



Freely available online - OPEN ACCESS

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

RESEARCH ARTICLE— **versión post-print**

Esta es la versión revisada por pares aceptada para publicación. El artículo puede recibir modificaciones de estilo y de formato.

Harina de banana: producción, caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional

Banana flour: manufacturing, physico-chemical, technological, and functional characterization

Nancy Mariela Toconás^{a,b,*}, Fernando Josué Villalva^{a,b}, Jaqueline Noemi Sajama^{a,b}, Ana Paula Olivares La Madrid^b, Adriana Noemi Ramón^a, Jimena Cecilia Alcocer^{a,b}, Enzo Goncalvez de Oliveira^{a,b}, Margarita Armada^b

^a Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

^b Instituto de Investigaciones para la Industria Química, Consejo Nacional de Investigaciones (INIQUI-CONICET), Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

* marielatoconassaa@gmail.com

Editora asignado: Ashuin Kammar-García. Dirección de Investigación, Instituto Nacional de Geriátría, Ciudad de México, México.

Recibido: 02/08/2022; aceptado: 23/11/2022; publicado: 22/12/2022

CITA: Toconás NM, Villalva FJ, Sajama JN, Olivares La Madrid AP, Ramón AN, Alcocer JC, Goncalvez de Oliveira E, Armada M . Harina de banana: producción, caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2023; 27(1). doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.1.1732> [ahead of print]

La Revista Española de Nutrición Humana y Dietética se esfuerza por mantener a un sistema de publicación continua, de modo que los artículos se publiquen antes de su formato final (antes de que el número al que pertenecen se haya cerrado y/o publicado). De este modo, intentamos poner los artículos a disposición de los lectores/usuarios lo antes posible.

The Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics strives to maintain a continuous publication system, so that the articles are published before its final format (before the number to which they belong is closed and/or published). In this way, we try to put the articles available to readers/users as soon as possible.

RESUMEN

Introducción: La banana es una fruta tipo climatérica fuente de nutrientes, que puede ser utilizada para la obtención de subproductos, entre ellos, harinas y féculas. El objetivo fue producir harina de banana a partir de dos estadios de maduración y analizar sus características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales.

Metodología: Se trabajó con bananas (*Musa Cavendish var. nanica*) en estadio I (verde; BVI) y IV (madura; BMIV). Las muestras se deshidrataron a 40°C durante 7 h (BVI) y 70 h (BMIV). En la fruta y en las harinas se estudiaron parámetros morfológicos, físicos (pH, acidez titulable y sólidos solubles), químicos (humedad, carbohidratos, proteínas, grasas y cenizas), tecnológicos índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de hinchamiento (PH) y funcionales fenoles totales (FT), flavonoides y capacidad antioxidante (CA).

Resultados: Para BVI y BMIV se encontró una longitud de 20.83 y 21.3cm, grosor de cáscara 4 y 3mm, pH 5.3 y 4.8, acidez titulable 0.3 y 0.5%, sólidos solubles 1.2 y 9.6°Brix, humedad 63.0 y 75.8%, carbohidratos 33.3 y 20.4, proteínas 1.5 y 1.5 y grasas 1.3 y 1.1g/100g y FT 281.0 y 551.0 mgEAG/100g, flavonoides 65.4 y 168.5 mgEC/100g y CA 8.2 y 9.4% respectivamente. Para las harinas BVI y BMIV se obtuvo: IAA 2.6 y 3.2g/g, ISA 2.5 y 15.2% y PH 2.7 y 3.7g/g, pH 5.8 y 6.2, a_w 0.5 y 0.4, humedad 10.7 y 13.0%, carbohidratos y proteínas 81.8 y 77.1 y 4.5 y 4.0 g/100g, FT 4078.2 y 3437.5 mgEAG/100g, flavonoides 333.6 y 634.1 mgEC/100g y CA 84.7 y 13.0% respectivamente.

Conclusión: Fue factible producir y caracterizar harina de banana de dos estadios de maduración con parámetros nutricionales, tecnológicos y funcionales destacables lo cual permitiría su incorporación como ingrediente en la formulación de productos alimenticios.

Financiación: Este trabajo fue apoyado por subvenciones del proyecto CIUNSa Tipo N° A 2362/0 “Formulación, evaluación y aplicación de alimentos con características saludables, para la prevención y/o tratamiento de enfermedades no transmisibles”.

Palabras claves: musa, banana, harina, composición química, compuestos bioactivos.

ABSTRACT

Introduction: Banana is a climacteric fruit, source of nutrients that can be used to obtain by-products, flours, and starches. The aim was to obtain banana flour from two stages of ripening and analyze physical, technological, and functional, characteristics.

