

OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE TORTA DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES

PROTEIN ISOLATED FROM CAKE OF SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) AND EVALUATION OF ITS TECHNO-FUNCTIONALS PROPERTIES

¹Jorge L. Mercado R., ^{1,2}Carlos C. A. Elías P., ¹Gloria J. Pascual C.

Resumen

Se evaluó las propiedades tecno-funcionales de un aislado proteico obtenido a partir de torta de sachá inchi (TSI). El aislado proteico de sachá inchi (APSI) fue obtenido usando el método de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica. Las variables estudiadas para la extracción proteica fueron: harina desgrasada/solvente, pH, temperatura y tiempo. Los valores de las variables con los que se obtuvo una máxima solubilización fueron: 1:30, 11, 50°C y 60 min, respectivamente. Las proteínas solubles fueron precipitadas en su punto isoeléctrico (pH 6), lavadas, ajustadas a pH 7 y secadas por atomización. Las propiedades tecno-funcionales del APSI que manifestaron valores más elevadas respecto al aislado proteico de soya (SPI) fueron: Solubilidad (máxima a 99,4% a pH 11 y mínima a 18,7% a pH 6), Capacidad de Absorción de Aceite (1,39 g aceite/g aislado proteico), Capacidad de Formación de Espuma (55% a 1% concentración de aislado proteico y pH 8) y la Estabilidad de Espuma (33,7% a 1% de concentración de aislado proteico a pH 8 y 120 min), Capacidad de Emulsificación (59,1%). Las propiedades tecno-funcionales con valores bajos fueron: Capacidad de Retención de Agua (1,84 g agua/g aislado proteico) y Capacidad de Gelificación (15%).

Palabras clave: extracción alcalina, extracción de proteínas, precipitación isoeléctrica.

Abstract

The physico-chemical parameters to obtain a protein isolated from sachá inchi cake (SIC) were determined and subsequently techno-functional properties were evaluated. The sachá inchi protein isolate (SIPI) was obtained using the method of alkaline extraction and isoelectric precipitation. The variables assessed for protein extraction were: defatted flour/solvent, pH, temperature and time. The values which were obtained a maximum solubility were: 1:30, 11, 50°C and 60 min, respectively. Soluble proteins were precipitated at pH 6 (pI), washed, brought to pH 7 and spray dried. The techno-functional properties of SIPI that had higher magnitudes compared with soy protein isolate (SPI) were: solubility (maximum 99,4% at 11 pH and minimum 18,7% at 6 pH), oil absorption capacity (1.39 g oil/g isolated), foaming capacity (55% at 1% concentration and pH 8) and foam stability (33,7% at 1% of concentration, pH 8 at 120 min), emulsifying capacity(59,1%) and those with lower magnitudes were: water holding capacity (1,84 g water/g isolated) and gelling capacity (15%).

Key words: alkaline extraction, isoelectric precipitation, protein extraction.

1. Introducción

Las proteínas vegetales juegan un rol importante en la nutrición humana, particularmente en los países en desarrollo donde la ingesta promedio de proteínas es menor a la requerida. A causa de una inadecuada provisión de proteínas alimenticias, se investiga constantemente fuentes no convencionales de proteínas para su uso como ingredientes alimenticios tecno-funcionales y suplementos nutricionales (Onweluzo et al. 1995). La semilla de sachá inchi presenta un alto contenido de proteínas (27%); esta proteína es rica en cistina, tirosina, treonina y triptófano (Hamaker et al. 1992). Las leguminosas tienen que ser procesadas antes de su consumo debido a su contenido de factores antinutricionales (Vidal-Valverde et al. 2002); estos factores pueden ser eliminados en los procesos de

obtención de los aislados proteicos, procesos que se basan en la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica (Khalid et al. 2003). Por otro lado, las proteínas de estas semillas deben poseer propiedades tecno-funcionales necesarias para su utilización con éxito, ya que afectan el comportamiento de los sistemas alimenticios a los cuales se adicionan, sea en el procesamiento o almacenamiento (Aremu et al. 2007). Las propiedades tecno-funcionales más interesantes en el procesamiento de los alimentos son: solubilidad, capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante, capacidad de formación de espuma y capacidad de gelificación (Boye et al. 2010a). Estas propiedades tecno-funcionales influyen en las características organolépticas y son esenciales en diferentes sistemas alimenticios tales como

¹Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú.

²Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. E-mail: celiasp@lamolina.edu.pe

productos de confitería, bebidas, postres y productos cárnicos (Boye et al. 2010b). Los objetivos del presente estudio fueron la determinación de los parámetros físico-químicos para la obtención de un aislado proteico a partir de torta de sachá inchi y la evaluación de sus propiedades tecno-funcionales.

2. Materiales y métodos

La torta de sachá inchi (ecotipo Pinto Recodo) obtenida en una empresa que procesa aceite, fue molida, tamizada (0,25 mm) y desgrasada (soxhlet) para obtener la harina desgrasada de sachá inchi (HDSI). Las proteínas totales fueron determinadas por el método de Kjeldhal y las proteínas solubles por el método espectrofotométrico de Biuret (540 nm). Para la obtención del aislado proteico de sachá inchi (APSI) se utilizó el método de extracción alcalina y precipitación ácida (Jayasena et al. 2010); para tal efecto se partió de los siguientes parámetros: pH (9); temperatura ($25 \pm 1^\circ\text{C}$); tiempo (30 min) (Eltayeb et al. 2011).

