

# Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.)

Techno-functional characterization of a proteinic concentrate obtained from mango (*Mangifera indica* L.) seed

Ma. del Rosario Pérez Saucedo<sup>1</sup>, José Amando Ulloa<sup>1,2\*</sup>, Petra Rosas Ulloa<sup>2</sup>, José Carmen Ramírez Ramírez<sup>3</sup>, Yessica Silva-Carrillo<sup>4</sup>, Blanca Estela Ulloa Rangel<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km. 9, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México.

<sup>2</sup> Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo, C.P. 63190, Tepic, Nayarit, México.

<sup>3</sup> Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Compostela-Chapalilla Km 3.5, C.P. 63700, Compostela, Nayarit, México.

<sup>4</sup> Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km. 9, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México.

<sup>5</sup> Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas, Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo, C.P. 63155, Tepic, Nayarit, México.

## RESUMEN

Se evaluaron las propiedades tecno-funcionales de un concentrado proteínico de semilla de mango (CPSM) obtenido por extracción alcalina seguido de precipitación isoeléctrica. Los contenidos de proteína, grasa, cenizas y carbohidratos totales del concentrado proteínico fueron 70.0 %, 4.0 %, 3.8 % y 22.1 %, respectivamente, y las capacidades de absorción de agua y aceite, capacidad de emulsificación y concentración mínima de gelificación fueron de 11.5 g/g proteína, 3.2 g/g proteína, 169.7 mL/g proteína y 3%. El valor de pH afectó la actividad y estabilidad de la emulsión, capacidad y estabilidad de la espuma, así como la formación del gel del concentrado proteínico. Los mejores valores de pH para la extracción y precipitación isoeléctrica de las proteínas para la obtención del CPSM fueron 11 y 5, respectivamente. Considerando los resultados de la evaluación de las propiedades tecno-funcionales, el CPSM podría usarse como ingrediente en productos de panificación, carnes procesadas, mayonesa, aderezos para ensalada, jaleas y postres.

**Palabras clave:** concentrado proteínico, semilla de mango, propiedades fisicoquímicas, propiedades funcionales.

## ABSTRACT

A proteinic concentrate obtained from defatted mango (CPSM) seed meal, by alkaline extraction followed by isoelectric precipitation, was evaluated for its techno-functional properties. The protein, fat, ash, and total carbohydrate contents of the proteinic concentrate were 70.0 %, 4.0 %, 3.8 %, and 22.1 %, respectively. The water and oil absorption capacities, emulsification capacity, and least gelation concentration for the proteinic concentrate were 11.5 g/g protein, 3.2 g/g protein, 169.7 mL/g protein, and 3.0%, respectively. The emulsion activity, emulsion stability, foam capacity, foam stability and gel formation of the protein concentrate were

affected by pH. The best pH values for the extraction and isoelectric precipitation of proteins, to obtain the mango proteinic concentrate from mango seed, were 5 and 11, respectively. According to the results of the techno-functional properties evaluation, CPSM could be used as an ingredient in bakery products, processed meat, mayonnaise, dressings, jelly, and desserts.

**Keywords:** protein concentrate, mango seed, physicochemical properties, functional properties.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un interés cada vez mayor por explorar nuevas fuentes de proteínas derivadas de plantas, con base en fundamentos económicos, ambientales y de salud, especialmente para uso funcional (Houde *et al.*, 2018). Cuando la proteína no se considera como el componente alimenticio principal, sino como uno de muchos componentes, su funcionalidad puede ser el criterio de evaluación más importante, aún más que su valor nutricional. Las características tecno-funcionales expresan las propiedades fisicoquímicas de las proteínas alimentarias que determinan su comportamiento en los alimentos durante el procesamiento, almacenamiento y consumo; dichas propiedades y la forma en que las proteínas interactúan con otros componentes influye directa e indirectamente en las aplicaciones de procesamiento, la calidad y la aceptación de los alimentos (Mohan y Mellen, 2020).

Derivado del aprovechamiento industrial de las principales frutas tropicales, se genera una gran cantidad de residuos, representados por la corteza, cáscara y semillas, cuya proporción puede llegar a ser desde un 20% como en el caso de la papaya, hasta un 70% como lo es en el caso la jaca (Cheok *et al.*, 2018); dependiendo de la variedad de mango, la proporción de residuos con respecto a la fruta entera varía

del 35 % al 60 % (Anil Kumar y Sucharitha, 2018). Los subproductos o residuos del procesamiento de frutas contienen proteínas, azúcares, fibra, lípidos, así como vitaminas y otros agentes bioactivos, que cuando se destinan para elaborar composta o alimentación animal, muchas moléculas funcionales de alto valor agregado se pierden o son subutilizadas (Rico *et al.*, 2020).

