Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro

Saúl Dussán-Sarria^{(1)*}, Deisy L. Hurtado-Hurtado⁽¹⁾, Jesús H. Camacho-Tamayo⁽²⁾

(1) Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237. Palmira, Valle del Cauca-Colombia. (e-mail: sdussan@unal.edu.co; dlhurtadoh@unal.edu.co)

(2) Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Código Postal UN.11001. Bogotá, Colombia. (e-mail: jhcamachot@unal.edu.co)

* Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Feb. 21, 2019; Aceptado Abr. 3, 2019; Versión final Jun. 21, 2019, Publicado Oct. 2019

Resumen

El propósito de este estudio fue realizar la determinación de las propiedades granulométricas, funcionales y de color de la harina de quinua y de chontaduro. La quinua y el chontaduro poseen grandes atributos nutricionales, sensoriales y son substitutos potenciales del trigo en la elaboración de diversos alimentos. Sin embargo, existen pocas publicaciones sobre las propiedades funcionales y físicas de sus harinas. Sus propiedades fueron determinadas y a los datos se aplica estadística descriptiva, ANOVA y la prueba de rango múltiple Duncan ($p < 0,05$). Los valores de las propiedades granulométricas, funcionales y de color son influenciados por el tipo de harina. La harina de chontaduro presenta propiedades funcionales más favorables que la harina de quinua para la elaboración de alimentos como salchichas, pastas, queso procesado y productos de panadería ya que presenta un mayor potencial de gelatinización de almidones, y mejores propiedades de color.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa Willd; Bactris gasipaes Kunth harina vegetal; pastas alimenticias*

Granulometry, Functional Properties and Color Properties of Quinoa and Peach Palm Fruit Flour

Abstract

The aim of this study was to determine the granulometric, functional and color properties of quinoa and peach palm flour. Quinoa and peach palm fruit have great nutritional and sensorial attributes, and are potentially substitute of wheat in the preparation of various foods. However, there are few publications on the functional and physical properties of their flours. Their properties were carried out and descriptive statistics, ANOVA and the Duncan multiple range test ($p < 0.05$) were applied to the data. The type of flour influences the values of granulometric, functional and color properties. The peach palm flour has more favorable functional properties than quinoa flour for the preparation of foods such as sausages, pasta, processed cheese and bakery products since it presents a greater potential for starch gelatinization, and better color properties.

Keywords: *Chenopodium quinoa Willd; Bactris gasipaes Kunth; vegetal flour; food pastes*

INTRODUCCIÓN

El chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth), perteneciente de la familia de las *Arecaceae*, es un fruto originario de América, el cual es comúnmente consumido en el Suroccidente colombiano. Así mismo, posee un alto contenido de beta-caroteno, fósforo, vitamina A, calcio, hierro y proteína, por lo anterior es considerado una excelente alternativa nutricional de explotación agroindustrial (Córdova-Palomino y Terán-Verzola, 2014). Por otro lado, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal de origen andino, perteneciente a la familia de las quenopodiáceas. Es una fuente natural de ácidos grasos poliinsaturados esenciales como el ácido linoleico (omega 6) y el ácido linolénico (omega 3), proteína vegetal de alto valor nutritivo, debido a su gran proporción de aminoácidos esenciales como la fenilalanina, leucina y lisina (Murphy y Matanguihan, 2015). Una de las alternativas para suplir las necesidades alimenticias de la población es emplear alimentos de alta demanda como lo son las pastas, que, a pesar de ser un alimento con alto contenido de energía y carbohidratos complejos, tener un costo accesible y no ser perecedero, su ingesta puede ocasionar a largo plazo deficiencias en la salud (Huang *et al.*, 2017).

De acuerdo con Valencia *et al.* (2015), las propiedades funcionales de las harinas simples y compuestas determinan la aplicación de alimentos y el uso final de dichos materiales para otras aplicaciones. Estas propiedades son importantes para determinar los requisitos de empaque, el manejo de materias primas y la aplicación en el procesamiento en húmedo en la industria alimentaria. La mezcla de las diferentes harinas es una de las propiedades más importantes que influyen en la calidad y la consideración estética de los alimentos, ya que afecta la textura, la digestibilidad y el uso final de los productos alimenticios a base de almidón. Las harinas derivadas de granos y productos como el trigo y la quinua se utilizan también en la elaboración de tortas, pasteles, galletas y, galletas y fideos orientales (Chandra y Samsher, 2013). Hay que agregar que, la descripción de las propiedades físicas y funcionales tanto de la quinua como el chontaduro en fresco y particularmente de sus derivados como las harinas aún carecen de volumen de información en la literatura la cual es necesaria para que conduzca al estudio de alternativas de uso en procesos agroindustriales por ejemplo en el caso de la sustitución de la sémola de trigo, producto bastante utilizado en la elaboración de pastas y panadería. Existen pocas publicaciones, menos de 20 en los últimos 10 años, sobre las propiedades físicas y funcionales de harinas de quinua y harina de chontaduro y más específicamente sobre las variedades aquí evaluadas 'Blanca Jericó' y 'Rojo Cauca' respectivamente.