Methodology: Stage 1 green banana (1GB) and stage 4 mature banana (4MB) (*Musa Cavendish var. nanica*) were used. Samples were dehydrated at 40°C for 7 h (1GB) and 70 h (4MB). Morphological, physical (pH, titratable acidity, and soluble solids), chemical (moisture, carbohydrates, proteins, fats, and ash), technological water absorption index (WIA), water solubility index (WSI), swelling power (SWP), and functional total phenols (TP), flavonoids and antioxidant capacity (AC) parameters were studied on fruits and flours.

Results: Values found in 1GB and 4GB were: length 20.83 and 21.3cm, peel thickness 4 and 3mm, pH 5.3 and 4.8, titratable acidity 0.3 and 0.5%, soluble solids 1.2 and 9.6°Brix, moisture 63.0 and 75.8%, carbohydrates 33.3 and 20.4, proteins 1.5 and 1.5 and fats 1.3 and 1.1g/100g. The functional fractions studied were: TP 281.0 and 561.0 mgAGE/100g, flavonoids 65.4 and 168.5 mgCE/100g and AC expressed as inhibition percentage were 8.2 and 9.4%, respectively. The results of technological properties founded in green banana flour (GBF) and mature banana flour (MBF) were: WIA 2.6 and 3.2g/g, WSI 2.5 and 15.2%, SWP 2.7 and 3.7g/g, pH 5.8 and 6.2, a_w 0.5 and 0.4, moisture 10.7 and 13.0%, carbohydrates and proteins 81.8 and 77.1 and 4.5 and 4.0 g/100g, respectively. TP 4078.2 and 3437.5 mgAGE/100g, flavonoids 333.6 and 634.1 mgCE/100g and AC 84.7 and 13.0%, respectively.

Conclusion: It was possible to obtain and characterize banana flour from two ripening stages. These presented remarkable nutritional and antioxidant parameters which would allow their incorporation as an ingredient in the formulation of food products.

Funding: This work was supported by grants from CIUNSa Project Type N° A 2362/0 "Formulation, evaluation and application of foods with healthy characteristics for the prevention and/or treatment of non-communicable diseases".

Keywords: musa, banana, flour, chemical composition, bioactive compounds.

MENSAJES CLAVE

- El proceso de secado de la banana no precisa tecnología de alta complejidad.
- Por el contenido de almidón total en HBVI y HBMIV es de 73,56 % y 69,4 % respectivamente, podría representar una fuente amilácea alternativa.
- Las características físicas obtenidas en HBVI y HBMIV, se encuentran dentro de rangos de seguridad, lo que podría evitar la proliferación de microorganismos.

INTRODUCCIÓN

La banana es una de las frutas más populares y asequibles a nivel mundial, ya que se encuentra disponible todo el año¹ y tiene una importancia fundamental para la economía de muchos países en desarrollo, en especial, América latina, Asia y África². En estadios tempranos de su maduración se caracteriza por un mayor contenido de proteínas, compuestos fenólicos, almidón, celulosa y hemicelulosa³. El almidón resistente en este período se encuentra en mayor proporción ofreciendo beneficios para la salud por ser considerado un análogo de fibra dietética⁴. La fruta madura se caracteriza por menor contenido de almidón, mayor presencia de azúcares totales y reductores, vitamina A, menor presencia de pectina y de taninos³. Al ser una fruta fresca climatérica provoca grandes pérdidas económicas para los agricultores durante el período postcosecha⁵, por lo que el desarrollo y utilización de cualquier tecnología o proceso que mejore su uso sería ventajoso⁴. La deshidratación es un método de conservación en el cual el peso del alimento disminuye a una tercera parte, facilitando su transporte y almacenamiento. Al aplicarse en frutas evita las pérdidas por exceso de maduración⁵. Este procedimiento es importante para la ingeniería de alimentos, permitiendo aumentar los tiempos de conservación, retardo en la aparición de características indeseables, tanto de índole físico como químico⁶. En este sentido, varios estudios establecieron ventajas en la obtención de harina de banana desde el punto de vista tecnológico y nutricional⁷; exploraron su aplicación como ingrediente para mejorar el perfil nutricional de algunos productos. Asif-UI-Alam et al. formularon galletas con mayor contenido en fibra y minerales (calcio, fósforo, hierro y zinc)⁸; Segundo et al. mejoraron el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en la elaboración de bizcochos al emplear harina de banana madura⁹. La producción de harina de banana permitiría aportar un valor agregado al rubro de frutas tropicales¹⁰ que hasta el momento se encuentran infrautilizados, ajustándose así a la creciente tendencia en la utilización de nuevos ingredientes y respondiendo a las necesidades del consumidor cada vez más preocupado por el consumo de alimentos sustentables y saludables⁵.

Los datos sobre harina de banana son variables en la literatura, observándose diferencias entre especies, lugares de cultivo, cosecha y estadio de maduración¹¹, por lo que una adecuada caracterización y especificación de la fruta y su producto permitiría una optimización de los procesos de industrialización, considerando que el punto de madurez influye significativamente en los parámetros de secado, características sensoriales, composición química y contenido de antioxidantes de la harina^{4,12}.

