

# Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.)

## Functional Characterization of Mango Seeds Kernel (*Mangifera indica* L.)

S. P. Chaparro Acuña<sup>a,\*</sup>  
A. E. Lara Sandoval<sup>a</sup>  
A. Sandoval Amador<sup>a</sup>  
S. J. Sosa Suarique<sup>a</sup>  
J. J. Martínez Zambrano<sup>a</sup>  
J. H. Gil González<sup>b</sup>

### Resumen

La almendra de la semilla de mango fue analizada para establecer su composición química y sus propiedades funcionales, con el fin de establecer la viabilidad de su uso como ingrediente en la industria de alimentos. Se realizó el análisis proximal de la almendra de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.), obtenida como desecho agroindustrial, y la caracterización funcional de la harina desengrasada. La almendra presentó la siguiente composición: proteína cruda, 6,39 %; humedad, 44,8 %; grasa cruda, 10,70 %; cenizas, 2,4 %, y fibra, 2,38 %. En la harina desengrasada, la capacidad de absorción de agua y de aceite fue de 3,0 y 2,0 mL/g, respectivamente. La actividad emulsificante aumentó al incrementarse el pH, alcanzando un máximo a pH=10. Al aumentar la concentración de la dispersión harina/agua (20 % p-v) se observó el incremento de la capacidad gelificante. El tipo de proteínas que contiene la harina son globulinas (40,16 %), proteínas insolubles (23,84 %), glutelinas (15,81 %), albúminas (12,11 %) y, en menor concentración, prolaminas (8,08 %). La extracción de aislados proteicos se obtuvo con bajos rendimientos (menor del 2 %); por lo tanto, no se cuantificaron sus propiedades funcionales.

**Palabras clave:** Aislados proteicos, *Mangifera indica*, Semilla de mango.

### Abstract

Mango seeds were analyzed to establish their chemical composition and functional properties in order to investigate the possibility of their use as an ingredient in the food industry. The average composition of kernel was determined to be: 6,39 % of crude protein, 44,8 % of moisture, 10,70 % of oil, 2,4 % of ash and 2,38 % of crude fiber. Water and oil absorption capacity of meal was 3,0 mL/g and 2,0 mL/g, respectively. Emulsifying activity increased with increasing pH peaking at 10. Increasing the concentration of the flour/water (20 % bw) dispersion improved gelling ability. The type of proteins are globulins (40,16 %), insoluble proteins (23,84 %), glutelin (15,81 %), albumin (12,11 %) and less prolamin concentration (8,08 %). The extraction of protein isolates, was obtained at low yields (less than 2 %), therefore, their functional properties were not quantified.

**Key words:** Protein Isolates, *Mangifera Indica*, Mango Seed.

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

\*Autor de correspondencia: patricia.chaparro@uptc.edu.co

<sup>b</sup>Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia.

## 1. Introducción

El mango es un fruto tropical común en Centroamérica, Asia, India y China; pertenece al género *Mangifera*, conformado por varias especies de la familia *Anacardiaceae* [1], y es una de las frutas más explotadas para alimentos, jugos, “flavors”, fragancias y colores; además, es utilizado como ingrediente en los alimentos funcionales. Después de su consumo o procesamiento industrial, una gran e indeterminada cantidad de semillas de mango son descartadas como residuos [2], pero es posible utilizarlas como ingrediente en la industria de alimentos.

Los aislados proteicos son una opción viable para el aprovechamiento de semillas con contenidos relativamente altos de proteína, ya que pueden ser usados en la industria gracias a las propiedades funcionales que poseen, las cuales incluyen la emulsificación, la formación de espuma, la gelificación y el incremento de la viscosidad, del sabor, la textura y la absorción de grasa y agua. Varias formas de aditivos proteicos son adicionados a los alimentos para incrementar sus características funcionales, nutricionales y económicas [3].

Las proteínas vegetales aisladas podrían tener un alto valor como ingredientes funcionales [4]; sin embargo, solo las de soya son ampliamente utilizadas; Pszczola [5] señala que la industria alimentaria se encuentra en la búsqueda de proteínas alternativas que puedan competir con las que actualmente dominan el mercado. Los aislados proteicos vegetales pueden ser obtenidos por solubilización alcalina, seguida de precipitación en el punto isoeléctrico (PI) [4, 6, 7]; esta metodología es la más empleada, en parte, por la facilidad de su implementación y los altos rendimientos obtenidos de proteína; además, permite la adecuada separación de sustancias no-proteicas, tales como azúcares, fibra y lípidos.

