



## Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de *Lupinus mutabilis* “tarwi” variedad criolla

Effect of the pH and sodium chloride on the functional properties of flour of *Lupinus mutabilis* “tarwi” seeds variety criolla

Rodolfo Vegas Niño<sup>1,\*</sup>; Amparo Iris Zavaleta<sup>2</sup>; Carlos Vegas Perez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n-ciudad universitaria, Trujillo. Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Biología Molecular, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 1, Perú.

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del pH (3, 5, 7 and 9) y la concentración de NaCl (0.1, 0.5 a 10 M) de forma independiente sobre las propiedades funcionales de harina entera y desgrasada de *Lupinus mutabilis* variedad criolla “tarwi”. Para ello, las semillas de tarwi se deslupinizaron por el método tradicional (cocción y lixiviado con agua), después se molieron y degasaron mediante extractor Soxhlet. Las propiedades funcionales de la harina entera de tarwi fueron: absorción de agua de 4,37 g/g sólidos a pH 9, absorción de aceite de 1,18 g/g sólidos, capacidad emulsificante de 35,25% a pH 9, capacidad de hinchamiento de 6,39 ml/g sólidos a pH 9. En tanto, la harina desgrasada de tarwi tuvo una capacidad de absorción de agua de 6,14 g/g sólidos a pH 7, una capacidad de absorción de aceite 1,30 g/g sólido, una capacidad emulsificante de 40,50% a pH 9 y una capacidad de hinchamiento de 6,37 ml/g sólidos a pH 9. En ambos tipos de harina se determinaron bajas propiedades gelificantes y espumantes.

**Palabras clave:** *Lupinus mutabilis*; absorción; hinchamiento; actividad emulsificante; actividad espumante; estabilidad emulsificante.

### ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the effect of pH (3, 5, 7 and 9) and NaCl concentration (0.1, 0.5 and 1 M) independently on the functional properties of tarwi integral and degreased flour (*Lupinus mutabilis*) criolla variety. For this, the tarwi seeds were desalkaloidized by the traditional method (cooking and leaching with water), then ground and defatted by Soxhlet extractor. The functional properties of the whole tarwi flour were: water absorption of 4.37 g/g solids at pH 9, oil absorption of 1.18 g/g solids, emulsifying capacity of 35.25% at pH 9, capacity of swelling of 6.39 ml/g solids at pH 9. Meanwhile, tarwi defatted flour had a water absorption capacity of 6.14 g/g solids at pH 7, an oil absorption capacity of 1.30 g/g solid, an emulsifying capacity of 40.50% at pH 9 and a swelling capacity of 6.37 ml/g solids at pH 9. Low gelling and foaming properties were determined in both types of flour.

**Keywords:** *Lupinus mutabilis*; absorption; swelling; emulsifying activity; foaming activity; emulsifying stability

### 1. Introducción

*Lupinus mutabilis* “tarwi” o “chocho”, leguminosa que contiene en sus semillas el mayor porcentaje de grasas y proteínas, característica que promueve el interés por conocer sus propiedades funcionales (Caligari *et al.*, 2000; Suca y Suca, 2015). En este aspecto, el contenido proteico de un alimento no solo es importante por el valor nutritivo; sino que estructuralmente le confiere propiedades funcionales que determinan su uso en una formulación (Sgarbieri, 1998). Así, de las semillas de soja, mucuna y quinua se han determinado sus propiedades funcionales y

potenciales usos de sus fracciones proteicas aisladas (Adebowale y Lawal, 2003; Rivera, 2006).

En el sector agroalimentario, el éxito de polímeros vegetales en la formulación de alimentos depende de sus propiedades funcionales, capaces de impartir una característica tecnológica específica deseable a un producto dado (Rivera, 2006). Una es la hidratación dependiente de las interacciones proteína-agua, incluye absorción, hinchamiento, solubilidad y viscosidad (Cheftel *et al.*, 1989). Otra es la textura, depende de las interacciones proteína-proteína que permiten la precipitación y

la gelificación. Asimismo, las superficiales relacionadas con la formación de emulsiones y espumas (Cheftel *et al.*, 1989).

