

Artículo original

# Valor nutricional y propiedades tecnofuncionales de la harina del fruto completo del chachafruto (*Erythrina edulis*).

Nutritional value and functional properties of the whole fruit of chachafruto (*Erythrina edulis*).

Vivas Odry\*, Vielma Rosa, Matheus Dalia, Rocco Valeria.

Departamento Ciencia de los Alimentos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. CP 5101.

Recibido: enero de 2023–Aceptado: marzo de 2023

## RESUMEN

Se evaluó el valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales (capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad emulsionante, capacidad gelificante y propiedades espumantes) de muestras de harinas obtenidas a partir del fruto completo (**HFC**) conformado por la vaina y el grano, y la harina del grano (**HG**) del chachafruto (*Erythrina edulis*), recolectadas en una unidad de producción agrícola ubicada en Jají, estado Mérida, Venezuela. Las harinas se obtuvieron mediante el secado del fruto completo y granos en estufa de convección a 45°C durante 18 horas, procesada en molino de cuchillas y tamizada a un tamaño de partícula de 0,42 mm. Para el análisis proximal de las harinas se aplicó la metodología de la AOAC. Como parte de la caracterización de las harinas, se realizó un análisis cualitativo de compuestos fitoquímicos. Los resultados indicaron que la **HFC** presentó un valor nutricional significativamente mayor a la **HG**, destacando el contenido de proteínas y minerales. Las propiedades tecnofuncionales también mostraron diferencias estadísticamente significativas, registrando los mayores valores de capacidad de absorción de agua y capacidad de retención de aceite en la **HFC**. El análisis

fitoquímico mostró la presencia de alcaloides en ambas harinas y sólo fue positiva en esteroides, taninos y compuestos fenólicos en la **HFC**. El estudio demostró el potencial nutricional y de aplicación tecnofuncional del fruto completo de esta leguminosa, resaltando la importancia de maximizar el aprovechamiento del alimento reduciendo el desperdicio.

## PALABRAS CLAVE

Chachafruto, *Erythrina edulis*, leguminosas, valor nutricional, propiedades tecnofuncionales.

## ABSTRACT

The nutritional value and functional properties (water absorption capacity, oil retention capacity, emulsifying capacity, gelling capacity, and foaming properties) of flours obtained from the whole fruit (**HFC**) made up of the pod and grain, and grain flour (**HG**) of the chachafruto (*Erythrina edulis*), were evaluated. The samples were collected in an agricultural production unit located in Jají, Mérida state. The flours were obtained by drying the whole fruit and grains in a convection oven at 45°C for 18 hours, processed in a blade mill, and sieved to a particle size of 0.42 mm. For the proximal analysis of the flours, the AOAC

methodology was applied. As part of the characterization of the flours, a qualitative analysis of phytochemical compounds was carried out. The results indicated that the **HFC** presented a significantly higher nutritional value than the **HG**, highlighting the content of proteins and minerals. The functional properties also showed statistically significant differences, registering the highest values of water absorption capacity and oil retention capacity in the **HFC**. The phytochemical analysis showed the presence of alkaloids in both flours and it was only positive in sterols, tannins, and phenolic compounds in the **HFC**. The study demonstrates the nutritional potential and technofunctional application of the complete fruit of this legume, highlighting the importance of maximizing the use of food by reducing waste.

## KEY WORDS

Chachafruto, *Erythrina edulis*, legumes, nutritional value, functional properties.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de leguminosas y las investigaciones relacionadas con estas, continúan en aumento a nivel mundial debido a sus múltiples potencialidades e importancia desde el punto de vista de la conservación de suelos [1] y en la seguridad agroalimentaria tanto para el consumo humano como animal [2].

Las leguminosas se caracterizan por ser un alimento versátil en sus aplicaciones y usos gastronómicos, sustentado por las investigaciones que demuestran su alto contenido en carbohidratos complejos como almidón y fibra, contenido de proteínas superior a otras fuentes de origen vegetal, las cuales, a pesar de no calificarse como proteínas completas, son complementables con otras fuentes vegetales como los cereales. En su perfil nutricional también destaca el alto contenido de minerales. En la región andina suramericana se cuenta con el chachafruto (*Erythrina edulis*), una leguminosa ampliamente estudiada por su alto valor nutricional, principalmente en la alimentación animal [3]. Su uso en la alimentación

