

## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL GRANO DE DIFERENTES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Oscar Velasco-González<sup>1</sup>, Eduardo San Martín-Martínez<sup>2</sup>, Miguel Aguilar-Méndez<sup>2</sup>, Arnulfo Pajarito-Ravelero<sup>3</sup> y Rosalva Mora-Escobedo<sup>4</sup>

### RESUMEN

Con el objeto de evaluar parámetros de composición mineral, dureza, absorción de agua, propiedades térmicas, viscosidad y microestructura del grano se estudiaron 14 variedades de frijol cultivadas en el estado de Durango, México. El mayor contenido de cenizas favoreció la absorción de agua en las variedades estudiadas, y a su vez, la mayor absorción de agua disminuyó la dureza final de los granos. Estructuras densas de la testa del grano de frijol fueron indicativas de menor absorción, mayor dureza y menor viscosidad. Las propiedades térmicas estuvieron parcialmente relacionadas con la viscosidad. Las excepciones a estos comportamientos fueron las variedades de P-V y SIN, las más dura y blanda, respectivamente.

**Palabras clave adicionales:** Dureza, viscosidad, propiedades térmicas, microestructura

### ABSTRACT

#### Thermal and physicochemical properties of different bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.)

With the object of evaluating parameters of hardness, water absorption, thermal properties, viscosity, and bean microstructure, 14 varieties of beans grown in Durango State, Mexico, were studied. Higher ash content favored water absorption of the studied varieties, and in turn, the increased water absorption decreased the final hardness of the grains. Dense structures of the seed coat were indicative of lower water absorption, higher hardness and lower viscosity. Thermal properties were partly related to viscosity. Exceptions to these behaviors were P-V and SIN, the hardest and softer varieties, respectively.

**Additional key words:** Hardness, viscosity, thermal properties, microstructure

### INTRODUCCIÓN

Existen más de 1300 especies de leguminosas, de las cuales sólo 20 son consumidas por el hombre. Entre éstas se incluye el frijol, *Phaseolus vulgaris*, el cual es una fuente importante de proteína, fibra dietética, almidón y minerales para una gran parte de la población mundial, principalmente en países en vías de desarrollo (Ovando-Martínez et al., 2011). Además, el frijol contiene una considerable cantidad de tiamina, riboflavina y niacina, y es considerado como una fuente potencial de calcio (Nyomba et al., 2011). Sin embargo, existen defectos texturales o

de endurecimiento que afectan su consumo, los cuales se originan cuando el frijol es cosechado y durante su manejo posterior. El almacenamiento bajo condiciones inadecuadas, tales como altas temperaturas, y alta humedad relativa, dan lugar al efecto “hard to cook”, es decir, la dureza a la cocción (Ruiz-Ruiz et al., 2008). Este defecto textural está relacionado con diversos mecanismos que involucran la oxidación de lípidos, la formación de pectatos insolubles y modificaciones de los componentes de la pared celular (Shiga et al., 2011; Mujica et al., 2012). Además de esto, las características intrínsecas como el espesor de la testa, composición y microestructura, son también

Recibido: Febrero 2, 2013

Aceptado: Septiembre 9, 2013

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del IPN-Durango. C.P.34220. Durango, México. e-mail: nenoparral@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN. C.P. 11500. México, D.F. e-mail: esanmartin@ipn.mx; miguel\_agme@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP-Valle del Guadiana, Durango, México. e-mail: arnulpf@yahoo.com