Considerando el amplio uso del NaCl en la industria alimentaria como aditivo salinizante en diversos alimentos y al pH del ambiente en que ciertos polímeros como las proteínas puedan acarrear modificaciones en su conformación debido a cambios en la ionización de las cadenas laterales cargadas a que son sometidos los mismos (Badui, 2006), es importante determinar su efecto sobre las propiedades funcionales de harina de tarwi entera y desgrasada variedad criolla.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Preparación de muestra

Las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla proveniente del distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad fueron deslupinizadas por el método tradicional (cocción y lixiviado con agua). Posteriormente las semillas se sometieron a lavados con agua desionizada y trituradas hasta obtener una pasta y posterior secado por aire caliente a 40 °C hasta peso constante. Luego, se pulverizaron (partícula menor a 1 mm, Tamiz ASTM #40) hasta obtener una harina con 8,9% de humedad aproximadamente. El desgrasado de la harina se realizó mediante sistema Soxhlet usando etanol absoluto como solvente.

### 2.2 Análisis proximal

#### Humedad

Se empleó el método gravimétrico según método AOAC 935.29, 1995, lo que implicó colocar la muestra en estufa a 105 °C, hasta peso constante.

#### Proteína cruda

La concentración de proteína cruda se obtuvo multiplicando el contenido de nitrógeno por Kjeldahl por el factor 6,25 según método AOAC 920.87, 1995.

#### Cenizas

Se realizó de acuerdo al método oficial de la AOAC 923.03, 1995, el cual consistió en calcinar la muestra a 550 °C, y se determinó por gravimetría el contenido de cenizas.

#### Aceite

Se utilizó el extractor Soxhlet con 40 g de harina entera de tarwi empleando como solvente etanol absoluto con reflujo de 10 h. El solvente se recuperó mediante un evaporador rotatorio.

Posteriormente, el extracto (aceite con etanol) se secó a  $65 \pm 2$  °C por 60 min; después, se enfrió y se pesó; la cantidad de aceite se expresó en base seca.

### Fibra cruda

A la harina seca se añadió soluciones ácida y alcalina diluidas y posterior calcinación del residuo insoluble según el método AOAC 962.09, 1995. Todo el análisis proximal se realizó por triplicado.

### 2.3 Absorción de agua según ph y concentración salina

Se determinó según método descrito por Beuchat (1977) con las siguientes modificaciones. Previamente, se prepararon soluciones con HCl 0,1 y NaOH 0,1 N a los pH 3, 5, 7 y 9. Asimismo, soluciones de NaCl 0,1; 0,5 y 1,0 M a 18 °C. En un tubo se colocó 1 g de harina (entera y desgrasada) y se le añadió 10 ml de agua; después se agitó en un vortex durante 30 s. Posteriormente se centrifugó a 2500 rpm por 10 min, el sobrenadante se eliminó, la diferencia entre la masa de la muestra antes y después de absorber el agua, se consideró como la cantidad de agua absorbida. La capacidad de absorción de agua se determinó dividiendo la cantidad de agua retenida por la cantidad de muestra, expresada como sólidos.

### 2.4 Absorción de aceite

Se determinó según método descrito por Beuchat (1977) con las siguientes modificaciones, en un tubo de centrifuga se colocó 1 g de harina (entera y desgrasada) se le añadió 10 ml de aceite de maíz comercial, se agitó por vortex a 20 °C durante 30 s. Posteriormente, se centrifugó a 2500 rpm por 10 min, el sobrenadante se eliminó y la diferencia entre la masa de la muestra antes y después de absorber el aceite, se cuantificó como la cantidad de aceite absorbido. La capacidad de absorción de aceite se determinó dividiendo la cantidad de aceite retenido por la cantidad de muestra, expresada como sólidos.