humana ha sido menos estudiado y su aprovechamiento se ha limitado tradicionalmente al consumo del grano en las zonas de cultivo, siendo poco conocido por la población en general, en el caso de Venezuela [1]. Las investigaciones basadas en el análisis del grano de esta leguminosa, han permitido el desarrollo de algunos recetarios y formulaciones [2, 4], basándose en el valor nutricional y en las propiedades tecnofuncionales, que favorecen su uso en gran variedad de alimentos como productos horneados [4], cárnicos [5], bebidas [6], entre otros. Desde el punto de vista nutricional, las proteínas son las macromoléculas de mayor interés. Pérez y cols. [7] demostraron un alto contenido proteico e índice de aminoácidos esenciales (I.A.E) en *Erythrina edulis* con relación a otras leguminosas de alto consumo, como las caraotas (*Phaseolus vulgaris*) y la soya (*Glycine max*). Basados en el contenido proteico, otros investigadores han evaluado las potencialidades de obtener péptidos bioactivos a partir de *Erythrina edulis* como ingredientes funcionales. En este sentido, varias investigaciones han demostrado, un efecto con alta capacidad antioxidante, actividad antihipertensiva y prevención de alteraciones metabólicas asociadas con enfermedades crónicas [8-10]. Estos estudios demuestran que el potencial nutricional de esta leguminosa andina va más allá de cubrir necesidades nutricionales básicas, presentándose como una fuente alternativa de compuestos bioactivos que podrían ser utilizados en la formulación de alimentos funcionales. Estos importantes resultados están basados en el estudio del grano, encontrando muy pocas investigaciones que incluyan la vaina de esta leguminosa. Con este estudio se desea abrir un espacio de investigación para evaluar la potencialidad nutricional y las propiedades tecnofuncionales del fruto completo del chachafruto, representados por la vaina y el grano; tomando en cuenta que la vaina es una porción comestible que se desecha y representa aproximadamente la mitad del peso total del fruto completo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Selección de muestras:** Las vainas de *Erythrina edulis* se seleccionaron con un aspecto

íntegro, turgente, de color verde claro, sin golpes ni perforaciones. La recolección de las muestras se realizó en una unidad de producción agrícola ubicada en Jají, Estado Mérida, Venezuela.

**Preparación de las harinas:** Las muestras se separaron en dos grupos para la obtención de dos tipos de harinas. La harina del fruto completo (HFC) estaba conformada por la vaina y grano en su totalidad, mientras que la harina de grano (HG) se obtuvo a partir de la deshidratación de los granos luego de la eliminación de la cubierta o tegumento, facilitada por el remojo en agua destilada durante 30 minutos. Las muestras separadas como fruto completo y grano, se cortaron en rebanadas finas y se deshidrataron en un horno de secado por convección (Felisa<sup>®</sup>, FE-292AD, Zapopan, México) a 45°C durante 18 horas. Posteriormente, las muestras se pulverizaron en un molino de cuchillas (Oster<sup>®</sup>) y se tamizaron a un tamaño de partícula de 0,42 mm (40 mesh).

**Valoración nutricional:** El análisis proximal de las HFC y HG, se realizó según las metodologías oficiales de la AOAC [11]. La humedad se determinó en estufa por convección (Felisa<sup>®</sup>, FE-292AD, Zapopan, México) hasta peso constante según el método 925.10. La determinación de cenizas se hizo mediante la incineración de las muestras en mufla a 550°C según el método 923.03. Para la determinación de proteína cruda y grasa cruda se aplicó el método de Kjeldahl (960.52) (digestor Labconco, 60011, USA) y el método de Soxhlet (920.39) (Velp<sup>®</sup> Scientifica, modelo SER 148-Solvent Extractor, Usmate (MB), Italia), respectivamente. El valor de los carbohidratos totales se obtuvo por diferencia.

**Determinación de minerales:** Las muestras de harinas fueron digeridas siguiendo la metodología de Saavedra y Rondón [12]. Los niveles de calcio (Ca) magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), hierro (Fe) y cobre (Cu), se cuantificaron mediante espectrometría de absorción atómica en llama (FAAS). Para ello, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica modelo 3100 Norwalk (Perkin-Elmer, USA).

**Análisis fitoquímico:** 10 g de muestra de cada harina, se introdujeron en un balón de extracción de capacidad 250 mL y se agregó 50 mL de etanol. La extracción etanólica se hizo calentando la mezcla a 40°C durante una hora. El alcohol remanente se

evaporó en estufa de convección a 40°C y a los extractos obtenidos se les realizó el tamizaje fitoquímico. Este análisis es de naturaleza cualitativa, utilizando reactivos específicos para observar cambios de coloración y apariencia cuando una porción del extracto está en contacto con dichos reactivos. Según el viraje de color se consideró la presencia o ausencia de metabolitos secundarios como alcaloides, triterpenos, esteroides, saponinas, taninos, compuesto fenólicos, flavonoides, quinonas y cumarinas [13].

