

Características físicas, químicas y microbiológicas de la harina de banano morado (*Musa acuminata*) red dacca, producidos en los cantones Mocache, El Empalme y La Maná

*Physico chemical and microbiological characteristics of the purple banana flour (*Musa acuminata*) red dacca, produced in the Mocache, El Empalme and La Maná cantons*

Diego Armando Tuárez García^{1*} 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Cyntia Yadira Erazo Solórzano² 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Yenny Gisselle Torres Navarrete³ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

José Manuel Moreno Rojas⁴ 
Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria Pesquera Alimentaria y de la Producción Ecológica

Fecha recepción: 15 de junio de 2020

Fecha aceptación: 16 de julio de 2020

© 2020 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ MSc. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Quevedo, Ecuador, dtuarez@uteq.edu.ec

² , MSc. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Quevedo, Ecuador.

³ PhD. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Quevedo, Ecuador.

⁴ PhD. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria Pesquera Alimentaria y de la Producción Ecológica, Centro Alameda del Obispo, Córdoba, España, josem.moreno.rojas@juntadeandalucia.es.

RESUMEN

El banano es uno de los principales productos agrícolas de Ecuador, sin embargo, al ser comercializado y consumido como fruta fresca, son pocas las alternativas de industrialización con las que se cuenta. En tal sentido en esta investigación se planteó obtener harina de banano morado (*Musa acuminata*) de fruta cosechada en localidades con diferentes pisos altitudinales, entre ellos los cantones, La Maná (200 m.s.n.m.), El Empalme (71 m.s.n.m.) y Mocache (45 m.s.n.m.), relacionándolos con dos estados de madurez (verde y pintón). Previamente se caracterizó la fruta, determinando pH, acidez, °Brix e índice de madurez, de la que, posteriormente, se obtuvo la harina. En la harina se analizaron las características físico-químicas y microbiológicas; para el desarrollo de la investigación se emplearon seis tratamientos, aplicándose Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial AxB, las medias se compararon con prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Para el parámetro de °Brix, el mayor valor lo obtuvo el T1a2 (Mocache/pintón) con un promedio de 11.30, el menor promedio lo presentó el T3a2 (El Empalme/pintón) con valores de 8.80; la humedad del T1a1 (Mocache/verde) fue 13.95% siendo el mayor valor encontrado y el T2a1 (La Maná/pintón) con 5.07% el de menor valor; en referencia a la determinación de carbohidratos en base seca el T2a1 (La Maná/verde) fue de 91.32% mientras que para el T3a2 (El Empalme/pintón) con valor de 90.04% se obtuvo el valor mínimo para este parámetro. En relación a polifenoles totales el mayor promedio lo obtuvo el tratamiento T1a2 (Mocache/Pintón) con 2.43 mg GAE/g. mientras que el menor promedio se presentó en T3a1 con 1.99 mg GAE/g.

ABSTRACT

Bananas are one of the main agricultural products of Ecuador, however, being commercialized and consumed as fresh fruit, there are few industrialization alternatives that are available. In this sense this research aimed to obtain purple banana flour (*Musa acuminata*) of fruit harvested in locations with different altitudinal levels, including the cantons of La Maná (200 m.s.n.m.), El Empalme (71 m.s.n.m.) and Mocache (45 m.s.n.m.); and with two maturity stages (green and pintón). Prior to the elaboration of the flour, the fruit was characterized to determine the, pH, acidity, ° Brix and maturity index were analyzed. In the flour the physical-chemical and microbiological characteristics were analyzed; For the development of the research, six treatments were used, applying Completely Random Design (DCA) with AxB factorial arrangement, the means were compared with the Tukey test ($p \leq 0.05$). For ° Brix parameter, the highest value was obtained for T1a2 (Mocache / pintón) with an average of 11.30 and the lowest one for T3a2 (El Empalme / pintón) with values of 8.80; the humidity of T1a1 (Mocache / green) was 13.95% being the highest value found and 5.07% the lowest value for T2a1 (La Maná / pintón). Regarding the carbohydrates determination on a dry basis, T2a1 (La Maná / verde) was 91.32% while T3a2 (El Empalme / pintón) with a value of 90.04% was the minimum data in the analyzed samples. The highest value for total polyphenols was obtained for the T1a2 treatment (Mocache / Pintón) with 2.43 mg GAE / g, while the lowest T3a1 with 1.99 mg GAE / g presented the lowest one. 28.70 µg Beta-carotene / g was the highest

Finalmente, en relación a la cantidad de Carotenoides el T2a2 (La Maná/Pintón) un presentó el contenido más alto, 28.70 µg Betacaroteno/g, mientras que T3a1 (El Empalme/Verde) presentó el menor promedio, 22.20 µg Betacaroteno/g.

