ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE VARIEDADES DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) COSTA 2004 Y BLANORO

Teresa Susana Herrera Flores[1§]; Adriana Delgado Alvarado[2]; Patricia Ramírez Carrasco[2]; Eva Marcela Licea de Anda[1]; María Guadalupe Moreno Contreras[1]; Claudia Paulina Machuca Chávez[3]

[1]Universidad Politécnica de Pénjamo. Guanajuato, México. [2]Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. [3]El Colegio de Michoacán, A. C.
[§]Autora responsable: therrera@uppenjamo.edum.mx; susyherrera75@hotmail.com

Artículo Científico

RESUMEN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa que se caracteriza por ser un cultivo de bajo consumo de agua, que lo coloca como cultivo alternativo para regiones agrícolas donde el manto freático ha disminuido. El cultivo es relevante por las cantidades importantes de proteínas y carbohidratos que, al combinarse con los cereales, proporciona un aporte nutricional de calidad para el humano. Las variedades de garbanzo se seleccionan con base a características agronómicas como tamaño de grano, rendimiento, respuesta al ambiente, resistencia a plagas y enfermedades, y se deja en segundo plano el contenido nutrimental, que se realiza ya obtenida la variedad. Con base a ello se propuso estudiar la composición proximal de la harina de variedades de garbanzo, Costa 2004 y Blanoro, así como la forma de los granos de almidón, para determinar diferencias en el aporte nutrimental y morfología del almidón de ambas variedades. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de proteína soluble, aminoácidos totales y contenido de cenizas en la variedad Costa 2004. En Blanoro, la cantidad de azúcares solubles totales y almidón fue mayor que en Costa 2004, mientras que la morfología de granos de almidón fue similar al mostrar superficie lisa, forma oval y esférica y no hubo diferencias significativas en el tamaño de los mismos.

Palabras clave*:* Proteínas, carbohidratos, granos almidón*,* contenido nutrimental.

ABSTRACT

The chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a legume that is characterized by a culture of low water, placing it within the category of alternative crops for agricultural regions, where water tables have declined as a result of climate change. Its relevance is based on the amounts of protein and carbohydrate, when combined with cereals, provides nutritional quality for human consumption. The chickpea varieties generated in Mexico, in research centers like INIFAP, are selected based on agronomic traits such as grain size, performance, response to the environment, resistance to pests and diseases, leaving in the background the nutritional content which is already fulfilled when varieties meet the above characteristics. It is therefore, proposed that studied the proximate composition of the flour of chickpea varieties Blanoro and Costa 2004, as well as the shape of the starch grains, to determine differences in nutrient intake and morphology of starch from both varieties. Statistically significant differences in the yield of soluble protein, total amino acids were observed and ash content, in the variety Costa 2004 regarding Blanoro. In Blanoro, the amount of total soluble sugars and starch was higher than in Costa 2004, while the morphology of the starch granules was similar for smooth, spherical and oval and no significant difference in the size thereof.

Key words: Protein, carbohydrates, *Cicer arietinum* L., nutrient content.

INTRODUCCION

La familia de las leguminosas cuenta con 730 géneros y 19 400 especies (Stevens, 2009), dentro de las cuales se cuentan aquellas consideradas como fuente importante de proteína para consumo humano y animal, al contener de 20 a 50 % más que los cereales (Ustimenko, 1983) y cuando se combina con los cereales proporciona proteína con un mejor perfil en aminoácidos. Tal es caso del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el que forma, tamaño y color de la semilla varía acorde a los cultivares. El garbanzo se

divide en dos grupos: tipo Desi originario de la India, tiene semilla pequeña, color café, negra o verde; y tipo Kabuli, originario del Oriente Medio, de semilla grande y color crema (Chavan *et al*., 1986; Singh y Jambunathan, 1981; Singh y Jambunathan, 1981). El garbanzo, es uno de los cultivos de mayor importancia económica, por lo que ocupa el quinto lugar a nivel mundial, donde India aporta 75 % de la producción, seguido por Turquía, Pakistán y México, este último ocupa el segundo lugar como exportador y el tercero en producción.