El análisis granulométrico y propiedades físicas y funcionales en las harinas son primordiales para la industria de las pastas alimenticias, ya que facilita la estandarización y proceso de productos, identificar los requisitos de la materia prima y los parámetros legales respecto al tamaño de las partículas (Bezerra *et al.*, 2018). El mayor componente orgánico de las harinas vegetales son los almidones y los índices de solubilidad, absorción de agua y poder de hinchamiento se pueden utilizar como un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos termomecánicos. Mayores índices de solubilidad, absorción de agua y poder de hinchamiento en las harinas vegetales, indican una mayor facilidad para formar geles en presencia de calor y exceso de agua (García-Jiménez y Vásquez, 2016; Damodaran *et al.*, 2017). Las propiedades físicas y funcionales de las harinas pueden predecir el comportamiento del producto en la formación de pastas alimenticias, inducido por los efectos termomecánicos durante la extrusión. Este estudio tuvo como objetivo realizar la determinación de la granulometría, propiedades funcionales y de color de las harinas de chontaduro y quinua derivadas de variedades propias en Colombia y de esta forma contribuir a la innovación de productos como las pastas alimenticias, entre otros y también los usos alternativos a la utilización de harinas convencionales, así como aportar información para próximas investigaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describe el local, materia prima y la metodología seguida en la determinación de cada una de las propiedades determinadas y evaluadas de la harina de quinua y la harina de chontaduro

Local y Materia prima

La experimentación se llevó a cabo en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira (1000 msnm). Tanto el chontaduro como la quinua fueron obtenidos en el Departamento del Cauca, Colombia. La harina de quinua se obtuvo de la variedad *Blanca Jericó* (Figura 1), inicialmente el grano entero de quinua fue sometido al proceso de secado hasta un contenido de humedad entre el 10% y 12% bs utilizando el secado mecánico estático de bandejas con aire forzado a 50°C durante 4 horas y humedad inicial del grano de 35% bs. Posteriormente se realizó el proceso de desaponificación mediante el lavado del grano y posterior secado en horno convectivo (T: 61±2 °C, 4,5 h, $\bar{u}$: 3±0,5 m/s, HR: 41±3%). La molienda se llevó a cabo en un molino industrial hasta obtener harina con tamaño de partícula de 0,5 mm (Tamiz No. 35 - US). El grano de quinua contiene saponinas en la parte externa de los tejidos y son las responsables del sabor amargo, por lo que su remoción previa al consumo es indispensable. La

desaponificación se obtuvo a través de lavados sucesivos con agua potable hasta que en las aguas del lavado a simple vista desapareciera por completo la espuma formada (Díaz-Moreno *et al.*, 2013).

La harina de chontaduro se obtuvo de la variedad *Rojo Cauca* (Figura 2). Inicialmente el chontaduro entero se sometió a la cocción con agua en ebullición (aprox. 97 °C) durante 45 minutos. Una vez cocido se retiró cáscara y semilla, y la pulpa fue sometida al secado en un horno convectivo (T: 61±2 °C, 4,5 h, $\bar{u}$: 3±0,5 m/s, HR: 41±3%), posterior al secado, se realizó la molienda en seco en molino industrial para obtener tamaño de partícula de 0,5 mm (Tamiz No. 35 - US).

Fig. 1. Imágenes de las harinas utilizadas en la caracterización, (a) harina de quinua variedad *Blanca Jericó*, (b) harina de chontaduro variedad *Rojo Cauca*.

Análisis granulométrico

Para determinar la granulometría de las harinas se pesaron 203 gramos de cada harina e individualmente fueron colocadas en el tamizador Ro- tap-SDILTEST-model CL-313-8 de engineering test equipment y un juego de tamices Tyler (Tamiz standard) y mantenidas bajo agitación durante 300 segundos, finalmente se pesó las fracciones de harinas retenidas en cada tamiz y calculado el porcentaje de retención (NTC 32, ICONTEC, 1991). El valor del tamaño medio final de cada harina fue obtenido de cinco repeticiones.