Extracción: La harina desgrasada fue mezclada con agua destilada (harina desgrasada/ agua destilada, p/v: 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30, 1:35 y 1:40) y el pH de la suspensión fue ajustada utilizando NaOH 1N; pH (9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5 y 12); temperatura (25; 30; 40; 50; 60 y 70°C) y tiempo (20; 30; 40; 50; 60; 70 y 80 min). En cada una de las etapas las partículas insolubles fueron eliminadas, previa centrifugación a 4000 rpm por 20 min, y los sobrenadante fueron refrigerados a 4°C hasta su uso.

Precipitación: Las proteínas extraídas fueron precipitadas con HCl 1N a diferentes pH (2; 3; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7 y 7,5); el precipitado fue recuperado por centrifugación a 4000 rpm por 20 min y posteriormente lavado (2 veces) con una relación de precipitado/solvente 1:10 p/v. Para el primer lavado se utilizó una mezcla hidroalcohólica (alcohol/agua; 20/80, v/v) (Golcalves et al. 1997); para el segundo lavado se utilizó agua destilada (1:10 p/v). Después de cada lavado los precipitados fueron recuperados por centrifugación (4000 rpm por 20 min). El precipitado fue recuperado mediante centrifugación (4000 rpm por 20 min).

Atomización: La proteína precipitada fue ajustada a pH 7 y acondicionada a los parámetros: sólidos totales 12%, temperatura del aire de entrada 160°C ; temperatura de salida del aire 80°C ; temperatura de alimentación 25°C para su secado (Taboada, 1990).

Propiedades tecno-funcionales

Capacidad de Retención de Agua (CRA) (Beuchat, 1977). Se preparó una suspensión acuosa del aislado proteico al 10% (p/v), en tubos de centrifuga y cada uno se agitó durante 30 s en un agitador vortex. El pH

de cada suspensión se ajustó a un rango de 2-11, luego se agitó por 30 minutos en un agitador recíprocante a 25°C . Se centrifugó a 4000 rpm por 15 min. Los tubos de centrifuga se colocaron invertidos por una hora en una estufa a 50°C , el precipitado se pesó y el sobrenadante fue retenido para determinar la solubilidad de la proteína. La CRA se halló de la te. ecuación:

$$CRA = \frac{\text{Agua (g)}}{\text{aislado proteico (g)}}$$

Solubilidad (SOL) (Butt y Batool, 2010). El sobrenadante que se obtuvo al momento de determinar la CRA, fue transferido a una fiola de 100 ml y luego se enrasó con agua destilada. Se determinó el contenido de proteínas solubles por el método de Biuret.

Capacidad de Absorción de Aceite (CAA) (AOAC, 1990). Se mezcló 4 ml de aceite de maíz con 0.5 g del aislado proteico seco en un tubo de centrifuga de 10 ml. La mezcla se dejó reposar durante 30 min a 25°C y seguidamente se centrifugó (4000 rpm por 25 min) descartándose el sobrenadante. La diferencia del peso del sedimento obtenido y el peso seco inicial proporcionó la cantidad de aceite retenido:

$$CAA = \frac{\text{Aceite (g)}}{\text{aislado proteico (g)}}$$
$$CAA (\%) = \frac{\text{Aceite (g)}}{\text{aislado proteico (g)}} \times 100$$

Capacidad de Formación de Espuma (CFE) (Sosulski et al. 1976). Se preparó soluciones proteicas de 0.5, 0.75 y 1.0% y se ajustó el pH de cada solución a 6,7 y 8, posteriormente se agitó por 5 min en una licuadora a máxima velocidad. Se calculó el porcentaje de volumen incrementado a los 30 s según la siguiente ecuación:

$$CFE(\%) = \frac{\text{Volumen después del batido} - \text{Volumen antes del batido}}{\text{Volumen antes del batido}} \times 100$$

Estabilidad de la Espuma (EES) (Sathe et al. 1982). Después de medir el volumen total del batido, se midió el volumen de la espuma en la probeta a un tiempo de 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 120 min determinándola en función del pH (6; 7 y 8) y de la concentración proteica (0.5; 0.75 y 1.0%). Los resultados fueron calculados aplicando la siguiente ecuación:

$$EES(\%) = \frac{\text{Volumen de la espuma}_{a \text{ un tiempo determinado}}}{\text{Volumen de la espuma}_{a \text{ un tiempo cero}}} \times 100$$

Capacidad de Gelificación (CG) (Coffmann y García, 1977). Se preparó soluciones proteicas de 5, 10,15 y 20 % (p/v). Las soluciones se colocaron en tubos de ensayo y fueron calentadas a $90-95^\circ\text{C}$ en baño maría por 60 min. Luego fueron enfriados a 4°C por 60 min. Los tubos fueron agitados para determinar la estabilidad del gel y aquellos conteniendo los geles estables fueron invertidos y dejados a temperatura ambiente por 30 min. Los resultados fueron reportados en términos de la menor concentración de muestra requerida para que el gel permanezca estable por 30 min a temperatura ambiente.