PALABRAS CLAVE: carotenoides, madurez, polifenoles, harina.

concentration found for Carotenoids, in the T2a2 (La Manna / Pintón) treatment, while the treatment T3a1 (El Empalme / Verde) presented the lowest value (22.20 µg Betacarotene / g).

KEYWORDS: carotenes, ripening, polyphenols, flour.

INTRODUCCIÓN

La economía del pueblo ecuatoriano depende en gran parte del sector agropecuario; el cultivo y la producción del banano ocupa un rol importante en la comercialización internacional (Proaño, 2012). El consumo del banano es vital para una alimentación saludable, debido a que es rico en energía, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes, esta buena combinación es indispensable en cualquier dieta. Posee grandes beneficios especialmente para los niños y los deportistas por el exceso de agotamiento físico que provocan a su cuerpo (Guilcapi & Salazar, 2018). La producción destinada a la exportación se sirve únicamente de unas cuantas variedades seleccionadas por su alto rendimiento, su durabilidad en el transporte de larga distancia, su calidad y su aspecto.

Un problema con las variedades de banano poco conocidas es la falta de aceptación por los consumidores como fruta fresca, ya sea porque en algunos de ellos la cáscara presenta manchas poco agradables y en otros el sabor es diferente

al de las variedades comerciales. Por tanto, es necesario encontrar alternativas de procesamiento que favorezcan su consumo (Espinosa-Moreno et al., 2018). La producción de harina de banano es una excelente alternativa para minimizar las pérdidas postcosecha y para retener el valor nutritivo de los bananos frescos. Además, esta harina es rica en almidón resistente y fibra dietética que tiene impactos adicionales sobre la salud como los efectos beneficiosos sobre el colon (Pragati & Ravish, 2014).

Este importante recurso puede ser utilizado en forma de harina, tanto para la alimentación humana y animal. Este fruto tiene otras excelentes propiedades, es muy rico en potasio que equilibra el agua del cuerpo al contrarrestar el sodio, favoreciendo la eliminación de líquidos y por tanto, para la reducción de peso (Vaca, 2014).

La producción de harinas se considera un proceso sencillo y de bajo coste que permite obtener productos con mejores características de almacenamiento, ya que, al eliminar la mayor

parte del agua de la fruta, se disminuye también la actividad acuosa (aw), lo que permite su conservación a temperatura ambiente en empaque adecuado (Madrigal-Ambriz et al., 2015). La harina de banano posee muchos beneficios para la salud, como el control de los niveles de colesterol (reduciendo el colesterol “malo”), mejora el estado de ánimo por su contenido en triptófano, la regulación de los niveles de azúcar en sangre, aumenta la sensación de saciedad, mejora el funcionamiento del intestino y el estreñimiento, aumenta la sensación de saciedad (alto contenido en fibra) y, dado su contenido en magnesio y potasio, previene calambres musculares. También posee otros efectos relacionados con la prevención de enfermedades cardiovasculares, la inflamación del intestino (no contiene gluten), el cáncer de intestino, además de acelerar el metabolismo entre otros (Balanzino, 2018; Hernández et al., 2017).

El procedimiento de secado permite obtener harina de la pulpa o de la cáscara del banano, conservando íntegras sus propiedades originales de vitaminas, proteínas y sales minerales, y el peso disminuye a una tercera parte, lo que implica ventajas en su transporte y almacenamiento. Además, evita la estacionalidad de las cosechas, las pérdidas por exceso de maduración y de destrío. Finalmente, resalta que la forma pulverulenta (harina)

facilita su manipulación industrial (Espinosa-Moreno et al., 2018).

Por otro lado, (Anyasi et al., 2015), en el estudio sobre el efecto del pretratamiento con ácido orgánico sobre algunas propiedades físicas, funcionales y antioxidantes de la harina obtenida de tres cultivares inmaduros de banano, afirma que los polifenoles son los antioxidantes más importantes que se pueden derivar de una fruta, además los polifenoles en las plantas actúan como mecanismos de defensa bajo condiciones de estrés, alteraciones de temperaturas, exposición a rayos UV y ataques a patógenos. Los carotenoides en las dietas son de suma importancia debido a que aportan provitamina A (α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina), el licopeno, la luteína y la zeaxantina, que suelen ser los mayoritarios en plasma y tejidos humanos (Dias et al., 2017).

