietética insoluble	7.9
NSP polisacáridos no almidón	5.5 - 35.4

Fuente: Wood y Grusak, 2007.

que el garbanzo contiene alta concentración de carotenoides, hasta 49 mg/100 g de β -caroteno, precursor de la vitamina A, además contiene carotenoides que no tienen actividad de vitamina A, tales como la luteína y la zeaxantina. Por otra parte, el garbanzo contiene 13.7 mg/100 g de vitamina E (Wood y Grusak, 2007; Jukanti *et al.*, 2012).

2.5 Minerales

El garbanzo aporta alrededor del 40% de manganeso y cobre y el 15% para el hierro y el zinc, con base en la dosis diaria recomendada para adultos; cabe mencionar que estas concentraciones pueden variar con respecto al tipo de garbanzo. Además aporta un 7 % de la dosis diaria recomendada de selenio.

En la Tabla III se muestra el contenido de los principales macronutrientes presentes en el garbanzo, destacando su importancia el calcio (40-267 mg/100 g), el potasio (220-333 mg/100 g), el fósforo (159-930 mg/100 g) y el azufre (160-200 mg/100 g); la variación de la cantidad de los minerales depende directamente de las condiciones del cultivo (Wood y Grusak, 2007; Muhammad *et al.*, 2007).

2.6 Compuestos bioactivos

Las leguminosas contienen componentes que no son nutritivos, pero desempeñan funciones metabólicas benéficas para la salud, tales como alcaloides, isoflavonas, compuestos fenólicos y una gran variedad de oligosacáridos. Generalmente las leguminosas presentan mayor cantidad de compuestos fenólicos que los cereales (<1%). El garbanzo tipo desi tiene una mayor con-

centración (0.84-6.00 mg/g) con respecto al tipo kabuli (0.02-2.20 mg/g), directamente relacionado a la coloración del grano. Otros carbohidratos benéficos para la salud incluyen los oligosacáridos y el almidón resistente, que puede servir como prebióticos. En la Tabla IV se muestran los compuestos bioactivos presentes en el garbanzo y su efecto a la salud, conteniendo en mayor cantidad oligosacáridos y fitatos (Muzquiz y Wood, 2007).

3. Propiedades funcionales de la harina y proteínas del garbanzo

Las propiedades funcionales se definen como "cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afectan y modifican algunas características de un alimento y que contribuye a la calidad final del producto" (Sikorski, 2007; Badui, 1993). En la Tabla V, se agrupan las propiedades funcionales más importantes de las proteínas que afectan a la apariencia, el color, la jugosidad, sensación en la boca y la textura de una gran variedad de alimentos, así como en las operaciones de corte, picado, mezcla, formación de masa, fibras y el transporte de materiales alimenticios (Sikorski, 2007).

Las propiedades funcionales del garbanzo al incorporarlas en diversos alimentos, tales como sopas, productos extruidos y listos para su consumo y productos de panificación, entre otros han sido estudiadas (Boye *et al.*, 2010).

3.1 Propiedades de hidratación

La capacidad de retención de agua (WHC, por sus siglas en inglés) es la capacidad de una matriz de proteína de absorber y

Tabla III. Composición de minerales presente en el garbanzo tipo kabuli (mg/100 g de grano seco)

Mineral	Cantidad	
	mínima	máxima
Calcio	40.0	267.0
Magnesio	10.0	239.0
Fósforo	159.0	930.0
Potasio	220.0	1333.0
Sodio	2.1	64.0
Azufre	160.0	200.0
Hierro	3.2	14.3
Manganeso	0.1	9.4
Cobalto	6.0	41.0
Zinc	2.0	5.4
Selenio	0.5	10.0

Fuente: Wood y Grusak, 2007

Tabla IV. Compuestos bioactivos presentes en el grano de garbanzo

Compuestos	Presencia	Actividad biológica
Oligosacáridos	+++	Prebióticos, flatulencias
Fitatos	+++	Reducción de índice glucémico, quelante
Polifenoles	++	Capacidad antioxidante
Isoflavonas	±	Fitoestrógenos, control metabólico
Lectinas	±	Antitumoral, inhibe el crecimiento

++++ Muy abundante

+++ abundante

++ bajo

± muy bajo

Adaptado de Muzquiz y Wood 2007.