En algunas regiones agrícolas de México se siembra la variedad de garbanzo Blanoro (Hoga – 12), cuyas características principales son alta productividad, resistencia a la rabia (*Fusarium oxysporum* f. *sp. ciceris*), altura de planta de 58 cm y porte semierecto; tiene siete ramas secundarias, hojas compuestas de tamaño mediano, color verde medio, flores de color blanco, vainas de tamaño grande con un grano por vaina, rendimiento promedio de 2.6 t ha^{-1}, calibre de grano 47 y color blanco (FPS, 2013); y Costa 2004, liberada en 2008, resistente a la rabia (*Fusarium spp*), porte erecto, ideal para realizar una trilla directa, rendimiento de 2.5 t ha^{-1}, sin embargo, medio ambiente y manejo agronómico involucrados en el cultivo, tienen fuerte influencia en estas características. El garbanzo muestra hojas compuestas de tamaño mediano, cápsula de tamaño grande con uno o dos granos grandes, rugosos, color blanco cremoso, similar contenido proteínico al Blanco Sinaloa 92 (Morales *et al*., 2005; Gómez, 1993). Las variedades de garbanzo Costa 2004 y Blanoro están adaptadas al Noroeste de México principalmente Baja California Sur y Costa de Hermosillo; sin embargo, se pueden establecer en diversas regiones agrícolas del país.

El garbanzo contiene en promedio 70 % de carbohidratos, 5.3 % de ácidos grasos, 3.9 % de fibra y 17 % de proteína en nitrógeno total (Grelda *et al*., 1997). Estudios enfocados al extracto o rendimiento proteico consignan valores que van desde 58 % en la variedad Blanco Sinaloa, hasta 85 % y 81 % en las líneas avanzadas 4568 y 4556, respectivamente; mientras que la línea avanzada 4573 y la variedad Suprema 03 tuvieron rendimientos de aislados proteicos de 74 % y 62 % (Angulo *et al*., 2013). Williams y Singh (1987) y Kaur (2005) mencionan que el garbanzo, además de ser una buena fuente de proteína y carbohidratos, aporta minerales como Ca, Mg, Zn, K, Fe y P, así como tiamina y niacina. El almidón, es el carbohidrato más importante en los granos de garbanzo y es considerado un alimento competitivo en la industria alimentaria (Botham *et al*., 1995; Goñi y Gamazo, 2003).

Cabe mencionar que las investigaciones que se realizan en la actualidad están enfocadas al efecto del ambiente en el crecimiento y desarrollo del cultivo como la obtención de variedades de porte erecto, mayor rendimiento, mayor calibre de grano y resistencia al ataque de *Fusarium* ssp, que provocan la enfermedad de la rabia, hecho que ha obviado involucrar la composición y calidad nutricional de variedades comerciales. Por ello, en este trabajo toma importancia el estudio y conocimiento la composición proximal de la harina de variedades comerciales de garbanzo, Blanoro y Costa 2004, que actualmente se siembran en Guanajuato, México, con el fin de identificar la existencia de diferencias entre las variedades en cuanto a ácidos grasos, proteína soluble, almidón, azúcares solubles, cenizas, además de analizar la morfología de los granos de almidón, y su relación con el tamaño de grano calibre para exportación.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal

Los análisis bioquímicos se hicieron con granos cosechados del ciclo agrícola 2011 – 2012, de las variedades de garbanzo Blanoro (Hoga – 12) (FPS, 2013); y Costa 2004 liberada en 2008.

Preparación de la harina

Las técnicas del análisis proximal de la harina de garbanzo, fueron adaptadas de las desarrolladas para harina de haba y trigo y desarrolladas en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. La harina molida se hizo pasar por un tamiz marca Mont Inox, México, No. 35 con abertura de 500 micrones para separar la testa y obtener partículas pequeñas. El análisis proximal para ácidos grasos, cenizas y proteína, se evaluó con los métodos estandarizados de la AOAC (1984).

