

Propiedades emulsificantes y espumantes de las proteínas de harina de cacahuete (*Arachis hypogaea* Lineau)

Por, J. C. Ferreyra¹, E. M. Kuskoski¹, M. T. Bordignon Luiz¹, D. Barrera Arellano² y R. Fett¹

¹ Departamento de Ciencia e Tecnología de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga 1346, Itacorubi, Florianópolis, CEP:88034-001. rfett@cca.ufsc.br

² Laboratório de Óleos e Gorduras, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp Caixa Postal 6091. Campinas, SP 13.081-970.

RESUMEN

Propiedades emulsificantes y espumantes de las proteínas de harina de cacahuete (*Arachis hypogaea* Lineau)

Se estudiaron las propiedades funcionales de las proteínas presentes en la harina de cacahuete (*Arachis hypogaea* Lineau). Fue evaluada la influencia que tienen el pH y la solubilidad proteica sobre las propiedades emulsificantes y espumantes de las proteínas de harina de cacahuete. El punto isoeléctrico (pI) de estas proteínas se encuentra a pH 4,0; mientras que la región isoeléctrica está entre los valores de pH de 3,0 y 5,0. Las propiedades de superficie evaluadas disminuyeron en la región isoeléctrica, siendo que la actividad emulsificante y la estabilidad emulsificante en los tiempos de 30 y 120 minutos disminuyeron fuertemente en el pI; las estabilidades emulsificantes en relación a la temperatura (80 °C) disminuyeron en toda la región isoeléctrica extendiéndose hasta el pH 6,0. La actividad espumante mostró sus mejores valores a pH 2,0. Las correlaciones entre la solubilidad proteica y las propiedades de superficie fueron más importantes para las propiedades emulsificantes que para las espumantes.

PALABRAS-CLAVE: Actividad emulsificante – Actividad espumante – Cacahuete – Estabilidad emulsificante – Estabilidad espumante – Propiedades funcionales – Solubilidad proteica.

SUMMARY

Emulsifying and foaming properties of peanut (*Arachis hypogaea* Lineau) flour.

The functional properties of proteins present in peanut (*Arachis hypogaea* Lineau) flour were studied. The influence of the pH and protein solubility on emulsifying and foaming properties of peanut flour was evaluated. The isoelectric point (Ip) of these proteins was found at the pH of 4,0; and the isoelectric region between pH 3,0 and 5,0. The evaluated surface properties decreased in the isoelectric region. The emulsifying activity and time stability (30 and 120 minutes) significantly decreased at the pI; the emulsifying stability at the temperature of 80°C decreased in all the isoelectric region until the pH of 6,0. The foaming activity had the best values at the pH of 2,0. The correlation between protein solubility and surface properties were more significant for emulsifying properties than for foaming properties.

KEY-WORDS: Emulsifying activity – Emulsifying stability – Foam activity – Foam stability – Functional properties – Peanut – Protein solubility.

1. INTRODUCCIÓN

El cacahuete se clasifica dentro de la familia de las Leguminosas, subfamilia *Papilionácea*, genero *Arachis*. De las 12 especies conocidas, la más importante es la *Arachis hypogaea* Lineau, el cacahuete común. Esta especie se caracteriza por la producción subterránea de semillas con alto contenido de aceite y proteínas. El contenido en aceite es de aproximadamente 44% a 56%. La torta de extracción del aceite es utilizada para la fabricación de harina de cacahuete, con aplicación en productos alimenticios y en la formulación de productos para alimentación animal (Prosea, 1997). Con respecto a la composición química, la torta sin cutícula, presenta un promedio de 46,6% de proteínas y 5,5% de fibras. La torta de cacahuete es uno de los mejores suplementos para alimentación animal por contener proteínas de alto valor biológico (Gross y Guzmán, 1995)

La industria de oleaginosas en el mundo, y particularmente en Brasil, genera enormes cantidades de materiales proteicos (tortas y harinas) de gran valor nutricional, pero estos materiales son destinados casi en su totalidad para la alimentación animal, generando un retorno económico y social muy reducido. Una alternativa para la revalorización de estos recursos es la aplicación de tecnologías modernas que añaden valor mediante la transformación en productos con características y propiedades que permitan su uso en alimentación humana y/o en las industrias farmacéutica y cosmética (Campos Lasca, 2001).