### 2.5 Emulsificación según ph y concentración salina

Se determinó según Yasumatsu *et al.* (1992) con las siguientes modificaciones. En un tubo se mezcló 1 g de harina (entera y desgrasada) con 15 ml de agua destilada a distintos valores de pH y concentración de NaCl, se agitó en el vortex durante 15 min. Luego, se añadió agua destilada a distintos pH y concentración salina hasta 25 ml. Después, se mezclaron volúmenes iguales (25 ml) de esta solución con aceite de maíz en una licuadora por 3 min, finalmente se centrifugó a 2500 rpm por 10 min. La emulsión fue expresada

en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

### 2.6 Estabilidad de la emulsión

Se determinó según Yasumatsu et al. (1992) con las siguientes modificaciones. Se mezcló 1 g de harina (entera y desgrasada) con 20 ml de agua destilada a diferentes valores de pH y concentración de NaCl. Luego, se agitó en vortex durante 15 min y se añadió agua destilada acondicionada (pH y NaCl) hasta 25 ml. Luego se mezclaron volúmenes iguales (25 ml) de esta solución con aceite de maíz en una licuadora por 3 min. La mezcla se colocó en tubos de ensayo hasta un volumen de 10 ml para posteriormente calentarlo a 80 °C por 30 min. La estabilidad de la emulsión fue expresada en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

### 2.7 Capacidad de hinchamiento según ph y concentración salina

Se determinó según Robertson et al., (2000) con las siguientes modificaciones. Se pesó 1 g de harina (entera y desgrasada) en un tubo de ensayo graduado, se añadió 10 ml de agua destilada a distintos valores de pH y concentración de NaCl, agitando suavemente para dispersar la muestra. Luego se dejó reposar por 24 h a 18 °C, después se midió el volumen final que ocupa la muestra. La capacidad de hinchamiento se determinó dividiendo el volumen de nivel de muestra final entre el peso de la muestra, expresada como sólidos.

### 2.8 Gelificación

Se determinó según Chau y Cheung (1997) preparando suspensiones de la harina entera y desgrasada en agua destilada a 4, 8, 12, 14, 16, 18 y 20% (p/v). Los tubos se colocaron en agua a 100 °C durante 1 h y luego sobre hielo por 1 h más. La capacidad de gelificación se determinó tomando la mínima concentración añadida en la cual la solución contenida en los tubos no drenó ni cayó cuando se invirtieron de posición (Berghout et al., 2015).

### 2.9 Formación de espuma

Se utilizó el método de Coffman y García (1977), para la determinación de la capacidad (CE) y estabilidad espumante (EE) de las muestras analizadas. Se preparó una suspensión con 100 ml de agua destilada y 2 g de harina (entera y desgrasada) en un vaso precipitado de 100 ml. Después, se licuó durante 3 min y se transfirió a una probeta de 250 ml y midió el volumen. La capacidad de formación de espuma se expresó

como porcentaje de aumento de volúmenes iniciales y después de la formación de la espuma. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Características fisicoquímicas de la harina de tarwi deslupinizada

Las concentraciones de proteínas (48,06%) y grasas (22,31%) de la tabla 1 son similares a las reportadas por Gross et al. (1988), quienes consideran las proteínas entre 41 y 51% y las grasas entre 14 y 24%. Así, la concentración de proteínas del tarwi es superior a la soya; en tanto el contenido graso es similar, cercano al 20% (Ridner, 2006).

**Tabla 1**

Características fisicoquímicas de la harina entera de las semillas de *Lupinus mutabilis* "Tarwi" variedad criolla

Parámetro	Valores
Humedad (%)	8,92 ± 0,06
Proteínas (% bs)	48,06 ± 0,34
Grasas (% bs)	22,31 ± 1,20
Fibra (% bs)	7,47 ± 0,57
Ceniza (% bs)	2,68 ± 0,13
Densidad aparente (g/ml)	0,451 ± 0,032
Densidad real (g/ml)	1,128 ± 0,078
Porosidad (fracción de aire)	0,600 ± 0,034
pH	5,914 ± 0,036

bs: base seca

### 3.2 Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorber agua tanto de la harina entera y desgrasada a diversas condiciones se presenta en la Tabla 2. Se observa que la harina de tarwi entera tiene buena capacidad de absorber agua (4,37 g H<sub>2</sub>O retenida/g sólidos a pH 9) en comparación al aislado proteico de haba secada a estufa (1,8 g H<sub>2</sub>O/g muestra) (Modercay y Bermudez, 1994). Ello se debe a los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua y los grupos polares de las cadenas proteínicas (Fennema, 2010).