El objetivo de este trabajo fue producir harina de banana (*Musa Cavendish var. nanica*) a partir de dos estadios de maduración y analizar sus características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales, de utilidad para la formulación de productos alimenticios saludables.

METODOLOGÍA

Se trabajó con bananas obtenidas durante los meses de febrero-marzo (*Musa Cavendish var. nanica*) del Noroeste de Salta-Argentina, aquellas correspondientes al estadio I (verde; BVI), se cosecharon entre los 40 y 60 días después de la aparición del racimo.

Las frutas en estadio IV (madura; BMIV) se almacenaron en una cámara con etileno (0,1%) durante 48 h. En ambos productos se cotejó la etapa de madurez con la escala de maduración de Von Loesecke¹³.

Determinación de características morfológicas y fisicoquímicas en la fruta

Se determinó: longitud¹⁴, grosor de cáscara y pulpa¹⁵, diámetro de pulpa¹⁶, relación pulpa/cáscara¹⁷, pH (Digimeter IV; Luftman)¹⁸, acidez titulable¹⁸, sólidos solubles (refractómetro Palm Abbe)¹⁸, humedad (método gravimétrico a 105°C en BVI¹⁸ y 65°C en BMIV¹⁹), carbohidratos y almidón total por Fehling Causse Bonnans modificado (FCBM)¹⁸, proteínas (método de Kjeldahl)¹⁸, grasas (por diferencia) (Ecuación 1)¹² y cenizas (método gravimétrico)¹⁸.

Ecuación 1: Cálculo del porcentaje de grasas

$$\% \text{ grasas: } 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ carbohidratos} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ cenizas})$$

Determinación de propiedades funcionales en fruta

Obtención de extracto metanólico

Se procesaron las pulpas de BVI y BMIV, se pesaron 2,5 g en un Erlenmeyer con tapa, se añadieron 25 mL de metanol (80%), se mezcló y reposó en oscuridad por 12 h a temperatura ambiente. Luego, se filtró (papel Whatman N°4) en un matraz de 50 mL y enrasó a volumen con agua destilada. El extracto se refrigeró en botellas de vidrio color ámbar hasta su utilización²⁰.

Cuantificación de fenoles totales

Se colocó 1 mL de cada extracto en tubos de ensayo, luego se adicionó 0,5 mL de reactivo de Folin Ciocalteu, 7,5 mL de agua destilada se mezcló en vórtex y se mantuvo a temperatura ambiente durante 10 min. Una vez transcurrido el tiempo, se agregó 1,5 mL de carbonato de sodio (20%) y se llevó a baño termostático a 40°C durante 20 min. Finalmente, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro Genesys 10 UV, Spectronic Unicam. Los resultados se expresaron en mg equivalente al ácido gálico (mgEAG/100 g)²⁰.

Cuantificación de flavonoides

Se tomaron 4 mL de cada extracto en tubos de ensayo, se añadieron 5 mL de agua destilada y 0,3 mL de nitrato de sodio (5% p/v), a los 5 min se adicionó 0,6 mL de cloruro de aluminio (10% p/v), luego de 5 min se agregaron 2 mL de hidróxido de sodio (1M). Finalmente, el volumen se completó a 15 mL y las muestras se analizaron a una absorbancia de 510 nm²⁰. Los resultados se expresaron como mg de catequina equivalente (mgCE/100 g)²⁰.

Evaluación de la capacidad antioxidante

Se tomaron 150 µL de cada extracto, se adicionaron 3 mL de solución ABTS⁺ y se dejó reaccionar por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad. Las muestras se evaluaron a 734 nm, tomando como control la absorbancia del radical ABTS⁺. Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición (Ecuación 2)²¹.

Ecuación 2: Cálculo del porcentaje de inhibición

$$\% \text{ de inhibición: } \frac{\text{absorbancia} - \text{absorbancia}}{\text{absorbancia}} \times 100$$

Proceso de obtención de harina

Las pulpas de BVI y BMIV, se pesaron, cortaron en rodajas y sumergieron en solución de ácido cítrico (10 g/L) durante 10 y 5 min²², se dispusieron en bandejas de silicona y se deshidrataron en estufa (Dalvo Sp797) a 40°C durante 7 y 70 h, se procesaron en molinillo (Arcano) y se tamizaron (60 mesh)

obteniéndose harina de banana verde (HBVI) y harina de banana madura (HBMIV), respectivamente⁷. Los productos obtenidos se pesaron y almacenaron en bolsas con cierre hermético a temperatura ambiente⁹.

