

# CALIDAD DE HARINA DE TRES CULTIVARES DE BANANO (*Musa spp.*) RESISTENTES A LA ENFERMEDAD SIGATOKA NEGRA EN TABASCO

## FLOUR QUALITY OF THREE BANANA CULTIVARS (*Musa spp.*) RESISTANT TO BLACK SIGATOKA DISEASE IN TABASCO

Judith Espinosa-Moreno<sup>1\*</sup>, Dora Centurión-Hidalgo<sup>1</sup>, Alberto Mayo-Mosqueda<sup>1</sup>, Carolina García-Correa<sup>1</sup>, Arturo Martínez-Morales<sup>1</sup>, Pedro García-Alamilla<sup>1</sup>, Laura M. Lagunes-Gálvez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 86298. Km 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Ranchería La Huasteca 2ª Sección, Centro, Tabasco. (juespinosa@hotmail.com).

### RESUMEN

Algunas variedades cultivadas de banano (*Musa spp.*) resistentes a la enfermedad de Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, se han estudiado agrónomicamente, pero la adopción de estas variedades no es efectiva pues son rechazadas para su consumo fresco. Una alternativa para su aprovechamiento es transformarlas en harina. El objetivo de este estudio fue determinar la calidad química y microbiológica de la harina de banano de tres cultivares resistentes a esta enfermedad: Yangambi km 5 (AAA), híbrido FHIA-18 (AAAB) y Pisang Awak (ABB). La caracterización poscosecha se realizó al racimo y al fruto, y la calidad química de los frutos se evaluó en madurez fisiológica. Para obtener harina, los frutos se lavaron con una solución clorada, la cáscara se eliminó, se rebanaron, deshidrataron a 60 °C hasta peso constante, se trituraron y tamizaron (tamiz de 212  $\mu\text{m}$ ; N° 70). En la harina se realizaron análisis químico proximal y microbiológico. El diseño experimental fue completamente al azar con tres tratamientos (la harina de cada uno de los tres cultivares), todas las evaluaciones se hicieron por triplicado, los resultados se analizaron con el procedimiento GLM y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). El cultivar Yangambi km5 presentó el peso menor de racimo ( $14.66 \pm 2.65$  kg), el híbrido FHIA-18 presentó el peso mayor de fruto ( $120.67 \pm 11.1$  g) y el grosor mayor de cáscara ( $0.33 \pm 0.02$  cm), y el cultivar Pisang Awak tuvo la relación mayor pulpa-cáscara ( $2.16 \pm 0.24$ ). El fruto del cultivar Pisang Awak presentó menor humedad ( $64.02 \pm 0.54$  %), mayor materia seca ( $35.97 \pm 0.96$  %) y menos sólidos solubles totales ( $0.80 \pm 0.17$  °Brix); en pH y acidez titulable no hubo diferencias entre los cultivares evaluados. El cultivar Pisang Awak

### ABSTRACT

Some cultivated varieties of banana (*Musa spp.*)—resistant to black Sigatoka disease, caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet—have been subject to agronomical studies; however, the approval of these varieties is not successful because they are rejected for fresh consumption. An alternative for their use is to transform them into flour. The objective of this study was to determine the chemical and microbiological quality of banana flour from three cultivars resistant to this disease: Yangambi km 5 (AAA), FHIA-18 hybrid (AAAB), and Pisang Awak (ABB). The bunch and the fruit were characterized during the postharvest stage, and the chemical quality of the fruits was evaluated when the fruit reached its physiological maturity. In order to make flour, the bananas were washed with a chlorine solution, the peel was removed, the fruits were sliced, dehydrated at 60 °C—until a constant weight was achieved—, crushed, and sieved using a No. 70 sieve (212  $\mu\text{m}$ ). The flour was subject to proximate chemical and microbiological analysis. The experimental design was fully randomized with three treatments (the flour from each one of the three cultivars), all the evaluations were done in triplicate, the results were analyzed using the GLM procedure, and the means were compared using the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The Yangambi km 5 cultivar had the lightest bunches ( $14.66 \pm 2.65$  kg); the FHIA-18 hybrid presented the heaviest fruits ( $120.67 \pm 11.1$  g) and the thickest peels ( $0.33 \pm 0.02$  cm); and the Pisang Awak cultivar had the highest pulp-shell ratio ( $2.16 \pm 0.24$ ). The fruit of the Pisang Awak cultivar presented less moisture ( $64.02 \pm 0.54$  %), more dry matter ( $35.97 \pm 0.96$  %), and less total soluble solids ( $0.80 \pm 0.17$  °Brix); the evaluated cultivars showed no differences in pH and titratable acidity. The Pisang Awak cultivar had the highest flour yield ( $35.73 \pm 1.24$  %), less protein ( $2.79 \pm 0.06$  %), and higher ethereal extract ( $0.67 \pm 0.01$  %). The FHIA-18 hybrid had the highest protein ( $3.53 \pm 0.05$  %) and ash content ( $2.06 \pm 0.16$  %). The