Por otra parte, la producción mundial de mango en el año de 2018, fue de 45.5 millones de ton, ubicándose México como sexto productor, seguido de la India, China, Tailandia, Indonesia y Pakistán (FAO, 2020), con 2.08 millones de ton (SIAP, 2020) para el año 2019. De los subproductos o residuos de mango se han realizado diversos trabajos para usarlos como fuente de fibra y antioxidantes (Blancas-Benitez *et al.*, 2015), carotenoides (de Ancos *et al.*, 2018), grasas comestibles (Lieba *et al.*, 2019), almidón (Kaur *et al.*, 2019) y pectinas (Arora *et al.*, 2018), principalmente.

Sin embargo, hasta la fecha la semilla de mango no ha sido valorizada como materia prima para la obtención de concentrados o aislados proteínicos, por lo que también se desconoce la potencialidad de tales productos en la elaboración de alimentos, dependiendo de sus propiedades tecno-funcionales. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue la obtención y caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico a partir de semillas de mango, para evaluar su potencial como ingrediente de alimentos para consumo humano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención y preparación de la materia prima

Un lote de 100 kg de semilla de mango de la variedad Keitt se obtuvo de la empresa Mexifrut, S.A. de C.V., la cual se localiza en la ciudad de Tepic, Nayarit. Las semillas de mango se lavaron con agua y a partir de las mismas se obtuvieron sus almendras. De las almendras se prepararon rebanadas de 3 mm de espesor con ayuda de un procesador de alimentos doméstico (Moulinex, Grupo Seb Mexico, S.A. de C.V., Ciudad de México), para luego deshidratarlas a 40 °C por 24 h, en una estufa de convección forzada (Precision Scientific Group, Chicago, EUA). Enseguida, el producto deshidratado se pulverizó en un molino helicoidal manual, para proceder a su desengrasado en una unidad de extracción sólido-líquido tamaño piloto (QVF Process Systems, Inc., New York, EUA) con éter etílico por 16 h. Finalmente, a la harina desengrasada de la almendra de semilla de mango (HSDM) se le eliminó el solvente en charolas de acero inoxidable por 2 h en una campana de extracción de humos a temperatura ambiente (25 °C).

### Preparación del concentrado proteínico

La preparación del concentrado proteínico se realizó mediante la extracción alcalina y precipitación isoelectrica de las proteínas de la HSDM, de acuerdo con el método reportado por Bernardino-Nicanor *et al.* (2014). Las condiciones de extracción y precipitación isoelectrica se determinaron me-

dante la definición de una curva de solubilidad en el rango de pH de 2 a 11. La HSDM se mezcló con agua destilada en una relación 1:20 y se ajustó al pH de máxima extracción de proteína con NaOH 1.0 M en lotes de 5 L, con ayuda de agitación magnética por 20 min a 25 °C, recuperando el sobrenadante por centrifugación a 2,490 x g. Enseguida, el pH del sobrenadante se ajustó al de extracción mínima de proteína (punto isoelectrico), con HCl 1 N y la mezcla se agitó por 20 min a 25 °C, para separar el precipitado a 2,490 x g por 20 min a 25 °C. A continuación, el precipitado proteínico se sometió a 5 extracciones con etanol al 96 %, en una relación 1:20 (precipitado proteínico:etanol), con agitación por 20 min, el cual finalmente se recuperó por centrifugación a 2,490 x g por 20 min a 25 °C y se liofilizó para obtener el concentrado proteínico de semilla de mango (CPSM).

### Análisis proximal

Los contenidos de humedad, proteína (N x 6.25), grasa y cenizas se determinaron por triplicado de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC (2000), y se expresaron en % en base seca, mientras que el contenido de carbohidratos totales se calculó por diferencia.

### Propiedades tecno-funcionales

Las capacidades de absorción de agua (CAA<sub>g</sub>), aceite (CAAc) y emulsificante (CE), así como la actividad emulsificante (AE) y la estabilidad de la emulsión (EE), a valores de pH de 2, 4, 6, 8 y 10, se obtuvieron a través de las técnicas reportadas por Ulloa *et al.* (2011). El perfil de solubilidad de las proteínas por efecto del pH (2-11), la capacidad espumante (CEs) y estabilidad de la espuma (EEs), a valores de pH de 2, 4, 6, 8 y 10, así como la concentración mínima gelificante (CMG), mediante los métodos de Piornos *et al.* (2015), Flores-Jiménez *et al.* (2019) y Benelhadj *et al.* (2016), respectivamente.