Determinación de las características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales de las harinas

El pH se determinó según metodología oficial y la a_w en termohigrómetro (Testo 365)¹⁸. Para las propiedades tecnológicas, se pesaron 0,5 g de HBVI y HBMIV y se siguió el procedimiento descrito por Correa et al.²³. Se aplicaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 3: Cálculo del índice de absorción de agua (IAA)

$$IAA: \frac{\text{peso de gel (g)}}{\text{peso de muestra (g)}}$$

Ecuación 4: Cálculo del índice de solubilidad en agua

$$ISA\%: \frac{\text{peso seco sobrenadante}}{\text{peso seco muestra (g)}} \times 100$$

Ecuación 5: Cálculo del PH

$$PH: \frac{\text{peso gel (g)}}{\text{peso muestra (g)} - \text{peso seco sobrenadante}}$$

Las determinaciones de la composición química y funcionales en las en HBVI y HBMIV se llevaron a cabo de acuerdo con las metodologías descritas previamente para las frutas^{12,13,18,20,21}.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en porcentajes, promedios y desviación estándar.

Para conocer la distribución de los datos (normalidad) se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk (<0,05) y prueba t Student para comparar los parámetros según estadio de maduración con un nivel de significancia (p<0,05) aplicando el Software INFOSTAT v.2016p.

RESULTADOS

Características morfológicas y fisicoquímicas en la fruta

Las variables morfológicas estudiadas de grosor de pulpa y diámetro de la banana presentaron diferencias significativas ($p=0,0004$ y $p=0,0001$ respectivamente).

Tabla 1. Características morfológicas, fisicoquímicas y funcionales en fruta fresca.

| Características | BVI | BMIV | Valor <i>p</i> |
|-----------------------------|--------------|--------------|----------------|
| Morfológicas | | | |
| Longitud de la fruta (cm) | 20,8 (1,6) | 21,3 (1,1) | 0,6932 |
| Grosor de cáscara(mm) | 4,0 (0,1) | 3,0 (0,2) | 0,4818 |
| Grosor de pulpa (cm) | 0,1 (0,0) | 0,6 (0,01) | 0,0004 |
| Diámetro de la pulpa (cm) | 1,1 (0,1) | 2,8 (0,1) | 0,0001 |
| Relación pulpa-cáscara | 1,0 | 1,8 | |
| Físicas | | | |
| pH | 5,3 (0,01) | 4,8 (0,01) | 0,0001 |
| Sólidos solubles (°Brix) | 1,2 (0,0) | 9,6 (0,2) | 0,0004 |
| Acidez titulable (%) | 0,3 (0,01) | 0,5 (0,02) | 0,0001 |
| Químicas (g/100g) | | | |
| Humedad (%) | 63,0 (0,74) | 75,8 (0,83) | 0,0001 |
| Carbohidratos (g) | 33,3 (1,1) | 20,4 (0,1) | 0,0001 |
| Almidón total (g) | 30 (1,0) | 18,7 (0,4) | 0,0001 |
| Proteínas (g) | 1,5 (0,1) | 1,5 (0,1) | 0,8830 |
| Grasas (g) | 0,7 (0,27) | 1,0 (0,62) | 0,6507 |
| Cenizas (g) | 0,8 (0,4) | 1,1 (0,4) | 0,1386 |
| Compuestos fenólicos | | | |
| FT(EAG/100g) | 281.0 (12,9) | 561.0 (12,9) | 0,0001 |
| Flavonoides (mgEC/100g) | 65,4 (2,3) | 168,5 (2,6) | 0,0001 |
| CA | | | |
| ABTS (% de inhibición) | 8,2 | 9,4 | |

BVI: banana verde estadio I, BMIV: banana madura estadio IV, FT: fenoles totales, CA; capacidad antioxidante. Valores expresados en media (desviación estándar).

A continuación, se muestran las harinas obtenidas de las frutas correspondientes a los estadios de maduración evaluados (Figura 1 y 2).

Figura 1. HBVI



Figura 2. HBMIV



Características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales en harinas

Las características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales evaluadas se indican en la Tabla 2.

Los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las características a excepción de grasas $p = 0,6507$.

Tabla 2. Características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales en harinas.

| Características | HBVI | HBMIV | Valor <i>p</i> |
|------------------------|-------------|--------------|-----------------------|
|------------------------|-------------|--------------|-----------------------|