Varios estudios han sido conducidos con diferentes tipos de proteínas, en la búsqueda de mejorar y ampliar su uso como ingredientes funcionales. Estudios enfocados a la mejoría de las propiedades funcionales de proteínas alimenticias requieren mayor destaque por parte de los investigadores, dado que, tales proteínas poseen una amplia aplicación tecnológica en la industria de alimentos; agregando a los productos características reológicas interesantes. Las propiedades funcionales de las proteínas son influenciadas por diversos factores, entre ellos, las condiciones del medio circundante, la presencia de iones y de otros compuestos (McClementes, 1999).

Varios trabajos están siendo desarrollados en busca de mejorar las propiedades funcionales de proteínas tales como: proteínas del suero lácteo (Turgeoni et al., 1992), globulina bovina (Ornellas et al., 2001), también se está trabajando en la evaluación de las diferentes propiedades funcionales de las proteínas a través de variables composicionales y su potencial de aplicación en la industria de alimentos (Silva et al., 1997; Solórzano Lemos et al., 1997; Anton y Gandemer, 1997; Duarte et al., 1998; Ven Der Van et al., 2001; Ornellas et al., 2003).

Considerándose la importancia del desarrollo de nuevos productos para atender a la demanda del mercado de ingredientes, con aplicación en la formulación de alimentos, el presente trabajo buscó caracterizar las propiedades funcionales de superficie de las proteínas de harina desengrasada de cacahuate a diferentes valores de pH y sus relaciones con la solubilidad proteica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materia prima

Harina desengrasada de cacahuate (HC), gentilmente donada por Nutrin Corporation (Nutritional Ingredients, USA); Cloruro de ácido palmítico (AKSO). Todos los demás reactivos utilizados no sufrieron ninguna etapa de purificación previa, siendo comercialmente disponibles y con grado de pureza analítico.

2.2. Composición proteica y de aminoácidos de la harina de cacahuate

Los análisis realizados en la harina de cacahuate fueron: contenido de proteína bruta por el método Kjeldahl (AOAC, 1995), utilizando el factor 5,46 (Rhee et al., 1973; McWatters et al., 1976) y composición en aminoácidos realizada vía hidrólisis de proteínas, a través de cromatografía de intercambio iónico en analizador automático de aminoácidos de la marca Beckman, modelo 7300, la cuantificación de los aminoácidos fue determinada por la relación de áreas entre una mezcla patrón de aminoácidos y la muestra, utilizando un integrador Hewlett-Packard (AOAC, 1995).

2.3. Determinación de la solubilidad proteica (S)

La solubilidad proteica (S), expresada en porcentaje, fue determinada de acuerdo con Saeed y Cheryan (1988) de la siguiente forma: soluciones acuosas conteniendo 4% (p/v) de proteína fueron ajustadas a diferentes valores de pH (variando de 2,0 a 9,0), mediante la utilización de soluciones de NaOH 1,0 N y HCl 1,0 N. Las soluciones proteicas fueron mantenidas en agitación durante 30 minutos y posteriormente, centrifugadas a 2500 rpm durante 30 minutos. El contenido proteico del sobrenadante fue determinado a través del método de Kjeldahl (AOAC, 1995), utilizándose el factor de conversión

de 5,46, específico para proteínas de cacahuate (Rhee et al, 1973; Mcwatters et al., 1976). El perfil de solubilidad (S) de las proteínas fue determinado en función del pH, por la ecuación [1]

$$S = \frac{\text{Proteína del sobrenadante (g)}}{\text{Proteína total (g)}} \times 100 \quad [1]$$

2.4. Actividad Emulsificante (AEM)

La actividad emulsificante (AEM) fue determinada según el método de Yasumatsu et al., (1972) adaptado: muestras de HC (7 g) fueron diluidas en 100 mL de agua destilada y los valores de pH fueron ajustados entre 2,0 y 9,0 (utilizándose soluciones de HCl 1,0 N y NaOH 1,0 N). Estas soluciones proteicas fueron agitadas durante 10 segundos, utilizándose un *mixer* manual de la marca Frattina (Eletro Power) a 15.000 rpm, y posteriormente, adicionadas de 100 mL de aceite de soja comercial y emulsificadas durante 120 segundos. Las emulsiones fueron centrifugadas a 2000 rpm por 10 minutos. La actividad emulsificante fue calculada a través de la ecuación [2]:

$$AEM = \frac{\text{Volumen final de la emulsión}}{\text{Volumen inicial de la emulsión}} \times 100 \quad [2]$$