Propiedades funcionales

El contenido de humedad de las harinas fue determinado a través de la balanza de humedad Precisa XM 60, Precisa Instruments AG de Suiza. Los valores se expresaron en porcentaje de humedad en base seca (bs). El valor de cada propiedad funcional de cada harina fue obtenido de cinco repeticiones. El índice de absorción de agua (IAA%), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) fueron determinados según la metodología propuesta por Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012), en la cual se utiliza 1,5 gramos de muestra de cada harina y con los valores del peso del gel y el peso del sobrenadante seco, se calcularon las propiedades IAA%, ISA, y PH con la ayuda de las siguientes ecuaciones:

$$IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \quad (1)$$

$$ISA\% = \frac{\text{Peso seco sobrenadante (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} * 100 \quad (2)$$

$$PH = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso seco sobrenadante (g)}} \quad (3)$$

Propiedades de color

La determinación de los parámetros triestímulos de color de las harinas se llevó a cabo con el colorímetro modelo CR-400 Konica Minolta Sensing Americas, Inc., New Jersey, USA. Fueron medidos los valores de las coordenadas L^* , a^* y b^* al emplear un iluminante D65, ángulo de observación de 2°, calibrado con un plato o placa reflectora blanca ($L^*=97,58$, $a^*=0,16$ y $b^*=1,71$) y los parámetros determinados fueron L^* ($L^*=0$ [negro] y $L^*=100$ [blanco]), a^* ($-a^*=verde$ y $+a^*=rojo$) y b^* ($-b^*=azul$ y $+b^*=amarillo$). Fueron utilizados 3 gramos por muestra y realizadas treinta repeticiones en cada una de las harinas y determinados los valores de Cromo (C^*), tono (H^*) y la diferencia neta de color entre las dos harinas (ΔE) (Chiumarelli *et al.*, 2011), fueron utilizadas las siguientes ecuaciones:

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (4)$$

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (5)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (6)$$

Análisis de datos

Los datos resultantes de la caracterización de las harinas fueron analizados mediante una estadística descriptiva, análisis de varianza ANOVA de una vía y prueba de rango múltiple Duncan ($p < 0,05$) para comparar los valores medios obtenidos de las réplicas realizadas en cada harina. Fue utilizado el software estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En seguida son presentados los resultados y la discusión respectiva de cada una de las propiedades evaluadas en la harina de quinua y la harina de chontaduro.

Análisis granulométrico

En la Tabla 1 se observan los resultados del análisis del tamizado de las harinas. En los dos primeros tamices (# 4 y #6) no hubo retención de harinas ya que la abertura del tamiz era mayor al diámetro de las partículas. En la harina de chontaduro hubo retención en los tamices #16, #30 y #60, siendo que en el tamiz de mayor diámetro (#16) se retuvo el 69,70% de la harina. En la harina de quinua hubo retención de masa desde el tamiz #30 hasta el colector final del tamizador, es decir el 53,91% quedó retenida en los tamices #30, #60 y #80 y el 46,09% de harina restante quedó en el colector final. A pesar de que los diámetros de las dos harinas fueran los mismos, en la harina de chontaduro tiende a formarse aglomerados o grumos, seguramente por tener un mayor índice de absorción de humedad o vapor de agua del medio, aspecto que se supera con un adecuado manejo y conservación del producto (Figura 1). Según Rosentrater y Evers (2018), para cumplir con los requisitos en la elaboración de pastas alimenticias, las harinas deben presentar una granulometría de tamaños entre 150 μm y 450 μm , es decir, entre tamices #100 y #40 respectivamente. La harina de quinua presenta una granulometría diferente a la granulometría de la harina de chontaduro ($p < 0,05\%$), con diámetros de partícula menores, más homogénea y sin formación de grumos.

Tabla 1: Porcentajes de retención en tamizaje de las harinas de chontaduro y quinua.

# Tamiz	Apertura (μm)	Chontaduro (%)	Quinua (%)
4	4750	0	0
8	2360	0	0
16	1180	69,70	0
30	500	23,23	3,91
60	250	7,07	46,09
80	180	0	3,91
Colector	0	0	46,09
Total		100	100

Por otro lado, una harina con alta uniformidad de granulometría promueve una mejor calidad sensorial de textura, sabor y apariencia visual al producto final, ya que absorbe el agua de manera homogénea, promueve una cocción uniforme y la dureza de los fideos chinos cocidos con harina de salvado de trigo aumentó al disminuir el tamaño de las partículas de salvado de trigo (Bezerra *et al.*, 2018).