**Tabla 2**

Capacidad de absorción de agua de harina entera y desgrasada de *Lupinus mutabilis* "tarwi" variedad criolla a diversas condiciones

Solución acuosa	g H <sub>2</sub> O retenida/g sólidos	
	Harina entera	Harina desgrasada
pH 3	3,62 ± 0,04	4,03 ± 0,08
pH 5	3,75 ± 0,04	3,76 ± 0,12
pH 7	2,56 ± 0,03	6,14 ± 0,07
pH 9	4,37 ± 0,17	5,01 ± 0,08
NaCl 0,1 M	3,80 ± 0,06	3,65 ± 0,11
NaCl 0,5 M	4,01 ± 0,03	2,99 ± 0,02
NaCl 1,0 M	4,03 ± 0,13	3,09 ± 0,18

Por otro lado, a pH 7 la harina de tarwi desgrasada absorbió agua 2,4 veces más que la harina entera indicando que los grupos apolares de los lípidos impiden el enlace de las moléculas de agua con grupos hidrofílicos de las proteínas. Por otro lado, se establece que la mayoría de las proteínas vegetales son solubles a pH próximos a 7 (Vioque et al., 2001).

La fuerza iónica de la disociación de NaCl limita la absorción de agua en harina desgrasada de tarwi. Se establece que un incremento de la fuerza iónica disminuye la capacidad de absorción de agua en harina desgrasada debido al efecto blindaje que ejerce el NaCl al saturar las cargas electrostáticas presentes en la proteína (Chaparro et al., 2015). La menor absorción de agua para ambos tipos de harina se observa a pH cercano a 5. Este valor es próximo al punto isoeléctrico de la proteína establecido en 4,5 por Caiza (2011).

### 3.3 Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite en harina entera de tarwi fue de  $1,18 \pm 0,12$  g aceite/g sólidos en muestra; en tanto la harina desgrasada  $1,30 \pm 0,09$  g aceite/g sólido. La absorción de aceite de la harina de tarwi fue superior a la de frijol chino (0,966 g aceite/g sólidos) descrita por Miquilena et al. (2016). La capacidad de absorción de grasa de un alimento está relacionada con el número de cadenas laterales no-polares de las proteínas, las cuales se enlazan con las cadenas hidrocarbonadas de la grasa (Sgarbieri, 1998). Por otra parte variables como la estructura de la superficie, la humedad, el contenido de lípidos, la relación superficie/peso y la porosidad afecta la capacidad de absorción de aceite (Dobarganes y Márquez, 2000). Se establece que estructuras alimentarias con una buena absorción de aceite facilita su uso en la elaboración de embutidos, a la vez permite disminuir las pérdidas por cocción y ayudaría a mantener la estabilidad del producto cocido (Viena et al., 1993).

### 3.4 Capacidad gelificante

La gelificación es la formación de una red tridimensional que embebe al disolvente y lo inmoviliza, exhibiendo propiedades microestructurales y mecánicas muy diversas y esta red se forma a través de enlaces covalentes y no covalentes. El gel se considera como una fase intermedia entre un sólido y un líquido (Chel et al., 2003).