| Físicas | | | |
|-----------------------------|--------------|---------------|--------|
| pH | 5,8 (0,01) | 6,2 (0,01) | 0,0001 |
| a _w | 0,5 (0,0) | 0,4 (0,0) | 0,0001 |
| Funcionales | | | |
| IAA (g/g) | 2,6 (0,1) | 3,2 (0,1) | 0,0036 |
| ISA (%) | 2,5 (0,2) | 15,2 (0,9) | 0,0001 |
| PH (g/g) | 2,7 (0,1) | 3,7 (0,1) | 0,0004 |
| Químicas (g/100g) | | | |
| Humedad (%) | 10,7 (0,08) | 13,0 (0,09) | 0,0001 |
| Carbohidratos (g) | 81,8 (0,5) | 77,1 (1,7) | 0,0034 |
| Almidón (g) | 73,5 (0,8) | 69,4 (1,7) | 0,0317 |
| Proteínas (g) | 4,5 (0,2) | 4,0 (0,2) | 0,0351 |
| Grasas (g) | 1,0 (0,15) | 1,4 (1,01) | 0,7157 |
| Cenizas (g) | 2,4 (0,1) | 4,6 (0,2) | 0,0001 |
| Compuestos fenólicos | | | |
| FT(mg EAG/100g) | 4078,2 (8,6) | 3437,5 (10,5) | 0,0001 |
| Flavonoides (mg EC/100g) | 333,6 (0,9) | 634,1 (2,2) | 0,0001 |
| CA | | | |
| ABTS (% inhibición) | 84,7 | 13,0 | |

HBVI: harina de banana verde estadio I, HBMIIV: harina de banana madura estadio IV FT: fenoles totales, CA: capacidad antioxidante. Valores expresados en medias (desviación estándar).

DISCUSIÓN

La obtención de las harinas a partir de banana verde y madura implicó un desarrollo tecnológico conocido otorgando un valor agregado a la fruta al aprovechar sus propiedades tecnológicas y funcionales.

La longitud y el grosor de cáscara observados se aproximaron a los reportados por Aquino-Fernández et al. para la *var. Nanica* (20,35 cm y de 4,63 y 2,94 mm para longitud y grosor, en banana verde y madura, respectivamente)¹⁴. Estos parámetros estarían relacionados con los cambios metabólicos ocurridos durante el avance de la maduración, donde existe una pérdida de agua desde la piel hacia la pulpa y luego hacia la atmósfera¹⁷. El grosor encontrado en la pulpa BVI fue inferior

al mencionado por Espinosa-Moreno et al. (2,47 a 2,89 cm)¹⁵, sin embargo, este se incrementó con la maduración, esto puede deberse a la degradación del almidón a azúcares, ocasionando un incremento en la presión osmótica y por ende la migración de agua hacia la pulpa¹⁵. Por otro lado, el diámetro de la pulpa fue inferior al citado por bibliografía, señalando valores que oscilan entre 3,4 a 3,2 cm¹⁶, con una tendencia a la disminución. Este movimiento también podría atribuirse al aumento en la relación pulpa-cáscara que se condice con otras publicaciones que se indican para banana verde y madura (1,20 y 2,03 cm), respectivamente ¹⁶.

En este trabajo los valores de pH y acidez titulable fueron similares a los encontrados por Khawas et al. en bananas con diferentes estadios de madurez, indicando un pH de 5,03 a 5,76 y una acidez de 0,16 a 0,25%³. De acuerdo a la bibliografía la banana verde reporta sólidos solubles de 1,2 a 2,1 °Brix y en banana madura entre 13,3 a 18,0 °Brix¹², estos parámetro fueron similares a los resultados obtenidos, lo cual estaría relacionado con el progreso de la maduración un incremento de sólidos solubles¹⁵.

La cantidad de carbohidratos hallada fueron coincide con el comportamiento en la fruta, donde en las primeras etapas de madurez el contenido total se traduce en la síntesis activa de almidón el cual es degradado³ ocasionando así una disminución de este componente.

El contenido de almidón analizado fue inferior al reportado por Borges et al. para banana verde (54,7%)²⁴, sin embargo, otros autores indicaron valores más bajos (22,08%)²⁵. Las variaciones encontradas afirmarían que la maduración influye de manera significativa en este componente y que esto podría deberse a que la fruta almacena energía en forma de almidón en su estado de inmadurez, pero las enzimas (α -amilasa y β -amilasa) provocarían un desdoblamiento del almidón que se traduciría en un incremento en azúcares simples²⁴.

Según Khawas et al.³, el contenido de proteínas tiende a disminuir con la maduración (10 a 2,01g/100g), este comportamiento difiere con el presente trabajo (1,5 \pm 0,1g/100g BVI y 1,5 \pm 0,1g/100g BMIV), donde no se observan diferencias significativas entre las muestras estudiadas ($p=0,8830$) lo cual podría atribuirse a la etapa de madurez y variedad¹⁷.

El contenido de FT, flavonoides y la CA observado fue directamente proporcional al tiempo de maduración. Investigaciones indican valores similares de FT y flavonoides para banana verde y madura, (25,91 y 47,79 mg ²⁵ y 281,18 mg EC y 196,45 mg EC²⁰, respectivamente). Por lo que se

puede indicar que la fruta resulta ser una fuente alternativa de estos compuestos, dándole un atractivo interesante, si se piensa en el papel que cumplen como antioxidantes y sus beneficios para la salud humana²⁴. Aun así, debe considerarse en su estudio la variedad de la fruta dada la gran diversidad de diferentes grupos genómicos²⁶.