<sup>4</sup> Dpto. de Graduados e Investigación en Alimentos, ENCB del IPN, Carpio y Plan de Ayala Col Santo Tomás, México, D.F. e-mail: rosalmora@hotmail.com

determinantes en la textura y propiedades fisicoquímicas del grano (Shiga et al., 2003). El ordenamiento e interacciones de la pared celular influyen de manera importante en las propiedades mecánicas de los alimentos (Shiga et al., 2004). Sin embargo, no hallamos reportes bibliográficos que relacionen las propiedades fisico-químicas del frijol con las características microestructurales de la testa. Éste representa cerca del 10 % del total de la semilla, está compuesto de 67 % de polisacáridos insolubles no derivados del almidón y 4 % de fibra soluble. Además, esta fracción es rica en compuestos fenólicos, los cuales son susceptibles de polimerización y pueden contribuir a la impermeabilización de la testa (Shiga et al., 2011).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades físicas, químicas y microestructurales de la testa del grano de variedades de frijol cultivadas en el estado de Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación involucró las siguientes 14 variedades de frijol: Sinaloa (SIN), Azufrado Higuera (AZ HIG), Regional 87 (REG 87), Noroeste T-7 (NO T-7), Peruano (PER), Azufrado Pacífico (AZ PAC), Pimono 78 (PIM 78), Criollo Don Carlos (CR DC), San Francisco (SF), Madero (MAD), MAM-38, Pinto Villa (P-V), V-8025 y Azufrado Tapatío (AZ-T). Estas variedades fueron cultivadas en el Campo Experimental Valle del Guadiana (Durango, México) que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), manteniendo las mismas condiciones de irrigación. Para su cultivo se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en parcelas de cuatro surcos, cada uno de 6 m de longitud. Al momento de la cosecha los granos de cada parcela fueron mezclados y se extrajo un lote de 1000 granos, para finalmente seleccionar una muestra representativa de 100 granos. Este procedimiento se realizó para cada una de las variedades estudiadas.

Todas las muestras, después de deshidratadas, fueron molidas y tamizadas con un tamaño de partícula de 80 mallas (0,178 mm) usando un molino de martillos (Mikro, modelo 2TH) operado a 3000 rpm. La harina se almacenó en recipientes de polietileno para su posterior uso. El análisis de cenizas se llevó a cabo mediante incineración en

mufla a 550 °C (AOAC, 2000). El análisis de minerales (Ca, Mg, Na y K) se realizó por digestión seca y posterior espectroscopía de absorción atómica (AACC, 2000) usando un equipo Perkin Elmer, modelo 7000.

Muestras de cada variedad de frijol fueron sometidas a un tratamiento térmico en agua destilada a ebullición por 30 min, empleando una proporción de 1:5 (semilla:agua). Después del cocimiento, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente por 30 min y se determinó su dureza utilizando un texturómetro universal Instron, modelo 1132. Se empleó una celda de corte Warner-Bratzler de manera invertida la cual seccionó la semilla a la altura del hilio.

Para determinar la absorción de agua se utilizó el método reportado por Shimelis y Rakshit (2005) con algunas modificaciones. Semillas de frijol fueron remojadas en agua destilada a 25 °C por 24 h, empleando una proporción de 1:5 (semilla:agua). Luego, las semillas fueron removidas, secadas con papel filtro y pesadas. El agua absorbida por las semillas fue calculada como el porcentaje de la fracción de la masa ganada en relación a la masa inicial.

La viscosidad de las harinas de frijol fue determinada utilizando un analizador RVA-4, Newport Scientific. Para ello se emplearon muestras de 3 g acondicionadas a 14 % de humedad, y se adicionó agua destilada manteniendo el peso final de la muestra-agua constante en 28 g. Las dispersiones fueron sometidas a calentamiento desde 50 °C hasta 90 °C y posterior enfriamiento de nuevo hasta 50 °C. Se registró la viscosidad a ambas temperaturas, en donde el tiempo total del análisis fue de 15 min manteniendo una velocidad de agitación constante de 160 rpm.

Las propiedades térmicas de la harina fueron estudiadas utilizando un calorímetro diferencial de barrido Perkin Elmer, modelo Pyris 1. Muestras de 5 mg fueron colocadas en cápsulas de aluminio, selladas herméticamente y calentadas desde 40 hasta 210 °C a una velocidad de calentamiento de 10 °C por minuto. Se usó una cápsula vacía como referencia. Se obtuvieron los parámetros de transición vítrea ( $T_g$ ) y punto de fusión ( $T_m$ ) directamente del software Pyris.