2.5. Estabilidad de la Emulsión en relación a la temperatura (EECAL)

La estabilidad de la emulsión fue determinada de acuerdo con el método de Yasumatsu et al., (1972) adaptado como sigue: las emulsiones fueron calentadas a 80 °C por 30 minutos, enfriadas durante 15 minutos en agua corriente y centrifugadas a 2 000 rpm por 10 minutos. La estabilidad de la emulsión fue calculada a través de la ecuación [3]:

$$EECAL = \frac{\text{Volumen final de la emulsión}}{\text{Volumen inicial de la emulsión}} \times 100 \quad [3]$$

2.6. Estabilidad de la Emulsión en relación con el tiempo (EE30M y EE120M)

La estabilidad de las emulsiones fue evaluada después de 30 y 120 minutos de reposo, los resultados fueron expresados con las siglas EEM30M y EEM120M, respectivamente. La estabilidad de la emulsión fue calculada de la siguiente forma:

$$EEM = \frac{\text{Volumen de la emulsión después de 30 y 120 minutos}}{\text{Volumen de la emulsión inicial}} \times 100 \quad [3]$$

2.7. Actividad Espumante (AES)

La actividad espumante (AES) fue determinada según el método descrito por Puski (1975). Suspensiones conteniendo 1% (p/v) de proteína fueron ajustadas a valores de pH entre 2,0 y 9,0 (con NaOH 1,0 N y HCl 1,0 N). Luego, fueron agitadas

con un *mixer* manual de la marca Frattina (Eletro Power) a 10000 rpm durante 60 segundos a temperatura de 25 °C. La actividad espumante fue determinada según la ecuación [5] propuesta por Haque y Kito (1983):

$$AES = \frac{\text{Volumen total después de la agitación} + \text{volumen de la espuma}}{\text{Volumen inicial} - 1} \times 100 \quad [5]$$

2.8. Estabilidad de la Espuma en relación al tiempo (EES30M y EES120M)

Fueron utilizados los métodos propuestos por Puski (1975), siguiendo el mismo procedimiento utilizado para determinar la actividad espumante, con mediciones después de 30 y 120 minutos de reposo a temperatura ambiente (25 °C). Los valores fueron determinados utilizando la ecuación [6], según Haque y Kito (1983):

$$EES = \frac{\text{Volumen de la espuma después de 30 y 120 minutos}}{\text{Volumen inicial de la espuma}} \times 100 \quad [5]$$

2.9. Análisis Estadístico

El experimento fue conducido de manera completamente aleatoria, con cinco repeticiones, utilizando el programa «STATISTICA 6.0» (1998), con aplicación de análisis de varianza y Prueba de *Tukey*, con nivel de significancia 5% ($p \leq 0,05$), y aplicación de Análisis de Regresión Múltiple.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición en aminoácidos y composición proteica de la harina de cacahuate

La fracción proteica de la harina de cacahuate (HC) fue de 48,3 g/100g, la composición de aminoácidos se muestra en la Tabla 1. Como se puede observar, 36,47% de esta fracción esta constituida por aminoácidos ácidos siendo los ácidos aspártico (13,59%) y ácido glutámico (22,88%), los que se encuentran en mayores proporciones, sumando 36% de los aminoácidos totales. Los aminoácidos con características hidrofóbicas representan 21,34% del total. Neucere (1972), destacan como aminoácidos limitantes del cacahuate a la cisteína, lisina, treonina, isoleucina y metionina. Conkerton y Ory (1976), mencionan como limitantes a los aminoácidos metionina y cisteína.

3.2. Solubilidad de las proteínas de la harina de cacahuate (HC)

Se determinó en pruebas preliminares, que el *pI* de las proteínas de la HC se encuentra a pH 4,0. El

Tabla 1
Composición en aminoácidos de la harina de cacahuate (HC).