Adicionalmente, la gelatinización del almidón en harinas de gran tamaño de partículas contribuye a mejorar las propiedades viscoelásticas de masa cocida (fideos). Algunos estudios han demostrado que el tiempo de molienda de la materia prima para la producción de harinas no es siempre inversamente proporcional al tamaño de partícula. En el caso de las harinas de soya, el tamaño pequeño de las partículas de soya de menos de 150 μm con un alto contenido de humedad ($\geq 8\%$) mostró una disminución drástica de los parámetros de rendimiento y molienda debido a la aglomeración de partículas (Hwabin *et al.* 2017).

Propiedades funcionales de las harinas

Los valores de las propiedades funcionales de las harinas de quinua y chontaduro se observan en la Tabla 2. En general todos los valores de las cuatro propiedades funcionales evaluadas en la harina de chontaduro fueron mayores que en la harina de quinua. Los valores del contenido de humedad e índice de solubilidad en agua (ISA) fueron estadísticamente iguales mientras que los valores del índice de absorción (IAA) y del poder de hinchamiento (PH) fueron estadísticamente mayores en la harina de chontaduro ($p < 0,05$). El contenido de humedad en chontaduro fue de $6,70 \pm 0,20\%$, además Pires *et al.* (2015) reportaron valores de humedad inferiores a 15% bs para diferentes variedades de chontaduro. El contenido de humedad de la quinua resultó de $6,66 \pm 0,40\%$, Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012), en la quinua variedad *Tuncahuán*, reportaron un contenido de humedad de 12,47% bs. Los contenidos de agua de la harina de quinua y chontaduro encontrados les confiere bajos valores de actividad de agua lo que se traduce en que harinas serán estables durante su conservación (Carrillo-Inungaray y Reyes-Munguía, 2013; Valencia *et al.*, 2015).

Tabla 2: Porcentaje de humedad, Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) de la harina de chontaduro y la harina de quinua. Los valores exhiben la desviación estándar ($\pm SD$) y las letras minúsculas iguales significa que estadísticamente los valores son iguales según la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Harina	Humedad (%)	IAA	ISA (%)	PH
Chontaduro	$6,70 \pm 0,20^a$	$3,93 \pm 0,18^a$	$11,32 \pm 0,14^a$	$4,43 \pm 0,21^a$
Quinua	$6,66 \pm 0,40^a$	$2,35 \pm 0,10^b$	$11,18 \pm 0,49^a$	$2,64 \pm 0,10^b$

Los valores de los índices de solubilidad en agua (ISA) en los materiales orgánicos evaluados estadísticamente fueron iguales ($p < 0,05$), valores de $11,32 \pm 0,14\%$ y $11,18 \pm 0,49\%$ en harina de chontaduro y de quinua respectivamente. Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012) reportó un valor de ISA de 5,10% en la quinua variedad *Tuncahuán* y un valor de 2,09 en la harina de trigo. García-Jiménez y Vázquez (2016) indican que el ISA es un parámetro directamente proporcional a la cantidad de sólidos que son disueltos por el agua, que a su vez se relaciona con el grado de secado de la harina, al ser este un factor crítico ya que un tiempo de secado largo rompe las cadenas del almidón y genera cadenas cortas que retienen mayor número de moléculas de agua, disminuye la cohesividad y la plasticidad de las pastas. Njintang y Mbofung (2006) afirman que, si bien el secado a altas temperaturas es más eficiente, el proceso afecta negativamente la calidad del producto en términos de color, funcionalidad y rendimiento de la harina durante la reconstitución.

El valor del índice de absorción de agua (IAA) en la harina de chontaduro fue $3,93 \pm 0,18$ valor estadísticamente superior al presentado por la harina de quinua ($p < 0,05$) que fue de $2,35 \pm 0,10$. Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012) reportó un valor de IAA de 2,31 en la quinua variedad *Tuncahuán*. El alto índice de absorción de la harina de chontaduro sugiere que las harinas se pueden usar en la formulación de algunos alimentos como salchichas, masa, queso procesado y productos de panadería (Chandra *et al.*, 2015). El valor del poder de hinchamiento (PH) fue mayor en la harina de chontaduro que en la harina de quinua, $4,43 \pm 0,21$ y $2,64 \pm 0,10$ respectivamente ($p < 0,05$). Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012) reportó un valor similar de PH de 2,43 en la quinua variedad *Tuncahuán*.