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2016. Aprobado: septiembre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 217-229. 2018.

tuvo el rendimiento mayor de harina ( $35.73 \pm 1.24$  %), menos proteína ( $2.79 \pm 0.06$  %) y extracto etéreo mayor ( $0.67 \pm 0.01$  %). El híbrido FHIA-18 presentó el mayor contenido de proteína ( $3.53 \pm 0.05$  %) y de cenizas ( $2.06 \pm 0.16$  %). Las características en madurez fisiológica del racimo de banano permitieron obtener harina con buenas variables de calidad.

**Palabras clave:** calidad harina, *Musa* spp., Yangambi km 5, FHIA-18, Pisang Awak, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

## INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa* spp.) es el principal cultivo en las regiones húmedas y cálidas, su producción está distribuida en 20 países, México ocupa el 10° lugar (FAOSTAT, 2012) y el estado de Tabasco es el segundo productor nacional de este fruto (SIAP, 2015). La enfermedad Sigatoka negra es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y es un problema fitosanitario que afecta la producción comercial de banano en la mayoría de las regiones productoras. Las pérdidas de fruto pueden ser totales y representar hasta 30 % de los costos de producción (Marín *et al.*, 2003). Una estrategia para solucionar este problema es la selección de genotipos naturales o provenientes de programas de mejoramiento que sean resistentes o tolerantes a esta enfermedad y que presenten buenas características agronómicas (Dadzie, 1998). Estos programas incluyeron el cultivar de banano de postre Yangambi km 5 (AAA), que significa muchos frutos pequeños, en la República Democrática de Congo, su país de origen (Daniells y Bryde, 1995; Daniells *et al.*, 2001). Otro cultivar es Pisang Awak (ABB), que significa bananas en malayo, la cáscara de la fruta es de color verde claro y cerosa cuando está inmadura, amarillo pálido y ligeramente cerosa cuando está madura. Estos colores distintivos son a menudo suficientes para identificar las frutas de Pisang Awak (Wang y Kepler, 2009) que en todos los países de África del Este se usan para fabricar cerveza (FHIA, 2003). El programa de mejoramiento genético de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, por sus siglas en inglés) ha tenido gran éxito en la creación y disseminación de híbridos de todo tipo, resistentes o tolerantes a los hongos *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Mal de Panamá) y *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Sigatoka negra) y a los nemátodos *Pratylenchus* spp. y *Radopholus similis*, como bananos de postre (FHIA-17, FHIA-23), plátanos tipo francés (FHIA-20, FHIA-21), bananos

characteristics in physiological maturity of bananas bunches allowed to obtain flour with good quality variables.

**Key words:** flour quality, *Musa* spp., Yangambi km 5, FHIA-18, Pisang Awak, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