Este trabajo propone identificar las características físicas, químicas y microbiológicas de la harina de banano morado, variedad que se desarrolla favorablemente en las provincias de Los Ríos, Cotopaxi y Guayas, tomando en cuenta para la elaboración dos estados de madurez de la fruta, proponiendo una alternativa de industrialización a los agricultores, un alimento nutritivo y sano para el consumidor.

1. MATERIALES Y MÉTODOS.

Las muestras de Banano Morado (*Musa acuminata*) Red Dacca, fueron recolectadas en tres localidades con diferentes pisos altitudinales, proveídas por agricultores situados en los Cantones: La Maná (200 m.s.n.m.), El Empalme (71 m.s.n.m.) y Mocache (45 m.s.n.m.). Las muestras fueron cosechadas en época invernal, entre los meses de diciembre y febrero, en dos estados de madurez: verde y pintón. Para determinar el estado de madurez se efectuaron análisis previos a la obtención de la harina.

1.1. Determinación del estado de madurez

Las muestras de banano recolectadas fueron sometidas a análisis físico-químicos para determinar el estado de madurez, determinando: sólidos solubles totales, pH, y acidez titulable.

La evaluación de sólidos solubles totales se realizó mediante el índice refractivo, de acuerdo con lo descrito en el método 940.31 de la AOAC (2000), la pulpa de muestra se tomó de la parte central del banano, se homogenizó con agua destilada, en relación de 1:3, p:v (30 g de fruta y 90 ml de agua destilada) empleándose un homogeneizador automático, se filtró la solución y se realizó la medición en el instrumento (Dadzie & Orchard, 1997).

La acidez titulable se midió de acuerdo con la AOAC (2000), se pesaron 30 g del tejido de la pulpa, se añadieron 90 mL de agua destilada, se homogeneizó por 2 min y se filtró el jugo. Del filtrado se transfirieron 25 mL a un matraz Erlenmeyer de 125 mL y se añadieron 25 mL de agua destilada y 5 gotas de indicador de fenolftaleína al 1% en solución alcohólica. La acidez del filtrado se tituló con NaOH 0.1 N. Los resultados se expresaron como meq (miliequivalentes) de ácido málico por 100 g de muestra (Espinosa-Moreno et al., 2018).

El pH del jugo de la pulpa se midió de acuerdo a lo dispuesto por la (AOAC, 2000) con un potenciómetro. Para ello, se pesaron 30 g de pulpa de banano, se añadieron 90 mL de agua destilada, se homogenizaron por 2 min y se filtraron para obtener el jugo (Dadzie & Orchard, 1997).

1.2. Descripción del proceso de obtención de harina de banano

Para obtener la harina se emplearon muestras de 5 kg, que fueron lavadas en solución de hipoclorito de sodio con concentración de 100 ppm por litro de agua, luego fue descortezado y troceada la pulpa en rodajas de 3 a 5 mm, posteriormente sumergidas en solución de ácido cítrico al 0,4 %, por 6 minutos, la muestra fue retirada, escurrida, posteriormente se colocó en la estufa a 60°C por 48 horas, una vez eliminada la humedad se retiró, enfrió y luego se trituro en

un molino pulverizador, el rendimiento obtenido fue de 1.35 kg de harina. Las muestras se envasaron y almacenaron en un lugar fresco y seco.

1.3. Determinación de las características físico-químicas

Para determinar el contenido en humedad se aplicó el método 925.10 (AOAC, 2000). Para las cenizas se utilizó el método de incineración (AOAC, 2000) mediante mufla. La grasa se determinó mediante la técnica de Soxhlet de acuerdo con el método oficial de la AOAC (2000), mientras que el contenido en proteína se determinó utilizando la NTE INEN 519 y la fibra se cuantificó usando la NTE INEN 522.

1.4. Determinación de característica nutricionales

Los polifenoles totales fueron determinados por el método Folin-Ciocalteu (Campuzano et al., 2018), los carotenoides mediante el método MO-LSAIA-15 sugerido por (Rodriguez-Amaya & Kimura, 2004).

1.5. Análisis microbiológico

Determinación de mohos y levaduras se efectuó aplicando la NTE INEN 1529-10, este método se basa en el cultivo entre 22°C y 25° C de las

unidades propagadoras de mohos y levaduras, utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales (Urquizo, 2020).