Los mayores valores de IAA y PH de la harina de chontaduro, inducen que esta la harina presenta una mayor capacidad de gelatinización, estos parámetros muestran la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas. La gelatinización de los almidones contenidos en las harinas de origen vegetal, influye en las propiedades funcionales de estas y es responsable del aumento de la solubilidad, absorción de agua y el poder de hinchamiento, estas interacciones a su vez son afectadas por la relación amilosa/amilopeptina y por las características de la amilosa y la amilopectina, en términos del peso/distribución, grado y longitud de ramificación y conformación (Rodríguez-Sandoval *et al.*, 2012).

La gelatinización es causada por la acción del calor y del agua en la desestabilización y reorganización de la estructura granular del almidón, esto favorece el hinchamiento de los gránulos de almidón, una harina de origen vegetal con elevado contenido de almidón, en exceso de agua caliente ocasiona la difusión de una parte de la amilasa desde el gránulo hacia la fase líquida y se gelatiniza (García-Jiménez y Vázquez, 2016; Damodaran *et al.*, 2017). Los gránulos de almidón, cuando son calentados en agua, se gelatinizan y sucede una alteración del orden molecular, lo que conduce a pérdidas de cristalinidad y a un aumento en la capacidad de unirse al agua (Njintang y Mbofung, 2006). Esta connotación es importante para la industria debido a que se busca que las pastas aumenten su volumen después de la cocción por la absorción de agua (García-Jiménez y Vázquez, 2016). Córdova-Palomino y Terán-Verzola (2014) reportaron que el fruto de chontaduro tiene 71,6 % de almidón y Díaz-Moreno *et al.* (2013), reportaron que la quinua tiene 63,15% de almidón. Este análisis induce que la harina de chontaduro en comparación con la harina de quinua sería a opción más viable para la elaboración de la pasta fortificada. Esta opción de uso de la harina de chontaduro en pastas extruidas se

considera una alternativa innovadora desde el punto de vista del aprovechamiento de un producto agrícola autóctono, con comprobados atributos sensoriales y de disponibilidad en ciertas regiones de Colombia.

Las propiedades funcionales de las harinas vegetales tienen una enorme influencia en las propiedades nutricionales finales obtenidas en las pastas cuando sometidas a procesos mecánicos de extrusión (Restrepo *et al.*, 2012; Cerón-Fernández *et al.* 2016; Chito-Trujillo *et al.* 2017). En el caso de la quinua, es un cereal de fuente importante de proteínas debido a su digestibilidad y composición equilibrada de los aminoácidos esenciales, estas propiedades deben ser conservadas en lo posible cuando la harina es sometida procesos térmicos y mecánicos (Danelli *et al.*, 2012). De acuerdo con Njintang y Mbofung (2006), la temperatura de secado utilizada en la producción de las harinas así como la temperatura del proceso de posteriores, son factores importantes que afectan las propiedades físico-químicas de los productos finales y, como tal, deben considerarse cuidadosamente en la producción de harina y otros productos alimenticios.

La temperatura de extrusión proporciona una indicación de la temperatura mínima requerida para cocinar las muestras. Es la temperatura a la que se mide el primer aumento detectable de la viscosidad y es un índice caracterizado por el cambio inicial debido a la hinchazón de los gránulos de almidón. Una mayor temperatura de unión de las harinas en el proceso de extrusión indica una mayor capacidad de unión al agua, una mayor tendencia a la gelatinización y menores propiedades de hinchamiento de la harina basada en almidón debido al alto grado de asociación entre los gránulos de almidón (Valencia *et al.*, 2015). Además del conocimiento de las propiedades físicas, el conocimiento de las propiedades reológicas sería útil para evaluar los principales efectos de la mezcla de diferentes harinas en productos alimenticios e inclusive la adición de fibras dietéticas solubles en las propiedades de las pastas y el pan (Bezerra *et al.*, 2018).

Color de las harinas

Puede-se observar en la Figura 1 que la harina de chontaduro presenta una coloración amarilla luego del proceso de secado, molienda y tamizado, esto es debido al hecho de que algunos carotenoides modifican su estructura después del tratamiento térmico. Las moléculas de carotenoides, según la conformación, poseen un sistema de dobles ligaciones que constituyen el grupo cromóforo responsable por el color que proporciona a los alimentos (Masatcioglu *et al.*, 2014). Todos los valores promedios de los parámetros de color evaluados, con excepción del tono (H), indican que las harinas de quinua y chontaduro son diferentes en color ($p < 0,05$) (Tabla 3). El valor de la luminosidad (L^*) en la harina de quinua fue mayor que la luminosidad de la harina de chontaduro con valores de $84,87 \pm 1,5$ y $76,573 \pm 0,5$ respectivamente ($p < 0,05$). La luminosidad en los alimentos varía de $L^* = 0$ (negro) a $L^* = 100$ (blanco), es decir la harina de quinua tiende hacia el color blanco como se evidencia en la Figura 1. De acuerdo a Pires *et al.* (2015) la harina de chontaduro variedad *Vaupés* presenta un valor de L^* de 76, 21, a^* de 3,77 y b^* de 25,06.