Tabla V. Propiedades funcionales de las proteínas y su interacción con diferentes componentes de alimentos

Agua	Interacciones con lípidos o gases
Humectación	Capacidad emulsionante
Hidratación	Estabilización de emulsión
Rehidratación	Capacidad espumante
Retención de agua	Estabilización de espuma
Solubilidad	

Fuente: Sikorski, 2007.

retener agua (Traynham, Deland, Carriquiry y Johnson, 2007), mientras que la capacidad de absorción de agua, se define como la cantidad de agua absorbida por gramo de material proteico.

La importancia de la WHC de las proteínas, es determinada por su alto grado de interacción con el agua y depende de algunos parámetros tales como el tamaño de partícula, factores extrínsecos como temperatura, pH, concentración, estructuras conformacionales balance hidrófilo/hidrófobo de aminoácidos y presencia de lípidos, azúcares y taninos asociados con las proteínas (Han y Khan, 1990).

La propiedad de hidratación se presenta en la harina, concentrados y aislados proteicos de leguminosas. En un estudio realizado por Kohajdová, Karovičová y Magala (2011) llevaron a cabo una comparación de las propiedades funcionales de la harina de trigo con respecto a la harina de garbanzo. La harina de garbanzo mostró una mayor WHC (5 g H₂O/g de harina), respecto a la harina de trigo (3.20 g H₂O/g de harina). Se ha reportado que las harinas con una alta WHC podrían ser buenos ingredientes para incorporarlos en productos de panadería, ya que permiten adicionar mayor contenido de agua mejorando así las características de manejo y ayudando a mantener la frescura del pan. Por otro lado, Ionescu *et al.* (2009) estudiaron la capacidad de absorción de agua de la harina y el concentrado de proteína del garbanzo, siendo de 126 mL y 176 mL H₂O/100 g de producto, respectivamente.

Kaur y Singh (2005), determinaron la capacidad de absorción de agua en harinas de garbanzo de tipo desi y kabuli, en donde observaron que la harina proveniente del garbanzo tipo desi presentó una mayor capacidad de absorción de agua (1.47 g de H₂O/g de harina) con respecto a la harina de tipo kabuli (1.33 g H₂O/g de harina). Estos autores concluyen que la diferencia se debe principalmente a la presencia de compuestos hidrófilos (polisacáridos) y al contenido de proteínas. Estos mismos autores realizaron otro estudio en el 2007 en donde compararon estas propiedades en la harina y el concentrado

proteico de garbanzo tipo desi y kabuli y observaron que el concentrado presentó mayor capacidad de absorción con respecto a la harina, y además el concentrado proveniente del garbanzo tipo kabuli, muestra una menor capacidad de absorción de agua (2.34 g/g) con respecto al concentrado del tipo desi, esta diferencia se la atribuyen a que el concentrado de tipo kabuli tenga una menor disponibilidad de aminoácidos polares que son los sitios de interacción con el agua.

Por otro lado, Aguilera, Benítez, Mollá, Esteban y Martín (2011) evaluaron dichas propiedades, considerando diversos tratamientos para la obtención de harina de garbanzo: (1) garbanzo crudo, (2) garbanzo remojado, (3) garbanzo remojado + tratamiento térmico (cocción) y (4) garbanzo remojado + tratamiento térmico + deshidratación. Ellos reportan que los procesos aplicados (2-4) mejoran la WHC, ya que se aumentó hasta 2.6 veces con respecto al garbanzo crudo y la absorción de agua a 3.1. Esto pudiera deberse al contenido de hidratos de carbono, ya que el almidón que se gelatiniza y la fibra dietética absorbe el agua. Por lo tanto, las propiedades de hidratación no se encuentran directamente relacionadas con las proteínas. Con base en lo anterior, los autores concluyen que la harina de garbanzo obtenida mediante los procesos descritos anteriormente podría ser utilizada en la formulación de alimentos como salchichas, natillas, y pastas, ya que pueden proporcionar cuerpo y viscosidad.