Las características microestructurales de cada variedad de frijol se observaron a través de un microscopio electrónico de barrido (MEB) JSM-6390LV, JEOL, para lo cual se realizó un corte

transversal al eje de los cotiledones utilizando un micrótopo. Las muestras de 3 x 3 mm fueron montadas sobre una cinta de carbón adherida a su vez a porta-muestras cilíndricos metálicos. Éstas fueron recubiertas con oro utilizando un equipo Denton Vacuum modelo Desk IV. Se obtuvieron imágenes a 500X y 800X empleando un voltaje acelerador de 20kV. El espesor de la testa fue determinado midiéndola en microfotografías de la muestra, en cinco puntos equidistantes en cada imagen (n=10), y conversión a milimicras según la escala de la foto.

Las determinaciones de cenizas y minerales, así como la dureza y la absorción fueron comparadas mediante análisis de varianza y prueba de medias de LSD. Asimismo, se realizaron pruebas de correlación entre dichas variables. Los análisis se efectuaron utilizando el programa Statgraphics Centurion XV, versión II.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de cenizas y minerales:** Los valores de cenizas de las distintas variedades de frijol se ubicaron en un intervalo de 3,60 a 4,63 % (Cuadro 1). Las variedades con mayores contenidos fueron V-8025, PER, AZ PAC y SIN, mientras que las de menores contenidos fueron MAM-38 y P-V. Estos valores se corresponden con los reportados por

Shimelis y Rakshit (2005) y Ovando-Martínez et al. (2011). Por otro lado, la composición en minerales como Ca, Mg, Na y K no fue muy diferente, observándose mayor contenido en Mg y K, y menor en Ca y Na. Debido al valor nutritivo que el calcio podría aportar en el consumo del frijol, se resalta que las variedades con mayor contenido de este elemento fueron CR DC y MAM-38 y las de menor contenido fueron PIM 78 y NO T-7. Valores similares fueron reportados por Moraghan et al. (2006).

**Absorción de agua:** Las variedades NOT-7, SIN y PER tuvieron el mayor valor de absorción de agua mientras que la variedad P-V presentó el menor valor (Cuadro 2). Las demás variedades presentaron valores dentro del intervalo de 98,46 a 131,50 %. Al relacionar la capacidad de absorción de agua con las características químicas de la semilla, se encontró que las variedades con mayor contenido de cenizas presentaron mayores valores de absorción ( $r = 0,66$ ;  $P \leq 0,02$ ). Podría pensarse que un mayor contenido de minerales (representados por la ceniza) facilitarían la absorción de agua mediante un proceso osmótico. En tal sentido, es conocido que el uso de bicarbonato de sodio incrementa la absorción de agua y el reblandecimiento del frijol (Varriano-Marston y Omana 1979).

**Cuadro 1.** Contenido porcentual de cenizas y minerales de 14 variedades de frijol

Variedad	Cenizas	Ca	Mg	Na	K
SIN	4,51 def	0,0166 cde	0,1397 a	0,0002 ab	1,0871 a
AZ-HIG	4,24 bcde	0,0162 de	0,1795 a	0,0002 ab	1,2630 a
REG 87	4,30 bcdef	0,0140 gh	0,1344 a	0,0000 a	1,2900 a
AZ PAC	4,55 def	0,0145 ef	0,1379 a	0,0002 b	1,0657 a
PIM 78	4,35 cdef	0,0107 h	0,1067 a	0,0003 bc	0,8512 a
CR DC	4,19 bcd	0,0264 a	0,1474 a	0,0003 bc	1,1310 a
SF	4,24 bcde	0,0142 ef	0,1327 a	0,0002 ab	0,9218 a
MAD	4,25 bcde	0,0202 ab	0,1557 a	0,0003 bc	1,2743 a
MAM-38	3,98 b	0,0242 a	0,1322 a	0,0004 bcd	0,9574 a
P-V	3,60 a	0,0155 de	0,1578 a	0,0006 de	0,9729 a
V-8025	4,63 f	0,0207 abc	0,1430 a	0,0003 cde	1,0812 a
AZ-T	4,11 bc	0,0181 bcd	0,1420 a	0,0005cde	1,0444 a
PER	4,56 ef	0,0157 de	0,1555 a	0,0007 ef	1,0938 a
NO T-7	4,11 bc	0,0126 fg	0,1080 a	0,0009 f	0,8868 a