La Escherichia Coli fue determinada bajo NTE INEN 1529-8, este método se basa en la prueba de Eijkman modificada para detectar la fermentación de la lactosa con producción de gas a $44 - 45.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ y complementada con la prueba de indol a esta temperatura, estos ensayos se realizan en caldo brillante-bilis lactosa y en caldo triptona e incubados a $45.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ (Urquizo, 2020).

1.6. Análisis estadístico

Se aplicó Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial (3×2), con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los factores de estudio fueron, factor A: zonas de procedencia de las muestras: los Cantones Mocache, El Empalme y La Maná. Mientras que el factor B fue el estado de madurez de la fruta: verde y pintón. Los datos estadísticos fueron tratados con el software libre InfoStat.

2. RESULTADOS

2.1. Determinación del estado de madurez

Grados Brix

Según el análisis del ANDEVA Tabla 1, existió significancia estadística ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos. El mayor valor en °Brix 11.30 lo obtuvo el T1a2 (Mocache/Pintón), seguido de los tratamientos T3a2 (El empalme /Pintón) 9,50 ° Brix y el tratamiento T2a2 (La Maná/Pintón) 9,10 ° Brix. Mientras que los valores inferiores los obtuvieron los tratamientos T1a1 (Mocache/Verde) 9,80 °Brix, el T2a1 (La Maná/Verde) 8,90 °Brix y el T3a1 (El empalme/Verde) 8,80 °Brix. De esta manera se evidencia que mientras aumenta la madurez en la fruta, es proporcional el aumento de los °Brix, se asocia este cambio bioquímico en la fruta al hidrolisis de los almidones y convertirse en azúcar.

Los °Brix se incrementaron en función a la prolongación de las semanas de corte de los racimos y a los estados de maduración de los frutos. Coincide con lo descrito por (Arrieta et al., 2006), en la investigación caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano ‘Papocho’ (Musa ABB Simmonds). Además, los grados Brix aumentan durante la maduración porque el almidón se degrada rápidamente, acumulándose azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa.

Mientras tanto, (Brenes-Gamboa, 2017), en el estudio parámetros de producción y calidad de los cultivares de banano FHIA-17, FHIA-25 y Yangambi, determinó que los valores de °Brix difieren con la variedad de banano, obteniendo un valor de 17°Brix en la variedad Gros Michel, indicando que el valor de los °Brix, se deben al balance de azúcar/ácido, que resulta en un sabor agradable en la fruta, además que la acidez varía dependiendo la maduración.

Tabla 1. Determinación de °Brix interacción AxB previo a obtener harina

Código	Tratamiento	°Brix	
T1a1	Mocache/Verde	9.80	a
T1a2	Mocache/Pintón	11.30	b
T2a1	La Maná/Verde	8.90	d
T2a2	La Maná/Pintón	9.10	e
T3a1	El Empalme/Verde	8.80	c
T3a2	El Empalme /Pintón	9.50	f
Promedio		9.57	
C.V(%)		0.04	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$)

2.2. pH

Los resultados obtenidos en pH al aplicarle el ANDEVA presentó diferencia estadística entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), como se evidencia en la tabla 2. El valor de pH presenta un descenso en medida que cambia el estado de madurez entre verde y pintón, el mayor valor de pH lo presento el tratamiento T3a1 (El Empalme /Verde) con 6.57, seguido del tratamiento T1a1 (Mocache/Verde) con 6.42. Los menores valores se presentaron en los tratamientos T1a2 (Mocache/Pintón) y T2a2 (La Maná/Pintón) con 6.11 de pH. Reafirmando el descenso del pH con el estado de madurez de la fruta.

Según un estudio realizado sobre incorporación de harina de variedades FHIA-17, FHIA-23 y plátano FHIA-20, en panificación, realizado por (Madrigal-Ambriz et al., 2015), afirma que el

valor de pH en banano verde es de $5.45 \pm 0.02a$ (FHIA-17), $5.75 \pm 0.03b$ (FHIA-20) 5.43 ± 0.02^a (FHIA-23), $6.03 \pm 0.06c$ (Plátano Macho), de esta manera el valor de pH, obtenido en esta investigación se aproxima al del plátano macho.