En este trabajo se establecieron las características fisicoquímicas y funcionales de los aislados proteicos extraídos de semillas de mango (*Mangifera indica L.*), y se determinó el efecto de la presencia de NaCl en la extracción de los aislados; así, se presenta un aporte al escaso conocimiento que se tiene acerca de las características y potencialidades de las proteínas presentes en semillas de frutos tropicales.

## 2. Materiales y métodos

Se utilizaron semillas de mango (*Mangifera indica L.* var. Tommy Atkins) obtenidas de la empresa procesadora de pulpas “Pura Fruta”, ubicada en la ciudad de Tunja; se tomó una muestra representativa de 25 kg. Los reactivos fueron grado analítico (Merck y Panreac).

Las semillas se lavaron con agua para eliminar los residuos de pulpa; se extrajo la almendra y se secó a 40 °C durante 24 horas; posteriormente, se hizo una reducción de tamaño en un molino analítico (IKA A11 Basic), y la muestra fue tamizada a través de malla 0,5 mm. La harina obtenida se almacenó en un recipiente hermético a temperatura ambiente (20 °C) hasta la posterior determinación cuantitativa de la humedad (método oficial 945,09 B), la grasa cruda (920,39 C), la proteína cruda (979,09 B), la fibra cruda (962,09 E), los carbohidratos totales (por diferencia) y las cenizas 923,03 [8].

Para determinar la capacidad de absorción de agua (CAA) y aceite (CAL) se empleó el método de Beuchat [9]. Se tomó un gramo de la muestra desengrasada por el método soxhlet, usando cloroformo como solvente, y se mezcló con 10 mL de agua destilada, o aceite, durante 30 s. Luego, la muestra permaneció en reposo a temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C) durante 30 min; enseguida, se centrifugó a 3000 rpm durante 30 min. Se reportó el volumen por gramo de muestra del sobrenadante, medido en una probeta de 10 mL. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio para determinar la influencia de la fuerza iónica sobre la capacidad de absorción de agua y aceite, variando la concentración de NaCl (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0 M) en el medio de extracción. Los experimentos se realizaron por triplicado.

La actividad y la estabilidad emulsificantes fueron determinadas mediante el método modificado de Pearce y Kinsella [10], descrito por Wanasundara y Shahidi [11]. Se prepararon dispersiones con la harina (0,5 % p-v, 4 mL) en la solución buffer universal Britton-Robinson [12] en un rango de pH de 2 a 12 y concentraciones de NaCl de 0, 0,35 y 0,70 M, y se adicionaron 4 mL de aceite. La mezcla fue homogeneizada durante un minuto, a 2000 rpm, en una centrífuga. Se tomaron 50  $\mu$ L de la emulsión formada y se diluyeron en 10 mL de solución buffer que contenía 1 % p/v de dodecil sulfato de sodio (SDS). Se leyeron las absorbancias de las diluciones

a 500 nm en un espectrofotómetro Genesys 10 (Thermo) y se registraron los valores como la actividad emulsificante (AE).

La capacidad gelificante fue determinada usando el método de Coffman y García [13]. Se prepararon suspensiones de las harinas de 2-20% p/v en agua destilada; se tomaron 10 mL de cada dispersión y se colocaron en sendos tubos de ensayo que se sometieron a calentamiento en un baño de agua en ebullición durante 1 hora, luego de lo cual se redujo la temperatura con agua fría hasta 4 °C y se mantuvieron así durante 2 horas. La mínima concentración que presentó gelificación fue tomada cuando el tubo se invirtió y su contenido no resbaló. Se evaluó el efecto de la fuerza iónica de harina sobre la capacidad gelificante utilizando concentraciones de 2-20% p/v de la dispersión y soluciones de NaCl a 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0 M. El control se realizó utilizando las mismas concentraciones de harina, pero usando agua destilada en lugar de las soluciones de cloruro de sodio. La mínima concentración de gelificación se determinó como se explicó arriba.