Capacidad Emulsificante (CE) (Yasumatsu et al. 1972). Se mezcló 1 g de aislado proteico con 20 ml de agua y se agitó durante 15 min. El pH de la solución proteica se ajustó a 7 y se aforó a 25 ml con agua destilada. Se mezcló los 25 ml de esta solución proteica con 25 ml de aceite de maíz en una licuadora por 3 min y posteriormente se centrifugó a 1300 rpm por 5 min. La CE se expresó en términos de porcentaje como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

Todas las determinaciones fueron hechas por triplicado y los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza ($P < 0,05$) y la significación de las diferencias entre las medias se determinaron por el test de rangos múltiples de TUKEY, con un nivel de significancia de ($P < 0,05$).

3. Resultados y discusión

1.1 Obtención de la harina desgrasada de sachá inchi (HDSI)

El Cuadro 1 muestra las diferencias entre la composición química proximal de la harina, la torta de sachá inchi (TSI) y el aislado proteico de sachá inchi (APSI). Respecto al contenido de proteínas de la TSI (47,09%), ésta contiene una mayor cantidad de proteínas respecto al 40% aprox. de la harina de lupino (Hall y Johnson, 2004). El APSI tuvo un contenido proteico de 95% en base seca (92,15% en b.h.), siendo mayor al contenido de lupino (93,2% en b.s.) (Rodríguez-Ambriz et al. 2005).

1.2 Obtención del aislado proteico de sachá inchi (APSI)

Extracción proteica

Efecto de la relación harina desgrasada/solvente: La proteína fue extraída soluble en el sobrenadante y la mayor solubilidad de proteínas fue de 65,4% con una relación harina desgrasada/solvente 1:30, p/v (Fig.1-a) el incremento de las proteínas recuperadas fue significativamente diferente ($P < 0,05$) respecto a las otras relaciones de harina desgrasada /solvente. El porcentaje de proteínas extraídas se incrementó de 60,3 a 65,4%, cuando la relación de harina desgrasada/solvente varió de 1:25 a 1:30. Reportes previos de extracción de proteínas de semillas de ajonjolí mostraron un 81% de recuperación de proteínas usando una relación 1:10 (p/v) (Jayasena et al. 2010).

Cuadro 1. Composición química proximal de la torta de sachá inchi (TSI), de la harina desgrasada de sachá inchi (HDSI) y del aislado proteico de sachá inchi (APSI).

	TSI	HDSI	APSI
Humedad (%)	12,36 ± 0,03 ^a	9,42 ± 0,05 ^b	3,01 ± 0,06 ^c
Proteína (%)	47,09 ± 0,45^a	60,90 ± 0,07^b	92,15 ± 0,04^c
Grasa (%)	18,22 ± 0,09 ^a	0,40 ± 0,03 ^b	0,12 ± 0,02 ^c
Fibra (%)	2,73 ± 0,06 ^a	4,31 ± 0,14 ^b	0,50 ± 0,06 ^c
Ceniza (%)	5,32 ± 0,08 ^a	6,15 ± 0,06 ^b	2,00 ± 0,05 ^c
Carbohidrato (%)	14,28 ± 0,41 ^a	18,82 ± 0,10 ^b	2,22 ± 0,07 ^c

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Letras diferentes en la misma fila presentan diferencias significativas a un $p < 0,05$.

Efecto del pH: La mayor solubilidad de proteínas (89,8%) fue obtenida a pH 11 (Fig. 1-b), siendo significativamente diferente ($P < 0,05$) a la recuperación a otros pHs. El porcentaje de proteínas extraídas se incrementó de 82,6 a 89,8% cuando se cambió el pH de la solución de 10,5 a 11 y posteriormente disminuyó. El pH que correspondió a la máxima extracción de proteínas coincidió con el obtenido para la quinua (Abugoch et al. 2008).

Efecto de la temperatura: La mayor solubilidad de proteínas (94,9%), fue obtenida con una temperatura de 50°C (Fig.1-c), siendo significativamente diferente ($P < 0,05$) a las recuperaciones obtenidas a otras temperaturas. El porcentaje de la proteína extraída se incrementó de 91,7 a 94,8% cuando la temperatura se incrementó de 40 a 50°C. La solubilidad disminuyó a temperaturas más elevadas.

Efecto del tiempo: La mayor solubilidad de proteínas (99,1%) se alcanzó a un tiempo de 60 min (Fig.1-d), siendo significativamente diferente ($P < 0,05$) a las recuperaciones obtenidas a otros tiempos. El porcentaje de la proteína extraída se incrementó de 96,2 a 99,1% cuando se varió el tiempo de 50 a 60 min. La solubilidad disminuyó a mayores tiempos. El tiempo de máxima extracción de proteínas coincidió con los resultados obtenidos por otros autores (Jayasena et al. 2010; Boye et al. 2010a) quienes trabajaron en lupino y habas, respectivamente.