Tabla 3: Parámetros de color de las harinas de quinua y el chontaduro. Los valores exhiben la desviación estándar ($\pm$ SD) y valores con diferentes letras minúsculas son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($p < 0,05$)

Harina	L^*	a^*	b^*	C	H
Quinua	$84,87 \pm 1,5^a$	$1,33 \pm 0,22^b$	$14,87 \pm 0,5^b$	$14,9 \pm 0,5^b$	$84,8 \pm 0,7^a$
Chontaduro	$76,573 \pm 0,5^b$	$7,57 \pm 0,36^a$	$57,24 \pm 0,5^a$	$57,7 \pm 0,5^a$	$82,4 \pm 0,3^a$

La coordenada triestímulo de color a^* que comprende el intervalo entre $-a^*$ (verde) y $+a^*$ (rojo), en la harina de quinua presentó un valor de 1, 32 mientras que en la harina de chontaduro presentó un valor de 7,57. De acuerdo con Rojas-Garbanzo *et al.* (2016) mayores valores positivos de la coordenada a^* indican mayor contenido de carotenoides en el alimento. Esto sugiere que la harina de chontaduro posee mayor contenido de carotenoides. Referente a los valores de la coordenada b^* que se mueve entre $-b^*$ (azul) y $+b^*$ (amarillo), la harina de quinua presentó un valor de $14,87 \pm 0,5$ en comparación la harina de chontaduro que presentó un valor superior de $57,24 \pm 0,5$ ($p < 0,05$), esto una clara tendencia a la coloración amarilla como se evidencia en la Figura 1. Este tipo de harinas ricas en carotenoides, tienen un efecto notorio e importante en la producción de pastas ya que las harinas pasaran por otros procesos térmicos y mecánicos como la extrusión y evidentemente presentaran otras modificaciones en los carotenoides, que generaran nuevas coloraciones y tendrán un efecto directo en la calidad sensorial de las pastas alimenticias (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2008; Masatcioglu *et al.*, 2014).

Los valores del parámetro de color Croma corresponden al grado de saturación del color del alimento. A mayores valores de a^* y b^* corresponden mayores valores de Croma, resultado observado en la harina de quinua con valores inferiores de a^* y b^* correspondiendo a un valor Croma de $14,9 \pm 0,5$ y con valores superiores de a^* y b^* en la harina de chontaduro correspondiendo a un valor Croma de $57,7 \pm 0,5$, valores

estadísticamente diferentes a $p < 0,05$ y significa que la harina de chontaduro presenta una mayor saturación de color. En cuanto al tono (H), los valores medios de las dos harinas fueron similares entre sí ($p < 0,05$), lo que indica que las dos harinas presentan una misma relación o cociente entre los valores de a^* y b^* , es decir presentan la misma tonalidad o matiz. La coordenada H^* representa el color verdadero, eficaz para la visualización de la apariencia del color de los productos alimenticios (Robles-Sánchez *et al.*, 2013). La diferencia total de color entre ambas harinas resultó ser de $43,64 \pm 0,77$, es decir, existe un elevado grado de contraste de color entre las dos harinas evaluadas. Gonnet (1999) mencionó que valores de la diferencia total de color igual o superior a 5 hace notoria la disparidad de color entre dos alimentos.

En el procesamiento de embutidos cárnicos fortificados a base de harina de quinua, las propiedades físicas y funcionales de la harina son especialmente importantes en la textura final de este tipo de productos alimenticios (Maldonado, 2010; Gebremariam *et al.*, 2014). En los países en desarrollo el procesamiento comercial de cereales como el teff (*Eragrostis tef*) cultivados localmente y convertidos en alimentos de valor agregado y productos de bebidas es un importante motor para la economía y desarrollo de esos países, además, la creciente demanda de alimentos libres de gluten necesita una investigación urgente sobre los cereales no convencionales como sustitutos de los cereales ricos en gluten (Gebremariam *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