La viscosidad fue el parámetro utilizado para determinar el comportamiento reológico de las suspensiones de la harina. Se utilizó un viscosímetro de cilindros concéntricos (*Brookfield Engineering Laboratories*). La medida de la viscosidad se efectuó con la aguja No. 61, a diferentes velocidades de rotación, a tres concentraciones (4, 8 y 14%) de una dispersión (harina en agua destilada), donde se calcularon los valores de esfuerzo de cizalla  $\tau$  y gradiente de velocidad  $\dot{\gamma} = 1/s$ , los cuales se representaron por medio de un reograma, respectivamente. Los valores experimentales se ajustaron al modelo matemático de la ley de potencia  $\tau = K\dot{\gamma}^n$ ; de los resultados de los ajustes se obtuvieron los parámetros reológicos índice de consistencia (K) y el índice de comportamiento de flujo (n), así como los respectivos coeficientes de correlación  $r^2$ .

Las proteínas se clasificaron con base en su solubilidad, empleando el método de "Osborne", descrito por Lund y Sandstrom [14]. Se tomaron 0,25 g de muestra y se mezclaron con 5 mL de: agua destilada (pH 7,0), 5% NaCl (pH 7,0), etanol 70%, NaOH 0,25% (pH 10,0) y solución tampón de fosfato (pH 7,4), respectivamente. Esta secuencia fue usada para la extracción; luego, las muestras permanecieron en agitación durante 45 minutos; enseguida, se centri-

fugaron a 3500 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se filtró, y 1 mL de este se utilizó para la determinación de proteína soluble, la cual se realizó espectrofotométricamente, mediante el método de Biuret [15], utilizando como patrón proteico un estándar de albúmina bovina sérica (BSA) en un rango de concentraciones de 0,2 a 1,0 mg/mL.

La extracción de los aislados proteicos se llevó a cabo a partir de la harina desengrasada de la almendra de las semillas de mango, para lo cual fue necesario conocer el punto isoeléctrico (PI) de las proteínas presentes en la harina. Se realizó la curva de solubilidad en la siguiente forma: se prepararon seis muestras, mezclando 0,5 g de semilla (molida y desengrasada) con 10 mL de agua destilada, en 6 tubos diferentes. Las muestras fueron sometidas a agitación durante media hora, para su homogeneización; enseguida, se midió el pH de dicha solución y se ajustó a valores de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 y 12,0 mediante la adición de HCl 0,1 M o NaOH 0,2 M. Estas soluciones se mantuvieron durante una hora en agitación para una adecuada homogeneización; luego, se sometieron a centrifugación a 4000 rpm durante 20 minutos a 5 °C, con el fin de separar las proteínas solubles de los demás componentes de la mezcla. El sobrenadante se filtró, y 1 mL de este se utilizó para la determinación de proteína soluble, la cual se realizó espectrofotométricamente mediante el método de Biuret. Con los resultados obtenidos se construyó la curva de solubilidad de las proteínas y se determinó el punto isoeléctrico, siendo este el pH donde se presentó la menor solubilidad de proteína.

Posteriormente, se realizó la extracción de los aislados proteicos en presencia (A1) y ausencia (A0) de una solución salina de NaCl al 1%. Se mezclaron 20 g de la harina con 400 mL de agua destilada y 400 mL de NaCl; enseguida se ajustó el pH de las soluciones a 12, con NaOH 0,2 M, y se dejaron en agitación durante 30 minutos. Las muestras se sometieron a centrifugación (4000 rpm) durante 20 minutos. Al sobrenadante obtenido se le ajustó el pH hasta el punto isoeléctrico de la proteína; se centrifugó a 4000 rpm durante 20 minutos, y el precipitado obtenido se secó a 40 °C durante 24 horas. La cuantificación espectrofotométrica de la proteína se llevó a cabo por el método de Biuret. El rendimiento de la extracción se halló teniendo en cuenta los parámetros de la ecuación (1).

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{gramos de harina desengrasada}}{\text{gramos de aislado seco}} \times 100 \quad (1)$$

Todas las determinaciones de las características fisicoquímicas y las propiedades funcionales se realizaron por triplicado. Las diferencias significativas entre las medias se calcularon mediante el análisis de varianza de dos vías y una prueba de comparación múltiple (diferencia mínima significativa de Fisher), con un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Análisis proximal de la almendra de la semilla

La tabla 1 compara los resultados obtenidos del análisis proximal de la harina de la semilla de mango en este estudio con otros encontrados en la literatura [16, 17]. Las variaciones encontradas en el análisis proximal pueden ser causadas por la diferencia de la variedad del mango, el clima o el estado de maduración del fruto y las semillas. Las semillas de mango tienen una cantidad baja de proteínas, pero contienen la mayoría de los aminoácidos esenciales, destacándose los altos valores de leucina, valina y lisina [1]. En todo caso, es evidente que las semillas de mango pueden ser usadas como fuente potencial de ingredientes alimentarios funcionales, debido a la alta calidad de las grasas y las proteínas.