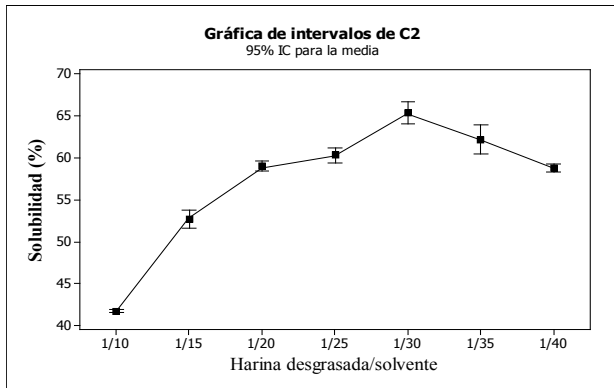
Precipitación isoelectrica

El punto isoelectrico (pI) de las proteínas del sachá inchi fue a pH 6, precipitando el 81,8% (Fig.2). La solubilidad de las proteínas de sachá inchi precipitadas a pH 6 fue significativamente diferente ($P < 0,05$) a las obtenidas a los otros pHs estudiados. El porcentaje de proteínas (18,2%) que permaneció soluble en su pI fue similar al obtenido para la harina de nuez de barinas (*Caryodendron orinocense* K.) (17,8%) (Padilla et al. 1996).

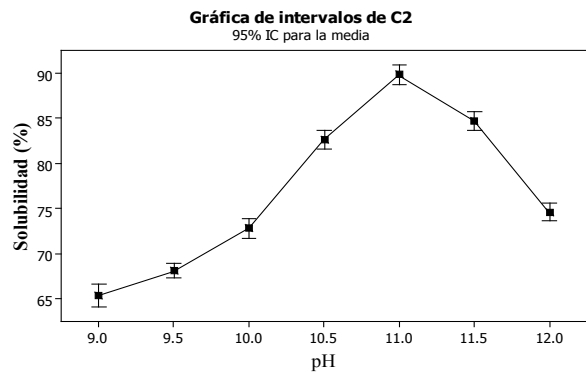
3.3 Propiedades tecno-funcionales

3.3.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

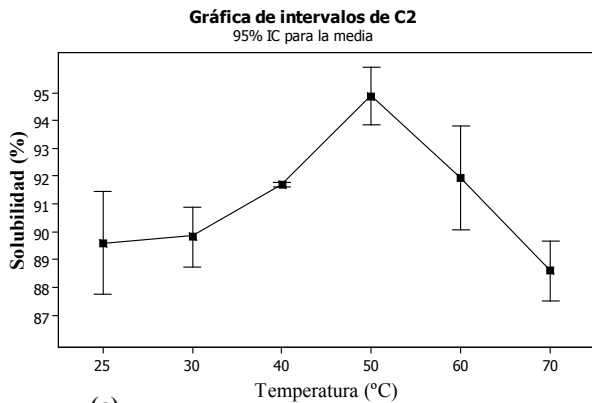
El aislado proteico de sachá inchi mostró una menor CRA respecto al de soya a un rango de pH de 2 a 11 (Fig. 3). La CRA tiene una relación directa con el contenido de aminoácidos polares presentes (Yusuf et al. 2008) en la proteína, lo que sugiere que el APSI tiene menor número de aminoácidos polares que el APS.



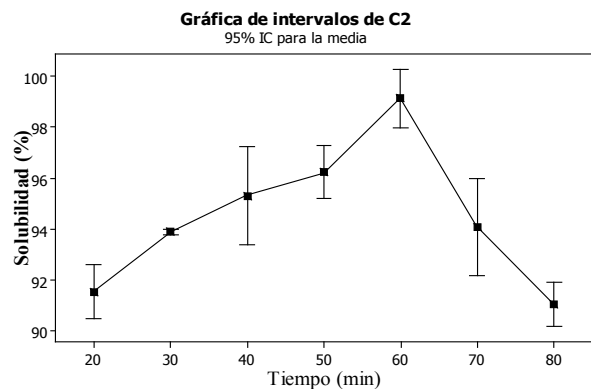
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. El efecto de: (a) relación harina desgrasada/solvente; (b) pH; (c) temperatura y (d) tiempo, sobre la solubilidad de las proteínas de la harina desgrasada de sachá inchi.

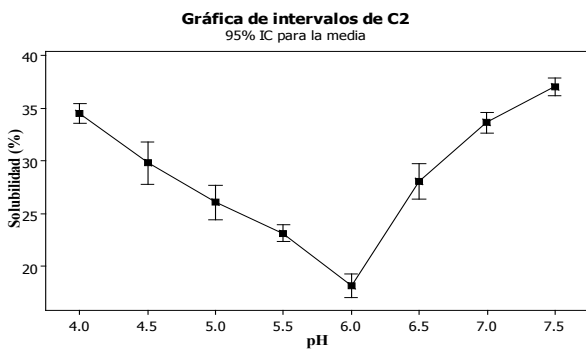


Figura 2. Determinación del punto isoeléctrico (pI) de la proteína de sachá inchi.

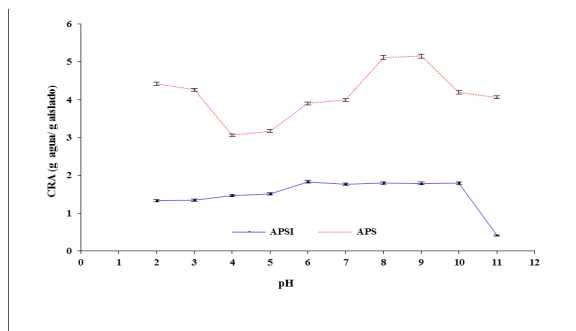


Figura 3. Determinación de la CRA de los aislado proteico de sachá inchi (APSI) y aislado proteico de soya (APS).