**Capacidad de Absorción de Agua (CAA):** A un gramo de cada muestra se agregó 10 mL de agua destilada en agitación constante durante una hora. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 4500 rpm durante 30 minutos. El sobrenadante fue separado en un cilindro graduado para medir el volumen de agua. La diferencia entre el volumen inicial de agua y el volumen recuperado corresponde a la CAA [14].

**Capacidad de Retención de Aceite (CRAc):** 0,5 gramos de muestra de cada harina se colocaron en un tubo de centrifuga de 10 mL y se añadieron 5 mL de aceite vegetal, manteniéndose en agitación durante 30 minutos. Seguidamente, se centrifugó a 4750 rpm durante 30 minutos y luego se midió el volumen del sobrenadante. La diferencia entre el volumen inicial de aceite y el volumen recuperado corresponde a la CRAc [15].

**Capacidad Emulsionante (CEm):** 0,28 gramos de cada harina se trasvasaron en un tubo de centrifuga de 40 mL y se añadieron 7 mL de agua destilada, agitándose en vórtex durante 10 segundos. A continuación, se agregaron 7 mL de aceite vegetal y nuevamente se agitó durante 10 segundos. La muestra se centrifugó durante una hora a 4500 rpm. Para realizar la determinación de la capacidad emulsionante se midió la capa emulsificada respecto al volumen total [16].

**Capacidad Espumante (CES) y la Estabilidad de la Espuma (ESE):** A 0,5 gramos de muestra de harina se añadieron 25 mL de agua destilada, luego se llevó a un homogenizador mecánico (Ika Werke<sup>®</sup>) durante cinco minutos y se transfirió la mezcla a una probeta graduada donde se midió la cantidad de espuma inicial, después de 30 segundos, 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos [17]. La CES se determinó considerando el volumen de espuma a los 30 segundos y para la ESE se

consideraron los valores del volumen de espuma en los tiempos antes indicados.

**Capacidad de Gelificación (CG):** Las suspensiones de las muestras de **HFC** y **HG** al 4, 8, 12, 14, 16, 18 y 20 % (p/v), se prepararon en agua destilada y se introdujeron en un baño de agua a 100°C durante una hora. Posteriormente se sumergieron en un baño de hielo durante una hora. La **CG** se determinó como la mínima concentración de harina (%) a la que la muestra formó un gel, sin deslizarse por las paredes al invertir los tubos [17].

**Análisis estadístico:** Los resultados representan el promedio  $\pm$  desviación estándar de las réplicas para cada análisis. Para la determinación de diferencias estadísticamente significativas se aplicó la prueba estadística *t*-student (Microsoft Excel®) fijando un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Valor nutricional:** El chachafruto (*Erythrina edulis*), es reconocido como una leguminosa con alto valor nutricional [10]. No obstante, su estudio y uso para la alimentación humana se ha basado principalmente al consumo del grano. Al separar el fruto completo en las partes que lo conforman; vaina y grano, éstas representan aproximadamente el 51% y 49 % del peso respectivamente [18]. Por esta razón, el estudio del fruto completo ofrece una oportunidad para profundizar en las investigaciones y promover un mayor aprovechamiento del total de la porción comestible de esta leguminosa.

En la Tabla 1, se muestran los resultados correspondientes a la valoración nutricional de las harinas.

**TABLA 1.**

Análisis proximal y composición mineral de la harina de fruto completo (**HFC**) y harina de grano (**HG**) de *Erythrina edulis*.

Nutriente	HFC	HG
<b>Proteína cruda (%)</b>	19,55 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	18,75 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
<b>Grasa cruda (%)</b>	0,93 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	0,78 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>
<b>Cenizas (%)</b>	5,02 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	4,89 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>
<b>Carbohidratos totales (%)</b>	74,40 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	75,68 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
<b>Ca (mg/L)</b>	19,0 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	6,5 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>
<b>Mg (mg/L)</b>	31,0 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	18,6 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>
<b>Na (mg/L)</b>	0,99 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	0,75 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
<b>K (mg/L)</b>	408,0 $\pm$ 20,0 <sup>a</sup>	330,0 $\pm$ 17,0 <sup>b</sup>
<b>Fe (mg/L)</b>	0,80 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,19 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>
<b>Cu (mg/L)</b>	0,25 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,14 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>

Resultados expresados en base seca, como media  $\pm$  desviación estándar de tres mediciones para el análisis proximal y dos mediciones para los minerales.  
\*Calculados por diferencia. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ( $p<0,05$ ).