El valor de pH hallado en HBVI fue cercano a lo reportado por Rayo et al. (5 a 5,74)¹⁹, sin embargo, la cifra obtenida para HBMIV fue inferior a la reportada por Alkarki et al. (4,76)²⁷. Se observaron diferencias significativas en este parámetro ($p=0,0001$) que podrían atribuirse a las modificaciones de la maduración y al tratamiento aplicado con ácido cítrico²².

Se observaron diferencias significativas en la a_w y el porcentaje de humedad ($p=0,0001$ y $p=0,0001$ respectivamente), Pragati et al.¹¹ indicaron valores de a_w de 0,21 y 0,22 y porcentajes de humedad de 8,9 a 9,1% en harina de banana verde y madura, respectivamente. Estos parámetros en ambos casos son inferiores si se comparan con los datos de la *Tabla 2*, sin embargo, cumplen con los criterios de seguridad microbiológica que incluye $a_w \leq 0,6$ y humedad \leq al 13%²⁸.

Las propiedades de hidratación muestran un aumento en el IAA, lo cual es opuesto a lo informado por Campuzano et al.¹² quienes mencionan valores de 3,39 g/g en harina de banana verde y 2,44 g/g en madura, explicando esta situación la fuerte correlación que se da entre el descenso de almidón y el aumento en el contenido de azúcar y la influencia de este último con las cadenas de almidón o los puentes de hidrogeno del agua, lo cual podría interferir en la hidratación de este, las discrepancias en los resultados podrían en parte justificarse a que los autores como pretratamiento realizaron la inmersión de la fruta en agua hirviendo y luego un secado a 70°C antes de su deshidratación¹².

Los datos para ISA en HBVI y HBMIV se asemejan a lo reportado por la bibliografía (1,22% y 11,99%)¹², para esta variable se encontraron diferencias significativas ($p=0,0001$), lo cual podría explicarse por la cantidad de moléculas solubles lixiviadas de gránulos de almidón, la presencia de compuestos no almidonados (cenizas, proteínas y grasas) y también tratamiento térmico aplicado (como calor húmedo y sobre cocción), tal como lo demuestra Cahyana et al.²⁹ son factores que afectan considerablemente la solubilidad de la harina.

Para el PH según Pragati et al.¹¹ fue de 3,57 g/g y 2,93 g/g en HBVI y HBMIV respectivamente. Este hallazgo resultó diferente a lo encontrado en el presente estudio, es necesario mencionar que

algunos factores como son la elevación de la temperatura origina la ruptura de los enlaces intergranulares permitiendo que los gránulos de almidón puedan hincharse, el contenido de amilopectina puede afectar la penetración de agua, ésta a su vez depende de la diversidad genética, lo cual puede explicar las diferencias mencionadas anteriormente¹⁶.

Los carbohidratos en el producto obtenido fueron similares a los reportados por Campuzano et al. (82,34 y 80,41g/100g) para los estadios I y IV¹². El contenido de almidón para la harina de fruta inmadura y madura fueron inferiores a los señalados por bibliografía (96,01 y 60,12 g/100g)¹², el descenso observado estaría relacionado a la acción de enzimática que explicaría las diferencias significativas halladas ($p=0,0034$)²⁴. Aun así, el contenido presente en ambas harinas resulta atractivo si se piensa como ingrediente para la formulación de sopas, cremas, papillas infantiles, magdalenas, entre otros. El contenido de proteínas en HBVI fue mayor al registrado por Espinosa-Moreno (2,97 a 3,53 g/100g)¹⁵. Mientras que, en HBMIV fue menor a otros estudios (5,25 g/100g)²⁸, las variaciones observadas podrían atribuirse a la variedad de la fruta y al tipo de procesamiento aplicado que originaría lixiviación de proteínas³⁰.

Los datos analizados para FT fueron mayores a los mencionados por ciertos autores, indicando en harina de banana verde y madura (76,89 mg EAG/100g¹⁶; 16,54 mg EAG¹² y 160,80 mg EAG¹², respectivamente), esto podría ser a consecuencia del tratamiento térmico aplicado en algunos trabajos para la obtención del producto lo que pudo originar oxidación de los compuestos fenólicos²⁶. Entre los flavonoides, la epicatequina es el principal compuesto fenólico²², la bibliografía reporta que su contenido se asocia con la madurez (79,10 mg EC/100 g)¹⁶. Los valores de fracciones fenólicas estudiadas son mayores según algunos estudios, esto podría asociarse a factores edafológicos y de la metodología aplicada^{20,22}. Dado los resultados encontrados la harina de banana podría transformarse en un producto destinado por ejemplo a la biofortificación²⁴.