3.3.2 Solubilidad (SOL)

La Fig. 4 muestra las curvas de SOL, tanto de las proteínas de sachá inchi, como de las de soya a diferentes niveles de pH. La proteína de sachá inchi presentó una mínima SOL (18,7%) a pH 6 (pI) y la máxima SOL (99,4%) a pH 11; mientras que la proteína de soya presentó una mínima SOL (11,3%) a pH 4,5 y una máxima SOL (85,2%) a pH 9,5. El pH para obtener la mínima SOL, para otros productos como arveja, habas y soya, ha sido reportado en un rango de 4 a 6 (Fernández-Quintela et al. 1997). El perfil de SOL de la proteína de sachá inchi fue significativamente diferente ($P < 0,05$) al de la soya, en un rango de pH de 2 a 12, lo que podría atribuirse a su menor composición de aminoácidos polares (Padilla et al. 1996).

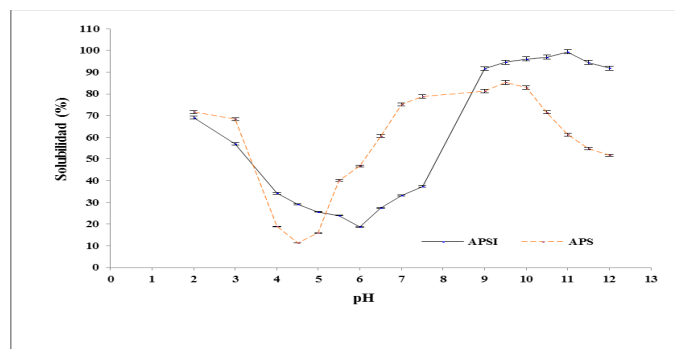


Figura 4. Perfil de solubilidad del APSI (aislado proteico de sachá inchi) y APS (aislado proteico de soya).

3.3.3 Capacidad de absorción de aceite (CAA)

En el Cuadro 2 se puede observar que el APSI presenta mayor CAA respecto al APS (1,39 y 0,85 g aceite/g aislado proteico, respectivamente), existiendo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre ellos. La cadena de proteínas que tiene un elevado número de terminales no polares contribuye a incrementar la CAA (Fernández-Quintela, et al. 1997), lo que sugiere que la cadena de la proteína de sachá inchi tiene un mayor número de terminales no polares debido a su mayor CAA respecto a la proteína de soya. La CAA del APSI y del APS se presenta en el Cuadro 2. Esta capacidad de las proteínas de enlazar lípidos es muy importante para la formulación de productos para freír y para la retención de los sabores; asimismo disminuye el desarrollo de la rancidez oxidativa y en consecuencia aumenta la estabilidad durante el almacenamiento (Sathe et al. 1982). Como los puntos vulnerables de los ácidos grasos están cubiertos o bloqueados por terminales lipofílicos de las proteínas, no serán atacados fácilmente por los compuestos oxidantes disminuyendo así la rancidez oxidativa (Kristinsson y Rasco 2000, Jung y Johnson 2005, Belén et al. 2007). Un aislado proteico tiene una excelente CAA si alcanza un valor de 300% (Yusuf et al. 2008), al respecto, el APSI

tiene una CAA próxima a este valor (271%), por lo que podría ser utilizado en la elaboración de productos que demandan alta CAA.

3.3.4 Capacidad de formación de espuma (CFE) y estabilidad de la espuma (EES)

La CFE del APSI fue dependiente del pH y de la concentración (Fig. 5). Las magnitudes más bajas de la CFE del APSI se manifestaron en su pI (pH 6); al respecto, cuando el pH se aproxima a su pI la carga neta de las proteínas es mínima por lo que es menos soluble y tiene menos flexibilidad para desarrollarse la espuma, lo que lleva a un aumento de la tensión superficial. Por lo tanto, menos proteína es adsorbida en la interfase aire-agua, lo que lleva a una reducción de la CFE (Khalid et al. 2003; Mashair et al. 2006). Esta propiedad fue comparada a diferentes pHs y concentraciones de aislado proteico, mostrando diferencias significativas ($P < 0,05$). Por otro lado, hubo una relación directa entre el pH y la CFE del APSI; al respecto, cuando el pH aumenta hacia la región alcalina la carga neta de la proteína es mayor aumentando la interacción molecular, lo que se traduce en una mejora de la CFE. Similar comportamiento se observó para el APS, pero en menor magnitud.