De los resultados exhibidos, de sus respectivos análisis y de sus discusiones, se pueden obtener las siguientes conclusiones, sobre la granulometría, propiedades funcionales y de color de las harinas de chontaduro y la harina de quinua:

- 1) existe una notoria diferencia en los valores de granulometría, propiedades funcionales y de color entre la harina de quinua y la harina de chontaduro;
- 2) la harina de chontaduro presenta propiedades funcionales más favorables que la harina de quinua para la elaboración de alimentos, que inciden en un comportamiento termomecánico deseable en la gelatinización de almidones;
- 3) la harina de quinua presenta mejor luminosidad que la harina de chontaduro pero considerando los demás parámetros de color, sería mejor apreciada según los requerimientos de la formulación de productos alimenticios;
- 4) todas estas propiedades funcionales de las harinas deben ser consideradas y valoradas en los procesos de transformación agroindustrial.

REFERENCIAS

- Bezerra, M.J.L.R., K.J. Damasceno-Silva y otros cuatro autores, *Chemical, Granulometric and Technological Characteristics of Whole Flours from Commercial Cultivars of Cowpea*, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n125rc>, Rev. Caatinga, 31(1), 217-224 (2018)
- Carrillo-Inungaray, M. L. y A. Reyes-Munguía. *Vida Útil de los Alimentos*, ISSN: 2007-9990, Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 2(3), 1-25 (2013)
- Cerón-Fernandez, C. L., L. V. Guerra-Morcillo y otros tres autores, *Efecto de la Extrusión Sobre las Características Físico-Químicas de Harina de Quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*, doi: 10.18684/BSAA (14) 92-99, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14 (2), 92-99 (2016)
- Chandra S. y Samsher, *Assessment of Functional Properties of Different Flours*, doi: 10.5897/AJAR2013.6905, Afr. J. Agric. Res., 8(38), 4849-4852 (2013)
- Chandra, S., S. Singh y D. Kumari, *Evaluation of Functional Properties of Composite Flours and Sensorial Attributes of Composite Flour Biscuits*, doi: 10.1007/s13197-014-1427-2, J. Food Sci. Technol., 52(6), 3681–3688 (2015)
- Chito-Trujillo, D. M., R.A. Ortega-Bonilla, A. F. Ahumada-Mamián y B. Rosero-López, *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Versus Soja (Glycine max [L.] Merr.) en la Nutrición Humana: Revisión Sobre las Características Agroecológicas, de Composición y Tecnológicas*, doi: 10.14306/renhyd.21.2.256, Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics, 21 (2), 184-198 (2017)
- Chiumarelli, M., C. F. Cristhiane, C. Sarantópoulos y M. Hubinger, *Fresh Cut 'Tommy Atkins' Mango Pre-treated with Citric Acid and Coated with Cassava (Manihot Esculenta Crantz) Starch or Sodium Alginate*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.02.006>, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 12 (3), 381–387 (2011)
- Córdova-Palomino, M.A. y W.J. Terán-Verzola, *Aprovechamiento del Mesocarpio del Chontaduro (Bactris Gasipaes h.b.k) para Elaboración de Harina, Bebida y Yogurt* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil (2014)
- Damodaran, S., K. L. Parkin y O. R. Fennema. *Fennema's Food Chemistry*, 5ª Ed., 1123p., CRC press, (2017)