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba de LSD ( $P \leq 0,05$ )

**Dureza:** La variedad con mayor dureza después del tratamiento térmico fue la P-V (14,073 N). Las demás variedades se encontraron dentro de un intervalo de 5,796 N y 9,689 N. La variedad más

blanda fue la AZ HIG (5,796 N) (Cuadro 2).

La dureza se correlacionó inversamente con la absorción de agua ( $r = -0,69$ ;  $P \leq 0,01$ ), es decir, que a medida que el grano de frijol es más duro

absorberá menos agua. También se encontró correlación inversa entre la dureza y el contenido de ceniza ( $r = -0,728$ ;  $P \leq 0,01$ ); esto indica que a mayor contenido de cenizas el grano será menos duro, lo que a su vez conlleva a que absorberá más agua. Este resultado se corresponde con la correlación positiva encontrada previamente entre el contenido de cenizas y la absorción de agua.

**Cuadro 2.** Valores de dureza, absorción de agua y espesor de la testa de 14 variedades de frijol

Variedad	Absorción de agua (%)	Dureza (N)	Espesor ( $\mu\text{m}$ )
V-8025	105,06 cd	6,708 b	39,306
AZ HIG	98,46 d	5,796 a	41,242
NO T-7	131,50 a	8,551 cd	40,318
AZ PAC	106,06 cd	6,433 ab	36,384
AZ-T	102,89 d	9,120 de	34,028
MAD	103,26 d	8,787 d	54,242
CR DC	101,73c d	8,610 cd	43,800
MAM-38	105,01 cd	8,669 d	59,018
PER	122,86 ab	8,767 d	37,482
PIM 78	99,73 d	9,689 e	54,158
REG 87	115,57 bc	7,992 c	57,322
SIN	125,81 ab	7,120 b	43,118
SF	103,91 d	7,012 b	34,406
P-V	37,56 e	14,073 f	44,217

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba de LSD ( $P \leq 0,05$ )

**Propiedades térmicas:** Las propiedades térmicas de las variedades de frijol son mostradas en el Cuadro 3. Las variedades con mayor valor de  $T_g$  fueron SIN, NO T-7, AZ PAC, MAD y AZ-T con valores entre 85,96 y 73,21 °C; le siguieron las variedades AZ HIG, PER, PIM 78, SF, MAM-38, P-V y V-8025 entre 69,95 y 68,34 °C; los de menor valor fueron REG 87 y CR DC. La transición vítrea de estas variedades indica que dependiendo de su ordenamiento molecular requieren mayor energía para relajarse, es decir, cuando el ordenamiento molecular es amorfo requerirán menos energía en su transición (Tolstoguzov, 2000). Esta característica estaría relacionada con la dureza del grano de frijol (Meste et al., 2002), por lo que las variedades con mayor valor de  $T_g$  deberían tener mayor dureza; sin embargo, sólo las variedades MAD y AZ-T tuvieron mayor dureza, NO T-7 intermedia, SIN y AZ PAC fueron blandas por lo que esta relación se cumple parcialmente.