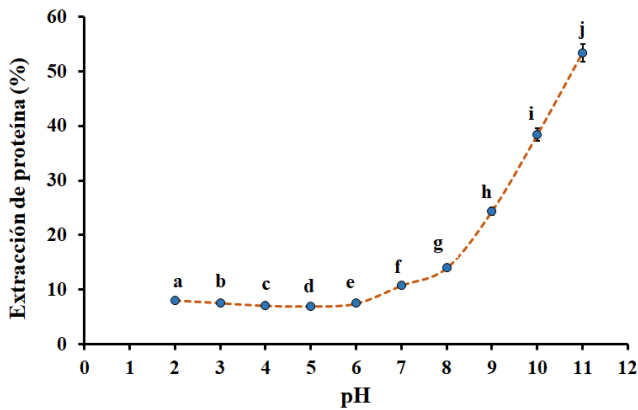
### Análisis estadístico

Los resultados del análisis proximal y de las propiedades tecno-funcionales se expresaron como el promedio de tres determinaciones con su desviación estándar. En el caso de las propiedades tecno-funcionales en los que se evaluó el efecto del pH, para determinar diferencias significativas entre los resultados ( $p \leq 0.05$ ) se utilizó un análisis de varianza de una sola vía y la prueba de Tukey, con el paquete estadístico Statgraphics Centurion Version 15.2 (Manugistics, Inc., Rockville, EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el efecto del pH en la extracción de proteína de la HSDM. La máxima extracción de proteína fue del 53.4 % al pH de 11, mientras que la mínima fue del 6.9 % al pH de 5 (punto isoelectrico). Por lo tanto, encontrados esos valores de pH, se seleccionaron para la extracción y precipitación isoelectrica en la preparación de concentrado proteico.

Los resultados del análisis proximal de la HSDM y el CPSM se muestran en la Tabla 1. El contenido de proteína



Valores con diferentes letras (a-j) son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Values with different letters (a-j) are significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

**Figura 1.** Efecto del pH en la extracción de proteínas de la harina desengrasada de semilla de mango.

**Figure 1.** Effect of pH on the protein extraction from mango seed defatted meal.

**Tabla 1.** Composición química de la harina de semilla de mango desengrasada (HSDM) y del concentrado proteínico de semilla desengrasada de mango (CPSM).

**Table 1** Chemical composition of the defatted mango seed meal (HSDM) and mango seed proteinic concentrate (CPSM).

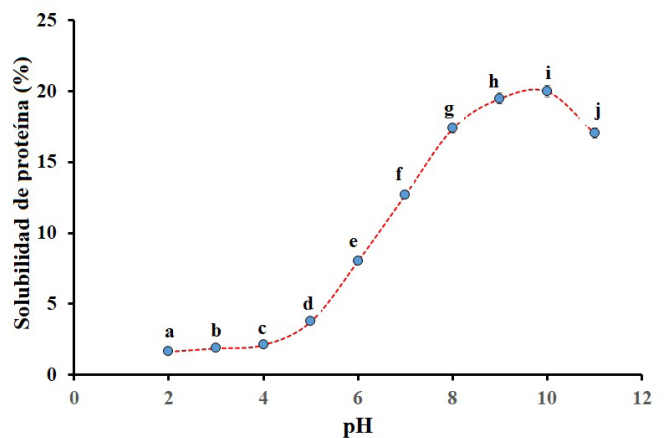
Componente	HSDM (%)	CPSM (%)
Grasa	2.7 ± 0.3	4.0 ± 0.2
Cenizas	2.4 ± 0.0	3.8 ± 0.0
Proteína (N x 6.25)	8.2 ± 0.2	70.0 ± 0.1
Carbohidratos totales	86.7 ± 0.1	22.2 ± 0.1

Los valores son el promedio de tres determinaciones ± desviación estándar en base seca. Values are given as mean ± standard deviation of triplicate measurements on dry basis.

de 8.2 % de la HSDM de este estudio fue más alto que los reportados para las harinas de semillas de las variedades de mango Nigeria, Kibangou y Zebda con 6.1 %, 6.36 % y 7.76 %, respectivamente (Torres-León *et al.*, 2016). Por otra parte, el contenido de proteína del CPSM fue del 70.0 %, lo que representó un incremento de 8.5 veces la proteína inicial de la HSDM. Los contenidos de proteína para los concentrados obtenidos a partir de semillas de granada (45.8 % de proteína) y uva (30.1 % de proteína) por extracción alcalina-precipitación isoelectrónica se ubicaron muy por debajo del obtenido para el CPSM de este estudio (Coşkun y Gülseren, 2020). Por otra parte, Haque *et al.* (2020) obtuvo un concentrado a partir de semillas de jaca con un contenido proteínico de 76.89 %, mientras que Mechmeche *et al.* (2017), optimizó los parámetros de extracción de proteína de la semilla desengrasada de tomate para obtener un producto con 80.37 % de proteína. Como puede observarse, el contenido de proteína de los concentrados proteínicos varía ampliamente, lo cual depende de las características de la materia prima y las condiciones de extracción de las proteínas (Stone *et al.*, 2015).