## INTRODUCTION

Banana (*Musa* spp.) is the main crop in humid and warm regions. Its production is distributed in 20 countries, out of which Mexico holds the 10<sup>th</sup> place (FAOSTAT, 2012). The State of Tabasco is the second domestic producer of banana (SIAP, 2015). Black Sigatoka disease—caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet fungus—is a phytosanitary problem that affects the banana commercial production in most of the producing regions. Fruit losses can be total and represent up to 30 % of production costs (Marín *et al.*, 2003). A strategy to solve this problem is to select natural genotypes or those coming from breeding programs that are resistant or tolerant to this disease, and present good agronomic characteristics (Dadzie, 1998). These programs have included the use of the Yangambi km 5 dessert banana cultivar (AAA). In the Democratic Republic of Congo, its country of origin, its name means “many small fruits” (Daniells and Bryde, 1995; Daniells *et al.*, 2001). Another cultivar is Pisang Awak (ABB)—which means bananas in Malay—; its peel is light green and waxy when it is unripe, and pale yellow and slightly waxy when it is ripe. These distinctive colors can often be enough to identify the Pisang Awak fruits (Wang and Kepler, 2009) that are used in all East African countries to brew beer (FHIA, 2003). The genetic improvement program of Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) has had great success in the creation and scattering of hybrids of all types, resistant or tolerant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Panama disease) and *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Black Sigatoka) fungi, and to *Pratylenchus* spp. and *Radopholus similis* nematodes. Some of those hybrids are: dessert bananas (FHIA-17, FHIA-23), French type plantains (FHIA-20, FHIA-21), sweet and sour bananas (FHIA-01, FHIA-18, FHIA-26), and cooking bananas (FHIA-03, FHIA-25). The FHIA-18 is consumed both fresh and processed. A special characteristic of this hybrid is that the unripe and mature pulp does not turn brown, making it ideal for

especiales (FHIA-01, FHIA-18, FHIA-26) y bananos de cocción (FHIA-03, FHIA-25). El FHIA-18 se consume fresco y procesado. Una característica particular del híbrido es que la pulpa verde y madura no se oxida, por lo cual es ideal para el procesamiento. Al cocerse verde, tiene un atractivo color crema, con excelente textura y sabor. La fruta procesada en verde (*tajaditas*) tiene un color crema, es crujiente y presenta un sabor agríndice concentrado (FHIA, 2014).

El banano tiene un lugar especial en la dieta diaria de millones de personas y es un alimento básico consumido fresco o cocinado. La transformación de este fruto resulta en productos que se pueden envasar y almacenar por diversos períodos de tiempo como puré, banano pasa, harina, almidón, frituras, jugo, hojuelas, cereal, vinagre, bebidas alcohólicas, rebanadas enlatadas, esencia, pan, galletas, queques, mermelada, jalea, cubos cristalizados (Mohapatra *et al.*, 2011).

La producción de harina de banano verde es una excelente alternativa para minimizar las pérdidas poscosecha y para retener el valor nutritivo de los bananos frescos. Esta harina es rica en almidón resistente y fibra dietética que ayuda a la salud del colon (Pragati *et al.*, 2014). 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 cual da ventajas en su transporte y almacenamiento, no depende de la estacionalidad de las cosechas y evita pérdidas por exceso de maduración. Además, su forma pulverulenta facilita su manipulación industrial (Robles, 2007). La harina de banano se incorpora a galletas haciéndolas lentamente digeribles (Aparicio-Sanguilán *et al.*, 2007), a pan alto en fibra (Juárez-García *et al.*, 2006) y en películas comestibles (Rungsinee y Natcharee, 2007). La Norma Técnica Colombiana 2799, editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2002) para las industrias alimentarias productoras de harina de banano, menciona que en la harina no se permite la adición de edulcorantes, sabor o color, ni ningún aditivo, debe estar libre de partículas de polvo o cualquier otro material extraño contaminante, estar libre de materiales tóxicos tales como pesticidas y herbicidas.

Un problema en los cultivares de banano resistentes es la falta de aceptación por los consumidores como fruta fresca, porque en algunos de ellos la cáscara presenta manchas poco agradables y en otros el sabor

processing. When cooked green, it has an attractive creamy color, with excellent texture and flavor. Fruit processed while it is still unripe (*tajaditas*) has a creamy color, is crunchy, and has a concentrated bittersweet flavor (FHIA, 2014).

Banana has a special place in the daily diet of millions of people, and is a basic food consumed fresh or cooked. This fruit can be transformed into products that can be packed and stored for various periods, such as banana purée, dehydrated bananas, flour, starch, banana chips, juice, flakes, cereal, vinegar, alcoholic beverages, canned slices, essence, bread, cookies, cakes, jam, jelly, and crystallized cubes (Mohapatra *et al.*, 2011).