3.2 Propiedades emulsionantes

Las propiedades emulsionantes de las proteínas juegan un papel importante en diversas aplicaciones en alimentos. Existen varios factores que influyen sobre estas propiedades como las características estructurales y químicas, el grado de hidrólisis, el contenido y arreglo de los aminoácidos, el peso molecular, las regiones hidrofóbicas y las condiciones que prevalecen en el medio tales como la temperatura, pH y efectos iónicos (Sikorski, 2007).

La capacidad emulsionante se refiere a la cantidad máxima de aceite emulsionado, bajo condiciones específicas, por una cantidad estándar de proteína, hasta que se produzca la inversión de fases. Se relaciona con el área interfacial que puede cubrir la proteína y la estabilidad de emulsión se puede medir después de realizar un calentamiento y centrifugar la emulsión a baja velocidad o después de la decantación, durante varias horas. La ruptura de la emulsión provoca la separación de una capa acuosa y otra de aceite.

En un estudio realizado por Esmat, Abou, Helmy y Bareth (2010), se encontró que la capacidad emulsionante de la harina de garbanzo, se ve afectada por el tratamiento térmico

por microondas y el proceso tradicional de cocción. La harina de garbanzo cruda presentó valores más altos respecto a la capacidad emulsionante 145.91 mL aceite/g muestra, la harina cocida en microondas 140.71 mL aceite/g muestra y la harina obtenida mediante el proceso tradicional de cocción 136.34 mL aceite/g muestra. Con respecto a la estabilidad de la emulsión, todos los tratamientos presentaron el mismo comportamiento. Estos autores concluyen que la diferencia en la composición de proteína total, así como componentes que no sean proteínas (posiblemente carbohidratos), puede contribuir sustancialmente a las propiedades emulsionantes de las harinas provenientes del garbanzo.

Por su parte, Al-Asward y Al-Nagmawi (1989) reemplazaron parte de la carne adicionando proteína de garbanzo y observaron que la capacidad emulsionante no tuvo un efecto significativo al reemplazar las proteínas del músculo con proteínas de garbanzo hasta en un 50%.

3.3 Capacidad de formación de espuma

La formación de espuma es una propiedad funcional de las proteínas utilizadas en la elaboración de diversos productos de panificación, repostería y confitería, así como en la preparación de postres y alimentos congelados. La capacidad de las proteínas para formar y estabilizar espumas depende de varios parámetros tales como el tipo de proteína y grado de desnaturalización, la presencia o ausencia de iones de calcio, pH, temperatura, métodos de batido y otros componentes químicos (lípidos, carbohidratos) (Badui, 1993; Sikorski, 2007).

Las espumas son sistemas coloidales bifásicos con una fase líquida o acuosa y una fase de gas o de aire dispersa. Las espumas de alimentos son normalmente producidas por agitación o batido, y el método utilizado tiene un efecto sobre las características de la espuma. La capacidad espumante (medida como el volumen de espuma formada y usualmente expresada como porcentaje de volumen) y la estabilidad (la cual se mide como el tiempo que tarda en colapsarse la espuma) son dos de las características comunes de espumas.

En un estudio realizado por Wen, Xian, Jian, Ju y Hao (2008), se determinó la capacidad espumante de aislados proteicos de garbanzo, encontrando que la FC de todos los aislados de proteína de garbanzo aumentó con la concentración de proteína, siendo el garbanzo de tipo kabuli, el que mostró una mayor estabilidad de la espuma (94.7%) después de 120 minutos.

Por otro lado, Han y Khan (1990) realizaron un estudio en el cual compararon la formación de espuma para dos tipos de

harina, con garbanzo crudo o garbanzo tostado, observaron que el tostado disminuye la formación de espuma, comparada con la harina no tratada. Los autores se lo atribuyen al tamaño de partículas obtenidas para cada tipo de harina, sugieren que las partículas finas presentan mayor formación de espuma con respecto a las partículas de tamaño medio.