La harina de Blanoro y Costa 2004 se desengrasó con hexano (J.T. Baker, Cat.9309-03), en equipo Soxhlet

de seis unidades (VARI – HEAT Mod. VH- 6U) a 67°C por seis horas; la separación de los ácidos grasos con el hexano se hizo en un rotavapor (Heidolph, Tipo: Heizbad HB digit), a 47°C, y el resto del solvente se evaporó en una estufa de circulación de aire forzado (Shell Lab, Mod. 1370FX), a 60°C por 24 horas. Finalmente se determinó el contenido de ácidos grasos con la fórmula: % Ac. Grasos= (Peso ácidos grasos/peso muestra) (100).

La cuantificación de cenizas se obtuvo al someter la harina a 550°C durante 4 horas en una mufla (VULCAN A-550 Ney), se dejó enfriar por 12 horas y se procedió a la obtención de cenizas (%):

$$\text{Cenizas} = \frac{P_{ce}}{P_{mf}}\ x\ 100;$$

Donde:
Pce: Peso de cenizas y;
Pmf: Peso de muestra fresca.

La determinación de azúcares solubles totales se hizo por el método de Antrona, con 5 g de harina sin desengrasar y 100 mL de etanol al 80%. En seguida recibieron calor hasta ebullir a 80°C por 10 minutos, y luego un filtrado con papel filtro poro medio; la harina retenida en el papel filtro se colocó en el Soxhlet con 100 mL más de etanol al 80% y puesto a ebullición durante 2.5 horas. El etanol se evaporó en baño maría entre 95 y 100°C para concentrar las muestras a 10 mL. Finalmente se aforó a 25 mL con agua destilada; la concentración de la muestra fue de 0.2 g/mL. Se preparó una solución Stock de Glucosa a una concentración de 2.5 mg/ml, para la curva de calibración y las lecturas de las muestras, en un espectrofotómetro (UV-Visible, Evolution 300. Thermo Electron Corporation) a una longitud de onda de 625 nm (Barnet, 1954).

Para la determinación de almidón se pesaron 100 mg de harina y se le adicionaron 200 µl de etanol al 80%, 2 mL de KOH 2M para la gelatinizar el almidón y se agitaron a 180 rpm durante 20 minutos en baño de agua con hielo a 5°C. Después, se agregaron 8 mL del Buffer Acetato de Sodio 1.2 M y pH 3.8; se aplicaron 100 µL de α-amilasa y 100 µl de amiloglucosidasa, se colocaron en baño de agua a 50°C durante 30 minutos, se agitaron en un vortex. Posteriormente se le agregaron 10 mL de agua destilada y fue centrifugada a 1158 rpm por 10 minutos. El sobrenadante se pasó a tubos de 25 mL y de ahí se tomaron 100 µL de la muestra más 1,900 µL de agua destilada para un volumen final de 2 mL (Método de Megazyme**)**. Para la curva de calibración y lectura de las muestras, se utilizó el mismo procedimiento que en la determinación de azúcares.

Cada muestra de almidón de los garbanzos de Blanoro y Costa 2004, se tomó y colocó por separado en cinta negra y ubicada en la parte trasera de una platina de aluminio; enseguida se deslizó una espátula sobre la superficie de la muestra para adherir la cinta en la platina. Posteriormente, las muestras se colocaron en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), modelo JEOL JSM-6390LV Scanning Electron Microscope, en el que se determinó tamaño de gránulos de almidón. Las fotografías se tomaron con un Spot size[1] de 55 a bajo vacío y 50 Pa, a un aumento de 500X.

Para la extracción del concentrado proteico (Vioque *et al.,* 1999), se tomaron 51 g de harina de Blanoro y 56 g de Costa 2004 y, se preparó una solución de 10% p/v; para solubilizar las proteínas se preparó una solución de Na_2SO_3 al 0.25%, con pH de 10.5. Las suspensiones fueron agitadas a 200 oscilaciones por una hora a 4°C en un baño de agua (Shell LAb, Mod. Ws17 & WS27), se centrifugaron a 8697 rpm por 15 minutos en una centrífuga (Hermle Labor Technik, Mod. Z326K). El sobrenadante se acidificó con HCl 3N al punto isoeléctrico pH 4, y se centrifugó por 15 min a 13520 g, recuperando el concentrado proteico. Los precipitados se lavaron con 20 mL de agua destilada y centrifugados en las mismas condiciones. Los precipitados fueron secados en una campana de flujo laminar, durante 48 h, con el fin de ser utilizados para determinación de proteína por el método de Biuret.