El tiempo demandado para la obtención de HBM, fue excesivo, a diferencia de la HBV, por lo que resultaría útil el uso de otra tecnología a los fines de reducir costos de proceso sin descuidar sus propiedades nutricionales, diversificando así la forma de consumo de la fruta madura y consecuentemente reducir pérdidas vinculadas a la maduración. En cuanto al empleo de una escala de maduración para la selección de la banana, es ventajoso a los fines de estandarizar el punto de madurez con la que se trabaja para poder realizar una comparación de los datos con otros estudios y si bien en este trabajo se muestran resultados preliminares en relación con sus propiedades

funcionales, se puede inferir un comportamiento aprovechable por la formulación de productos alimenticios.

CONCLUSIONES

Fue posible obtener harina de banana de dos estadios de maduración, sin afectar considerablemente la composición nutricional en comparación a otros procesos de secado, la cual puede ser aprovechada si se busca formular productos alimenticios saludables. Si bien últimamente la banana verde por su potencial nutricional ha sido de gran interés por la comunidad científica, la fruta una vez madura también presenta cualidades nutricionales que podrían ser aprovechadas para la obtención de subproductos, contribuyendo así a la reducción de pérdidas de alimentos en el sector de la bananicultura.

AGRADECIMIENTOS

Facultad Ciencias de la Salud, Laboratorio de Alimentos Universidad Nacional de Salta.

Colaboración técnica en el manejo de equipo de laboratorio Alejandra Ardaya.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

N.M.T.: revisión de bibliográfica, análisis físico, químico de banana y harinas, estandarización de la obtención de harinas, redacción del manuscrito, resultados y discusión. F.J.V.: análisis químico, resultados y discusión, revisión y corrección del artículo. J.N.S.: análisis químicos. A.P.O-L: análisis de antioxidantes, revisión y corrección del artículo. A.N.R.: revisión y corrección del artículo. J.C.A.: revisión y corrección del artículo. E.G.O.: revisión y corrección del artículo. M.A: revisión y corrección del artículo. Todos los autores revisaron críticamente este y versiones anteriores del trabajo.

FINANCIACIÓN

Este trabajo fue apoyado por subvenciones del CIUNSa Tipo A N°2362/0 "Formulación, evaluación y aplicación de alimentos con características saludables, para la prevención y/o tratamiento de enfermedades no transmisibles".

CONFLICTO DE INTERESES

Los/las autores/as expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

REFERENCES

- (1) Amri FS al, Hossain MA Comparison of total phenols, flavonoids and antioxidant potential of local and imported ripe bananas. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2018;5(4):245-51, doi: 10.1016/J.EJBAS.2018.09.002.
- (2) Molina NA. *La producción de frutas tropicales: panorama mundial y en Argentina*. 2016.
- (3) Khawas P, Das AJ, Deka SC Banana Peels and their Prospects for Industrial Utilization. *Food Processing By-Products and their Utilization*. 2017:195-206, doi: 10.1002/9781118432921.CH9.
- (4) Hoffmann Sardá FA, de Lima FNR, Lopes NTT, Santos A de O, Tobaruela E de C, Kato ETM, et al. Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour. *Food Research International*. 2016;81:203-9, doi: 10.1016/J.FOODRES.2015.11.016.
- (5) Bi Y, Zhang Y, Jiang H, Hong Y, Gu Z, Cheng L, et al. Molecular structure and digestibility of banana flour and starch. *Food Hydrocoll*. 2017;72:219-27, doi: 10.1016/J.FOODHYD.2017.06.003.
- (6) Gutiérrez Mosquera LF, Arias Giraldo S, Garzón Jiménez D, Martínez Pantoja DF, Osorio Arturo A, Restrepo López S. *Vector* 6. 2011:100-10.
- (7) Bakare AH, Ogunbowale OD, Adegunwa MO, Olusanya JO Effects of pretreatments of banana (*Musa* AAA, Omini) on the composition, rheological properties, and baking quality of its flour and composite blends with wheat flour. *Food Sci Nutr*. 2016;5(2):182-96, doi: 10.1002/FSN3.378.
- (8) Asif-Ul-Alam SM, Islam MZ, Hoque MM, Monalisa K. Effects of Drying on the Physicochemical and Functional Properties of Green Banana (*Musa sapientum*) Flour and Development of Baked Product. *American Journal of Food Science and Technology*. 2014;2(4):128-33, doi: 10.12691/AJFST-2-4-4.
- (9) Segundo C, Román L, Lobo M, Martínez MM, Gómez M Ripe Banana Flour as a Source of Antioxidants in Layer and Sponge Cakes. *Plant Foods Hum Nutr*. 2017;72(4):365-71, doi: 10.1007/S11130-017-0630-5.
- (10) Colmenares M, Marín Carrillo JG, Martínez E, Martínez G, Pérez E. Evaluación de la composición proximal, almidón total y color de las harinas obtenidas de la pulpa de clones de musáceas. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2009; 18.