La solubilidad de las proteínas es un factor importante para su aplicación funcional en la industria de alimentos (Wang *et al.*, 2019). El perfil de solubilidad de las proteínas del CPSM en el intervalo de pH 2-11 se muestra en la Figura 2. De acuerdo a esos resultados, la solubilidad mínima fue a un pH de 2 (1.65 %) y progresivamente aumentó con el incremento del pH, hasta un valor máximo de pH 10 (20 %). Esa misma tendencia en el aumento de la solubilidad proteínica a partir del punto isoelectrónico, también se ha observado en otros aislados (Kaushik *et al.* 2016; Wani *et al.* 2015), a diferencia de aquellos que experimentan una curva de solubilidad proteínica en forma de U, la cual se caracteriza por tener una solubilidad mínima en el punto isoelectrónico, y por debajo o superior a ese valor de pH, se incrementa la solubilidad (Guo *et al.*, 2019; Flores-Jiménez *et al.*, 2019). Cuando los concentrados o aislados proteínicos se utilizan como ingredientes en la industria de alimentos, sus propiedades tecno-funcionales de CAAG, CAAC y CE son muy importantes ya que favorecen la calidad de los productos y la rentabilidad de los procesos (López *et al.*, 2019). En la Tabla 2 se muestran la CAAG, CAAC y CE del CPSM. La CAAG del CPSM fue de 11.54 g/g proteína, siendo superior en 399.3 % (2.89 g/g proteína) al de semilla de jaca (Haque *et al.*, 2020) y en 415.1 % (2.78 g/g proteína) al de la semilla de chile pimienta (Li *et al.*, 2018). Los concentrados proteínicos con valores altos de CAAG en productos de panificación, ayudan a reducir la pérdida de humedad y mantener la frescura, dada la alta capacidad de retención de agua de sus proteínas (Benelhadj *et al.*, 2016).

Por otra parte, la CAAC del CPSM fue de 3.20 g/g proteína, en comparación con 2.37 g/g proteína para un concentrado proteínico de semillas de sandía (83.3 % de proteína) de la variedad Mateera (Wani *et al.*, 2011) y con 1.4 g/g de proteína de un concentrado proteínico de semilla de tamarindo (68.3 % de proteína; Biswas y Sit, 2020); ambos



Valores con distintas letras (a-j) son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Values with distinct letters (a-j) are significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Figura 2.** Perfil de solubilidad del concentrado proteínico de semilla de mango en el rango de pH 2-11.

**Figure 2.** Solubility profile from mango seed proteinic concentrate in the range of pH 2-11.

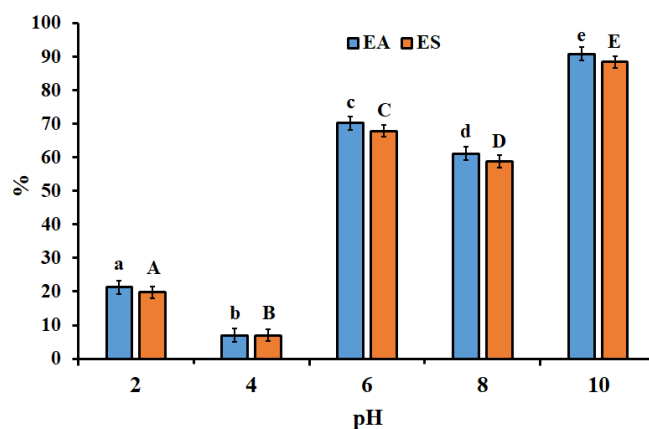
**Tabla 2.** Capacidades de absorción de agua, de aceite y de emulsificación del concentrado proteínico de semilla de mango.**Table 2.** Water, oil emulsifying capacities of mango seed proteinic concentrate.

Propiedad funcional	Valor
Capacidad de absorción de agua (g agua/g proteína)	11.5 ± 0.1
Capacidad de absorción de aceite (g aceite/g proteína)	3.2 ± 0.1
Capacidad emulsificante (mL aceite/g proteína)	169.7 ± 1.8

Los valores son el promedio de tres determinaciones ± desviación estándar en base seca. Values are given as mean ± standard deviation of triplicate measurements on dry basis.

obtenidos por extracción alcalina y precipitación isoeléctrica. La CAAC de los concentrados proteínicos representa un aspecto crítico cuando se utilizan como ingredientes en la elaboración de productos horneados, sopas y extensores cárnicos, ya que en la medida de que su valor es más alto, se mejora sustancialmente la retención del sabor, así como la sensación de suavidad en la boca de los productos en los que se emplean (Ulloa *et al.*, 2011). Los valores de la CAAC de los concentrados o aislados proteínicos obtenidos a partir de fuentes vegetales como las leguminosas, que son los más utilizados, se encuentran en el intervalo de 1.1-3.9 g/g de proteína (Boye *et al.*, 2010).