La harina entera de tarwi presentó actividad gelificante débil en soluciones a pH 9 y a partir de una concentración del 16% (p/p). En tanto, la harina desgrasada no presentó capacidad

gelificante en todas las concentraciones evaluadas. La presencia de NaCl en las concentraciones de 0,1 a 1,0 M no generó poder gelificante. Comportamiento similar refleja la gelificación de harina cruda de quinchoncho (*Cajanus cajan*) generada a una concentración de 16% p/p (Sangronis et al., 2004). En tanto para la harina de vitabosa (*Mucuna deeringiana*) se reporta una capacidad de gelificación a la concentración del 12% y en ausencia de cloruro de sodio, considerando que el incremento de la fuerza iónica (0,1-1,0 M NaCl) tiene un efecto desfavorable en la gelificación de la harina (Chaparro et al., 2011). Sathe et al. (1982) consideran que fracciones de la cáscara de semillas pueden interferir en la formación de esa red continua de moléculas que forman el gel, por tanto, la participación de este tipo de harinas como aditivo en helados tiene una acción limitada.

### 3.5 Capacidad emulsificante (CE)

La emulsión es definida como la dispersión o suspensión de dos líquidos inmiscibles, en la cual intervienen fuerzas de atracción, repulsión, estéricas y de agotamiento (Chel et al., 2003). Según Mangino (1994), la CE mide la capacidad de las proteínas para migrar a la interfase aceite-agua. En la Tabla 3 se muestra la capacidad emulsificante de la harina entera y la desgrasada de tarwi a diversas condiciones. Se observa que a pH mayor al punto isoeléctrico de la proteína, la capacidad emulsificante aumenta en los dos tipos de harina. Este mismo comportamiento reportan Sangronis et al. (2004) en la harina de quinchoncho crudo (*Cajanus cajan*) a pH 8 obteniendo  $40,0 \pm 0,5$  %.

**Tabla 3**

Capacidad emulsificante (CE) de harina entera y desgrasada de *Lupinus mutabilis* "tarwi" variedad criolla a diversas condiciones

Solución acuosa	Capacidad emulsificante (%)	
	Harina entera	Harina desgrasada
pH 3	$30,00 \pm 1,63$	$20,50 \pm 0,58$
pH 5	$31,00 \pm 1,73$	$20,50 \pm 0,96$
pH 7	$25,75 \pm 1,50$	$22,50 \pm 1,29$
pH 9	$35,25 \pm 1,71$	$40,50 \pm 1,15$
NaCl 0,1 M	$29,25 \pm 0,96$	$28,25 \pm 1,38$
NaCl 0,5 M	$26,33 \pm 1,53$	$27,75 \pm 1,50$
NaCl 1,0 M	$26,75 \pm 0,96$	$28,50 \pm 1,29$

El pH influye sobre la capacidad emulsificante. Por un lado, cuando el pH es cercano al punto isoeléctrico la solubilidad disminuye, por lo tanto, la capacidad emulsificante disminuye. Por el contrario, la disminución de cargas eléctricas en el medio origina que las fuerzas de repulsión sean menores (Ramírez, 2011).

McWatters y Cherry, (1977) consideran que las propiedades emulsificantes están relacionadas con la cantidad de proteína soluble e insoluble y de otros componentes, como los polisacáridos. La capacidad de formar emulsiones depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de la harina (Khalid et al., 2003). Así, Vieira et al. (2006) determinaron que la adición de NaCl (0,02 mol/L) tiene un efecto positivo sobre la CE de la caseína y sus hidrolizados a pH entre 4 y 5.

### 3.6 Estabilidad de emulsión (EE)

En la Tabla 4 se reporta la estabilidad de la emulsión de harina tarwi variedad criolla entera y desgrasada a diversas condiciones. Así, se observa que a medida que aumenta la concentración de NaCl disminuye la estabilidad de la emulsión para ambos tipos de harina. Este mismo comportamiento se observó en la harina de almendra de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) a pH 8, la EE fue de 25%, en tanto que añadiendo NaCl 1 M y en acción combinada con el pH disminuye a 5% aproximadamente (Rangel et al., 2016).