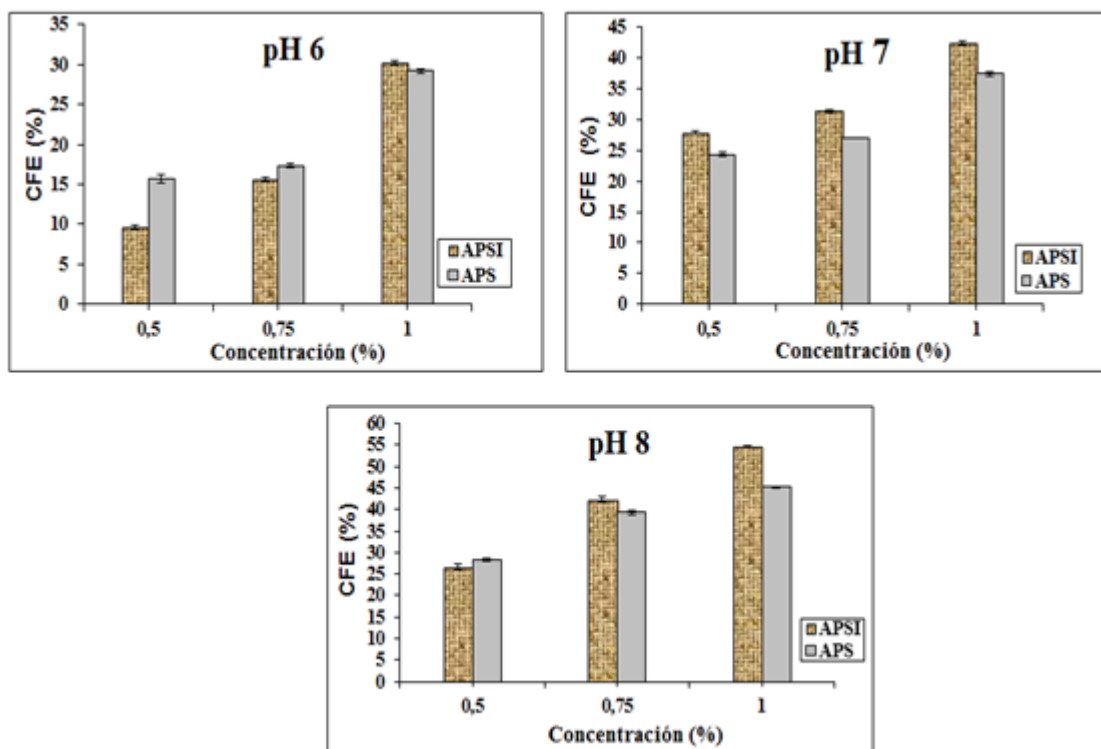


Figura 5. Determinación de la capacidad de formación de espuma (CFE) del aislado proteico de sachá inchi (APSI) y del aislado proteico de soya (APS), a diferentes pHs y concentraciones.

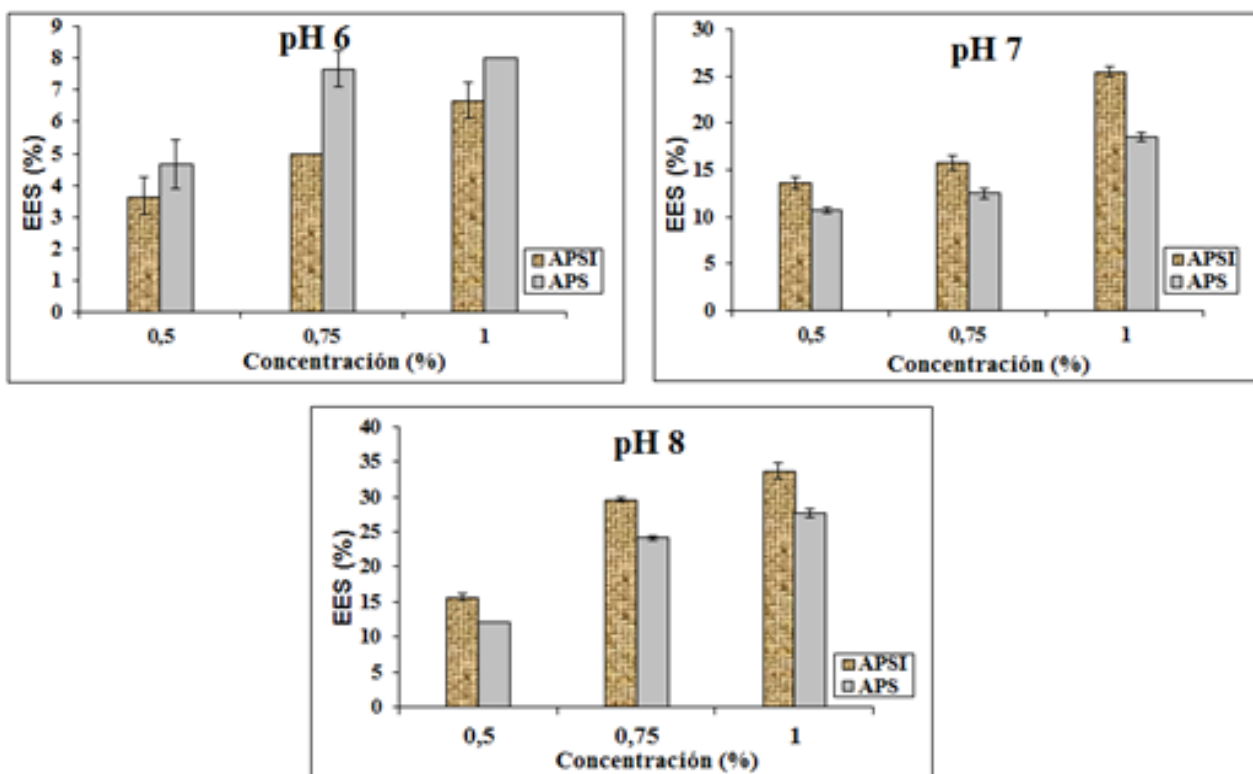


Figura 6. Determinación de la estabilidad de la espuma (EES) del aislado proteico de sachu inchi (APSI) y del aislado proteico de soya (APS), a diferentes pHs y concentraciones.