**Tabla 1.** Análisis Proximal de la almendra de la semilla de mango.

Análisis	Valores obtenidos <sup>a</sup>	Chansgo, 2008	Nzikou <i>et al.</i> , 2010
Humedad (%)	44,85 ± 0,24	40,5	45,2
Proteína cruda <sup>b</sup> (%)	6,39 ± 0,28	1,43	6,36
Grasa cruda (%)	10,70 ± 0,12	4,92	13,0
Fibra cruda (%)	2,38 ± 0,14	3,96	2,02
Cenizas (%)	2,46 ± 0,16	0,83	3,2
Carbohidratos totales <sup>c</sup> (%)	33	48,19	32,24

<sup>a</sup>Media ± desviación estándar.

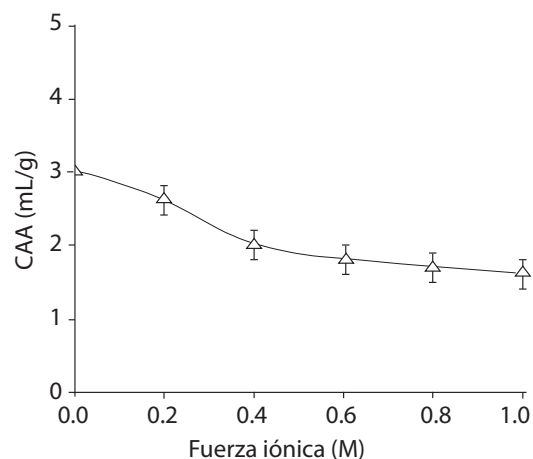
<sup>b</sup>Proteína cruda = %N × 6,25.

<sup>c</sup>Los carbohidratos fueron estimados mediante diferencia.

#### 3.2. Propiedades funcionales de la harina desengrasada de las semillas de mango

**Capacidad de Absorción de Agua (CAA):** la figura 1 muestra la variación de la CAA de la harina desengrasada de la almendra de la semilla de mango. La CAA en esta harina (3,0 mL/g) fue mayor

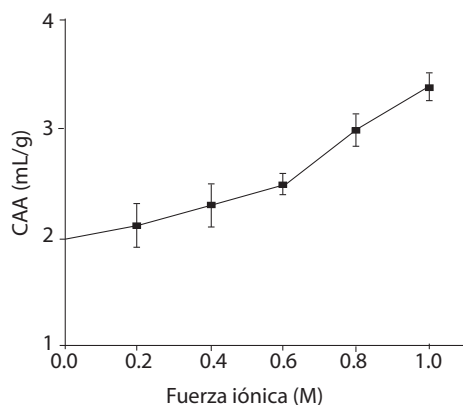
a la reportada en harina de semillas de papayuela (1,0 mL/g) [18], guayaba (1,3 mL/g), papaya (2,2 mL/g), melón (2,5 mL/g), paprika (2,1 mL/g) [19] y guayaba (1,5 mL/g) [7], y semejante a la CAA de semillas de tomate (3,2 mL/g) [20]. Un incremento de la fuerza iónica disminuyó la CAA, lo cual puede atribuirse al efecto de blindaje que ejerce el NaCl, debido a que satura las cargas electrostáticas presentes en la proteína. La capacidad de absorción de agua depende, principalmente, de la proteína y de algunos parámetros de esta, como tamaño, forma, factores estéricos, balance hidrofílico-hidrofóbico de los aminoácidos en las moléculas, como también de los lípidos y carbohidratos. Según Hodge y Hosman [21], las harinas con alta CAA tienen compuestos más hidrofílicos, que es una propiedad funcional de las proteínas, fundamental en alimentos viscosos, tales como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, productos donde se requiere una buena interacción proteína-agua [22].



**Figura 1.** Efecto de la concentración de NaCl sobre la CAA de la harina desengrasada de la almendra de la semilla de mango.