**Tabla 4**

Estabilidad de la emulsión de harina entera y desgrasada de *Lupinus mutabilis* "tarwi" variedad criolla a diversas condiciones

Solución acuosa	Estabilidad de emulsión (%)	
	Harina entera	Harina desgrasada
pH 3	36,75 ± 1,71	25,40 ± 2,84
pH 5	28,00 ± 2,16	16,50 ± 1,56
pH 7	36,00 ± 1,83	28,67 ± 2,08
pH 9	28,75 ± 2,22	29,60 ± 0,55
NaCl 0,1 M	29,25 ± 0,96	36,80 ± 1,92
NaCl 0,5 M	26,75 ± 1,26	26,80 ± 2,16
NaCl 1,0 M	27,25 ± 0,96	20,20 ± 1,31

Los procesos emulsificación y de estabilidad de las emulsiones se ven favorecidas con la utilización de proteínas solubles, existiendo una correlación positiva entre las propiedades emulsificantes y la solubilidad de las proteínas (Ramirez, 2011). Por otro lado se han relacionado los valores de hidrofobicidad de la superficie de las proteínas y su capacidad para reducir la tensión superficial en las interfases aceite-agua así como para incrementar el índice de actividad emulsificante, y no se puede afirmar que mientras más hidrofóbica sea la proteína será mejor agente emulsificante (Badui, 2006).

### 3.7 Capacidad de hinchamiento

La capacidad de hinchamiento está directamente relacionada con la absorción de agua (Praderes

et al., 2009). En la Tabla 5 se muestra la capacidad de hinchamiento de harina entera y desgrasada de tarwi a diversas condiciones. A pH 9 la harina entera presenta el mayor hinchamiento y coincide con el valor más alto de absorción de agua.

**Tabla 5**

Capacidad de hinchamiento de harina entera y desgrasada de tarwi (*Lupinus mutabilis*) variedad criolla a diversas condiciones

Solución acuosa	Capacidad hinchamiento (ml/g sólidos)	
	Harina entera	Harina desgrasada
pH 3	4,24 ± 0,10	5,39 ± 0,04
pH 5	4,27 ± 0,08	5,18 ± 0,10
pH 7	3,87 ± 0,04	4,47 ± 0,26
pH 9	6,39 ± 0,10	6,37 ± 0,17
NaCl 0,1 M	4,09 ± 0,10	5,06 ± 0,23
NaCl 0,5 M	4,11 ± 0,06	4,38 ± 0,31
NaCl 1,0 M	4,08 ± 0,05	4,06 ± 0,13

Se ha establecido que factores ambientales como pH, fuerza iónica, temperatura y conformación de la proteína, influyen sobre la capacidad de ligar agua de las proteínas. Su menor capacidad de hidratación se da en su punto isoelectrico, donde predominan las interacciones proteína-proteína. Por encima y por debajo del mismo se modifica la carga neta y pueden hincharse y unir más agua (Badui, 2006). Andrade et al. (2012) y Yusuf et al. (2008) establecen que el poder de hinchamiento de las harinas está relacionado a la presencia de aminoácidos polares en las proteínas, los cuales tienen afinidad por las moléculas de agua. Dentro del grupo de aminoácidos polares de las proteínas del tarwi están lisina, treonina y triptófano (Schoeneberger et al., 1987). Por otro lado, Wetlaufer (1973) considera que concentraciones bajas de sal (<0,2 M) incrementan la capacidad de ligar agua.

### 3.8 Capacidad espumante

Las espumas son sistemas bifásicos que involucra una interacción agua-aire. Al incorporarse el aire por agitación manual o mecánica se crea una interfase debido a la no disminución de los componentes de la espuma (Cheftel et al., 1989). La harina desamargada entera de tarwi no generó espuma a diferentes pH y concentraciones de NaCl estudiados. La formación y la estabilidad de la espuma se afecta por la presencia de lípidos (Ramírez, 2011). Incluso, la harina de tarwi desgrasada (con etanol absoluto) no formó espuma. La formación de espuma depende de la solubilidad de las proteínas.