Las harinas obtenidas presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) en el contenido de todos los nutrientes básicos evaluados. La **HFC** presentó un valor de proteínas significativamente mayor a la **HG**. El contenido de proteínas es uno de los indicadores más relevantes para determinar el potencial nutricional de las leguminosas. Arango y cols. [19], indicaron un valor de proteína cruda del grano (18,4%) similar al obtenido en este estudio. Otra investigación [20],

indicó un valor de 26,19%, ambos resultados expresados en base seca. Estas diferencias podrían atribuirse a las variadas condiciones agroclimáticas y el manejo agrícola de los cultivos [21]. Es importante resaltar, que las muestras evaluadas por estos investigadores estaban conformadas por harina de grano. Por otra parte, Fuentes [22], analizó el contenido de proteínas de la vaina (20,29%), semilla (22,70%) y la vaina completa (vainas + semilla) (23,57%), obteniendo el mayor

valor de proteína cruda en la muestra de vaina completa. De esta manera puede evidenciarse que la presencia de la vaina incrementa el valor de la proteína cruda en comparación al grano, siendo este resultado consistente con el obtenido en este estudio.

El contenido de grasa es bajo en las leguminosas, y en este estudio se obtuvo un extracto etéreo inferior al 1% en ambas harinas, resultado significativamente mayor en la **HFC**. Este resultado es similar al divulgado por Fuentes [22], donde se evidenció un valor de extracto etéreo mayor en la vaina completa con relación al grano; muestras que en dicho estudio serían equivalentes a la **HFC** y **HG**, respectivamente.

En relación con el contenido de minerales totales, el valor de cenizas obtenido en la **HFC** resultó significativamente mayor al determinado en la **HG**. El aporte de minerales en leguminosas es uno de los aspectos nutricionales que más destacan en este alimento. El contenido de minerales de la **HG** presentó un valor similar al determinado en otras investigaciones [23]. Entre las dos muestras evaluadas, resultó significativamente mayor en la **HFC**, observando la misma tendencia en los resultados obtenidos por Fuentes [22], aunque los valores de dicha investigación fueron superiores a los alcanzados en este estudio.

El análisis del perfil mineral de las harinas mostró la misma tendencia anterior, donde se cuantificó un mayor contenido de todos los minerales determinados en la **HFC** en comparación a la **HG**. Ambas harinas contienen calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe) y cobre (Cu). Leterme y cols. [24], cuantificaron adicionalmente fósforo (P), cloro (Cl<sub>2</sub>), azufre (S), manganeso (Mn) y cinc (Zn) en granos de *Erythrina edulis*. Quintero y cols. [18], obtuvieron un mayor contenido de Fe y Ca en harina de granos de chachafruto, comparado a los valores obtenidos en este trabajo, y además destacó un alto valor de K entre sus resultados. El contenido de minerales en cultivos es principalmente influenciado por características como la calidad y nutrición del suelo, calidad del agua y otras condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico [21].

Las leguminosas suelen asociarse con fuentes de proteína alimentaria, sin embargo, el nutriente mayoritario está conformado por los carbohidratos,

principalmente almidón y fibras. La proporción de carbohidratos totales, calculados por diferencia, resultaron significativamente mayor en la **HG**. A pesar de que en este estudio no se realizaron análisis complementarios para la caracterización de los carbohidratos, se conoce que la composición mayoritaria del grano (endospermo) es almidón [23, 25] y una pequeña proporción de fibra. Por su parte, la vaina es rica en fibra [22, 23], por tratarse de una estructura de recubrimiento y protección del fruto o legumbre, presentando menor cantidad de almidón. Fuentes [22] obtuvo el mayor valor de fibra total en la vaina (23,12%), seguidos de la vaina completa (15,01%) y el grano (7,27%).

**Análisis fitoquímico:** Como información complementaria al análisis químico, se determinó la presencia de algunos compuestos fitoquímicos indicados en la Tabla 2. Se observó la ausencia de los metabolitos secundarios determinados en la mayoría de los casos.

**TABLA 2.**

Presencia de metabolitos secundarios en las harinas de *Erythrina edulis*.