Por otra parte, al evaluar los valores de  $T_m$  se observa que a mayor dureza del grano, la energía

requerida para la fusión aumenta. La transición de fase para  $T_m$  en función de la dureza requiere de una energía proporcional para alcanzar la fusión de los constituyentes.

La temperatura de transición vítrea está relacionada con su estructura conformacional obtenida durante la maduración de la semilla y a su composición química. Estudios realizados por Yousif et al. (2003) observaron valores similares de  $T_g$  en almidones derivados de diversas variedades de frijol.

**Viscosidad:** La viscosidad a 90 °C de las harinas de frijol permitió clasificar las variedades en tres grupos (Cuadro 3). El primer grupo, con los mayores valores de viscosidad está representado por NOT-7, SIN, PER y AZ HIG. El segundo grupo, de viscosidad intermedia, por MAD, MAM 38, P-V, AZ PAC y CR DC, y el tercer grupo, con la menor viscosidad, por V-8025, PIM 78, REG 87, AZ-T y SF.

**Cuadro 3.** Propiedades térmicas y viscosidad de 14 variedades de frijol

Variedad	$T_g$ (°C)	$T_m$ (°C)	V90 (cP)	V50 (cP)
SIN	73,21	181,85	2064	2747
AZ HIG	69,24	157,88	1839	2736
REG 87	67,17	174,45	1114	1721
NO T-7	81,11	180,72	2339	3292
PER	69,95	174,07	1958	2827
AZ PAC	85,96	146,44	1322	1916
PIM 78	68,35	182,09	1135	1831
CR DC	66,90	171,30	1298	1860
SF	68,90	148,82	981	1250
MAD	74,12	167,09	1508	1818
MAM-38	68,27	168,18	1472	2040
P-V	68,72	171,42	1441	1925
V-8025	68,34	158,80	1196	1313
AZ-T	77,02	164,03	1100	1817

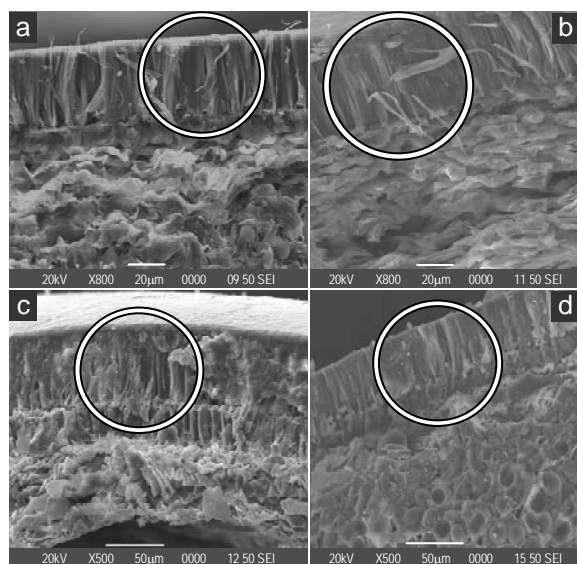
$T_g$ : transición vítrea;  $T_m$ : punto de fusión; V90 y V50 son las viscosidades a 90 y 50 °C, respectivamente

Al ser enfriadas a 50 °C, la viscosidad de las muestras mostró valores mucho mayores que los presentados a 90 °C atribuido al fenómeno de la retrogradación del almidón. Resultados similares fueron obtenidos por Hoover y Ratnayake (2002) para almidones extraídos de diversas variedades de frijol.