En la investigación realizada sobre la caracterización de *Musa sp.*, en diferentes etapas de maduración (Valérie Passo Tsamo et al., 2014), afirma que el pH de la pulpa, se correlaciona negativamente con la etapa de maduración, registrando disminución del pH de la pulpa al madurar, lo que coincide con un aumento del sabor ácido. Se cree que la disminución del pH, está asociada con la acumulación de algunos ácidos orgánicos como el ácido málico.

Tabla 2. Determinación de pH de los tratamientos interacción AxB previos a obtener harina.

Código	Tratamientos	pH		
T1a1	Mocache/Verde	6.42		c
T1a2	Mocache/Pintón	6.05	a	
T2a1	La Maná/Verde	6.21		e
T2a2	La Maná/Pintón	6.11		F
T3a1	El Empalme/Verde	6.57	b	
T3a2	El Empalme/Pintón	6.32		d
Promedio		6.28		
C.V (%)		0.08		

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$).

2.3. Acidez titulable

Según el análisis de ANDEVA Tabla 3, existió diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El mayor promedio para la variable acidez lo presentó el T1a1 (Mocache/Verde) con un valor de 3.70, seguido de T1a2 (Mocache/pintón). El menor promedio se presentó en el T3a1 (El empalme/Verde) con un promedio de 2.50, evidenciándose que, a mayor madurez de la fruta, el valor de la acidez disminuye.

Según, (Chávez-Salazar et al., 2017), en el estudio realizado de aislamiento y caracterización parcial de almidón de cultivares de banano cultivados en Colombia, obtuvo el valor de acidez de 2.19 en la variedad dominico hartón en estado verde, este valor es menor a los presentados en este estudio. Sin embargo, comparándolos con valores obtenidos para variedades de banano Gros Michel, 1.02, se puede concluir que los valores de acidez están más cercanos al plátano dominico hartón.

Tabla 3. Resultado del análisis de acidez de los tratamientos previo a obtener harina

Código	Tratamientos	Acidez		
T1a1	Mocache/Verde	3.70	a	
T1a2	Moche/Pintón	3.40	b	
T2a1	La Maná/Verde	3.30	c	
T2a2	La Maná/Pintón	3.20	d	
T3a1	El Empalme/Verde	2.90		f
T3a2	El empalme/Pintón	2.50	e	
Promedio		3.17		
C.V (%)		0.13		

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$).

2.4. Determinación de las características físico-químicas

Humedad

Según el análisis el ANDEVA el porcentaje de humedad presentó diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), el mayor porcentaje de humedad se presentó en el tratamiento T1a1

(Mocache/Verde) con 13.95%, mientras que el menor porcentaje de humedad lo presentó el tratamiento T1a2 (Mocache/Pintón) con el 8.69% como lo evidencia la Tabla 4.

Sobre el valor nutritivo, (Santiago-Roldán, 2005), indica la época de cosecha, lluviosa o seca no afecta el porcentaje de humedad, además

efectuó comparación con harina de plátano evidenciando coincidencia en la variable humedad, descartando diferencia.

Mientras tanto, (Soares-Carneiro et al., 2020), en el estudio de investigación realizado en Brasil sobre la aplicación de antioxidantes en harina verde, obtuvo porcentajes de humedad del 7.38% a 9.30%, indicando que un bajo contenido de humedad favorece la estabilidad del producto. Obtuvo valores cercanos a los

reportados en este estudio, además los valores expresados en esta investigación están dentro de los parámetros exigidos por la NTE INEN 616 (INEN, 2015).

Tabla 2. Prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) para características bromatológicas de conserva de paiche (*Arapaimas gigas*), Interacción A*B*C
Table 2. Significance test (Tukey $p < 0.05$) for bromatological characteristics of preserved paiche (*Arapaimas gigas*), Interaction A * B * C

Tabla 4. Determinación de humedad en harina banano morado

Código	Tratamientos	Humedad	
T1a1	Mocache/Verde	13.95	a
T1a2	Mocache/Pintón	8.69	d
T2a1	La Maná/Verde	8.95	c
T2a2	La Maná/Pintón	5.07	e
T3a1	El Empalme/Verde	10.46	b
T3a2	El Empalme/Pintón	13.46	b
Promedio		10.60	
C.V (%)		0.03	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$).

2.5. Características físicas de las conservas de paiche (*Arapaimas gigas*) en envases de lata

En la Tabla 4 Se muestran los resultados obtenidos luego de realizar las mediciones físicas de las conservas de paiche en envase de vidrio utilizando como referencia el

procedimiento que se encuentra establecido por la NTE INEN 0180, para lo cual se pudo determinar la media (\bar{X}) de cada una de las medidas con su respectivo coeficiente de variación (CV) y su desviación estándar (SD) de los 6 tratamiento realizados en envases de lata.