Cuadro 2. Capacidad de Absorción de Aceite (CAA) del aislado proteico de sachu inchi (APSI) y aislado proteico de soya (APS).

Muestra	CAA (g aceite/ g aislado)	CAA (%)
APSI	2,710 ± 0,00 ^b	271,04 ± 0,37 ^b
APS	1,658 ± 0,01 ^a	165,84 ± 0,25 ^a

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas

a un $P < 0,05$

La EES del APSI presentó una menor magnitud en su pI (pH 6) incrementándose a pHs mayores a su pI (Fig. 6); al respecto, trabajos anteriores han confirmado que la espuma es más estable a pHs alejados al pI de la proteína (Mashair et al. 2006).

3.3.5 Capacidad de gelificación (CG)

Para que el APSI forme un gel estable se necesitó una concentración de 15%, mientras que APS sólo necesitó un 10% (Fig. 7). La concentración mínima para gelificar proteínas de distintas leguminosas oscila entre 12 a 14% (Mashair et al. 2006); pero para el caso del caupí y frijol mungo se ha reportado un valor de 16% (Dench et al. 1981). Asimismo, el APSI mostró una baja CG y baja CRA, lo que está de acuerdo con trabajos realizados anteriormente que mencionan que la CG y la CRA están directamente relacionadas (Wilton et al. 1997).

3.3.6 Capacidad emulsificante (CE)

El APSI presentó mayor CE (59,11%) respecto al APS (55,81%) a un mismo pH (7) (Fig. 8), existiendo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los dos. Esta mayor CE sugiere, al igual que en la CAA, la mayor presencia de grupos no polares en la cadena de proteínas (Padilla et al. 1996) del APSI respecto al APS.

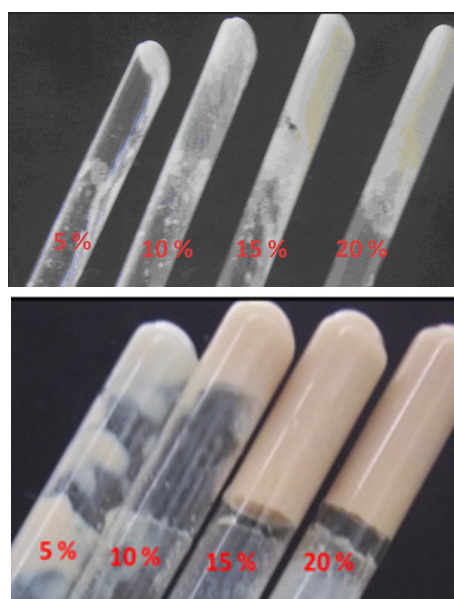


Figura 7. Determinación de la capacidad de gelificación (CG) del aislado proteico de Sachu inchi (APSI) y el aislado proteico de soya (APS) a diferentes concentraciones.

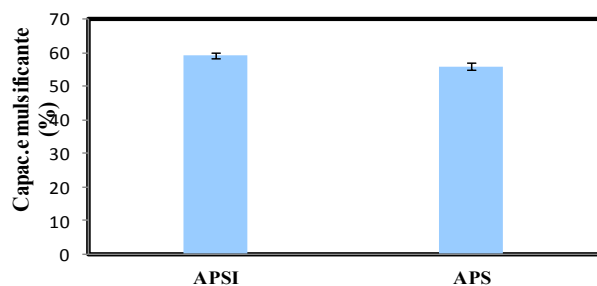


Figura 8. Capacidad emulsificante (CE) de aislado proteico de Sacha Inchi (APSI) y del aislado proteico de soya (APS).

4. Conclusiones

La mayor extracción de proteínas de sachá inchi se obtuvo con los siguientes parámetros: 1/30 (harina desgrasada/solvente); 11 (pH); 50 °C (temperatura) y 60 min (tiempo). La máxima precipitación de proteínas fue a pH 6. Las mejores propiedades tecno-funcionales del APSI, respecto al APS, fueron: CAA, CFE, EES y CE por lo que puede ser utilizada en la elaboración de embutidos, mayonesa, helados, entre otros productos alimenticios.

5. Literatura citada

Abugoch, L. E.; Romero, N.; Tapia, C. R.; Silva, J. and Rivera, M. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(12): 4745–4750.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 13th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC USA 684.

Aremu, M. O.; Olaofe, O. and Akintayo, E. T. 2007. Functional properties of some Nigerian varieties of legume seed flours and flour concentration effect on foaming and gelation properties. *Journal of Food Technology* 5(2): 109-115.

