

## Características físicoquímicas de harina de okara

### *Physicochemical characteristics of okara flour*

Hernández O. Mariela, Carvajal T. Diana C.

*Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia*

Recibido 12 de Marzo 2011; aceptado 26 de Mayo de 2011

#### RESUMEN

---

*Durante el proceso de extracción de la leche de soya se genera un subproducto (okara) que es utilizado para alimentación animal o desechado (O´Toole, 1999). El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físicoquímicas de la harina de okara, que permita definir su utilidad en la elaboración o enriquecimiento de productos alimenticios. Se adquirió la okara en la empresa PAN (Medellín –Antioquía), con una humedad inicial de 86%,; esta fue prensada manualmente y secada a una temperatura de 60-70°C por 3 1/2 h hasta obtener una humedad final del 5,72%, y posteriormente se realizó la reducción de tamaño con un molino de discos. Los parámetros evaluados a la harina de okara fueron: grasa, humedad, proteínas, fibra, cenizas, capacidad de retención de agua, hinchamiento y granulometría. La composición físicoquímica de la harina de okara fue: materia grasa (12,62 ± 0,16%); humedad (5,72%); cenizas (2,66 ± 0,018%); fibra bruta (48,24 ± 0,49%) y proteína 36,6201 ± 0,681). La granulometría presentada por el 98,34% de la harina de okara fue menor de 212 µm cumpliendo lo establecido por la norma AOAC 965.22. La capacidad de retención de agua y el hinchamiento de la harina de okara fue de 73.5 ml de agua por cada 25 g de harina y 7,86 ± 0,23 ml/g respectivamente, los cuales son elevados y alto contenido en fibra bruta y proteína en las proporciones encontradas le imparte importancia desde el punto de vista nutricional y tecnológica.*

\*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: marielaheeror@gmail.com

**Palabras clave:** características físicas, harina, químicas, okara.

---

## ABSTRACT

---

*During the extraction process of soymilk a byproduct is generated (okara) which is used for animal feeding or discarded (O'Toole, 1999). The objective of this research was to evaluate the physicochemical characteristics of the okara flour, which will define its usefulness in the development or enrichment of foodstuffs. Okara flour was purchased in the PAN company (Medellin –Antioquia), with an initial humidity of 86%, it was manually pressed and dried at a temperature of 60-70 ° C for 3 1/2 h until obtaining a final moisture of 5.72% and subsequently size reduction was performed with a disc mill. The evaluated parameters to the okara flour were: grease, moisture, proteins, fiber, ash, water retention capacity, swelling and particle size. The physicochemical composition of the okara flour was: fat (12.62 ± 0.16%), moisture (5.72%), ash (2.66 ± 0.018%), gross fiber (48.24 ± 0.49%) and protein 36.6201 ± 0.681). The particle size is represented by the 98.34% of the okara flour it was less than 212 µm fulfilling the established standard by the AOAC 965.22. Water retention capacity and swelling of the okara flour was 73.5 ml of water per 25 g of flour and 7.86 ± 0.23 ml / g respectively, which are elevated and high in gross fiber content and protein in the found proportions, its importance is from the nutritional and technological point of view.*

**Keywords:** *physical characteristics, okara flour, chemical*

---

## INTRODUCCIÓN

---

La industria alimentaria genera semanalmente entre ocho y diez toneladas de subproductos, es decir los productos no principales obtenidos en un proceso específico que pueden tener determinadas aplicaciones, constituyéndose como las materias primas en la elaboración de un producto principal (Hermida, 1993).

Los subproductos con poco interés en el mercado son los provenientes de leguminosas, como es el caso de la semilla de soja, (Kushi *et al.*, 1999; Messina, 1999; Anderson y Major, 2002; Guillon y Champ, 2002); en el 2004 en Colombia se produjeron 68.615 toneladas en el departamento del Meta principalmente, Va-

lle del Cauca y Tolima, siendo la variedad P34 la más cultivada (Quintero, 2004). La mayoría de la soja se procesa para obtener piensos de animales y, en menor cantidad para alimentos destinados al consumo humano (Liu, 1997; Guerrero, 1998) principalmente aceite, leche, tofu, harina y proteína texturizada. Durante el proceso de extracción de la leche de soja se produce un subproducto que se destina para alimentación animal o desechado, denominado okara que contiene mayoritariamente fibra compuesta por celulosa, hemicelulosas y lignina, lo cual hace que este subproducto se pueda utilizar para la elaboración o el enriquecimiento de distintos productos alimenticios (O'Toole, 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materiales*