En la determinación de proteína soluble, se pesaron y molieron 75 mg de harina por variedad de garbanzo en un mortero frío con 1 mL de Bicina – KOH 100 mM pH 9; se centrifugó a 14000 rpm durante 5 min a 4°C y los sobrenadantes se almacenaron a -20°C, para su posterior lectura en un espectrofotómetro (UV-Visible, Evolution 300. Thermo Electron Corporation) a una longitud de onda de 545 nm.

Para la determinación de aminoácidos se utilizó glutamina (SIGMA; PM 146.2), se preparó un stock de concentración de 5 mg/mL. Se tomaron 50 mg del extracto proteico en un 1mL de ácido sulfosalicílico al

[1] Tamaño del haz de electrones.

3% (p/v), se centrifugó a 6433 rpm durante 5 min y se tomaron 500 µL del sobrenadante, se le adicionaron 500 µL de solución amortiguadora de acetato de cianidina y 500 µL de ninhidrina al 3% (p/v), se agitaron en Vortex, la mezcla se introdujo en baño de agua a 100 °C durante 20 min y se enfriaron en hielo durante 5 min. Una vez fríos, se aplicó 5 mL de isopropanol al 50% y se dejó reposar 10 min antes de la lectura con una sonda espectrofotométrica a 570 nm. Los tratamientos se establecieron en un diseño experimental completo al azar, en el que para cada determinación se consideraron tres repeticiones. El análisis de resultados se apoyó en el uso del programa estadístico SAS versión 8.0 (1999), para identificar diferencias estadísticas significativas en las determinaciones proximales realizadas en ambas variedades con la prueba de comparación de medias de Tukey, $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de las semillas, especialmente la concentración de carbohidratos, aminoácidos y proteínas, tiene una relación directa con el valor nutricional de los cultivos (Loss *et al*., 1998). El contenido de cenizas de las variedades comerciales mostró diferencias estadísticas significativas en Costa 2004 y Blanoro de 3 y 2.8 %, respectivamente (Cuadro 1), estos resultados se pueden atribuir a la interacción de genotipo y ambiente, es decir, al tipo de cultivar y del suelo donde se desarrolla y las condiciones de manejo para su desarrollo (Silva *et al.,* 2010); valores similares reporta Singh *et al*. (2004) de un 2.7 a 3.1%, mientras que Heiras-Palazuelo *et al*. (2013) reportan valores similares de 2.5 a 3.2% en cultivares de tipo Desi, mientras que en Blanco Sinaloa se reporta 2.9%.

Existieron diferencias significativas en contenido de carbohidratos, con valores en Costa 2004 de 11 % para azúcares solubles totales y 38 % de almidón (Cuadro 1). Blanoro tuvo 13 % de azúcares solubles y 46 % de almidón. La cantidad de carbohidratos obtenidos en ambas variedades fueron menores a los encontrados por Singh *et al.* (2004) y Kaur *et al.* (2005), en los cultivares PBG-1 y L-550 se reportaron 63 % y 67 % respectivamente, al igual que Heiras-Palazuelo *et al*., (2013) quienes obtuvieron variación de 62 a 68% de carbohidratos en cultivares de tipo Desi, mientras que en Blanco Sinaloa fue 69%. Por su parte, Chavan *et al*. (1986) demostraron que el contenido medio de cenizas, ácidos grasos y carbohidratos fue de 3.6, 5.0 y 61.7 %, respectivamente, para semillas de garbanzo L-550 tipo Kabuli; también obtuvieron variación de almidón de 29 a 35 %, donde el valor alto correspondió al cultivar PBG-1 y el bajo para GL-769. Singh *et al.* (2004) señalan que el aislado de almidón de las leguminosas es difícil de extraer, debido a la presencia de una alta presencia alta de fibras hidratadas que derivan de la pared celular, la cual encierra los granos de almidón de las leguminosas.