Aminoácidos	mg/100g de HDC	mg/100g de proteína*
Arginina - Arg	7,006 (± 0,004)	14,506
Ácido aspártico - Asp	6,564 (± 0,008)	13,591
Glinina - Gly	3,391 (± 0,004)	7,021
Isoleucina - Ile	1,937 (± 0,007)	4,009
Leucina - Leu	3,709 (± 0,004)	7,680
Ácido glutámico - Glu	11,049 (± 0,008)	22,877
Lisina - Lys	1,335 (± 0,005)	2,765
Cisteína - Cys	0,607 (± 0,007)	1,257
Metionina - Met	0,326 (± 0,005)	0,675
Fenilalanina - Phe	2,843 (± 0,007)	5,887
Tirosina - Tyr	1,663 (± 0,005)	3,442
Treonina - Thr	1,490 (± 0,008)	3,085
Triptofano - Trp	0,541 (± 0,009)	1,121
Prolina - Pro	2,455 (± 0,007)	5,083
Valina - Val	2,212 (± 0,004)	4,579
Histidina - His	1,233 (± 0,005)	2,554
Serina - Ser	2,556 (± 0,008)	5,291

Factor de conversión del nitrógeno de las proteínas = 5,46 (Rhee et al, 1973); McWatters et al., 1976).

alto contenido de aminoácidos ácidos (ácido aspártico y glutámico) observado en la composición de aminoácidos de la HC, influye en el bajo valor del *pI* de la proteína. Según Rhee et al. (1973), el valor de pH óptimo para la precipitación de proteínas de cacahuate, se encuentra a $pH\ 4,0 \pm 0,25$. Diferentes autores obtuvieron resultados similares con proteínas de cacahuate, observando una región isoeléctrica entre los valores de pH de 3,0 y 5,0. (Ayres et al., 1974, McWatters y Cherry, 1977; McWatters, 1979).

La harina de cacahuate presentó valores menores de solubilidad entre los valores de pH 3,0 y 5,0, los cuales coinciden con la región donde se encuentra el punto isoeléctrico de las proteínas. La mayor solubilidad fue observada a pH ácido, siendo de 70,50% a pH 2,0. A pH 9,0, las proteínas presentaron un 63,50% de solubilidad, (Figura 1). Resultados semejantes fueron observados por Hutton y Campbell, 1977.

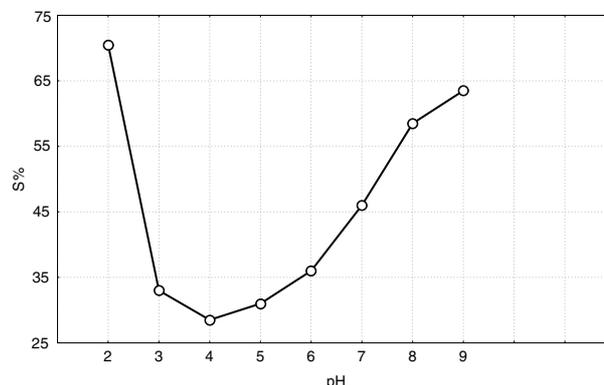


Figura 1
Curva de solubilidad proteica (%S) de la harina de cacahuate.

3.3. Propiedades emulsificantes

Las propiedades emulsificantes de las proteínas de la HC son fuertemente afectadas por el pH (Figura 2), los menores porcentajes actividad fueron observados en la región isoelectrica. La baja solubilidad de algunas proteínas en esta región puede disminuir la capacidad emulsificante, pues estas adoptan una estructura compacta que impide el desdoblamiento y absorción en la interfase, lo que no es deseable en una emulsión. Resultados similares fueron reportados por McWatters y Holmes (1979), quienes también observaron los menores valores de las propiedades emulsificantes en la región isoelectrica, o sea, en el pl (pH 4,0), para muestras de proteínas de cacahuate. Estas propiedades emulsificantes mejoran en la medida que se alejan de la región isoelectrica, lo que puede ser atribuido a un incremento en la carga eléctrica que aumenta la solubilidad proteica.