Se adquirieron 10 bolsas de okara (empresa Pan, Medellín- Antioquía) con un peso promedio 1.294 Kg y un total de 12.94 Kg, con las siguientes características: color crema, textura homogénea pastosa, maleable y pegajosa. Posteriormente las bolsas se pesaron en una balanza Javar modelo JAV 3P, se rotularon y refrigeraron en el cuarto frío de la planta de cereales de la Universidad de Pamplona para evitar la fermentación de la okara.

### *Obtención de la harina de okara*

Para el secado de la okara se procedió inicialmente a sacar las bolsas del cuarto frío midiendo la temperatura (termómetro de punzón) y se determinó el porcentaje de humedad a la okara antes y después de someterla al prensado manual con el fin de determinar la eficiencia del proceso (tomando una muestra aleatoria de 3 g okara de diferentes bolsas, llevándola a la balanza de humedad Mb35 Halogen –Ohaus, por 60 minutos a una temperatura de 110°C). Debido al exceso de humedad que presentó la muestra original de okara se le realizó un prensado manual con un lienzo de tela, tomando 200 gramos de muestra dentro del lienzo y oprimiendo con la mano hasta obtener 56 gramos de leche de soya pesados en la balanza Nahita modelo 5041/2000 con el fin de eliminar un porcentaje de la leche residual contenida en la misma con el fin de facilitar el secado.

La muestra de 200g de okara previamente prensada, se colocó 0,5 cm de grosor

distribuida sobre una lámina de papel aluminio rotulado de 45 x 30 cm; esta lámina se llevó a la bandeja de secador de la planta de vegetales de la Universidad de Pamplona a una temperatura de 60-70°C por un tiempo de 31/2 horas, o hasta obtener una humedad final deseada, lo establecido en la norma del CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) para harina de trigo según el protocolo de Pan, (2007) registrando en una tabla, el peso tomado en la balanza Nahita modelo 5041/2000, la temperatura y la humedad relativa en el higrómetro, la humedad de la muestra en la balanza de humedad Mb35 Halogen (Ohaus) por 30 minutos a una temperatura de 110°C, cada 30 minutos. En cada secado realizado se colocaron 3 muestras cada una en una bandeja ya que el secador tiene esta capacidad.

El material seco u hojuelas de okara se empacó en bolsa de polietileno de baja densidad rotuladas con peso, fecha y selladas hasta terminar con todas las muestras de la materia prima. Una vez secada toda la muestra, se pesó en la balanza gravimétrica (Javar modelo CW-6 Capacidad 6 Kg) y se llevó a trituración en un molino de discos marca corona, y posteriormente se hizo pasar por un tamiz metálico 0,1mm según el ICONTEC (NTC 267) volviéndose a pesar en la balanza gravimétrica (Javar modelo CW-6 Capacidad 6 Kg) para finalmente envasarse 300g de harina en cada una de las bolsas de polietileno de cierre fácil marcadas con la fecha, nombre, peso y empacadas al 50% de vacío para evitar que adquiera humedad y se deteriore, almacenándose en un lugar seco, fresco y en ausencia de luz.

---

### ***Propiedades físico-químicas de la harina de okara***

Para los análisis que se realizaron a la harina de okara se tuvo en cuenta el estudio realizado por Mateus, (2008) en la caracterización de los subproductos como la harina de okara y las vainas de guisantes, además la norma del CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) para harina de trigo.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados (triplicado) a la harina de okara fueron: contenido de grasa (método de determinación del extracto etéreo, lípidos libres extraídos con éter de petróleo en un sistema Soxhlet), humedad (se colocó 2-3 g de muestra en la balanza de humedad Mb35 Halogen Ohaus por 60 minutos a una temperatura de 110°C), cenizas (AOAC, 1995c método 923.03 residuo inorgánico resultante de la incineración a 550°C hasta la pérdida total de la materia orgánica), fibra bruta (método 962.09, se calculó después de la digestión ácida y alcalina), proteína (método Kjeldahl contemplado en la AOAC, 1995 obteniendo el porcentaje de nitrógeno, se empleó el factor F para las harinas de 5,71).