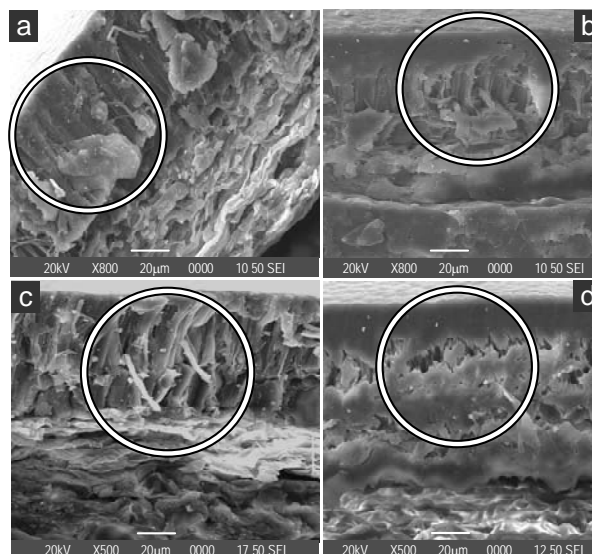
Las variedades que presentaron alta viscosidad tuvieron alta absorción de agua a excepción de P-V (1441 cP) que presentó viscosidad intermedia

pero mostró el menor valor de absorción. Por otro lado, si se relaciona la viscosidad con la dureza de los granos se observa de forma genérica que incrementos en la dureza corresponden con menor viscosidad. Este comportamiento se debe probablemente a que los gránulos de almidón, en conjunto con la proteína, se empaquetan unos más que otros durante la maduración de la semilla.

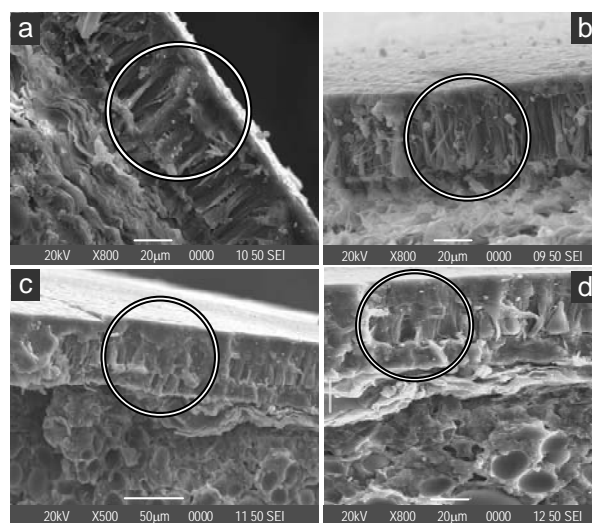
**Microestructura de la testa:** Imágenes de MEB que muestran la microestructura de la testa de las distintas variedades de frijol se presentan en las Figuras 1 a la 3, donde las variedades fueron agrupadas en función de su dureza. Es decir, la Figura 1 corresponde a frijoles duros, la Figura 2 a frijoles semiduros y finalmente la Figura 3 a blandos. Analizando las microestructuras (escleridas) se puede observar que la testa de la variedad Pinto Villa (P-V) (Figura 1) es muy compacta o densa comparada con las demás variedades de su grupo; ésta es probablemente una de las razones por la que esta variedad tiene una baja absorción de agua y una de las mayores durezas de las variedades de frijol evaluadas. Incluso, la PIM 78 presenta dos capas de escleridas. Las variedades AZ-T y MAD también presentan una estructura densa pero mayor apertura entre escleridas; además, el espesor de la testa de MAD es una de las mayores entre las variedades estudiadas.



**Figura 1.** Imágenes de MEB de la testa (en los círculos) de frijoles duros: a) Azufrado Tapatío (AZ-T), b) Madero (MAD), c) Pimono 78 (PIM 78), d) Pinto Villa (P-V)



**Figura 2.** Imágenes de MEB de la testa (en los círculos) de frijoles semiduros: a) Regional 87 (REG 87), b) Criollo Don Carlos (CR DC), c) MAM-38, d) Peruano (PER)



**Figura 3.** Imágenes de MEB de la testa (en los círculos) de frijoles blandos: a) Sinaloa (SIN), b) Azufrado Higuera (AZ HIG), c) Azufrado Pacífico (AZ PAC), d) San Francisco (SF).