La capacidad de las proteínas para formar espumas está relacionada con la naturaleza anfipolar de sus moléculas que le permiten actuar como agentes tensoactivos (disminución de la tensión superficial). Chel et al. (2003) describen la capacidad espumante (30%) a pH 7 de leguminosas como canavalia (*Canavalia ensiformis*). Asimismo, Idouraine et al. (1991) reportan capacidad espumante (48%) de proteínas de soya (*Glycine max*).

#### 4. Conclusiones

Las propiedades funcionales más sobresalientes en la pasta desamargada de tarwi (*Lupinus mutabilis*) variedad criolla fueron: absorción de agua de 4,37 g/g sólidos a pH 9, absorción de aceite de 1,18 g/g sólidos, capacidad emulsificante de 35,25% a pH 9, capacidad de hinchamiento de 6,39 ml/g sólidos a pH 9. En tanto la harina desgrasada de tarwi tuvo una capacidad de absorción de agua de 6,14 g/g sólidos a pH 7, una capacidad de absorción de aceite 1,30 g/g sólido, una capacidad emulsificante de 40,50% a pH 9, capacidad de hinchamiento de 6,37 ml/g sólidos a pH 9. Ambas muestras (harina entera y desgrasada) no presenta características espumantes ni gelificantes considerables. Los resultados sugieren que la harina de tarwi puede emplearse convenientemente en sistemas alimentarios donde sean importantes unas buenas propiedades de absorción de agua y de emulsión como salsas, sopas y varios productos cárnicos.

#### Agradecimiento

Esta investigación fue financiada por CIENCIACTIVA mediante el convenio N° 007-2014-FONDECYT.

#### Referencias bibliográficas

Adebowale, K.; Lawal, O. 2003. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of *Mucuna* Bean (*Mucuna pruriens*) Protein Concentrates. *Food Chemistry* 83: 237-246.

AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists Inc. Official Methods of Analysis, 16th ed; Ed. Williams, S.; Arlington, VA.

Andrade, M.; Tapia, D.; Menegalli, F. 2012. Physical-chemical, thermal, and functional properties of achira (*Canna indica* L.) flour and starch from different geographical origin. *Starch/Starke* 64: 348-358.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta edición. Editorial Pearson Educación, México.

Berghout, J.; Boom, R.; Van der Goot, A. 2015. Understanding the differences in gelling properties between lupin proteins isolate and soy protein isolate. *Food Hydrocolloids* 43: 465-472.

Beuchat, L. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succynlated peanut flour proteins. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 25: 258-263.

Caiza, J. 2011. Obtención de hidrolizado enzimático de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis*) a partir de harina integral. Tesis para optar el título de Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.

Caligari, P.; Römer P.; Rahim M.; Huyghe, C.; Neves, J.; Sawicka, E. 2000. The potential of *Lupinus mutabilis* as a crop. En: Knight R, editor. Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. Washington, D.C.: Kluwer Academic Publishers.

Chaparro, S.; Gil, J.; Aristizábal, I. 2011. Efecto de la hidratación y la cocción en las propiedades físicas y funcionales de la harina de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 18(2): 133-143.

Chaparro, S.; Lara, A.; Sandoval, A.; Sosa, S.; Martínez, J.; Gil, J. 2015. Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Ciencia en Desarrollo* 6(1): 67-75.

Chau, C.; Cheung, P. 1997. Effect of various processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch of two Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4773-4776.

Chefftel, J.; Cud, J.; Lorient, D. 1989. Proteínas Alimentarias. Editorial. Acribia. España.

Chel, L.; Corzo, L.; Betancur, D. 2003. Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 227: 34-43.

Coffman, C.; García, V. 1977. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *Journal Food Technology* 12: 473-487.

Dobarganes, C.; Marquez, G. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology* 102: 521-528.

Fennema, O. 2010. Química de los alimentos. Tercera Edición. Editorial Acribia-Zaragoza-España.

Idouraine, A.; Yensen, S.; Weber, C. 1991. Tepary bean flour albumin and globulin fractions. Functional properties compared with soy protein isolate. *Journal of Food Science* 56(5): 1316-1318.