### ***Análisis granulométrico en la harina de okara***

Según la norma AOAC 965.22, el 98% de las partículas de la harina de trigo exige que pasen a través de una malla o tamiz de 212  $\mu\text{m}$ ., es decir 2,12 mm., parámetro tenido en cuenta para el análisis granulométrico de

la harina de okara; se pesó 50 g de esta harina (balanza Nahita modelo 5041/2000), se colocó en el tamiz superior del Ro-tat (juego de tamices marca Tyler de diferentes aperturas en orden descendente: 2mm, 1mm, 0,5 mm, 0,355 mm, 0,212 mm, 0,150 mm, 0,106 mm, 0,075 mm y finalmente plato recolector). La operación de tamizado se realizó por 20 minutos, en el ciclo y potencia 9; al final se pesó cada tamiz (balanza Nahita modelo 5041/2000) determinando en cada tamiz el % rechazos y % cernidos para finalmente graficar.

### ***Análisis del hinchamiento en la harina de okara***

Se determinó utilizando la técnica citada por (Chau, 1997 citado por García, 2003). Se colocaron 0.5 g. del producto en una probeta graduada de 10 mL, después de medir el volumen ( $V_0$ ) ocupado por el producto, se adicionó un exceso de agua (5 mL.) y se agitó. Se dejó reposar durante 24 horas y se midió el volumen final ( $V_f$ ) de la muestra.

### ***Capacidad de retención de agua***

Para determinar la capacidad de retención de agua se tomaron 25 gr de harina de okara (pesada en la balanza Nahita modelo 5041/2000) y se llevaron a una capsula de porcelana, donde poco a poco se le fue agregando agua, cuantificando el volumen con una probeta de 25mL, amasando manualmente hasta formar una masa homogénea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de humedad en la okara

Se determinó que para evaluar el contenido de humedad de la muestra de okara se requiere de un tiempo de 44 minutos en la balanza de humedad, obteniéndose un contenido de humedad inicial de 86%, valor similar al suministrado en la ficha técnica otorgada por la empresa Pan al momento de adquirir el subproducto (83,02%). De la muestra inicial de 12.940Kg de okara se obtuvieron 9.3168Kg de okara prensada y 3.6232 Kg de leche de soya después de realizar el prensado manual, lo que indica un porcentaje de rendimiento del 72% y un porcentaje de humedad del 77%, lo que se traduce en una reducción en 9% del contenido de humedad con respecto a la muestra inicial de gran importancia para el proceso posterior.

### Secado de la okara

El tiempo ideal de secado de la okara con una humedad inicial del 77% (después del prensado manual) hasta una humedad final de 5,72%, fue necesario 3 y ½ h, se tomó una muestra de 200g a la cual cada 30 minutos se registró el peso y el %humedad como se observa en la figura 1.

Con el fin de obtener un secado uniforme de las muestras de okara se hizo necesario el intercambio de orden de las muestras, ya que en el secador de bandejas la circulación del aire se presenta en mayor grado en la parte superior e inferior que en la parte central.

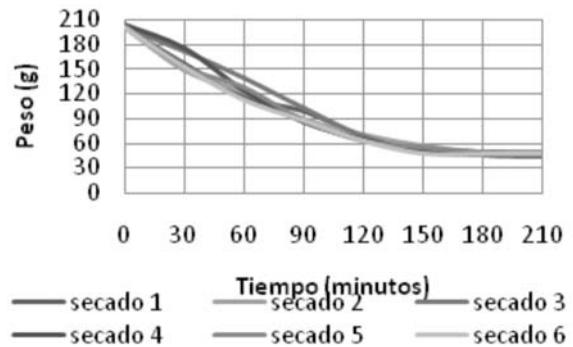


Figura 1. Curva de secado de la okara

En la figura anterior se relaciona el peso en gramos de la muestra de okara con el tiempo de secado en minutos, en la cual se presentan 6 secados realizados, los cuales permiten la puesta a punto de la técnica, iniciando con una muestra de 200g y finalizando con la hojuelas de la misma de  $46 \pm 1,52$ g, tres horas y media después, lo que significa una reducción del 77% del peso de la muestra, quedando con un 23% de su peso original.