Metabolitos	HFC	HG
Alcaloides	+	+
Triterpenos	-	-
Esteroles	+	-
Saponinas	-	-
Taninos y compuestos fenólicos	+	-
Flavonoides	-	-
Cumarinas	-	-
Quinonas	-	-

(+) Presencia del metabolito, (-) ausencia del metabolito.

La presencia de alcaloides fue positiva tanto en la **HFC** como en la **HG**. Este resultado coincide con lo determinado por Barrera y Mejía [23]. Por su parte la presencia de taninos y compuestos fenólicos en la **HFC**, podría atribuirse a la presencia del tegumento o cutícula que recubre al grano y estaba presente en esta muestra. D'Amore [25] determinó la presencia de polifenoles en muestras de grano de *Erythrina edulis* que contenían el tegumento.

La **HFC** resultó positiva para la presencia de esteroles, compuesto de interés en la salud humana por estar asociado a la disminución de colesterol sanguíneo [26]. El estudio de la presencia de

metabolitos secundarios desde el punto de vista nutricional, tiene gran importancia ya que muchos de estos compuestos dificultan la digestibilidad de las proteínas, forman complejos con minerales y vitaminas, disminuyendo el valor nutricional del alimento. Diversos estudios han revelado que los procesos como remojo, cocción, germinación, entre otros; disminuye la concentración de estas moléculas consideradas factores antinutricionales, mejorando la digestibilidad del alimento. Sin embargo, es importante resaltar que esta especie de leguminosa cultivada en Los Andes, ha demostrado un gran potencial por su uso del follaje y frutos para la nutrición animal [3], los granos principalmente utilizados en alimentación humana [10] con potencial del consumo de la vaina, así como oportunidades de investigación en el área farmacológica [27] a partir de extractos de sus hojas, tallos e inflorescencias.

**Propiedades tecnofuncionales:** Las diferencias en el contenido de proteínas y carbohidratos presentes en las harinas evaluadas, influye en las propiedades tecnofuncionales. Esta es una característica de las leguminosas en general, ya que dichas macromoléculas interactúan con otras moléculas de la matriz alimenticia exhibiendo características específicas y favoreciendo su incorporación en formulaciones de diversos alimentos [28, 29]. En la Tabla 3, se muestran los resultados correspondientes a las propiedades tecnofuncionales evaluadas.

La **HFC** exhibió mayor **CAA**, posiblemente influenciada por el mayor contenido de proteínas en esta muestra en relación a la **HG**. La **CAA** depende en gran medida de la interacción agua-proteína [30]. El contenido de fibra también está asociado a la obtención de una mayor capacidad de absorción de agua [31], lo que pudo influenciar también el resultado obtenido.

Por otra parte, la capacidad de retención de aceite (**CRAc**) se refiere a la capacidad de retener físicamente estos compuestos por atracción capilar, y además influye el carácter hidrofóbico de las proteínas, siendo fundamental en este tipo de interacciones por la unión de cadenas laterales no polares de aminoácidos a las cadenas laterales hidrocarbonadas del aceite [32]. Esta propiedad tecnofuncional es útil en la elaboración de

productos cárnicos [31], productos de panadería y pastelería [4, 33], alimentos fritos [34], entre otros.

**TABLA 3.**

Propiedades tecnofuncionales de la harina de fruto completo (**HFC**) y harina de grano (**HG**) de *Erythrina edulis*.

Propiedades tecnofuncionales	HFC	HG
CAA (mL/g)	4,45 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,50 ± 0,14 <sup>b</sup>
CRAc (mL/g)	2,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,60 ± 0,00 <sup>b</sup>
CEm (%)	10,58 ± 0,62 <sup>a</sup>	10,84 ± 0,57 <sup>a</sup>
CES (%)	99,50 ± 0,70 <sup>a</sup>	97,50 ± 0,70 <sup>a</sup>
ESE (%)		
5 min	88,03 ± 0,03 <sup>a</sup>	86,13 ± 0,03 <sup>b</sup>
10 min	84,11 ± 0,05 <sup>a</sup>	72,66 ± 0,08 <sup>b</sup>
15 min	52,05 ± 0,07 <sup>b</sup>	72,36 ± 0,06 <sup>a</sup>
30 min	36,04 ± 0,04 <sup>b</sup>	63,59 ± 0,05 <sup>a</sup>
60 min	29,94 ± 0,08 <sup>b</sup>	45,55 ± 0,07 <sup>a</sup>
120 min	22,03 ± 0,04 <sup>a</sup>	22,79 ± 0,09 <sup>a</sup>
CG		
Concentración de harina en solución (%p/v)		
4%	-	-
8%	-	-
12%	++	-
14%	++	-
16%	++	+
18%	++	+
20%	++	++