La CE es la cantidad de aceite que puede emulsionarse por una cantidad de proteína, en relación al peso total de la emulsión, después de lo cual sufre una inversión, transformándose de una emulsión de aceite en agua a otra de agua en aceite (Lam y Nickerson, 2013). La CE del CPSM fue 169.7 mL/g proteína, en comparación con 32.2 mL/g proteína para un aislado proteínico (92.5 % de proteína) de semilla de jaca (Ulloa *et al.*, 2017) y con 14.6 mL/g proteína para un aislado proteínico (90.4 % de proteína) obtenido del fruto del árbol del pan (*Adansonia digitata* L.) por extracción alcohólica (Adenken *et al.*, 2017). En la selección de un concentrado o aislado proteínico como ingrediente en la formulación de alimentos de alto consumo tipo emulsión (salchichas, mayonesa y aderezos para ensaladas), es determinante que tengan un valor alto de CE (Haque *et al.*, 2020). Como se aprecia en la Figura 3, la AE y EE del CPSM mostraron que son propiedades dependientes del pH, el cual influye en el equilibrio hidrofóbico-hidrofílico de las proteínas. Los valores mínimo y máximo de la AE para el CPSM fueron a pH 4.0 (6.9 %) y pH 10.0 (90.8 %), respectivamente. La AE es dependiente de la solubilidad y pH del CPSM. Dicho comportamiento fue similar al reportado por Bernardino-Nicanor *et al.* (2014) para un aislado proteínico de semilla de zapote mamey (95 % de proteína) y por Haque *et al.* (2020) para un concentrado proteínico de semilla de jaca (76.89%), en los cuales los valores más altos de AE se encontraron en las condiciones extremas de acidez o alcalinidad. Sin embargo, según dichos estudios, los valores máximos de la AE para el aislado proteínico de semilla de zapote mamey (45 %) y el concentrado proteínico de semilla de jaca (63 %), resultaron 45.8 % y 27.8 % inferiores a la AE del CPSM, respectivamente. La EE del CPSM mostró un



Valores con distintas letras (a-e; A-E) son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

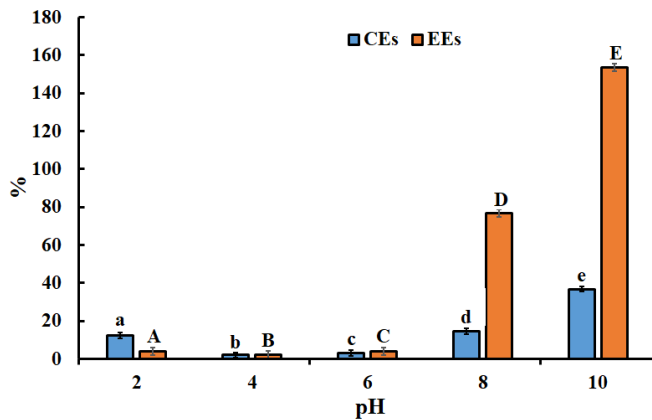
Values with distinct letters (a-e; A-E) are significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Figura 3.** Efecto del pH en la actividad (AE) y estabilidad emulsificante (ES) del concentrado proteínico de semilla de mango.

**Figure 3.** Effect of pH on the emulsifying activity (AE) and stability (ES) from mango seed proteinic concentrate.

comportamiento similar al de la CE. Mientras que la máxima EE fue de 88.5 % para el CPSM (Figura 3), los valores máximos de esa propiedad para un concentrado proteínico de semillas de zapote mamey (Bernardino-Nicanor *et al.*, 2014) y uno de semilla de jaca (Haque *et al.*, 2020) fueron 70 % y 52 %, respectivamente. La diferencia en las propiedades emulsificantes, como lo es el caso de la CE, de los concentrados proteínicos se deben a distintos factores como son la fuente de proteína, concentración, propiedades superficiales y estructurales, así como del tipo de equipo para la formación de la emulsión (Çelik *et al.*, 2019).

Algunos concentrados o aislados proteínicos tienen la capacidad de espumar y mantener la espuma estable, dependiendo de tipo de proteínas, grado de desnaturalización, pH, temperatura y métodos de obtención (Siddeeg *et al.*, 2014). En la Figura 4 se muestra el efecto dependiente del pH tanto en la CEs como de la EEs del CPSM. Los valores más bajos de CE y EE se encontraron en los intervalos de pH de 4.0-6.0 y 2.0-6.0, respectivamente, siendo de 2.0-3.0 % y 2.0-4.0 %. La CE del CPSM se incrementó bajo condiciones básicas y alcanzó un máximo al pH de 10.0 (36.8 %), lo que pudiera indicar que a pH's alcalinos los valores de CE se deben al aumento de la solubilidad y carga neta de las proteínas, donde las interacciones hidrofóbicas son débiles y la flexibilidad de las proteínas aumenta, lo que a su vez causa una mayor difusión de las proteínas a la interfaz agua-aire para la formación de burbujas de aire y un mejoramiento en la formación de la espuma (Saetae *et al.*, 2011). La CE del CPSM a pH de 10 de este trabajo fue ligeramente superior (35 %) a la del concentrado proteínico de semilla de cereza agria (80 % de proteína) a pH 7 (Çelik *et al.*, 2019), pero 197.8% más alta al del aislado proteínico de semilla de melón (97.8% de proteína) que fue de 18.6 % (Siddeeg *et al.*, 2014). Algunos de los productos alimenticios que requieren como ingrediente a concentrados o aislados proteínicos con alta CE son crema batida, helados, pasteles, coberturas, pan y confituras (Ulloa