En la Figura 2 se observa que las microestructuras de la testa tienen mayor espacio entre escleridas y pequeños vacíos entre ellas, siendo en algunos casos irregulares como las variedades CR DC y PER. Estas características facilitan el proceso de difusión del agua al interior del grano hidratando con mayor facilidad el endospermo y resultando en mayor absorción y menor dureza de los granos.

La Figura 3 muestra las variedades más blandas. Se observa que las escleridas de la testa presentan

mucho espaciamiento entre ellas y mayor irregularidad que en los grupos anteriores, por lo que la difusión de agua al interior se facilitaría, originando así menores valores de dureza.

### CONCLUSIONES

El mayor contenido de cenizas favoreció la absorción de agua de los granos de frijol en las variedades estudiadas y a su vez, la mayor absorción de agua disminuyó la dureza final de los granos.

La viscosidad de la harina permitió clasificar las variedades de frijol en tres grupos, mientras que las propiedades térmicas se relacionaron sólo parcialmente con la dureza del grano. Las microfotografías de la testa muestran que estructuras densas son indicativas de menor absorción, mayor dureza y menores valores de viscosidad. Las excepciones fueron las variedades de P-V y SIN, las más duras y blandas, respectivamente.

### AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Instituto Politécnico Nacional y a COFAA-IPN.

### LITERATURA CITADA

1. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Vol. I y II.
2. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis Chemists of AOAC International. Gaithersburg, MD. Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
3. Hoover, R. y W. Ratnayake. 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. *Food Chemistry* 78: 489-498.
4. Meste, M., D. Champion, G. Roudaut, G. Blond y D. Simatos. 2002. Glass Transition and Food Technology: A Critical Appraisal. *Journal of Food Science* 67: 2444- 2458.
5. Moraghan, J., J. Etchevers y J. Padilla. 2006. Contrasting accumulations of calcium and magnesium in seed coats and embryos of common bean and soybean. *Food Chemistry* 95: 554-561.
6. Mujica, M.V., M. Granito y N. Soto. 2012. Variación de los compuestos fenólicos de *Phaseolus vulgaris* L. durante el almacenamiento y su relación con el endurecimiento. *Bioagro* 24(3): 163-174.
7. Nyomba, G., M. Siddiq y K.D. Dolan. 2011. Physico-chemical and sensory quality of extruded light red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) porridge. *LWT-Food Science and Technology* 44: 1597-1602.
8. Ovando-Martínez, M., L.A Bello-Pérez, K. Whitney, P. Osorio-Díaz y S. Simsek. 2011. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. *Carbohydrate Polymers* 85: 54-64.
9. Ruiz-Ruiz, J., A. Martínez-Ayala, S. Drago, R. González, D. Betancur-Ancona y L. Chel-Guerrero. 2008. Extrusion of a hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and quality protein maize (*Zea mays* L.) flour blend. *LWT -Food Science and Technology* 41: 1799-1807.
10. Shiga, T., F. Lajolo y M. Filiseni. 2003. Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Tecnologia Alimentos* 23: 141-148.
11. Shiga, T., F. Lajolo y M. Filisetti. 2004. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. *Food Chemistry* 84: 53-64.
12. Shiga, T., B. Cordenunsi y F. Lajolo. 2011. The effect of storage on the solubilization pattern of bean hull non-starch polysaccharides. *Carbohydrate Polymers* 83: 362-367.
13. Shimelis, E.A. y S.K. Rakshit. 2005. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *LWT-Food Science and Technology* 38: 331-338.
14. Tolstoguzov, V.B. 2000. The importance of glassy biopolymer components in food. *Nahrung* 44(2): 76-84.
15. Varriano-Marston, E. y D. Omana. 1979. Effects of sodium salt solution on the chemical composition and morphology of black beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science* 44: 531-536.
16. Yousif, A.M., I.L. Batey, O.R. Larroque, B. Curtin, F. Bekes y H.C. Deeth. 2003. Effect of storage of adzuki bean (*Vigna angularis*) on starch and protein properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 36: 601-607.