Cuadro 1. Composición química de variedades de garbanzo Costa 2004 y Blanoro, en 100 g de harina.

Composición %	Costa 2004	Blanoro
Ácidos grasos	5.7000 a	5.6167 a
Cenizas	3.0667 a	2.8766 b
Azúcares solubles totales	10.97 b	12.71 a
Almidón	38.43 b	46.51 a
Proteína soluble	51.94 a	47.14 b
Aminoácidos totales	36.78 a	19.31 b

Valores medios con letra diferente en hileras, indican diferencia estadística significativa (Tukey, α=0.05).

La concentración de ácidos grasos fue similar en ambas variedades, con un promedio de 5.65 % (Cuadro 1), estos valores fueron semejantes a los de Heiras-Palazuelo *et al*. (2013) al estudiar los cultivares Desi y encontrar valores desde 4.7 a 9.2 % y en Blanco Sinaloa con 6.9 %. Silva *et al*. (2010) indican que la cantidad de grasas de leguminosas pueden ser importantes en la formación del complejo amilosa-lípidos y tener buen desempeño en la gelatinización

del almidón durante la cocción, un fenómeno que tiende a limitar la biodisponibilidad del almidón.

La producción de aislados de proteína de plantas es de interés para la industria, porque incrementa el uso de proteínas vegetales en el mercado alimentario. En este contexto, la Unión Europea apoya el desarrollo de cultivos con alto contenido de proteína, con el fin de disminuir la dependencia de la disponibilidad de proteína animal (Chominot, 1992). El porcentaje de aislado de proteína soluble, en Costa 2004 fue de 52 % proporción mayor a lo detectado en Blanoro que alcanzó 47 %, por lo que surgieron diferencias significativas entre ambas variedades, valores diferentes encontraron Sánchez *et al*. (1999), en el cultivar Athenas, obtenidos mediante dos métodos de aislamiento (NaOH al 0.2% con pH 12) y (Na_2SO_3 al 0.25% con pH 10.5), es decir 66 % y 62 %, respectivamente. El uso de aislados de proteína, tiende a incrementar su uso como ingrediente funcional en alimentos, al mejorar la calidad nutricional de los productos y por razones económicas. La calidad de proteína del garbanzo es equivalente a la de la harina de soya (Friedman, 1996), sin embargo, el garbanzo contiene varios factores antinutricionales que disminuyen la utilización de la proteína, entre ellos, proteasas e inhibidores de amilasa, lectinas, polifenoles y ciertos azúcares, así como ácido fítico e hidratos de carbono no digeribles como rafinosa y estaquiosa (Singh, 1988). La mayoría de estos compuestos inhiben las enzimas digestivas o reaccionan con aminoácidos esenciales que limitan la aplicación de la semilla entera en muchos productos alimenticios. Este problema podría superarse si se aíslan las proteínas de garbanzo.

La cantidad de aminoácidos totales en Costa 2004 fue 37 % el cual, al igual que el contenido de aislado proteico, fue mayor que en Blanoro 19 %, lo que permitió la expresión de diferencias estadísticas significativas entre las variedades. Estudios realizados por Sánchez *et al*. (1999) mencionan una clasificación y composición de los aminoácidos que se encuentran en la harina de garbanzo y en el aislado proteico, en el que se tuvieron diferencias en el contenido de lisina y de aminoácidos con azufre; por lo que el menor contenido de estos aminoácidos en los aislados proteicos con respecto a la harina probablemente se deban a la reducción de las albúminas, ricas en lisina, cisteína y metionina.

Otro aspecto importante del aislado proteico es el color, con diferentes aplicaciones en la industria alimenticia. El color del aislado proteico de las variedades Costa 2004 y Blanoro fue ámbar claro, extraído a un pH de 10.5. El color de un aislado protéico, es limitante para el uso de proteína en la industria alimentaria, por lo que los alimentos adquieren un color oscuro ante un aislado ausente de color claro. El pH usado para la extracción de la proteína puede ser un parámetro crítico para mejorar ciertas propiedades físico-químicas de los aislamientos, en particular el color (Sánchez *et al*., 1999).