Valores con distintas letras (a-e; A-E) son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Values with distinct letters (a-e; A-E) are significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

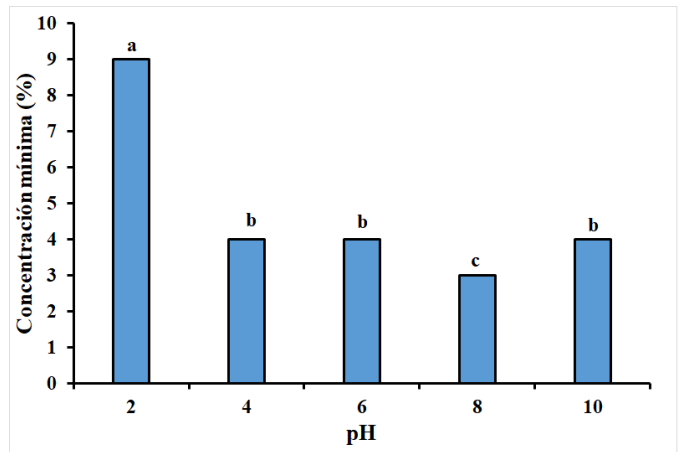
**Figura 4.** Efecto del pH en la capacidad (CEs) y estabilidad espumante (EEs) del concentrado proteínico de semilla de mango.

**Figure 4.** Effect of pH on the foaming capacity (CEs) and stability (EEs) from mango seed protein concentrate.

*et al.*, 2017).

La EEs del CPSM también fue dependiente del pH, obteniéndose el máximo de 153 % a pH 10 (Figura 4) y los mínimos a pH's de 2 (4 %), 4 (2 %) y 6 (4 %). Ferzy *et al.* (2014) reportaron que, una vez que se forma la espuma, después de creada la película proteínica alrededor de las burbujas de aire, se debería conseguir la suficiente viscosidad para mantener la EEs y prevenir la ruptura o coalescencia, lo cual se logra a pH's alcalinos en proteínas con altos niveles de aminoácidos hidrofóbicos, como podría ser el caso del CPSM. La EEs del CPSM se encuentran dentro los valores reportados para los aislados proteínico obtenidos de semillas de mamey zapote (95 % de proteína) y de jaca (95.2 % de proteína), en un rango de pH de 2-10, que fueron de 1-30 % (Bernardino-Nicanor *et al.*, 2014) y 68-164 % (Ulloa *et al.*, 2017), respectivamente.

Otra de las propiedades tecno-funcionales de los concentrados o aislados proteínicos es la capacidad de formación de un gel en términos de la mínima concentración requerida (CMG), siendo mejor cuando dicha concentración es más baja. Los fenómenos asociados a la formación de un gel son la desnaturalización parcial y agregación de las proteínas, lo que produce una exposición de sus grupos reactivos internos y el mejoramiento en la retención de agua en la estructura de la red tridimensional (Withana-Gamge *et al.*, 2010). La Figura 5 muestra el efecto del pH en la CMG del CPSM, siendo la más baja de 3.0 % a pH 8, la cual es inferior a la de los concentrados proteínicos de semilla de cereza agria de 8 % a pH 7 (Çelik *et al.*, 2019) y de semilla de jaca de 12 % (Haque *et al.*, 2020). Los concentrados o aislados proteínicos con una alta propiedad gelificante resultan muy importantes como ingredientes en productos cárnicos emulsionados, por ejemplo, salami y salchichas (Ulloa *et al.*, 2011).



Valores con distintas letras (a-c) son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Values with distinct letters (a-c) are significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Figura 5.** Efecto del pH en la concentración mínima gelificante (CMG) del concentrado proteínico de semilla de mango.

**Figure 5.** Effect of pH on the least gelation concentration (CMG) from mango seed protein concentrate.

## CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que es posible obtener un concentrado proteínico por extracción alcalina y precipitación isoeléctrica, seguido de extracciones alcohólicas, a partir de las semillas de mango de la variedad Keitt. Las propiedades tecno-funcionales de CAAg, CAAC, CE y CMG del CPSM resultaron mejores que la de algunos concentrados y aislados proteínicos obtenidos de las semillas de otras frutas, lo que sugiere su potencialidad como ingrediente en la formulación de productos alimenticios para consumo humano.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Mexifrut, S. A. de C.V. el haber proporcionada el lote de semillas de mango para la realización del presente estudio.