Tabla 4. Medias, desviación estándar y coeficiente de variación de las mediciones físicas de las conservas de paiche (Arapaimas gigas) en envases de lata

Table 4. Means, standard deviation and coefficient of variation of the physical measurements of canned paiche (Arapaimas gigas) in tin cans

	Vacío (mmHg)	Espacio libre (mm)	Peso bruto (g)	Peso sin líquido de gobierno (g)	Tara (g)	Peso neto (g)	Peso escurrido (g)	Peso del líquido de gobierno (g)
\bar{X}	204,75	3,18	205,91	144,14	36,78	169,00	109,93	61,77
SD	±	±	±	±	±	±	±	±
	4,35	0,10	1,66	2,63	0,3	1,64	2,34	2,08
CV	2,12 %	3,04 %	0,81%	1,82 %	0,25 %	0,97 %	2,13 %	3,37 %

Elaborado por: (Plua, Neira, Giler, & Sánchez, 2020)

2.6. Determinación de las variables cenizas, grasa, proteína y fibra

Según el ANDEVA, existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$), para la variable ceniza el mayor promedio en base húmeda se presentó en el tratamiento T2a2 (La Mana/Pintón) con 3.01%, el menor promedio de ceniza en base húmeda se presentó en el tratamiento T3a1 (El empalme /Verde) con 2.49%. El mayor promedio de ceniza en base seca se presentó en los tratamientos T1a1 (Mocache/verde) y T2a1 (La Mana/Verde) con una media en común de 3.18% como se evidencia en la Tabla 5.

En la variable grasa, presentó diferencia estadística ($p \leq 0.05$), entre los tratamientos el mayor porcentaje en base humedad se presentó en el T3a1 (El empalme/Verde) con el 2.75%, el menor valor se obtuvo en el tratamiento T1a1 (Mocache/verde) con el 1.94%. En base húmeda el mayor porcentaje de grasa se presentó en el T3a1 (El empalme/Verde) con 3.17%; el menor

promedio se dio en el tratamiento T1a2 (Mocache/pintón) con 2.22%.

La variable proteína presentó diferencia estadística entre los tratamientos, el mayor promedio en base húmeda lo presentó el T3a2 (El Empalme/Pintón) con el 1.57%, el menor valor se presentó el tratamiento T2a1 (La Maná/Verde) con el 1.11%. El mayor promedio de proteína en base seca se presentó en el tratamiento T3a2 (El Empalme/Pintón) con el 1.81%, y el menor valor de proteína en base seca lo obtuvo T2a1 (La mana/Verde) con el 1.22%. En la variable de fibra en base húmeda el mayor promedio lo presentó en tratamiento T1a2 (Mocache/Pintón) con el 2.26%, el menor valor se obtuvo en el T2a2 (La Mana/Pintón) con el 1.64%. El mayor valor en base seca se obtuvo en el tratamiento T1a2 (Mocache/Pintón) con el 2.48%, el menor promedio lo registro el tratamiento T2a1 (La Maná/Verde) con un valor de 1.8%.

Tabla 5. Determinación de las variables fisicoquímicas ceniza, grasa, proteína, fibra y carbohidrato en harina de banana morado

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$).

Código	Tratamientos	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra
T1a1	Mocache/Verde	2.74 c	1.94 F	1.14 c	1.86 d
T1a2	Mocache/Pintón	2.89 b	2.03 e	1.14 c	2.26 a
T2a1	La Maná/Verde	2.90 b	2.26 c	1.11 d	1.64 e
T2a2	La Maná/Pintón	3.01 a	2.18 d	1.31 b	1.86 d
T3a1	El Empalme/Verde	2.49 e	2.75 a	1.30 b	2.08 b
T3a2	El empalme/Pintón	2.56 d	2.61 b	1.57 a	1.88 c
Promedio		2.77	2.30	1.26	1.93
C.V (%)		0.12	0.18	0.32	0.17
Características fisicoquímicas en base seca.					
Código	Tratamientos	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra
T1a1	Mocache/Verde	3.18 a	2.26 e	1.32 d	2.16 d
T1a2	Mocache/Pintón	3.17 b	2.22 f	1.25 e	2.48 a
T2a1	La Maná/Verde	3.18 a	2.48 c	1.22 f	1.8 f
T2a2	La Maná/Pintón	3.17 b	2.30 d	1.38 c	1.96 e
T3a1	El Empalme/Verde	2.88 d	3.17	1.50 b	2.40 b
T3a2	El Empalme/Pintón	2.96 c	3.02 a	1.81 a	2.17 c
Promedio		3.09	2.58	1.41	2.16
C.V (%)		0.11	0.18	0.29	0.15