**Capacidad de Absorción de Lípidos (CAL):** la figura 2 muestra la variación de la CAL en la harina desengrasada de la almendra de la semilla de mango. La CAL en la harina desengrasada (2,0 mL/g) es mayor que en las semillas de maracuyá (1,40 mL/g), papayuela (1 mL/g) [18] y guayaba (0,8 mL/g) [7], y menor a la registrada para semillas de melón (3,89 mL/g), calabaza (3,85 mL/g) [19] y tomate (2,63 mL/g) [20]. A medida que la concentración salina aumenta, se mejora notablemente la CAL; posiblemente, la habilidad para absorber grasa esté estrechamente ligada a los cambios conformacionales

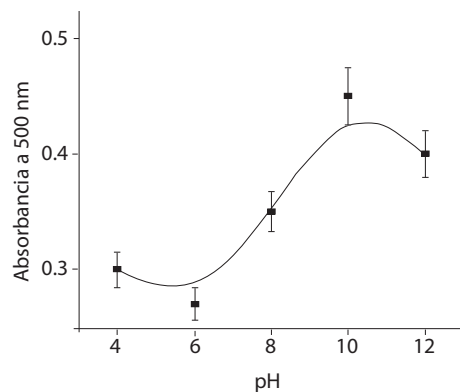
que provoca el NaCl en las proteínas. Las harinas de semillas son útiles potencialmente en la interacción estructural en los alimentos, especialmente en la retención del “flavor”, en el mejoramiento de la palatabilidad y en el aumento de la vida útil en productos de panadería o en derivados cárnicos, donde la absorción de grasa es deseable [23].



**Figura 2.** Efecto de la fuerza iónica sobre la CAL de la harina desengrasada de la almendra de la semilla de mango.

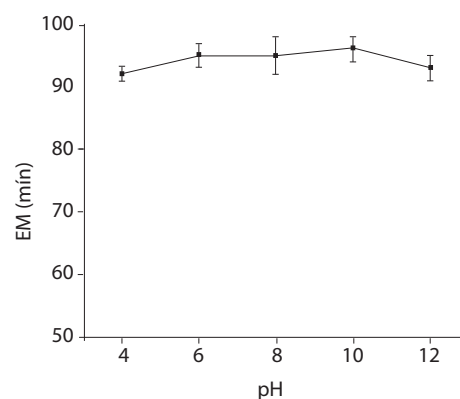
#### Actividad y estabilidad emulsificante (AE y EM):

la figura 3 muestra la variación de la capacidad emulsificante de la harina desengrasada de semilla de mango. La capacidad de formar emulsiones depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de la harina [24]. La acción de las proteínas en las harinas como emulsificantes es influenciada por la concentración de proteína, la velocidad de mezcla, el tipo de aceite y el tipo de sistema de emulsificación; esta propiedad es de mucha importancia para el uso del producto en aderezos para ensaladas y productos cárnicos [25]. La actividad emulsificante, medida como densidad óptica de la turbidez de la muestra, es mayor a medida que se aumenta el pH; esto se explica porque el tamaño de la gota emulsificada disminuye tanto como se acerca al punto isoeléctrico de la proteína; así es claro que la capacidad de emulsión de una proteína depende del balance hidrofílico-lipofílico, que es afectado por el pH [24, 26]; en este sentido, podría decirse que la capacidad de formar emulsiones en la harina de mango depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de esta.



**Figura 3.** Efecto del pH sobre la AE de la harina desengrasada de la almendra de la semilla de mango.

La figura 4 muestra la variación de la estabilidad de la emulsión (EM) de la harina desengrasada de la semilla de mango. La estabilidad emulsificante de las harinas aumenta progresivamente hasta un punto donde empieza una declinación. La presencia de sal es un factor que juega un papel importante en la actividad y estabilidad de las emulsiones; esto se puede explicar porque el NaCl puede reducir la repulsión electrostática entre las gotas de la emulsión, y la concentración de electrolitos en altas proporciones puede alterar la organización estructural de las moléculas de agua, lo que perturba la resistencia de las interacciones hidrofóbicas entre los grupos no polares [27].



**Figura 4.** Efecto del pH sobre la EM de la harina desengrasada de la almendra de la semilla de mango.

**Capacidad Gelificante:** en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de la Capacidad Gelificante (CG) para la harina de semilla de mango. La mínima concentración hallada fue de 14 % p/v. La variación en las propiedades gelificantes de la harina puede atribuirse a las proporciones relativas de diferentes constituyentes proteicos, carbohidratos y lípidos,

sugiriendo que las interacciones entre los componentes tienen un papel importante en las propiedades funcionales.