Belén D. R.; Moreno, M. J.; García, D.; Medina, C. y Sidorovas, A. 2007. Caracterización de un hidrolizado proteico enzimático obtenido del pez caribe colorado (*Pygocentrus cariba* Humboldt, 1821). *Interciencia*. v.32 n.3 Caracas.

Beuchat, R. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 25: 258-261.

Boye, J.; Aksay, S.; Roufik, S.; Ribéreau, M.; Mondor, M. and Farnworth, E. 2010a. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation technological. *Food Research International* 43(2): 537-548.

Boye, J.; Zare, F. and Pletch, A. 2010b. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research*

International 43(2): 414-431.

Butt, M. S. y Batool R. 2010. Nutritional and functional properties of some promising legumes protein isolates. *Pakistan Journal of Nutrition* 9:373-379.

Coffmann, C. W. and García, V. V. 1977. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *International Journal of Food Science & Technology* 12(5): 473-484.

Dench, J. E.; Rivas, N. R. and Caygill, J. C. 1981. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum*) flour and two protein isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 32:557-564.

Eltayeb, A.; Ali, O.; Arab, A. and Salem, F. 2011. Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *African Journal of Food Science* 5(2): 82- 90.

Fernandez-Quintela, A.; Macarulla, M. T.; Del Barrio, A. S. and Martínez, J. A. 1997. Composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in northern Spain. *Plant Foods for Human Nutrition* 51: 331–342.

Golcalves, N.; Vioque, J.; Clemente, A.; Sánchez-Vioque, R.; Bautista, J. y Millán, F. 1997. Obtención y caracterización de aislados proteicos de colza. *Grasas y Aceites. Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 48: 282-289.

Hall, R. S., and Johnson, K.S. 2004. Sensory acceptability of foods containing Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) flour. *Journal of Food Science* 69(2): 92-97.

Hamaker, BR.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, RM.; Clark, D.; García, HH.; González, AE.; Kohlstad, I.; Castro, M.; Valdivia, R.; Rodriguez, T. and Lescano, M. 1992. Amino Acid and Fatty Acid Profiles of The Inca Peanut (*Plukenetia volubilis*). *American Association of General Chemistry* 69(4): 461-463.

Jayasena, V.; Chih, H. J. and Nasar-Abbas, S. M. 2010. Functional properties of sweet Lupin protein isolated and tested at various pH levels. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6(2): 130-137.

Jung, S.; Murphy and PA., Johnson, LA. 2005. Physicochemical and functional properties of soy protein substrates modified by low levels of protease hydrolysis. *J. Food Sci.* 70: 180-187.

Khalid, E. K.; Babiker, E. E. and El Tinay, A. H. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry* 82: 361-366.

Kristinsson, HG. and Rasco, BA. 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* 40: 43-81.

Mashair, S.; Abdullahi, E. T.; Abd, E.; Elfadil, B. and Elhadi, E. 2006. Solubility as influenced by pH and NaCl Concentration and functional properties of lentil proteins

isolate. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(6): 589-593.

Onweluzo, J.; Onuoha, K. and Obanu, Z. A. 1995. Comparative study of some functional properties of *Azvelia africana* and *Glycine max* flours. *Food Chemistry* 54 (1): 55 – 59.

Padilla, F. C.; Alvarez, M. T.; Alfaro, M. J.; Macarulla, M. T.; Del Barrio, A. S. and Martínez, J. A. 1997. Composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in northern Spain. *Plant Foods for Human Nutrition* 51(4): 331-341.

Padilla, F. C.; Alvarez, M.,T. and Alfaro, M. J. 1996. Functional properties of Barinas nut flour (*Caryodendron orinocense* Karst. Euphorbiaceae) compared to those of soybean. *Food Chemistry* 57:191-196.

Rodríguez-Ambriz, S. L.; Martínez-Ayala, A. L.; Millán, F. and Dávila-Ortiz, G. 2005. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. *Plant Foods for Human Nutrition* 60(3): 99-107.

Sathe, S. K.; Deshpande, S. S. and Salunkhe, D. K. 1982. Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *Journal of Food Science* 47:491–497.

Sosulski, F. W.; Humbert, E. S.; Bui, K. and Jones, J. O. 1976. Functional properties of rapeseed flour concentrates and isolates. *Journal of Food Science* 41:1348-1354.

Taboada, M. 1990. Evaluación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de germen de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) desgrasado. Tesis Ing. UNALM. Lima-Perú.

Vidal-Valverde, C.; Frías, J.; Sierra, I.; Blazquez, I.; Lambien, F. and Kuo, Y. H. 2002. New functional legume food by germination: Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *Eu. Food Res. Tec* 215:472-476.

Wilton, P.; Larry, R.; Beuchat, K. and Dixon, P. 1997. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour as affected by soaking, boiling and fungal fermentation. *Journal of Food and Science* 45: 480-486.

Yasumatsu, K.; Sawada, K.; Moritaka, S.; Misaki, M.; Toda, J.; Wada, T. and Ishii, K. 1972. Whipping and emulsifying properties of soyabean products. *Agric. Biol. Chem* 36: 719-728.

Yusuf, A.; Ayedun, H. and Sanni, L. 2008. Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benniseed (*Sesamum indicum*) and Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *Food Chemistry* 111(2): 277-282.