De acuerdo con otros autores (Hutton y Campbell, 1977; Kinsella, 1976; Singh, 2001), las propiedades emulsificantes están relacionadas con la solubilidad de las proteínas en agua, que a su vez, contribuye para la disminución de la tensión interfacial entre los compuestos hidrofóbicos e hidrofílicos, existiendo una mayor disposición de las moléculas para actuar en la interfase.

El comportamiento de la estabilidad de la emulsión en relación con el tiempo y con el aumento de la temperatura presentó resultados diferentes. Con respecto a la estabilidad de la emulsión (EEM) en relación al tiempo (30 y 120 minutos), se presentaron los valores más bajos en el pl (4,0); la estabilidad de la emulsión en relación a la temperatura (80 °C) fue más baja en toda la región isoelectrica, extendiéndose hasta el pH 6,0 sin diferencias significativas entre sí (Figura 2).

Las proteínas de la HC muestran una alta estabilidad de la emulsión (EEM) en relación a la variación de temperatura, esto puede ser observado en la Figura 2 donde las curvas de actividad emulsificante y estabilidad de las emulsiones en relación a

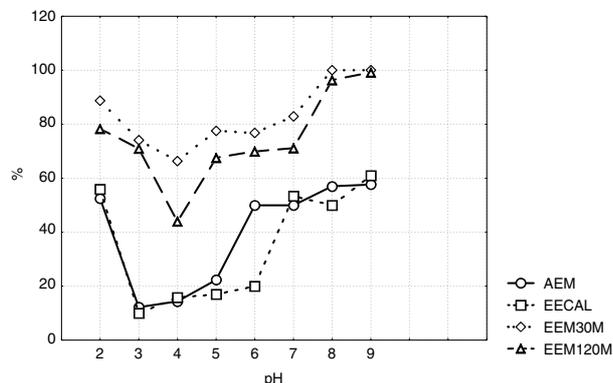


Figura 2

Curvas de las propiedades emulsificantes de la harina de cacahuate. AEM (actividad emulsificante); EECAL (estabilidad de la emulsión a 80 °C), a EEM30M y a EEM120M (estabilidad de la emulsión con relación al tiempo de 30 y 120 minutos respectivamente), (n = 5).

la temperatura son muy similares, mostrando valores diferentes a pH 6,0, indicando que la actividad emulsificante de estas proteínas es afectada por la acción del calor (80 °C.)

Las curvas de EEM30M y EEM120M son paralelas, indicando una correlación entre el tiempo transcurrido y la estabilidad de la emulsión, siendo prácticamente iguales a pH 9,0, presentando en este pH el valor más alto para la estabilidad de la emulsión. Fueron encontradas correlaciones positivas (estadísticamente significativas) entre las propiedades emulsificantes y la solubilidad proteica, habiendo también correlaciones positivas de las propiedades emulsificantes entre sí. La correlación de las propiedades emulsificantes con la solubilidad proteica se explicaría porque al pl las propiedades emulsificantes son mínimas (Kinsella, 1976), pues estas propiedades disminuyen con la reducción de la solubilidad proteica, que es menor en el pl. De todas formas, existen controversias frente a esta correlación, pues algunos autores (Aoki et al., 1981; Aminigo y Ogundipe, 2003) afirman que la misma no debería existir.

Debido a la composición y estructura de las diversas proteínas, algunas veces los datos experimentales generan conflictos cuando se trata de correlacionar las propiedades emulsificantes con la solubilidad proteica, ya que algunas proteínas presentan óptimas propiedades en su punto isoelectrico, como es el caso de la gelatina y de la clara de huevo. Otras, en cambio, operan mejor como emulsificantes en valores de pH distantes del pl, como las proteínas de soja, caseína, proteínas de suero de leche, suero de albúmina bovina y proteínas miofibrilares (Ornellas, et al., 2001; 2003).