2.7. Determinación de características nutricionales

Según el ANDEVA existió diferencias significativas para la variable polifenoles totales. El mayor promedio lo obtuvo el tratamiento T1a2 (Mocache/Pintón) con 2.43 mg GAE/g. Mientras el menor promedio se presentó en T3a1 con 1.99 mg GAE/g, como se evidencia en la Tabla 6.

En lo que respecta a polifenoles totales, (Campuzano et al., 2018) estudiaron su contenido en harina banana variedad Cavendish donde encontraron valores de 0.165 mg GAE/g para el

estado de madurez verde, y 1.60 mg GAE/g para el estado de madurez pintón. Los valores obtenidos en esta investigación son superiores en ambos estados.

Sobre la cantidad de Carotenoides presentó diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El mayor promedio lo presentó el T2a2 (La Maná/Pintón) con el 28.70 μg Betacaroteno/g, mientras que el menor promedio lo presentó el tratamiento T3a1 (El Empalme/Verde) con el 22.20 μg Betacaroteno/g, como se evidencia en la Tabla 6.

Según, (Lokesh et al., 2014) en la investigación de perfiles de carotenoides durante la maduración pos climatérica de algunos cultivares importantes de banano y desarrollo de un producto seco a partir de una variedad de alto rendimiento en carotenoides, evidenció valores de Betacaroteno en banano morado deshidratado de 21 μg Betacaroteno/g, manteniéndose casi constante durante el período de maduración pos climatérico, siendo valores similares a los encontrados en nuestro estudio. Cada plátano rojo pesa alrededor de 200 a 250 g, por lo tanto, se espera que entregue una cantidad sustancial de promedio diario requerimiento (700e a 900 mg) de vitamina A.

Mientras tanto, (Dias et al., 2017), enfatizó que el contenido de carotenoides está ligado a factores como genotipo, etapa de maduración, manejo agronómico y manejo poscosecha.

2.8. Análisis microbiológico

El análisis se realizó después de 7 días de haberse elaborado la harina y estando envasadas en bolsas plásticas, almacenadas en lugar fresco y seco. Los resultados sobre mohos y levaduras en UFC/g fue nulo, evidenciándose ausencia de colonias. Sobre los resultados de escherichia coli los valores en UFC/g fueron nulos, determinándose ausencia absoluta. Por tanto, con estos resultados el producto es apto para ser consumido.

Se considera importante estandarizar los valores de las variables físico-químicas del banano previo a elaborar la harina, de esta manera se podrá determinar el estado de madurez, debido a que este factor afecta directamente a las características nutricionales del producto final. Mantener niveles bajos de humedad permitiría extender el tiempo de conservación. El análisis proximal presento valores exigidos por la NTE INEN 616, exceptuando el valor de proteínas, que fue bajo, asociándose a factores como edad de la fruta en la cosecha y método de maduración, de esta manera es prudente controlar la edad de cosecha, tomándose en cuenta desde el inicio de la floración.

Sobres las características nutricionales en la harina elaborada a partir de banano morado en estado de madurez pintón, evidenció valores altos en términos de cuantificación de polifenoles totales expresados en mg GAE/g, al igual que para los valores de carotenoides comparados con productos similares elaborados con variedades de bananos más comunes (Cavendish).

El estado de madurez de la fruta influye en las características físicas, químicas y nutricionales de la harina, notándose que por ejemplo en la determinación de °Brix se observaron valores más altos independientemente del lugar donde se obtenga la fruta.