- (11) Genitha I SP Comparative Study of Ripe and Unripe Banana Flour during Storage. *J Food Process Technol.* 2014;5(11), doi: 10.4172/2157-7110.1000384.
- (12) Campuzano A, Rosell CM, Cornejo F Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chem.* 2018;256:11-7, doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2018.02.113.
- (13) Von Loesecke WH. Bananas: Chemistry, Physiology, Technology. *J Am Med Assoc.* 1950;142(16):1326-1326, doi: 10.1001/JAMA.1950.02910340072033.
- (14) Aquino CF, Salomão LCC, Cecon PR, de Siqueira DL, Ribeiro SMR. Caracterização de 15 cultivares de bananeira em dois estádios de maturação em função de aspectos morfológicos, físicos e químicos. *Revista Caatinga.* 2017;30(1):87-96, doi: 10.1590/1983-21252017V30N110RC.
- (15) Espinosa Moreno J, Centurión Hidalgo D, Mayo Mosqueda A, García Correa C, Martínez Morales A, García Alamilla P, et al. Calidad de harina de tres cultivares de banano («Musa» spp.) resistentes a la enfermedad sigatoka negra en Tabasco. *Agrociencia*, ISSN-e 1405-3195, Vol 52, N° 2, 2018, págs 217-229. 2018;52(2):217-29.
- (16) Kumar PS, Saravanan A, Sheeba N, Uma S Structural, functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (*Musa* spp.). *LWT.* 2019;116:108524, doi: 10.1016/J.LWT.2019.108524.
- (17) Cachay Quevedo L. Maduración controlada y color en bananos. 2017.
- (18) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists [Internet]. 1950 [accedido 21 diciembre 2022]. Disponible en: <https://documents.pub/document/aoac-official-methods-of-analysis-volume-1.html?page=4>.
- (19) Rayo LM, Chaguri e Carvalho L, Sardá FAH, Dacanal GC, Menezes EW, Tadini CC Production of instant green banana flour (*Musa cavendishii*, var. Nanicão) by a pulsed-fluidized bed agglomeration. *Lwt - Food Science and Technology.* 2015;63(1):461-9, doi: 10.1016/J.LWT.2015.03.059.
- (20) Fatemeh S, Saifullah R, Abbas F, Azhar ME Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. *Int Food Res J.* 2012.

- (21) Vargas Encarnación JV. Valoración del producto tradicional “siete harinas” como fuente de antioxidantes y compuestos fenólicos. 2016.
- (22) Anyasi TA, Jideani AIO, Mchau GRA Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. Food Res Int. 2018;104:100-9, doi: 10.1016/J.FOODRES.2017.09.063.
- (23) Correa G D, Castaño MF, Montoya L J. Influencia del método de extracción en las propiedades funcionales de almidón de plátano dominico hartón (musa paradisiaca l.). UGCiencia. 2017, 23, 88-91, doi: 10.18634/ugcj.23v.0i.792.
- (24) Borges C v., Maraschin M, Coelho DS, Leonel M, Gomez HAG, Belin MAF, et al. Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. Food Research International. 2020;132, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109061.
- (25) Aquino CF, Salomão LCC, Ribeiro SMR, de Siqueira DL, Cecon PR Carbohydrates, phenolic compounds and antioxidant activity in pulp and peel of 15 banana cultivars. Rev Bras Frutic. 2016;38(4), doi: 10.1590/0100-29452016090.
- (26) Valérie Passo Tsamo C, Andre CM, Ritter C, Tomekpe K, Ngoh Newilah G, Rogez H, et al. Characterization of Musa sp. fruits and plantain banana ripening stages according to their physicochemical attributes. J Agric Food Chem. 2014;62(34):8705-15, doi: 10.1021/JF5021939.
- (27) Alkarkhi AFM, Ramli S bin, Yong YS, Easa AM Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. Food Chem. 2011;129(2):312-8, doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2011.04.060.
- (28) Cardoso JM, Pena RDS Hygroscopic behavior of banana (Musa ssp. AAA) flour in different ripening stages. Food and Bioproducts Processing. 2014;92(1):73-9, doi: 10.1016/J.FBP.2013.08.004.
- (29) Cahyana Y, Wijaya E, Halimah TS, Marta H, Suryadi E, Kurniati D The effect of different thermal modifications on slowly digestible starch and physicochemical properties of green banana flour (Musa acuminata colla). Food Chem. 2019;274:274-80, doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2018.09.004.
- (30) Gutiérrez TJ Plantain flours as potential raw materials for the development of gluten-free functional foods. Carbohydr Polym. 2018;202:265-79, doi: 10.1016/J.CARBPOL.2018.08.121.