**Tabla 2.** Capacidad Gelificante de la harina desengrasada de semillas de mango.

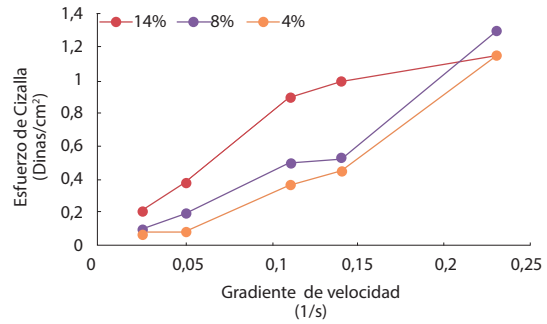
Harina p/v (%)	Concentración de NaCl					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
2	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	X	X
18	-	-	-	X	X	X
20	-	X	X	X	X	X

\*-: No gelificaron

X: Gelificaron

**Viscosidad:** la figura 5 evidencia el comportamiento reológico de la harina desengrasada de la semilla de mango a diferentes concentraciones. En relación con estos resultados de viscosidad, se observa que las suspensiones de la harina desengrasada obtenida de la semilla de mango tiene un comportamiento reológico propio de un fluido no newtoniano. A la concentración del 4%, la relación de esfuerzo cortante contra velocidad de deformación establece el carácter de fluido dilatante, en el que se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir, un aumento del esfuerzo cortante con dicha velocidad. Mientras que las suspensiones a una concentración de 8% y 14% muestran un comportamiento reológico propio de un fluido pseudoplástico, que se caracteriza por el decrecimiento del esfuerzo de cizalla con el incremento de la velocidad de corte [28]; este comportamiento se debe, probablemente, al rompimiento de las unidades estructurales del alimento, debido a las fuerzas hidrodinámicas generadas durante el corte [29].

Adicionalmente, en la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del comportamiento reológico (viscosidad) de la harina desengrasada de la semilla de mango; se observa un adecuado ajuste a la ley de la potencia, debido a que para un fluido dilatante el valor del índice de comportamiento de flujo (n) fue mayor que uno, y para un fluido pseudoplástico menor que uno. Además, los valores de R, aunque son bajos, pueden considerarse aproximados para describir satisfactoriamente el modelo de potencia,



**Figura 5.** Comportamiento reológico de la harina desengrasada de la semilla de mango a diferentes concentraciones.

en el cual se efectuaron los análisis respectivos. De acuerdo con los valores de índice de consistencia (k), la suspensión a concentración 4% (0,6896) presentó mayor consistencia, y la suspensión a concentración 14% (0,5639), menor consistencia.

**Tabla 3.** Comportamiento reológico (viscosidad) de la harina desengrasada de la semilla de mango.

Concentración de la muestra (%)	Índice de consistencia (K)	Índice de comportamiento de flujo (n)	Coefficientes correlación $r^2$
4	0,6896	1,1487	0,9600
8	0,6580	0,9651	0,9800
14	0,5639	0,7174	0,9719

En general, los resultados mostraron que un incremento de la velocidad de deformación aplicada da lugar a un mayor esfuerzo cortante, es decir, la viscosidad aumenta.

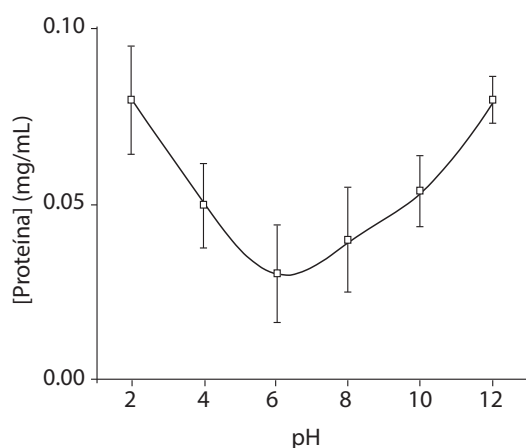
**Clasificación de las proteínas con base en su solubilidad:** la tabla 4 reporta los resultados obtenidos de la clasificación de las proteínas presentes en la harina desengrasada de semillas de mango con base en su solubilidad. Se puede observar que el contenido de albúmina (12,11%), prolaminas (8,08%) y glutelinas (15,81%) en la harina de semilla de mango es mayor que el reportado para la harina de semilla de papaya (10,97%, 3,0% y 5,57%, respectivamente); mientras que el contenido de globulinas es más alto en la harina de semilla de papaya (53,90%) que en la de mango (40,15%) [30].

Con base en estos resultados se utilizó la metodología de solubilización ácida y alcalina para la extracción preferencial de globulinas, debido a la alta cantidad que se presentó en la harina desengrasada.