3.4. Propiedades Espumantes

La actividad espumante de la harina de cacahuate (Figura 3), tiene los mejores resultados en valores de pH extremos, siendo máxima (550%) a pH ácido (2,0). Cuando la estabilidad de la espuma

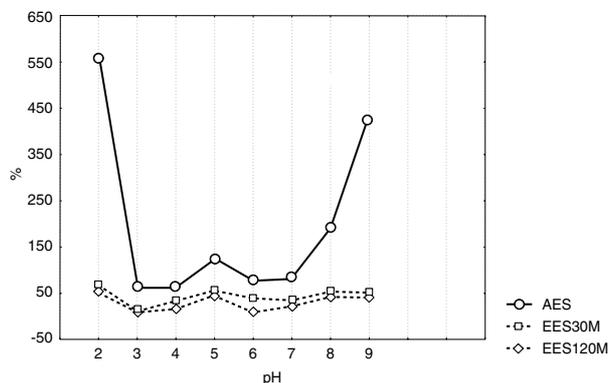


Figura 3

Curvas de las propiedades espumantes de las proteínas de la harina de cacahuate. AES (actividad espumante) EES30M y EES120M (estabilidad de la espuma en relación al tiempo de 30 y 120 minutos respectivamente).

a este pH fue evaluada, se observó una estabilidad de 50%. Este hecho está de acuerdo con lo expresado por Fennema (1996), que observa que a valores de pH distantes del pl, ocurre una gran formación de espuma, pero con baja estabilidad, y que a valores de pH próximos al pl se favorece la interacción proteína - proteína y la consecuente absorción en la interfase.

La estabilidad de la espuma (30 y 120 minutos) no presentó cambios en toda la escala de pH y mostró valores muy bajos. McWatters y Cherry 1977 obtuvieron resultados similares. Fue encontrada una correlación estadísticamente significativa entre la solubilidad proteica y la actividad espumante, existente también para la EES120M, siendo no significativa para la EES30M. Las propiedades espumantes presentaron altas correlaciones significativas entre sí.