## REFERENCIAS

- Adenekan, M.K., Fadimu, G.J., Odunmbaku, L.A., Nupo S.S., Oguntoyinbo S.I. y Oke, E.K. 2017. Chemical and functional characterization of baobab (*Adansonia digitata* L.) seed protein concentrate using alcohol extraction method. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2:2554-2558.
- Anil Kumar, D. y Sucharihta, K.V. 2018. Assay of valuable components in by-products of mango industry in Chittoor district, Andhra Pradesh. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 3:56-59.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Arora, A., Banerjee, J., Vijayaraghavan, R., MacFarlane, D. y Patti, A.F. 2018. Process design and techno-economic analysis of an integrated mango processing waste biorefinery.

- Industrial Crops & Products.116:24-34.
- Benelhadj, S., Gharsallaoui, A., Degraeve, P., Attia, H. y Ghorbel, D. 2016. Effect of pH on the functional properties of *Arthrospira (Spirulina) platensis* protein isolate. Food Chemistry. 194:1056-1063.
- Bernardino-Nicanor, A., Bravo-Delgado, C.H., Vivar-Vera, G., Martínez-Sánchez, G.E., Pérez Silva, A., Rodríguez-Miranda, J. y Vivar-Vera, M.A. 2014. Preparation, composition, and functional properties of a protein isolate from a defatted mamey sapote (*Pouteria sapota*) seed meal. CyTA-Journal of Food. 12:176-182.
- Biswas, B. y Sit, N. 2020. Effect of ultrasonication on functional properties of tamarind seed protein isolates. Journal of Food Science and Technology. 57:2070-2078.
- Blancas-Benitez, F.J., Avena-Bustillos, R.J., Montalvo-González, E., Sáyago-Ayerdi, S.G. y McHugh, T.H. 2015. Addition of dried 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L) by-products as a source of dietary fiber and polyphenols in starch molded mango snacks. Journal of Food Science and Technology. 52:7393-7400.
- Boye, J., Fatemeh Zare, F. y Pletch, A. 2010. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties. Food Research International. 43:414-431.
- Çelik, M., Güzel, M. y Yildirim, M. 2019. Effect of pH on protein extraction from sour cherry kernels and functional properties of resulting protein concentrate. Journal of Food Science and Technology. 56:3023-3032.
- Cheok, C.Y., Mohd Adzahan, N., Abdul Rahman, R., Abedin, N.H.Z., Hussain, N., Sulaiman, R. y Hean, G. 2018. Current trends of tropical fruit waste utilization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 58:335-361.
- Coşkun, Ö. y Gülseren, İ. 2020. Aqueous extraction and functionality of protein concentrate manufactured from cold press meals of pumpkin, pomegranate, and grape seed. Nutrire. 45:11. <https://doi.org/10.1186/s41110-020-00114-4>.
- de Ancos, B., Sanchez-Moreno, C., Zacarias, L., Rodrigo, M.J., Sáyago Ayerdi, S., Blancas Benítez, F.J., Domínguez Avila, J.A. y Gonzalez-Aguilar, G.A. 2018. Effects of two different drying methods (freeze-drying and hot air drying) on the phenolic and carotenoid profile of 'Ataulfo' mango byproducts. Journal of Food Measurement and Characterization. 12:2145-2157.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. FAO-Stat. [Consultado el 26 de mayo de 2020]. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- Feyzi, S., Varidi, M., Zare, F. y Varidi, M.J. 2015. Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) seed protein isolate: extraction optimization, amino acid composition, thermo and functional properties. Journal of the Science of Food and Agriculture. 95:3165-3176.
- Flores-Jiménez, N.T., Ulloa, J.A., Urías Silvas, J.E., Ramírez Ramírez, J.C., Rosas Ulloa, P., Bautista Rosales, P.U., Silva Carrillo, Y. y Gutiérrez Leyva, R. 2019. Effect of high-intensity ultrasound on the compositional, physicochemical, biochemical, functional and structural properties of canola (*Brassica napus* L.) protein isolate. Food Research International. 121:947-956.
- Guo, Q., Su, J., Yuan, F., Mao, L. y Gao, Y. 2019. Preparation, characterization and stability of pea protein isolate and propylene glycol alginate soluble complexes. LWT-Food Science and Technology. 101:476-482.
- Haque, M.A., Akter, F., Rahman, H. y Baqui, M.A. 2020. Jackfruit seeds protein isolate by spray drying method: The functional and physicochemical characteristics. Food and Nutrition Sciences. 11:355-374.
- Houde, M., Khodaei, N., Benkerroum, N. y Karboune, S. 2018. Barley protein concentrates: Extraction, structural and functional properties. Food Chemistry. 254:367-376.
- Kaur, M., Punia, S., Singh Sandhu, K. y Ahmed, J. 2019. Impact of high pressure processing on the rheological, thermal and morphological characteristics of mango kernel starch. International Journal of Biological Macromolecules. 140:149-155.
- Kaushik, P., Dowling, K., McKnight, S., Barrow, C.J., Wang, B. y Adhikari, B. 2016. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. Food Chemistry. 197:212-220.
- Lam, R. S. H. y Nickerson, M. T. 2013. Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure-function approach. 2013. Food Chemistry. 141: 975-984.
- Li, M., Wen, X., Peng, Y., Wang, Y., Wang, K. y Ni, Y. 2018. Functional properties of protein isolates from bell pepper (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) seeds. LWT-Food Science and Technology. 97:802-810.
- Lieba, V.M., Schuster, L.K., Kronmüllera, A., Schmarr, H.G., Carle, R. y Steingass, C.B. 2019. Fatty acids, triacylglycerols, and thermal behaviour of various mango (*Mangifera indica* L.) kernel fats. Food Research International. 116:527-537.
- López, D.N., Galante, M., Raimundo, G., Spelzini, D. y Boeris, V. 2019. Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. Food Research International. 116: 419-429.
- Mechmeche, M., Kachouri, F., Chouabi, M., Ksontini, H., Setti, K. y Moktar Hamdi, M. 2017. Optimization of extraction parameters of protein isolate from tomato seed using response surface methodology. Food Analytical Methods. 10:809-819.
- Mohan, N. y Mellem, J.J. 2020. Functional properties of the protein isolates of hyacinth bean [*Lablab purpureus* (L.) Sweet]: An effect of the used procedures. LWT-Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109572>.
- Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Ogura, T., Morales, E., Rubilar, M., Maureira-Butler, I. y Salvo-Garrido, H. 2015. Functional and physicochemical properties of a protein isolate from AluProt-CGNA: A novel protein-rich lupin variety (*Lupinus luteus*). Food Research International. 76:719-724.
- Rico, X., Gullon, B., Alonso, J.L. y Yanez, R. 2020. Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: An overview. Food Research International. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109086>.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria. [Consultado 18 de Mayo 2020] 2020. Disponible en :[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do).
- Saetae, D., Kleekayai, T., Jayasena, V. y Suntornsuk, W. 2011. Functional properties of protein isolate obtained from physic nut (*Jatropha curcas* L.) seed cake. Food Science and Biotechnology. 20:29-37.
- Siddeeg, A., Yanshun-Xu, Qixing-Jiang y Wenshui-Xia. 2014. Physicochemical and functional properties of flour and protein isolates extracted from seintat (*Cucumis melo* var. *tibish*) seeds. Food Science and Biotechnology. 23: 345-353.
- Stone, A.K., Karalash, A., Tyler, R.T., Warkentin, T.D. y Nickerson, M.T. 2015. Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars.