Morfología de los granos de almidón

Los granos de almidón de las variedades Blanoro y Costa 2004, se observaron mediante microscopía electrónica de barrido (500 X). Esto permitió apreciar una superficie lisa de los granos de almidón, forma oval y esférica, en ambas variedades.

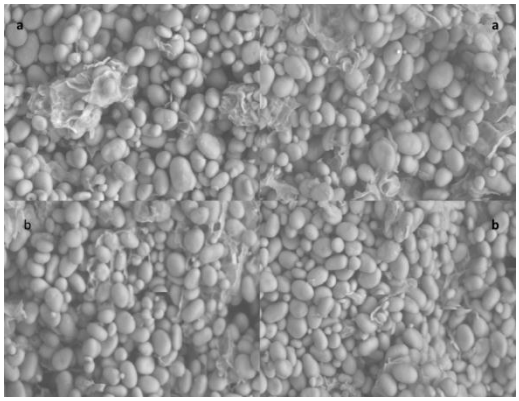


Figura 1. Granos de almidón, en granos de las variedades de garbanzo a) Blanoro y b) Costa 2004. Imagen 500X. Microscopio Electrónico de Barrido. Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio. El Colegio de Michoacán, A.C.

El tamaño de grano (longitud x anchura) de Blanoro promedió 24 x 18 µm (Figura 1a); en Costa 2004 el tamaño promedio 23 x 16 µm (Figura 1b). Resultados similares fueron encontrados por Yáñez *et al.* (1997) en el frijol común Pinto UI-114 y garbanzo variedad Surutato 77, con una forma oval de los granos de almidón y tamaño entre 20 y 25 µm, en ambas leguminosas; pero diferentes a los valores de Singh *et al*. (2004) en cultivares de garbanzo, los cuales mostraron tamaño promedio de 17.0 a 20.1 µm de longitud y 11.0 a 14.4 µm de anchura. La variación en el tamaño de los granos de almidón de las variedades Costa 2004 y Blanoro, habría sido identificada por Miao *et al.* (2009), al postular que la variación en tamaño y morfología del grano de almidón se puede deber al origen biológico y fisiológico de la planta.

CONCLUSIONES

La cantidad de cenizas, rendimiento del aislado proteico y contenido de aminoácidos totales, fueron mayores en la variedad Costa 2004 que en Blanoro, lo cual indica que el contenido de minerales en las leguminosas se basa fundamentalmente en las características genéticas del cultivar. La concentración de carbohidratos, azúcares solubles totales y almidón, fue mayor en la variedad Blanoro con respecto a Costa 2004, por lo que dichas diferencias se pueden atribuir a características genéticas de la variedad.

El contenido de ácidos grasos y el color del extracto proteico no mostraron diferencias entre las variedades Costa 2004 y Blanoro.

La forma de los granos de almidón detectadas en ambas variedades fue oval, esférica y de superficie lisa, no hubo diferencias estadísticas en el tamaño de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo MGY; Aréchiga CJ; Garzón TJA; Medina GS y Valdez OA (2013). Propiedades medicinales del garbanzo producido en Sinaloa. *In*: VI Jornada de transferencia de tecnología del cultivo de garbanzo. Fundación Produce Sinaloa. A. C. Enlace, Innovación y Progreso. SAGARPA. 83 p.

AOAC (1984). Official methods of analysis. 14th ed. Association of Official Analytical chemists. Arlington Virginia. 1213 p.

Barnett AJG (1954). Silage fermentation. New York Academic. 208 p.

Botham RLP; Cairns P; Morris JV; Ring GS; Englyst HN; Cummings JH (1995). A physicochemical characterization of chickpea starch resistant to digestion in the human small intestine. Carbohydrate Polymers 26: 85–90.

Chavan JK; Kadam SS; Salunkhe DK (1986). Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 25:107–132.

Chominot A (1992). Les Proteagineux dans L'Economie Europeenne des Grandes Cultures. In Proceedings of the 1rst European Conference on Grain Legumes. Angers, France., pp. 529 - 538.