La velocidad de secado de la okara es de teniendo en cuenta las dimensiones de las bandejas de secador, la humedad final e inicial y el tiempo obtenido experimentalmente. Se realizó el balance de energía del proceso de secado, donde se determinó que el calor necesario para calentar 600 g de okara prensada fue 20.464 Kcal, el calor necesario para evaporar 456.4515 g de agua es 254.369 Kcal, lo que significa que este es el calor total necesario que debe suministrarse a la okara prensada durante el proceso de secado a fin de obtener una humedad de la harina del 5,72%.

En general, el rendimiento del proceso de obtención de la harina de okara fue 14.89% con un porcentaje de humedad inicial de 86% y final de 5,72%. El prensado manual de la okara se realizó con el fin de facilitar la operación subsiguiente; presentó un rendimiento del 72%, obteniéndose 9.3168Kg de okara prensada, la cual secó durante 3 h y ½ en un secador de bandejas, evaporándose 7.08778 Kg de agua presente en la okara y obteniéndose 2.22902 Kg de hojuelas de okara, lo que se traduce en un 23.92% de rendimiento. En la molienda y tamizado se presentaron pérdidas de 0.30202 Kg de okara, obteniéndose un porcentaje de rendimiento del 86.45%.

### ***Las propiedades fisicoquímicas de la harina de okara***

En la tabla 1. Se presentan los constituyentes químicos de la harina de okara donde se puede observar que los componentes mayoritarios fueron fibra y proteína.

Tabla 1  
Constituyentes químicos de la harina de okara

Componente	% (Porcentaje)
Grasa	12,62 ± 0,16
Humedad	5,72 ± 0,05
Cenizas	2,66 ± 0,02
Fibra bruta	48,24 ± 0,49
Proteína	36,62 ± 0,68

El contenido promedio de materia grasa de la harina de okara fue de 12,62±0.16%, resultado similar reportado por Pan (2007) cuyo valor fue 12.78%, mientras Mateus, (2008) obtuvo un 8,47±0,21 como resultado, lo cual puede ser debido al tipo de procedimiento empleado para la obtención de la leche de soya, ya que de esto va a depender el subproducto obtenido.

Además al comparar el porcentaje de grasa obtenido en la harina de okara con el de la semilla de soya, ésta presenta un porcentaje de 18-22% (Souci *et al.*, 1994; Liu, 1997; Guillon y Champ, 2002), lo que podría indicar que la materia grasa presente en la semilla de soya se transfiere mayoritariamente a la okara, y en menor proporción a la leche.

En la figura 2, se presenta la curva de humedad de la harina de okara, donde se identificó el porcentaje de humedad presente en las 3 muestras analizadas.

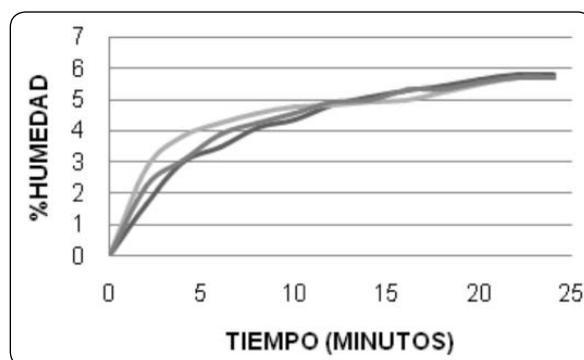


Figura 2. Curva de humedad de la harina de okara.

La curva de humedad indica que el porcentaje de humedad de la harina de okara es de 5,72±0,049% obtenido en un tiempo de 24 minutos, como se observa en la gráfica anterior, el cual cumple con la normatividad establecida por el CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) para harina de trigo.

Los resultados obtenidos del contenido de cenizas en las 3 muestras de harina de okara fueron 2,681%, 2,677% y 2,648% respectivamente lo que denota resultados similares en las 3 muestras analizadas; por lo tanto, el contenido promedio de cenizas en la harina de okara fue de 2,66±0,018%. Según la ficha técnica de la okara (Pan, 2007) registra un contenido de cenizas de 2,51% lo que constituye un resultado semejante al presentado en este

análisis, mientras Mateus (2008) consiguió un  $3,67 \pm 0,04$  por medio del método de absorción atómica, identificando los macro y microelementos que constituyen la okara.