La capacidad de formación de espuma de las suspensiones acuosas de la harina de garbanzo es entre 1% y 40%, lo que resulta ser menor comparada con la del concentrado de proteína 30.4 a 44.3% (Ionescu *et al.* 2009).

3.4 Capacidad para formar geles

La capacidad de las proteínas vegetales para formar redes tridimensionales es una de las propiedades funcionales más importantes que justifican su aplicación como ingrediente en la industria alimentaria. Los geles de proteínas se caracterizan por presentar alta viscosidad, plasticidad y elasticidad (Ionescu, Aprodu, Darabă, Gurău y Banu, 2011).

Ionescu *et al.* (2011) observaron el comportamiento de suspensiones de proteína de garbanzo y la capacidad para formar geles preparadas a diferentes concentraciones (16, 24 y 36%) estas fueron sometidas a diferentes temperaturas de 50-100°C, pH (4 y 7) y concentración de sal (0-1 M). El resultado de este estudio mostró que la capacidad de formar geles está influenciada por la concentración de proteínas, el pH y el nivel de sal.

Por su parte Kaur y Singh (2007) estudiaron la capacidad gelificante de los aislados proteicos obtenidos de garbanzo tipo desi y kabuli, preparadas a concentraciones de 14 y 18%, después de ser calentadas durante 1 h a baño maría, formaron un gel y a partir de concentraciones mayores (18-20%) obtuvieron geles muy firmes.

Conclusiones

El garbanzo es un alimento rico en proteínas y carbohidratos. Sus propiedades nutricionales, están determinadas por las condiciones de cultivo y la variedad. Las propiedades funcionales de la harina, el aislado y el concentrado proteico de garbanzo, se ven afectadas por los tratamientos a los que son sometidos para su obtención. Los beneficios que otorga esta leguminosa y sus componentes permiten concluir que tiene un gran potencial para ser aprovechada para la formulación y desarrollo de alimentos funcionales.

Agradecimientos

La autora Aguilar-Raymundo agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) por el apoyo para sus estudios de posgrado.

REFERENCIAS

- Abbo, S., Molina, C., Jungmann, R., Grusak, M.A., Berkovitch, Z., Reifen, R., Kahl, G. y Winter, P. (2005). Quantitative trait loci governing carotenoid concentration and weight in seeds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 111, 185-195.
- Aguilera, Y., Benítez, V., Mollá, E., Esteban, R.M., y Martín C.M.A. (2011). Influence of dehydration process in Castellano chickpea: changes in bioactive carbohydrates and functional properties. *Plant Foods Human Nutrition*, 66, 391-400.
- Al-Asward, M.B. y Al-Nagmawi, M.H.M. (1989). Effect of aging quality of meat proteins. *Proc. 35th International Congress in Meat Science and Technology*, Copenhagen, Denmark.
- Aravind, G. G. P., Naganagoud V. K. y Veerappa M. (2008). Enzymatic removal of flactulence.inducing sugars in chickpea milk using free and polyvinyl alcohol immobilized α -galactosidase from *Aspergillus oryzae*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36, 29-33.
- Boye, J.I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E. y Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43, 537-546.
- Badui, S. (1993). Proteínas. *Química de alimentos* (págs. 153-160) México: Pearson Educación.
- Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho R., Pedraza-Aboytes, A. G., Acosta-Gallegos, J. A., Guzmán-Maldonado. S. H., Paredes-López, O., Oomah, B.D. y Loarca-Piña, G. (2009). Chemical composition and in vitro polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 74 (7), 59-65.
- de Luna-Jiménez. A. (2007). Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. *Investigación y Ciencia*, 15(37), 35-44.
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77, 67-82.
- FAO, 2011. Agriculture production statistics. Recuperado el 22 de noviembre de 2013. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Frimpong, A. (2010). *A study of chickpea (Cicer arietinum L.) seed starch concentration, composition and enzymatic hydrolysis properties*. Tesis de doctorado. Universidad de Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan.
- Guillon, F y Champ, M. M. J. (2002). Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *British Journal of Nutrition*, 88(3), S293-S306.
- Han, J.Y y Khan, K. (1990). Functional properties of pin-milled and air-classified dry edible bean fractions. *Cereal Chemistry*, 67(4), 390-394.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Darabă, A., Gurău, G., Baciú, C. y Nichita A. (2009). Chemical and functional characterization of chickpea protein derivatives. *Paper presented at the International Symposium Euro-aliment*, Galati-Romania.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Darabă, A., Gurău, G. y Banu, I. (2011). Rheology of chickpea protein concentrate dispersions. *Scientific Study and Research Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 12(4), 387 - 399.
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., y Chibbar R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.
- Kaur, M. y Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 91, 403-411.
- Kaur, M., y Singh, N. (2007). Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 102, 366 - 374.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J. y Magala, M. (2011). Utilisation of chickpea flour for crackers production. *Acta Chimica Slovaca*, 4(2), 98 - 107.
- Morales-Gómez, J.A., Durón-Noriega, L.J., Martínez-Díaz, G., Núñez-Moreno, J.H., y Fu-Castillo A.A. (2004). *Cultivo de garbanzo blanco en Sonora*. México: INIFAP-SAGARPA.
- Muhammad, A., Lloyd, W.R., Rashida, A. y Mian, N.R. (2013). Application and opportunities of pulses in food system: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(11), 1168 - 1179.