4. CONCLUSIÓN

Las propiedades emulsificantes de las proteínas de la harina de cacahuate están directamente correlacionadas con la solubilidad y el pH. Las propiedades emulsificantes fueron menores en la región isoelectrica, así como la estabilidad de la emulsión. La proteína de la HC presentó alta estabilidad al calor. La actividad espumante es más alta a valores de pH extremos. La estabilidad de la espuma (30 y 120 minutos) presentó variaciones poco pronunciadas en los diferentes valores de pH. Fueron observadas correlaciones significativas en las propiedades emulsificantes entre sí y espumantes entre sí, correlación no observada entre propiedades emulsificantes y espumantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Anton M, Gandemer G. 1997. Composition, Solubility and Emulsifying properties los granules and plasma of egg yolk. *J. Food Sci.*, **62**, 484-487.
- Aminigo ER, Ogundipe H. 2003. Effect of hest treatment on functional characteristics of peanut (*Arachis hypogaea*) meal. *J. Food Sci Techn.* **40**, 205-208.
- AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 15th ed. Washington, DC.
- Aoki H, Taneyama O, Orimo N, Kitagawa I. 1981. Effect of Lipophilization of Soy Protein on its Emulsion Stabilizing Properties. *J. Food Sci.*, **46**, 1192-1195.
- Ayres JL, Branscomb LL, Rogers GM. 1974. Processing of Edible Peanut Flour and Grits. *J Am Oil Chem Soc*, **51**, 133-136.
- Campos Lasca DH. 2001. Cacahuate (*Arachis hypogaea* L.). CATI Cultura del Cacahuate. UFRGS, Universidade Federal de Rio Grande del Sul, 2001. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/icta/agronom/legum/cacahuate.html>>. Acesso em: 28 set. 2001
- Conkerton EJ, Ory RL. 1976. Peanut Proteins as Food Supplements: A compositional Study of Selected Virginia and Spanish Peanuts. *J Am Oil Chem Soc*. **53**,754-756.
- Duarte AJ, Carreira RL, Junqueiro RG, Coelho JV, Silvestre J. 1998. Propiedades emulsificantes y solubilidad de la caseína bovina y de seus hidrolisados tripticos: Efeito del pH y del tiempo de hidrólise. *Rev. Bras. Ciênc. Tecnol. Alim.*, **18**, 295-302.
- Fennema OR. 1996. Food Chemistry. New York, USA. Ed Marcel Deckker, Inc New York 3^o Editions, cap. **6**, 321-429.
- Gross NR, Guzmán CA. 1995. Chemical composition of aboriginal peanut (*Arachis hypogaea*) seeds from Peru. *J. Agric. Food Chem.* **43**,102-105.
- Haque Z, Kito M. 1983. Lipophilization of a_{s1}-casein. 2. Conformational and functional effects. *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 1231-1237.
- Hutton CW, Campbell AM. 1977. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems. *J. Food Scienc.*, **42**, 454-56.
- Kinsella JE. 1976. Functional Properties of proteins in foods: a Suvey. *CRC Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.*, **7**, 219-280.
- Kinsella JE. 1981. Functional properties in foods, possible relationships between structure and function in foams. *Food Chem.*, **7**, 273-288.
- McClementes D. 1999. *Journal of Food emulsions. Principles, Practice and Techniques*. Boca Raton, Flórida: Press: LLC, 378p.
- McWatters HK, Cherry JP, Holmes MR. 1976. Influence of Suspension Medium and pH on Functional and Protein Properties of Defatted Peanut Meal. *J. Agric. Food Chem.* **24**, 517-523.
- McWatters KH, Cherry JP. 1977. Emulsification, Foaming and Protein Solubility Properties of Deffated Soybean, Peanut, Field Pea and Pecan Flours. *J. Food Sci.* **42**, 1444-1447.
- McWatters KH, Holmes MR. 1979. Salt Concentration, pH, and Flour Concentration Effects on Nitrogen Solubility and Emulsifying Properties of Peanut Flour. *J. Food Sci.* **44**, 765-769.
- Neucere NJ. 1972. Effect of Heat on Peanut Protein. I. Solubility Properties and Immunochemical-Electrophoretic Modifications. *J. Agric. Food Chem.* **20**, 252-255.
- Ornellas CB, Silva JG, Silvestre MPC. 2001. Efeito do pH sobre as propriedades emulsionantes de la globina bovina. *Rev. Bras. Ciênc. Tecnol. Alim.* **21**, 51-56.
- Ornellas CB, Junqueira RG, Silvestre MPC. 2003. Efeito da hidrólise e pH sobre as propriedades funcionales do plasma bovino. *Rev. Bras. Ciênc. Tecnol. Alim.* **23**, 16-22.
- PROSEA. *Arachis hypogaea* L. CD-ROM on line, 11 nov. 1997. Disponível em: <<http://www.bib.wau.nl/prosrom/arachis.html>> Acesso em: 22 set. 2001.
- Puski G. 1975. Modification of functional properties of soy proteins by proteolytic enzyme treatment. *Cereal Chem.*, **54**, 655-664.
- Rhee KC, Carter CM, Mattil F. 1973. Effects of Processing pH on de Properties of Peanut Protein Isolates and Oil. *Cereal Chem.* **50**, 395-404.
- Saeed M, Cheryan M. 1988. Sunflower protein concentrates and isolates low in polyphenols and phytate. *J. Food Sci.*, **53**, 1127-1143.
- Silva JB, Bora OS, Neto VQ. 1997. Caracterización de propiedades funcionales del aislado protéico de sementes de algaroba (*Prosopis juliflora* (sw) D.C.) modificado por acetilación. *Rev. Bras. Ciênc. Tecnol. Alim.*, **17**, 263-269.
- Singh U. 2001. Functional properties of grain legume flours. *J. Food Sci Technol.* **38**:3, 191-199.
- Solórzano Lemos JL, Costa de Melo M, Chaves Cabral L. 1997. Estudo da solubilidade das proteínas de extractos hidrossolúveis de soja em pó *Rev. Bras. Ciênc. Tecnol. Alim.* **17**, 337-340.

Turgeoni S, Gauthier SF, Paquin P. 1992. Emulsifying property of whey peptide fractions as a function of pH and ionic strength. *J. Food Sci.* **57**, 601-604.

Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, Ishii K. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol.Chem.* **36**, 719-727.

Ven Der Van C, Gruppen H, Bont DBA, Voragen AGJ. 2001. Emulsion Properties of casein and whey protein hydrolysates and the relation with other hydrolysate characteristics. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 5005-5012.

Recibido: 27/12/05
Aceptado: 3/4/07