3. CONCLUSIONES

REFERENCIAS

- [1]. Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O., & McHau, G. R. A. (2015). Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars. *Food Chemistry*, 172, 515–522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.120>
- [2]. Arrieta, A., Baquero, U., & Barrera, J. (2006). Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano “Papocho” (Musa ABB Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 48–53.
- [3]. Balanzino, M. (2018). Harina de Plátano. 18 de Septiembre. <https://www.thegourmetjournal.com/fondo/harina-de-platano/>
- [4]. Brenes-Gamboa, S. (2017). Parámetros de producción y calidad de los cultivares de banano FHIA-17, FHIA-25 y Yangambi. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 719. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.21902>
- [5]. Campuzano, A., Rosell, C. M., & Cornejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry*, 256(November 2017), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.113>
- [6]. Chávez-Salazar, A., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Castellanos-Galeano, F. J., Álvarez-Barreto, C. I., & Pacheco-Vargas, G. (2017). Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98(September 2018), 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.024>
- [7]. Dadzie, B. K., & Orchard, J. E. (1997). Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos (INIBAP: FHIA (ed.)).
- [8]. Dias, M. G., Olmedilla-alonso, B., & Hornero-méndez, D. (2017). Tabla de contenido en carotenoides de alimentos iberoamericanos. Red Temática Ibercarot, November.
- [9]. Espinosa-Moreno, J., Centurión-Hidalgo, D., Mayo-Mosqueda, A., García-Correa, C., Martínez-Morales, A., García-Alamilla, P., & Lagunes-Gálvez, L. (2018). Calidad de harina de tres cultivares de banano (Musa spp.) resistentes a la enfermedad sigatoka negra en Tabasco. *Agrociencia*, 52, 217–229.
- [10]. Guilcapi, M., & Salazar, V. (2018). Plan de negocios para la producción y comercialización de harina de plátano saborizada de la empresa Prodicereal S.A al

- norte de la ciudad de Quito. Universidad de Guayaquil.
- [11]. Hernández, A., Duran, L., & Hernández, Guillermo; Mendoza, Héctor; Rodríguez, Rafael; Rodríguez, R. (2017). Harina de platano "photarina." 02 de Febrero. https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/p_repa2/n7/p4.html
- [12]. Huang, S., Martinez, M., & Bohrer, B. (2019). The compositional and functional attributes of commercial flours from tropical fruits (breadfruit and banana). *Foods*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/foods8110586>
- [13]. INEN, N. T. E. N. (2015). NTE INEN 616.
- [14]. Lokesh, V., Divya, P., Puthusseri, B., Manjunatha, G., & Neelwarne, B. (2014). Profiles of carotenoids during post-climacteric ripening of some important cultivars of banana and development of a dry product from a high carotenoid yielding variety. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.005>
- [15]. Madrigal-Ambriz, L., Alanís-Guzmán, M., Justo-Bautista, M., García, D. C. L., Vázquez Galindo, J., Rodríguez-Pérez, M. A., & Moreno, R. V. H. (2015). Producción y caracterización físico-química de harinas de bananos FHIA-17, FHIA-23 y plátano FHIA-20, para su incorporación en panificación. *CONACYT*, 3, 9.
- [16]. Pragati, S., & Ravish, K. (2014). Comparative study of ripe and unripe banana flour during storage. *Journal Food Process Technoly*, 5(11), 384. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000384>
- [17]. Proaño, C. (2012). Investigación de mercado para la exportación y comercialización de banana deshidratada a Irlanda. Universidad de las Americas.
- [18]. Rodriguez-Amaya, D., & Kimura, M. (2004). *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis*.
- [19]. Santiago-Roldán, C. (2005). Valor nutritivo de harina de banana verde. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [20]. Segundo, C., Román, L., Gómez, M., & Martínez, M. (2016). Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. *nanica*) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. *Food Chemistry*, 37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.143>
- [21]. Soares-Carneiro, T., Santos, G., Dos Santos, J., Lessa-Constant, P., & Gutierrez-Carnelossi, M. (2020). Avaliação da farinha de banana verde com aplicação de antioxidantes. *Brazilian Journal of*

- Development, 6(5), 28634–28643.
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-346>
- [22]. Urquiza, K. (2020). “Obtención y caracterización funcional de harina y almidón de banano (*Musa acuminata* variedad cavendish), a partir del rechazo obtenido de la industria bananera.” Universidad Nacional de Chimborazo.
- [23]. Vaca, A. (2014). Estudio de factibilidad para la constitución de una empresa relacionada con la elaboración de harina de banano, en el Cantón Pasaje, Provincia de El Oro. Universidad Técnica de Machala.
- [24]. Valérie Passo Tsamo, C., Andre, C. M., Ritter, C., Tomekpe, K., Ngoh Newilah, G., Rogez, H., & Larondelle, Y. (2014). Characterization of *Musa* sp. fruits and plantain banana ripening stages according to their physicochemical attributes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(34), 8705–8715.
<https://doi.org/10.1021/jf5021939>