The production of green banana flour is an excellent alternative to minimize postharvest losses and to retain the nutritional value of fresh bananas. This flour is rich in resistant starch and dietary fiber that helps to keep the colon healthy (Pragati *et al.*, 2014). Flour can be made from banana pulp or skin as a result of the drying procedure. The flour keeps its original vitamin, protein, and mineral salt properties intact, and its weight decreases by one third (which facilitates its transportation and storage). This product does not depend on crop seasonality, and losses caused by excess ripening are avoided. In addition, its powdery form facilitates its industrial handling (Robles, 2007). Banana flour is incorporated into cookies (Aparicio-Sanguilán *et al.*, 2007), high-fiber bread (Juárez-García *et al.*, 2006), and edible films (Rungsinee and Natcharee, 2007), making them slowly digestible. According to the Colombian Technical Standard 2799 —published by the Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2002) for the banana flour industries—, the use of sweeteners, flavoring, or coloring, and any other additive is not allowed in the flour. Flour must be free of dust particles or any other strange pollutant material, and it must be free of toxic materials (such as pesticides and herbicides).

Resistant banana cultivars face a lack of acceptance by consumers as fresh fruit, because the peel of some of them presents unpleasant spots, and the taste of others is different to commercial varieties. Therefore, it is necessary to find processing alternatives that encourage its consumption. In Mexico, the sanitary or nutritional requirements of banana flour are not regulated. Consequently, the objective of this study was to evaluate the quality of banana flour of three

es diferente a las variedades comerciales. Por tanto, es necesario encontrar alternativas de procesamiento que favorezcan su consumo. En México no hay una norma que regule los requisitos sanitarios o nutricionales de la harina de banano. Así, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de la harina de banano en madurez fisiológica de tres cultivares resistentes a la enfermedad de Sigatoka negra (Yangambi km 5, FHIA-18, Pisang Awak).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se usaron racimos de banano en madurez fisiológica de los cultivares FHIA-18 (AAAB), Yangambi km 5 (AAA) y Pisang Awak (ABB) de una parcela establecida en la comunidad de Cumuapa (Cunduacán, Tabasco, México), 18° 01' 03" N, 93° 07' 39" O, a una altitud de 10 m. La investigación se desarrolló en dos ciclos de cosecha, entre septiembre del 2014 y octubre del 2015. Las plantas se establecieron con un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y todos los cultivares se asignaron al azar en las parcelas dentro de los bloques. Cada parcela tuvo seis plantas con un espaciamiento entre plantas de 2.5 m × 3 m y se usó un cultivar local entre hileras. La fertilización se realizó dos veces por año con Triple 17. El embolsado se hizo dos semanas después de la emergencia de la inflorescencia. No se requirió apuntalamiento de las plantas.

La evaluación de la caracterización poscosecha de la fruta en madurez fisiológica se realizó usando cinco racimos por cultivar. Para determinar el peso del racimo se separaron las manos del raquis, y se pesó cada raquis y cada mano en una balanza digital Torrey (Modelo L-EQ 5/10, México, cap. 10 kg). Las manos se colocaron en tanques de agua clorada a una concentración de 125 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio, para favorecer la coagulación del látex que sale por el punto de corte, así como la eliminación del mismo (Arias y Toledo, 2000). Para evaluar las características del fruto, se seleccionó el dedo medio de la segunda mano para reducir la variación. La relación pulpa-cáscara se determinó separando la pulpa y la cáscara, y se pesaron por separado. El dedo se cortó de forma transversal en el punto central, la fruta fue pelada y se midió el grosor de la cáscara y el de la pulpa con un calibrador digital (Caliper Caldi-6MP, China) (Dadzie y Orchard, 1997).

Para caracterizar la calidad en madurez fisiológica del fruto se determinaron la humedad, materia seca (MS), sólidos solubles totales, pH y acidez titulable. La humedad se determinó colocando las muestras en un horno (Yamato Modelo DX400, EUA), a 100 °C con control de temperatura y circulación de aire durante 24 h; las muestras se secaron en un desecador, se

cultivares in physiological maturity that are resistant to black Sigatoka disease (Yangambi km 5, FHIA-18, Pisang Awak).