CAA: Capacidad de Absorción de Agua. CRAc: Capacidad de Retención de Aceite. CEm: Capacidad Emulsionante. CES: Capacidad Espumante. ESE: Estabilidad de la espuma. CG: Capacidad de gelificación. Resultados expresados como media ± desviación estándar de 2 mediciones. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). (-): no presentó formación de gel, (+): Formación de gel débil, (++) : formación de gel firme.

La capacidad emulsionante se refiere a las propiedades de las proteínas para formar una dispersión de una fase lipídica en un medio acuoso [35]. La fibra también forma interacciones que favorecen la estabilidad de las emulsiones alimentarias [31]. En esta propiedad tecnofuncional, las harinas no presentaron diferencias estadísticamente significativas. La aplicación de esta propiedad es útil en sustitución parcial o total de carne en productos embutidos, salsas, mayonesas, productos de pastelería, entre otros [34].

Con respecto a la estabilidad de la espuma, se observó que la **HG** mostró la menor pérdida de volumen de espuma durante el tiempo evaluado. Transcurridos 60 minutos después de la formación de la espuma, la **HG** presentó la mitad del volumen inicial mientras que la **HFC** mostraba un descenso

de aproximadamente el 70%. Esta observación destaca una mayor estabilidad de la espuma obtenida a partir de la **HG** durante los primeros 60 minutos, aunque transcurridos 120 minutos, ambas muestras presentaron valores similares en este parámetro.

La formación de espumas se basa en la capacidad que tienen las proteínas de formar capas estables rodeando las gotitas de gas en una fase líquida [36]. Ambos tipos de harinas, exhibieron valores positivos en la formación de espumas y su estabilidad en el tiempo. Las proteínas mayoritarias en las leguminosas son las globulinas, las cuales presentan una gran capacidad espumante [34], lo que favorece la incorporación de harinas de leguminosas en productos aireados como panes y pasteles, incluso se aplica el agua de remojo o aquafaba como sustituto del huevo [37].

La capacidad de formar geles es otra propiedad tecnofuncional importante en alimentos. La **HFC** mostró la formación de un gel firme a partir de suspensiones con 12% de esta harina, mientras que la **HG** requirió una concentración mínima de 16% para obtener un gel débil y una concentración de 20% para la formación de un gel firme.

La capacidad gelificante es muy importante para alimentos como pudín, mermeladas, salsas que requieran la textura de gel. En este estudio destacó la capacidad de formar geles firmes de la **HFC** a partir de una suspensión de 12%. Esta característica ofrece ventajas en la aplicación de esta harina, requiriendo menos cantidad de materia prima que la **HG**, para lograr el mismo efecto. Este resultado es consistente con otras investigaciones, que han determinado el papel esencial de los complejos proteínas-polisacáridos presentes, estableciéndose una competencia física por el agua tanto para la formación del gel por parte de la proteína, como para la gelatinización del almidón [38]. Sarmiento [39] mostró resultados similares de capacidad de gelificación de harinas crudas de judía y lenteja al 12%.

## CONCLUSIONES

La harina del fruto completo (vaina y grano) del chachafruto (*Erythrina edulis*), mostró un valor nutricional y propiedades tecnofuncionales

significativamente superiores a la harina obtenida del grano. El potencial nutricional y de aplicación en diversas formulaciones alimenticias de la harina del fruto completo del chachafruto se muestra como una oportunidad de aportar mayor contenido y variedad de nutrientes, a la vez que se aprovecha al máximo la cosecha reduciendo el desperdicio de alimentos. En la formulación de nuevos alimentos enriquecidos con la harina del grano o fruto completo del chachafruto, se debe tomar en cuenta la aceptabilidad de consumidores.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al profesor †Luis Rojas y a la profesora Alida Pérez, adscritos al Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, de la Universidad de Los Andes, por su apoyo en el análisis fitoquímico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Inciarte I, Pérez A, Hernández E, Sandoval C, Otálora-Luna F, Márquez M, Páez-Rondón O. Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. CLIC. 2015; 6(9):140-153.
- [2] Barrera N. El Chachafruto, *Erythrina edulis* T. Cuaderno de Educación Ambiental N° 1. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 1998: 1-12.
- [3] Morillo M, Visbal T, Rial L, Ovalles F, Aguirre P, Medina A. Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soya. Interc. 2013; 38 (2): 121-127. <http://www.redalyc.org/html/339/33926950010/>
- [4] Silva S, Crisóstomo O, Álvarez E, Mendoza G, Rondán L, Rubio J. Evaluación de propiedades tecnofuncionales que provee la harina de pajuro (*Erythrina edulis*) a las redes estructurales de Muffins. Cienc. Tecnol. Desarro. 2015; 1(1): 77-88.
- [5] Delgado N, Albarracín W. Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua

- (*Chenopodioum quinoa*) y chachafruto (*Erythrina edulis*): Potenciales extensores cárnicos. Vitae. 2012; 19(1): S430-S432.
- [6] Espinoza-Córdova G, Roja R, Espinoza-Montesinos F. Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) para elaborar bebidas proteicas. ALFA. Rev. Invest. Cienc. Agron. Vet. 2021; 5(14), mayo-agosto: 297-318.
- [7] Pérez G, Martínez C, Díaz E. Evaluación de la calidad de la proteína de la *Erythrina edulis* (Balú). Arch. Latinoam. Nutr. 1979; 29(2): 193-207.
- [8] Intiquilla A, Jiménez-Aliaga K, Zavaleta A, Arnao I, Peña C, Chávez-Hidalgo E, Hernández-Ledesma B. *Erythrina edulis* (Pajuro) Seed Protein: A New Source of Antioxidant Peptides. NPC. 2016; 11(6): 781-786.
- [9] Guerra-Almonacid CM, Torruco-Uco JG, Murillo-Arango W, Méndez-Arteaga JJ, Rodríguez-Miranda J. Effect of ultrasound pretreatment on the antioxidant capacity and antihypertensive activity of bioactive peptides obtained from the protein hydrolysates of *Erythrina edulis*. EJFA. 2019; 31(4): 288-296. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i4.1938>
- [10] Palma-Albino C, Solano E, Intiquilla A, Jiménez-Aliaga K, Rodríguez-Arana N, Flores E, Zavaleta A, Izaguirre V, Hernández-Ledesma B. Albumin from *Erythrina edulis* (Pajuro) as a Promising Source of Multifunctional Peptides. Antiox. 2021; 10: 1722. <https://doi.org/10.3390/antiox10111722>
- [11] Association of Official Agricultural Chemist. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed. Washington, D.C., The Association, 1990.
- [12] Saavedra O, Rondón C. Distribución de metales en el acíbar de hojas de zábila (*Aloe vera* (L). Burm.f.). Avanc. Quím. 2008; 3(2): 49-58.
- [13] Marcano D, Hasegawa M. Fitoquímica Orgánica. Caracas (Venezuela): CDCH-UCV; 2018. 576 p.
- [14] Beuchat LR. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. J. Agric. Food Chem. 1977; 25: 258-261.
- [15] Chau CF, Huang YL. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng. J. Agric. Food Chem. 2003; 51: 2615-2618.
- [16] Yasumatsu K, Sawda K, Moritaka S, Mikasi M, Tada J, Wada T, Ishi K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. Agric. Biol. Chem. 1972; 36: 719-727.
- [17] Chau CF, Cheung PCK. Functional properties of flour prepared from three Chinese indigenous legume seeds. Food Chem. 1998; 61: 429-433.
- [18] Quintero V, Lucas J, Alzate E. Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. Ingen. 2013; 14(28): 16-32.
- [19] Arango O, Bolaños V, Ricaurte D, Caicedo M, Guerrero Y. Obtención de un extracto proteico a partir de harina del chachafruto (*Erythrina edulis*). Rev. Univ. Sal. 2012; 14(2):161-167.
- [20] Villafuerte F, Pérez E, Mahfoud A, Valero Y, Enríquez M, Yanez K, Manobanda P. Characterization of *Erythrina edulis* Triana and Obtaining Protein Isolate. Ital. J. Food Sci. Edición especial. 1er Congreso Internacional de Bioquímica y Ciencia de alimentos. 2021; 233-241.
- [21] Mejía M, Jaramillo A, Barrera, N. Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo de la semilla de chachafruto (*Erythrina edulis*, T.). Acta Agron. 1996: 57-68.
- [22] Fuentes O. Caracterización nutricional del porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial Productivo en El Cantón Rumiñahui. [Tesis de Maestría]. Ecuador, Universidad de la Fuerzas Armadas; 2018.
- [23] Barrera N, Mejía M. Pasado, Presente y Futuro. Programa para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de Ladera. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 1998; 18 p