Gross, R.; Von Baer, E.; Koch, F.; Marquard, L.; Trugo, L.; Wink, M. 1988. Chemical composition of a New Variety of the Andean Lupin (*Lupinus mutabilis* cv, *Inti*) with Low-Alkaloid Content. *Journal of Food Composition and Analysis* 1: 353-361.

Mangino, M. 1994. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. In Hettiarachchy, N.S. and Ziegler, G.R. (Ed.). Protein functionality in food systems. New York: Marcel Dekker.

McWatters, K.; Cherry, J. 1977. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, fieldpea and pecan flours. *Journal of Food Science* 42: 1444-1450.

Miquilena, E.; Higuera, A.; Rodríguez, B. 2016. Evaluación de propiedades funcionales de cuatro harinas de semillas de leguminosas comestibles cultivadas en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad de Zulia)* 33: 58-75.

Modercay, L.; Bermudez, A. 1994. Preparación y determinación de propiedades funcionales de concentrados proteicos de haba (*Vicia faba*). Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. *Revista Colombiana de Química* 23(1): 73-86.

Praderes, G.; García, A.; Pacheco, E. 2009. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchocho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 35(2): 79-84.

Ramírez, R. 2011. Propiedades emulsionantes. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Colombia. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/202015/202015/leccin\\_28\\_propiedades\\_de\\_superficie.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/202015/202015/leccin_28_propiedades_de_superficie.html)

Rangel, N.; Rincón, V.; Vázquez, J.; Rodríguez, M. 2016. Caracterización de las propiedades funcionales de la harina de la semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Revista de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(1): 64-69.

Ridner, E. 2006. Soja: propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Primera Edición. Grupo Q.S.A Sociedad Argentina de Nutrición. Buenos Aires-Argentina.

Rivera, M. 2006. Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa*). Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero en Alimentos Santiago, Chile.

Robertson, G.; Monredon, P.; Dysseler, F.; Guillon, R.; Amado, J. 2000. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch:

- a European collaborative study. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 33: 72-79.
- Sangronis, E.; Machado, C.; Cava, R. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Caján cajan*) germinadas. *Interciencia* 29(2): 80-85.
- Sathe, S.; Desphande, S.; Salunkhe, D. 1982. Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) proteins. *Journal of Food Science* 47: 503-509.
- Schoeneberger, H.; Morón, S.; Gross, R. 1987. Safety evaluation of water debittered Andean lupins (*Lupinus mutabilis*): 12- week rat feeding study. *Plant Foods for Human Nutrition* 37: 169-182.
- Sgarbieri, V. 1998. Propiedades funcionais de proteínas em alimentos. *Bol. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos* 32: 105-126.
- Suca, G.; Suca, C. 2015. Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 18(2): 55-71.
- Vieira, C.; Biasutti, E.; Capobianco, M.; Afonso, W.; Silvestre, M. (2006). Efectos de la sal sobre la solubilidad y las propiedades emulsionantes de la caseína y sus hidrolizados tripticos. *Ars Pharmaceutica* 47(3): 281-292.
- Vioque, J.; Sánchez, R.; Pedroche, J.; Del Mar, M.; Millán, F. 2001. Obtención y aplicación de concentrados y aislados proteicos. *Revista de Grasas y Aceites* 52: 127-131.
- Wetlaufer, D. 1973. Symposium: Protein interactions in biosynthesis. protein structure and stability. Conventional wisdom and new perspectives. *Journal Food Science* 38: 740.
- Yasumatsu, K.; Sawada, S.; Moritaka, M.; Misaki, J.; Toda, T.; Wada, K. 1992. Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry* 36: 719-727.
- Yusuf, A.; Ayedun, H.; Sanni, L. 2008. Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benniseed (*Sesamum indicum*) and bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *Food Chemistry* 111: 277-282.

Agroind Sci  
Agroind Sci  
Agroind Sci