## MATERIALS AND METHODS

In this study, banana bunches in physiological maturity from FHIA-18 (AAAB), Yangambi km 5 (AAA), and Pisang Awak (ABB) cultivars were used. The plot where they were obtained was located in the community of Cumuapa (Cunduacán, Tabasco, Mexico), 18° 01' 03" N, 93° 07' 39" W, at 10 m altitude. The research was conducted in two harvest cycles (September 2014 and October 2015). The plants were set up in a fully randomized block design with four replicates, and all the cultivars were randomly assigned in the plots within the blocks. Each plot had six plants with 2.5 m × 3 m spacing between them, and a local cultivar was used between rows. Fertilization was carried out twice a year using Triple 17. The bagging was carried out two weeks after the appearance of inflorescence. No shoring of the plants whatsoever was required.

The evaluation of the postharvest characteristics of the fruit in physiological maturity was carried out using five bunches per cultivar. In order to determine the bunch weight, the hands were separated from the stalks, and each stalk and each hand were weighed in a Torrey digital control scale (Model L-EQ 5/10, 10 kg capacity, Mexico). The hands were placed in tanks with chlorine water (125 mg L<sup>-1</sup> sodium hypochlorite) to favor the coagulation of the latex that flows from the breaking point, as well as its elimination (Arias and Toledo, 2000). In order to evaluate the fruit characteristics, the middle finger of the second hand was selected to reduce the variation. Pulp and peel were separated and weighed in order to determine their ratio. The finger was subject to a cross section at the central point, the fruit was peeled, and the peel and pulp thickness were measured using a digital caliper (Caldi-6MP, China) (Dadzie and Orchard, 1997).

Moisture, dry matter (DM), total soluble solids, pH, and titratable acidity were determined in order to characterize the quality of the fruit in physiological maturity. The samples were placed in an oven (Yamato Model DX400, USA), with temperature control, and air circulation, at 100 °C for 24 h in order to determine its moisture, the samples were cooled to 26 °C in a desiccator, and weighed on an analytical balance (Adam Equipment, USA) (Dadzie and Orchard, 1997).

The total soluble solids were measured based on the refractive index of the pulp juice using a digital refractometer (Hanna Instruments, USA) following the instructions described in the method 940.31 of AOAC (2000). For this evaluation, 30 g of pulp tissue —taken from a cross section of the middle part

enfriaron a 26 °C y se pesaron en una balanza analítica (Adam Equipment, EUA) (Dadzie y Orchard, 1997).

Los sólidos solubles totales se midieron por el índice refractivo del jugo de la pulpa mediante un refractómetro digital (HANNA, EE.UU.) de acuerdo con lo descrito en el método 940.31 de la AOAC (2000). Para esta evaluación se homogenizaron 30 g del tejido de la pulpa (de un corte transversal de la parte media de la fruta) por 2 min en un homogeneizador manual (Cuisinart Modelo HB-154PC, Francia), en 90 mL de agua destilada (relación 1:3, p:v); el jugo se filtró a través de un tamiz (Dadzie y 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 de ácido málico por 100 g de muestra.

El pH del jugo de la pulpa se midió con un potenciómetro (Hanna Instruments, EUA). 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 (AOAC, 2000).

Para la elaboración de la harina, se pesó y separó una mano en primer estado de madurez de cada cultivar de banano, los dedos se pelaron y se eliminó la cáscara. La pulpa se cortó de forma transversal en rebanadas con un espesor promedio de 3 a 4 mm que se colocaron en las bandejas del secador de charolas (Polinox, México, cap. 8 kg) con control automático de temperatura integrado. La temperatura interna se controló a 60 °C durante 18 h y las rodajas secas se pesaron para calcular el rendimiento. Para la reducir el tamaño de partícula se usó un molino pulverizador (Siemens con motor de 5 HP, Alemania), y se tamizó a través de un tamiz de 212  $\mu\text{m}$  (N° 70) para homogenizar el tamaño de partícula (método 925.22, AOAC, 2000). Luego, las harinas se envasaron en bolsas de celofán que se sellaron por calor para evitar la absorción de humedad del ambiente durante el almacenamiento previo a su análisis.