- Muhammad, Z.U. H., Shahid, I., Shakeel, A. Muhammad, I., Abdul N. y Bhanger, M.I. (2007). Nutritional and compositional study of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Punjab, Pakistan. *Food Chemistry*, 105, 1357-1363.
- Muzquiz, M. y Wood, J.A. (2007). Antinutritional factors (págs. 143 - 166). En: S.S. Yadav, R. Redden, W. Chen y B. Sharma (eds.). Chickpea Breeding and Management. CAB International.
- Ravi, R. (2005). *Rheology of chickpea (Cicer arietinum L.) flour suspensions and characterisations of fried product-Boondi*. Tesis doctoral. Universidad de Mysore, India.
- Redden, R.J. y Berger, J.D. (2007). History and origin of chickpea. (págs 1-13). En: S.S. Yadav, R. Redden, W. Chen y B. Sharma (eds.). Chickpea Breeding and Management. CAB International.
- Roy, F., Boye, I.J. y Simpson, B.K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43, 432-442.
- SIAP, 2011. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>
- Sikorski, Z.E. (2007). The role of proteins in food. *Chemical and functional properties of food componentes* (3a. ed. págs. 138-148). Boca Ratón: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Talebi, R., Naji, A.M., y Fayaz, F. (2008). Geographical patterns of genetic diversity in cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.) characterized by amplified fragment length polymorphism. *Plant Soil Environment*, 54(10), 447-452.
- Topping, D. L. y P. M. Clifton. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81, 1031-1064.
- Traynham, T. L., Deland, J. M., Carriquiry, A.L y Johnson, L.A. (2007). Evaluation of water-holding capacity for wheat-soy flour blends. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 84,151-155.
- Valencia, M. B.D. (2009). *Evaluación técnica financiera de la industrialización del garbanzo (Cicer arietinum L.) usando un proceso de extrusión*. Tesis de licenciatura. Quito, Ecuador.
- Wen, R.G, Xian, S. W., Jian, G., Ju S., Z. y Hao, M. (2008). Physicochemical and processing functional properties of proteins from two chinese chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 575-594.
- Wood, J.A y Grusak, M.A. (2007). Nutritional value of chickpea (págs. 121-132). En: S.S. Yadav, R. Redden, W. Chen y B. Sharma (eds.). Chickpea Breeding and Management. CAB International.
- Yamsaengsung, R., Schoenlechner, R., y Berghofer, E. (2010). The effects of chickpea on the functional properties of white and whole wheat bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 610-620.