De Miguel Gordillo E (1991). In: El Garbanzo. Una Alternativa para el Secano. Madrid: Mundi-Prensa. 132 p.

Friedman M (1996). Nutritional value of proteins from different food sources. A review of Journal of Agricultural and Food Chemistry. 44:6-29.

FPS (2013). Fundación Produce Sinaloa.

Gómez GRM (1993). Blanco Sinaloa 92: nueva variedad de garbanzo para el Noroeste de México. INIFAP. Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sin. Folleto Técnico No. 13. 12 p.

Goñi I; Gamazo CV (2003). Chickpea flour ingredients lows glycemic response to past in healthy volunteers. Food Chemistry. 81: 511–515.

Grelda A; Farlas Y; Moreno VJG; Ma. del R. Falcon V. Barron HJM (1997). Isolation and partial characterization of starches from dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.) grown in Sonora, Mexico. Starch. 49:341–345.

Heiras PMI; Ochoa L; Gutiérrez DR; López VJA; Mora RS; Milán CJ; Garzón TJ; Reyes MC (2013). Technological properties, antioxidant activity and total phenolic and flavonoid content of pigmented chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. International Journal of Food Sciences and Nutrition 64(1):69-76.

Jambunathan R; Singh U (1981). Studies on desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars-3. Mineral and trace elements composition. Journal of Agricultural Food Chemistry 29:1091–1093.

Kaur M; Singh NS (2005). Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Journal of Food Engineering 69:511–517.

Loss S; Brandon L; Siddique KHM (1998). The Chickpea Book: a Technical Guide To Chickpea Production. Agriculture Western Australia, Perth 56-58 pp.

Miao M; Zhang T; Jiang B (2009). Characterizations of Kabuli and Desi chickpea starches cultivated in china. Food Chemistry 113(4):1025–1032.

Morales GJA; Manjarrez SP; Castillo TN; Salinas PR; Montoya CL; Padilla VI (2005). Costa 2004: Nueva variedad de garbanzo blanco para la Costa de Hermosillo. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Son. Folleto Técnico No. 28. 20 p.

Sánchez VR; Clemente A; Vioque J; Bautista J; Millan F (1999). Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. Food Chemistry 64:237–243.

Saura CF; García AA; Goni I; Bravo L (2000). *In vitro* determination of the indigestible fraction in foods: An alternative to dietary fiber analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48:3342–3347.

Silva CL; Osorio DP; Tovar J; Bello PLA (2010). Chemical composition, carbohydrate digestibility and antioxidant capacity of cooked black bean, chickpea, and lentil Mexican varieties. CyTA – Journal of Food 8(1):7–14.

Singh U (1988). Antinutritional factors of chickpea and pigeonpea and their removal by processing. Plant Foods for Human Nutrition 38:251-261.

Singh N; Singh SK; Nd Kaur M (2004). Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Journal of Food Engineering 63:441–449.

Singh U; Jambunathan R (1981). Studies on Desi and Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars: levels of protease inhibitors, levels of polyphenolic compounds and in vitro protein digestibility. Journal of Food Science 46:1364–1367.

Stevens PF (2009). Angiosperm Phylogeny Website. http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/.07/08/2013.

Ustimenko BGV (1983). Plant growing in the tropics and subtropics. New York: Macmillan Publication. 390 p.

Vioque J; Sánchez-Vioque R; Clemente A, Pedroche J; Bautista J; Millán F (1999). Production and characterization of an extensive rapeseed protein hydrolysate. Journal of the American Oil Chemists Society 76:819-823.

Yañez-Farias GA; Moreno-Valencia JG; Falcón-Villa, Ma. del R; Barrón-Hoyos JM (1997). Isolation and Partial Characterization of Starches from Dry Beans (*Phaseolus vulgaris*) and Chickpeas (*Cicer arietinum*), Grown in Sonora, Mexico. Starch – Stärke 49(9):341–345.

Williams PC; Singh U (1987). Nutritional quality and the evaluation of quality in breeding programme. In: Chickpea CAB International, Wallingford Oxon UK. pp 329–356.