Las muestras 2 y 3 presentan valores cercanos con respecto a la muestra 3 en el contenido de fibra bruta, ya que la muestra 2 presenta un 48,73% y la muestra 3, 48,24% mientras la muestra 1 tiene 47,75%. Estos resultados indican que la fibra es el constituyente mayoritario de la okara tal y como lo afirma Mateus, (2008), la cual obtuvo un  $55,48 \pm 0,34\%$ , alcanzando por su parte un valor más elevado, siendo la fibra insoluble, la fracción mayoritaria con un 50,77 g/100g y la fibra soluble escasamente representada con un 4,71 g/100g. La fibra insoluble (FI) esta compuesta por 37,2% de glucosa, 23,1% de galactosa, 13,7% arabinosa, 9,45% de ácidos urónicos y 10% de xilosa así mismo la fibra soluble (FS) contiene galactosa en 43,6% en okara, seguido por ácidos urónicos con un 23,8% y la arabinosa un 15,7%. La fibra total (FT) sigue el mismo orden monómero que la fibra insoluble (FI), lógicamente ya que ésta es la fracción mayoritaria.

La proteína de la semilla de soja contiene todos los aminoácidos esenciales que requiere la alimentación humana, aunque hay que señalar también la presencia de otros componentes, entre los que están los inhibidores de proteasas, como los inhibidores de tripsina, ácidos fenólicos y ácido fítico, que reduce la calidad de la proteína (Liu, 1997). El porcentaje promedio de proteína en la harina de okara fue de  $36,6201 \pm 0,6812$  resultado muy similar al obtenido por Mateus (2008), en este mismo análisis el cual fue de  $36,36 \pm 0,32$ .

Las semillas de soja son fuente conocida de proteína en la cual se presentan valores

que oscilan entre 35 y 42g/100g (Liu, 1997; Guillon y Champ, 2002), por lo cual se puede observar que la harina de okara presenta un contenido más bajo que la semilla debido a que una parte de la proteína se transfiere hacia la leche durante el procesado.

### **Granulometría en la harina de okara.**

En la figura 3 se puede identificar la relación de las masas de rechazo y cernido de cada una de las muestras, las cuales presentan resultados muy similares, a partir de los cuales se puede deducir que a medida que disminuye la masa de cernido aumenta la masa de rechazo, presentándose un mayor tamizado en la luz de malla de 2mm y en menor cantidad en la luz de 0,063mm. En la luz de malla de 2mm se presentó un porcentaje de cernido del 98,34 cumpliendo con la norma AOAC 965.22 la cual establece que el 98% de la harina debe pasar por un tamiz de 2,12 mm o  $212\mu\text{m}$ .

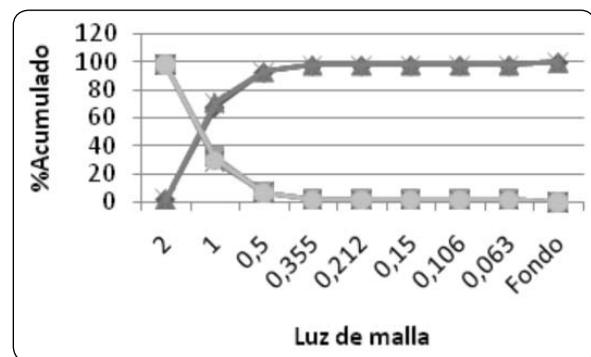


Figura 3. Granulometría de la harina de okara

El tamaño de la partícula, la porosidad, la superficie disponible, la capa superficial de la harina de okara por su alto contenido en fibra alimentaria, son algunas de sus características principales puesto que pueden influir en las propiedades fisiológicas de la misma. Un mayor número de poros permiten mayor hidratación de la partícula y una superficie

---

disponible facilita la unión de cationes; de allí radica la importancia de una granulometría fina.