- Danelli, D., L. M. De Melo, S. H. Flôres y E. V. Jong, Chemical analysis of quinoa flakes: characterization for use in food products, <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000023>, Braz. J. Food Technol, 15 (4), 280-287 (2012)
- Díaz-Moreno, A.C., F. Varón y R. O. Díaz, *Composición Química y Características Bioactivas en Quinoa (Chenopodium quinoa) y Amaranto (Amaranthus caudatus)*, In: *Experiencias en la Transformación Agroindustrial de la Quinoa*, ISBN: 978-958-761-567-8, Editorial Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia, 39-70 (2013)
- Flach, M. G., Danelli, D. y otros tres autores, *Análises Químicas em Flocos de Quinoa: Caracterização para a Utilização em Produtos Alimentícios*, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000023>, Braz. J. Food Technol, 15 (4), 280-287 (2012)
- García-Jiménez, A. y Ch. L. Vázquez, *Masa y Harina de Maíz Nixtamalizado*, Rev. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, ISSN: 2448-7503, 1(2), 78-82 (2016)
- Gebremariam, M.M., M. Zarnkow y T. Becker, Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: A review, doi: 10.1007/s13197-012-0745-5, Journal of Food Science and Technology, 51(11), 2881–2895 (2014)
- Gonnet, J. F., *Colour Effects of Co-pigmentation of Anthocyanins Revisited—2. A Colorimetric Look at the Solutions of Cyanin Co-pigmented Byrutin Using the CIELAB Scale*, doi: 10.1016/S0308-8146(99)00088-6, Food Chem., 66(3), 387-394 (1999)
- Huang, M., J. Li y otros tres autores, *Systematic Review on the Relations between Pasta Consumption and Cardiometabolic Risk Factors*, ISSN: 0939-4753, Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 939-948 (2017)
- Hwabin J., C. Seong-jun, P. Cheol-ho y B. Y. Won, *Rheological and Microstructural Properties of Noodle Dough with Purple-Fleshed Potato (Solanum tuberosum L.) Flours: Grinding Kinetics and Effects of Particle Size*, doi: <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1366950>, CYTA – Journal of Food, 16 (1), 165-171 (2017)
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana (NTC 32), *Tejido de alambre y tamices para propósitos de ensayo*, Bogotá, Colombia (1991)
- Maldonado, P., *Embutidos Fortificados con Proteína Vegetal a Base de quinoa (Chenopodium quinoa Wild.)*, doi: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v1n1.15>, Enfoque UTE, 1(1), 36 – 45 (2011)
- Masatcioglu, M. T., V. Gokmen, P. K. W. Ng y H. Koksel, *Effects of formulation, extrusion cooking conditions, and CO₂ injection on the formation of acrylamide in corn extrudates*, doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6598>, J. Sci. Food Agric. 94, 2562-2568 (2014)
- Murphy, K. S. y J. Matanguihan, *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, 1ª Ed., doi: 10.1002/9781118628041, John Wiley & Sons Inc. (2015)
- Njintang Y. N. y C. M. F. Mbofung, *Effect of Precooking Time and Drying Temperature on the Physico-Chemical Characteristics and In-vitro Carbohydrate Digestibility of Taro Flour*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.022>, 39 (6), 684-691 (2006)
- Pires, M.B., E. R. Amante, A. M. C. Rodrigues y L. H. M. da Silva, *Caracterização das Propriedades Físico-Químicas, Tecnológicas e Viscoamilográficas da Farinha de Pupunha (Bactris Gasipae kunt)*, doi: 10.5151/chemeng-cobeq2014-0330-25976-155222. Conference: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (2015)
- Restrepo, J. R., L. E. Vinasco y J. A. Estupiñán, *Estudio Comparativo del Contenido de Ácidos Grasos en 4 Variedades de Chontaduro (Bactris gasipaes) de la Región del Pacífico Colombiano*, ISSN 2248-4000, Revista de Ciencias, 16, 123-129 (2012)
- Robles-Sánchez, R. M., M. A. Rojas-Graü y otros tres autores, *Influence of Alginate-Based Edible Coating as Carrier of Antibrowning Agents on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Fresh-Cut Kent Mangoes*, doi: 10.1016/j.lwt.2012.05.021, LWT - Food Science and Technology, London, 50 (1) 240-246 (2013)
- Rodríguez-Sandoval, E., A. Lascano y G. Sandoval, *Influencia de la Sustitución parcial de la Harina de Trigo por Harina de Quinoa y Papa en las Propiedades Termomecánicas y de Panificación de Masas*, Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, ISSN: 0123-4226, 15(1), 199-207 (2012)
- Rojas-Garbanzo, C., A. M. Pérez, F. Vaillant y M. L. Pineda-Castro, *Physicochemical and Antioxidant Composition of Fresh Peach Palm (Bactris gasipaes Kunth) Fruits in Costa Rica*, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.9715>, Brazilian Journal of Food Technology, 19 (1), 1-9 (2016)
- Rosentrater, K. A. y A. D. Evers, *Kent's Technology of Cereals: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture*, 5ª Ed., 924p. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, (2018)
- Ruiz-Ruiz, J., A. Martínez-Ayala y otros cuatro autores, *Extrusion of a Hard-to-Cook Bean (Phaseolus vulgaris L.) and Quality Protein Maize (Zea mays L.) Flour Blend*, doi:10.1016/j.lwt.2008.01.005, LWT - Food Science and Technology, 41, 1799-1807 (2008)
- Valencia, G. A., I. C. F. Moraes y otros tres autores, *Physicochemical, Morphological, and Functional Properties of Flour and Starch from Peach Palm (Bactris gasipaes K.) Fruit*, doi: <https://doi.org/10.1002/star.201400097>, Starch-Stärke, 67(1-2), 163-173 (2015)