**Tabla 4.** Caracterización de proteínas de la harina desengrasada de semillas de mango.

Parámetro	Tipo de proteínas	Concentración %
Agua destilada pH 7	Albúmina	12,11
NaCl pH 7	Globulinas	40,16
Etanol 70 %	Prolaminas	8,08
NaOH pH 10	Glutelinas	15,81
Buffer fosfato pH 7,4	Proteínas insolubles	23,84

**Obtención de Aislados Proteicos:** la figura 6 muestra la variación de la solubilidad de la harina desengrasada a diferentes pH. Se puede observar que el punto isoeléctrico (PI) de las proteínas está cercano a un pH=6, lo que está dentro del rango encontrado en otras semillas como maracuyá (pH 4), papayuela (pH 3) [18] y guayaba (pH 5) [7]. A valores de pH inferiores o superiores al PI, las proteínas tienen cargas netas positivas o negativas, respectivamente, que confieren mayor capacidad de interacción con el solvente. La mayor solubilidad se debe a la máxima carga neta que logran las proteínas; este comportamiento es característico de proteínas vegetales. En contraste con la menor solubilidad, que podría ser una limitante para ser empleada como aditivo en alimentos con pH medio, la solubilidad proteica es útil en productos alimenticios que requieren propiedades como gelificación, emulsificación y formación de espuma, o en los que la proteína estará en solución [31].

**Figura 6.** Curva de solubilidad de la fracción proteica de la harina desengrasada obtenida de la almendra de la semilla de mango.

En la tabla 5 se observa un bajo porcentaje de rendimiento de proteína en todos los aislados obtenidos a partir de semillas de mango respecto a los reportados para las semillas de maracuyá (pH 2-0 % NaCl:

30,2 %, y pH 2-1 % NaCl: 41,4 %) y de papayuela (pH 2-0 % NaCl: 23,6 %, y pH 2-1 % NaCl: 38,2 %) [18]. El mayor rendimiento se obtuvo a pH 9 y 0 % NaCl, posiblemente, porque este valor está muy cercano al punto isoeléctrico, mientras que a pH 2 no hay precipitación de proteínas; esto demuestra que la extracción de aislados proteicos no es viable a partir de la harina desengrasada de semillas de mango, debido a su bajo rendimiento. Además, corrobora los resultados ya obtenidos del análisis proximal, que demuestran que las semillas de mango tienen baja cantidad de proteínas.

**Tabla 5.** Rendimiento de los aislados proteicos.

Parámetro	Rendimiento %
pH 2: 1 % NaCl	1,73
pH 2: 0 % NaCl	0,80
pH 9: 1 % NaCl	2,17
pH 9: 0 % NaCl	4,74

#### 4. Conclusión

La harina obtenida de la almendra de la semilla de mango exhibió propiedades funcionales de interés para la industria de los alimentos, tales como capacidad de absorción de agua y lípidos, y capacidad y estabilidad emulsificante. Adicionalmente, la almendra puede ser una fuente de grasa cruda, lo que puede constituirse en una disminución de disposición de residuos agroindustriales, y en un ingreso extra para los procesadores de pulpa de mango.

#### Referencias

- [1] S. Kittiphoom, "Utilization of Mango seed". *I. Food Res. J.*, vol. 19, no. 4, pp.1325-1335, 2012.
- [2] D. Puravankara, V. Bohgra y R. S. Sharma, "Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat)". *J. Sci. Food Agric.*, vol. 80, no. 4, pp. 522-526, 2000.
- [3] J. Rakosky, *Protein Additives in Foodservice Preparations*, AVI Book, Van Nostrand Reinhold: New York, 1989.
- [4] G. N Liadakis, C. Tzia, V. Oreopouli y C. D. Thomopoulos, "Protein isolation from tomato seed meal, extraction optimization", *J. Food Sci.*, vol. 60, pp. 477-482, 1995.