- [24] Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño A. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chem.* 2006; 95: 644-652.  
<https://doi:10.1016/j.foodchem.2005.02.003>
- [25] D'Amore C. Evaluación nutricional de harina proteica de *Erythrina edulis*. [Tesis de Pregrado]. Caracas, Universidad Central de Venezuela; 2016.
- [26] Sipeniec E, Mišina I, Qian, Y, Grygier A, Sobieszczanska N, Sahu PK, Rudzińska M, Singh Patel K, Górnaś P. Fatty acid profile and squalene, tocopherol, carotenoid, sterol content of seven selected consumed legumes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2021; 76: 53–59.  
<https://doi.org/10.1007/s11130-020-00875-3>
- [27] Pino-Rodríguez S, Prieto-González S, Pérez-Rodríguez ME, Molina-Torres J. Género *Erythrina*: Fuente de Metabolitos Secundarios con Actividad Biológica. *Acta Farmac. Bonaer.* 2004; 23 (2): 252-258.
- [28] Singh N. Pulses: an overview. *J. Food Sci. Technol.* 2017;54(4):853–857.  
<https://doi: 10.1007/s13197-017-2537-4>
- [29] Delgado-Soriano V, Cortés-Avenida P, Guevara-Pérez A, Vílchez-Perales C. Características físico-químicas de las semillas de pajuro (*Erythrina edulis* Triana) y propiedades funcionales después de la extrusión. *Rev. Invest. Altoand.* 2020; 22(3): 263-273.
- [30] Muñoz-Llandes CB, Guzmán-Ortiz FA, González-Olivares LG, Palma-Rodríguez HM, Román-Gutiérrez AD, Castro-Rosas. Germinación: un método de bioproceso que incrementa la calidad nutricional, biológica y funcional de harinas de leguminosas. *J. Public Sem. Pädi.* 2021; 9(2): 119-122.
- [31] Rivera-De Alba JA, Flores-Girón E. La fibra dietética como ingrediente funcional en la formulación de productos cárnicos. *Tecnocien. Chih.* 2022; XVI (1): 1-15.  
<https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i1.892>
- [32] Aguilera-Gutiérrez Y. Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecnofuncionales. [Tesis doctoral]. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid; 2009.
- [33] Aguirre-Torres L, Martínez-Mora E, Cuenca-Mayorga F. Use of blends of legume flours and manioc starch to elaborate gluten-free sweet biscuits. *Rev. Cienc. UNEMI.* 2020; 13(33), Mayo-Agosto: 59-72.
- [34] Baduí S. Química de los alimentos. Cuarta edición. Ciudad de México. Editorial Pearson. 2006. 738 p.
- [35] Dagorn-Scaviner C, Gueguen J, Lefebvre J. Emulsifying properties of pea globulins as related to their adsorption behaviors. *J. Food Sci.* 1987; 52: 335-341.
- [36] Rangel A, Domont GB, Pedrosa C, Ferreira ST. Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*), and cowpea protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 51: 5792-5797.
- [37] Mejía-Cabezas NT, Campoverde-Santos DK. Estudio comparativo de propiedades funcionales y fisicoquímicas de aquafaba de distintas leguminosas. *AlfaPublic.* 2022; 4(1.2): 35-50. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.2.182>
- [38] Turgeon S, Beaulieu M. Improvement and modification of whey protein gel texture using polysaccharides. *Food Hydroc.* 2001; 15: 583-591.
- [39] Sarmiento TR. Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas. [Tesis Doctoral]. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Agrícola; 2012.

**Vivas, Odry:** Docente de ciencia y tecnología de alimentos, especializada en desarrollo de productos y control de calidad. [odryvivas@ula.ve](mailto:odryvivas@ula.ve) **ORCID ID: 0000-0002-3107-1202**

**Vielma, Rosa:** Docente de ciencia y análisis de alimentos, doctora en ciencias aplicadas. [rosalbavielma16@gmail.com](mailto:rosalbavielma16@gmail.com) **ORCID ID: 0000-0002-5139-2804**

**Matheus, Dalia:** Licenciada en Bioanálisis.  
daliamatheus10@gmail.com. **ORCID: 0000-  
0003-4608-7132**

**Rocco, Valeria:** Licenciada en Bioanálisis.  
vale\_rocco@hotmail.com. **ORCID: 0000-0003-  
0923-4690**