### ***Hinchamiento en la harina de okara***

El hinchamiento en la harina de okara en la muestra 1 fue de 7,6 ml/g, en la muestra 2 y 3 de 8 ml/g, los cuales son resultados similares que indican una alta capacidad de hidratación, difiriendo de los resultados presentados por Mateus (2008) la cual obtuvo  $9,44 \pm 0,11$  ml/g, puede ser debido a que las características fisiológicas pueden modificarse debido a la madurez del alimento vegetal, tipo de cocinado, presencia de otros tipos de fibra, etc. (Guillon y Champ, 2000; Mälkki, 2001; Mataix y Gassull, 2002).

### ***Capacidad de retención de agua de la harina de okara***

La capacidad de retención de agua de la harina de okara fue de 73.5 ml por cada 25 gramos de harina, lo cual es alto, pues implica una relación 2,94 ml de agua por 1g de harina. Esta capacidad de retención de agua está relacionada con la estructura interna de la pared celular de la soya, puesto que allí se encuentra ubicada la fibra alimentaria, la cual dependiendo, de sus componentes, estructura y enlaces formados determinan sus efectos fisiológicos sobre la salud de los consumidores

---

## **CONCLUSIONES**

El rendimiento del proceso de obtención de la harina de okara fue 14.89% con un porcentaje de humedad inicial de 86% y final de 5,72%.

El 98,34% de la harina de okara presentó una granulometría menor de 212  $\mu$ m, cum-

pliendo lo establecido por la norma AOAC 965.22.

La harina de okara presentó una elevada capacidad de retención de agua y de hinchamiento de 73.5 ml de agua por cada 25 g de harina y  $7,86 \pm 0,23$  ml/g respectivamente.

---

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Anderson, J.W., y Major, A.W., (2002). Pulses and lipaemia, short- and longterm effect: potential in the prevention of cardiovascular disease. *Br J,Nutr*; 88: 263-271.
- AOAC (1995b). Method 993.19. *Official Methods of Analysis, 16th Edition*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (1995c). Method 955.04. *Official Methods of Analysis, 16th Edition*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Flander, L.M. (007). Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT* 40 860–870p.
- García, I. 2003. Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica L.*) y su incorporación en galletas. Tesis Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oax, México.
- Guillon, F., Champ, M., y Thibault, J.F., (2000). Dietary fibre functional products. En: GR Gibson y CM Wil-

- liams (eds.). *Functional Foods*. Woodhead Publishing, Cambridge, England. 315-355 p.
- Guerrero, A. (1998). Soja. En: A Guerrero (ed). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa, Madrid. 755-855 pp.
- Guillon, F., y Champ, M.M.J., (2002). Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *Br J Nutr*, 88 (Suppl. 3): 293- 306.
- Hermida, J.R. (1993). Tratamiento y aprovechamiento del orujo de aceituna. *Tecnologías complementarias en la industria alimentaria*, 137-148
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. ICONTEC (NTC 267). Harina de trigo.
- Kushi, L.H., Meyer, K.M. y Jacobs, D.R. (1999). Cereals, legumes, and chronic disease risk reduction: evidence from epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr*; 70:451-458.
- Liu, k (1997). Agronomic Characteristics, Production, and Marketing Chemistry and Nutritional value of Soybean Components. En: Keshun
- Quintero, L. E., Gaitán, X. A., Soler, M. S. (2004). Costos de producción de soya en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro-cadenas Colombia. Bogotá, Colombia. <http://www.agrocadenas.gov.co>
- Mälkki, Y., (2001). Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. *Cereal Foods World*, 46:196-199.
- Mataix Verdú, J., y Gassull, M.A., (2002). Fibra alimentaria. En: J Mataix Verdú (ed). *Nutrición y alimentación humana*. Ergon, Madrid. 119-135 pp.
- Mateus I, y Col, (2008) Tesis doctoral, Aprovechamiento de subproductos de Leguminosas para la obtención de Productos funcionales: Comparación de metodologías para la Caracterización de la fibra alimentaria, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de nutrición y Bromatología II (Bromatología), Madrid. <http://eprints.ucm.es/8175/1/T30419.pdf> [en línea] 1 de junio de 2009.
- Messina, M.J. (1999). Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am J Clin Nutr*, 70: 439-450
- O'Toole, D.K. (1999). Characteristics and uses of okara, the soybean residue from soymilk production – A review. *J Agric Food Chem*, 47:363-361.
- Pham, v.h.; tomoko, Maeda; NAOFUMI, Morita. (2007) Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution. *Food Research International* 40, 273–279p.Ct