- [5] D. Pszczola, "Ingredients of Food Technology", *J. Food Sci.*, vol. 58, pp. 56-69, 2004.
- [6] Y. M. Tzeng, L.L. Diosady, y L.J. Rubin, "Production of canola protein materials by alkaline extraction, precipitation, and membrane processing". *J. Food Sci.*, vol. 55, pp. 1147-1151, 1990.
- [7] A. Bernardino, A. Ortiz, A. Martínez y G. Dávila, "Guava seed protein isolate: functional and nutritional characterization", *J. Food Biochem.*, vol. 25, pp. 77-90, 2001.
- [8] AOAC, *Official Methods of Analysis* (16th Ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2000.
- [9] L. R. Beuchat, "Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 25, pp.258-261, 1977.
- [10] K. N. Pearce y J. E. Kinsella, "Emulsifying properties of proteins; evaluation of turbidimetric technique", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 26, pp. 716-723, 1978.
- [11] P.K. J.P.D. Wanansundara y F. Shahidi, "Functional properties of acylated flax protein isolates", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 45, pp. 2431-2441, 1997.
- [12] H. T. S. Britton, *Hydrogen ions* (vol. 1). New York. NY. Van Nostrand Reinhold, 1956.
- [13] C. W. Coffman y V. V. García. "Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour", *J. Food Tech.*, vol. 12, pp. 473-484, 1977.
- [14] A.P. Lund y W.M Sandstorm, "The properties of various tree seeds", *J. Agric. Resour.*, vol. 66, pp. 349-355, 1943.
- [15] A. G. Gornal, C. J. Bardawill y M. M. David, "Determination of serum protein by means of the biuret reaction", *J. Biol. Chem.*, vol. 177, pp. 751, 1949.
- [16] C. Changso. *Study of extraction process, chemical and physical properties of mango seed almond fat CV.* Kaew. Bangkok, Thailand: Silpakorn University, M.Sc. thesis (In Thai), 2008.
- [17] J. M. Nzikou, A. Kimbonguila, L. Matos, B. Loumouamou, NP. G. Pambou-Tobi, C. B. Ndangui, A. A. Abena, Th. Silou, J. Scher, y S. Desobry, "Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica*)", *Res. J. Envir. Earth Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 31-35, 2010.
- [18] R. Zambrano, *Contribución a la determinación de las características fisicoquímicas y funcionales de aislados proteicos de semillas de frutos tropicales.* Tesis para optar al título de Químico de Alimentos. Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2009.
- [19] T. El-Adawy y K. Taha, "Characteristics and composition of different seed oils and flours", *F. Chem.*, vol. 74, pp. 47-54, 2001.
- [20] D. S. Sogi, S. K. Garg y A. S. Bawa, "Functional properties of seed meals and protein concentrates from tomato processing waste", *J. Food Sci.*, Vol. 67, no. 8, pp. 2997-3001, 2002.
- [21] J. Hodge y E. Hosman, *Carbohydrates. Principles of Food Science.* Part 1. Food Chemistry. Fenema O.R. Ed.; Dekker, New York, 1976.
- [22] M. Granito, M. Guerra, A. Torres, y J. Guinand, "Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna Sinensis*", *Inter.*, vol. 29, pp. 521-526, 2004.
- [23] O. Fennema, *Química de los alimentos.* España: Acribia, 2000.
- [24] E. Khalid, E. Babiker y A. EL Tinay, "Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration", *Food Chem.*, vol. 82, pp. 360-369, 2003.
- [25] A. Bushway, A. Wilson, L. Houston y R. Bushway, "Selected properties of the lipid and protein fractions from Chía seed", *J. Food Sci.*, vol. 49, pp. 555-567, 1994.
- [26] S. Sathe, S. Deshpande y D. Salunkhe, "Functional properties of lupin seeds (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates", *J. Food Sci.*, vol. 46, 1389-1393, 1981.
- [27] D. J. McClements, "Emulsion stability". In: *Food emulsions: Principles, practice, and techniques.* Boca Raton, London, New York, Washington D.C.: CRC Press. pp. 185-233, 1999.
- [28] Z. González-Parada y E. Pérez-Sira, "Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de



- yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pregelatinizados y calentados con microondas”, *Acta Cient. Venez.*, vol. 54, pp. 127-137, 2003.
- [29] M. A. Rao, *Rheology of fluid and semisolid foods: Principles and applications*. Maryland: Aspen publications, 1999.
- [30] E. K. Marfo, O. L. Oke y O. A. Afolabi, “Some studies on the proteins of *Carica papaya* seeds”, *Food Chem.*, vol. 22, pp. 267-277, 1986.
- [31] I. Mizubuti, O. Júnior, L. Oliveira, R. Da Silva y E. Louko, “Propriedades funcionais da farinha e concentrado proteico de Feijão guandu (*Cajanuscajan* (L.) Millsp)”. *Arch. Latinoam. Nutr.*, vol. 50, 274-280, 2000.