- Food Research International.76:31-38.
- Torres-León, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J.C., Serna-Cock, L., Belamres-Cerda, R.E. y Aguilar, C.N. 2016. Mango seed: Functional and nutritional properties. Trends in Food Science & Technology. 55:109-117.
- Ulloa, J.A., Rosas-Ulloa P. y Ulloa-Rangel B. E. 2011. Physicochemical and functional properties of a protein isolate produced from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) meal by ultrafiltration. Journal of the Science Food and Agriculture. 91:572-577.
- Ulloa, J.A., Villalobos Barbosa, M.C., Rezendiz Vazquez, J.A., Rosas Ulloa, P., Ramírez Ramírez, J.C., Silva Carrillo, Y. y González Torres, L. 2017. Production, physico-chemical and functional characterization of a protein isolate from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. Cyta-Journal of Food. 15:497-507.
- Wang, J.S., Wang, A.B., Zang, X.P., Tan, L., Xu, B.Y., Chen, H.H., Jin, Z.Q. y Ma, W.H. 2019. Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (*Persea americana* Mill.) oil processing by-products. Food Chemistry 288:146-153.
- Wani, I.A., Sogi, D., Shivhare, U.S. y Gill, B.S. 2015. Physico-chemical and functional properties of native and hydrolyzed kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolates. Food Research International. 76:11-18.
- Wani, A. A., Sogi, D. S., Singh, P., y Shivhare, U. S. 2011. Characterization and functional properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed protein isolates and salt assisted protein concentrates. Food Science and Biotechnology 20: 877-887.
- Withana-Gamage, T.S., Wanasundara, J.P.D., Pietrasik, Z. y Shand, P.J. 2011. Physicochemical, thermal and functional characterisation of protein isolates from Kabuli and Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.): A comparative study with soy (*Glycinemax*) and pea (*Pisum sativum* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture. 91:1022-1031.