La muestra para el análisis microbiológico se preparó de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994. Para cuantificar bacterias mesófilas aerobias se usó el agar triptona glucosa extracto de levadura (agar para cuenta estándar, Bioxon), incubando 24 h a 31  $\pm$  1 °C. En las cajas con 30 a 300 colonias (NOM-092-SSA1-1994), se cuantificaron bacterias coliformes totales usando el agar bilis y rojo violeta (ABRV, Bioxon), incubando 24 h a 31  $\pm$  1 °C en una estufa bacteriológica (Thelco, EUA) (NOM-113-SSA1-1994). La cuantificación de hongos y levaduras se realizó en agar papa dextrosa (PDA, Bioxon), incubando 48 h a 25 °C (NOM-111-SSA1-1994).

of the fruit— were homogenized for 2 min, in 90 mL of distilled water (ratio 1:3, p:v), using a hand blender (Cuisinart Model HB-154PC, France); subsequently, the juice was filtered through a sieve (Dadzie and Orchard, 1997).

The titratable acidity was measured according to AOAC (2000), 30 g of pulp tissue were weighed, 90 mL of distilled water were added, the mixture was homogenized for 2 min, and the juice was filtered. Twenty-five mL of the filtrate were transferred to a 125-mL Erlenmeyer flask; then 25 mL of distilled water and 5 drops of 1 % phenolphthalein indicator in alcohol solution were added. The acidity of the filtrate was titrated with 0.1 N NaOH. The results were expressed as malic acid meq per 100 g of sample.

The pH of the pulp juice was measured with a pH-meter (Hanna Instruments, USA). In order to achieve this, 30 g of banana pulp were weighed, 90 mL of distilled water were added, the mixture was homogenized for 2 min, and it was filtered to obtain the juice (AOAC, 2000).

To make the flour, a hand in the first stage of maturity was weighed and separated from each banana cultivar, the fingers were peeled, and the peel was eliminated. The pulp was cross cut into 3–4 mm thick slices (average) and placed in the trays of the tray dryer (Polinox, Mexico, capacity 8 kg) with integrated automatic temperature control. Internal temperature was controlled at 60 °C for 18 h and the dried slices were weighed to calculate the yield. A Siemens pulverizing mill (with a 5 HP motor, Germany) was used to reduce the particle size. A No. 70 sieve (212  $\mu\text{m}$ ) was used to homogenize particle size (method 925.22, AOAC, 2000). Then, the flour was packed in heat sealed cellophane bags to keep it from absorbing moisture from the environment while it was kept in storage awaiting analysis.

The sample was prepared for its microbiological analysis in accordance with NOM-110-SSA1-1994. In order to quantify aerobic mesophilic bacteria, the samples were incubated for 24 h at 31  $\pm$  1 °C, using Tryptone Glucose Yeast Extract Agar (Bioxon Standard Method Agar). Total coliform bacteria were quantified in plates with 30–300 colonies (NOM-092-SSA1-1994), using Violet Red Bile Dextrose Agar, (VRBD, Bioxon), incubating the sample for 24 h at 31  $\pm$  1 °C in a bacteriological oven (Thelco, USA) (NOM-113-SSA1-1994). The fungi and yeasts were quantified on Potato Dextrose Agar (PDA, Bioxon), incubating the sample for 48 h at 25 °C (NOM-111-SSA1-1994).

In the proximate chemical analysis of the flour, the percentage of total nitrogen was determined by the Kjeldahl method using a factor 6.5 to obtain the percentage of crude protein (AOAC, 2000). Ash determination was carried out by the incineration method (AOAC, 2000) using a Felisa muffle furnace (Model Fe-340, Mexico). The ethereal extract was determined using the

En el análisis químico proximal de la harina, el porcentaje de nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldahl utilizando el factor 6.5 para obtener el porcentaje de proteína cruda (AOAC, 2000). La determinación de cenizas se realizó por el método de incineración (AOAC, 2000) empleando una mufla (Felisa Modelo Fe-340, México). El extracto etéreo se determinó por la técnica de Soxhlet de acuerdo con el método oficial de la AOAC (2000). La fibra cruda se cuantificó usando el procedimiento de la Norma NMX-F-090-S-1978.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres tratamientos: la harina obtenida de cada uno de los tres cultivos de banano, y todas las evaluaciones se hicieron por triplicado. Con los datos se realizó un ANDEVA con el procedimiento GLM y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.5$ ) utilizando SAS 9.2 para Windows (SAS Institute, 2009). Además, se realizó una correlación con la prueba de Pearson ( $p = 0.05$ ) entre las variables físicas y químicas de los tres tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Relación peso del racimo-número de manos-peso del raquis

Para establecer el rendimiento de harina de plátano es necesario conocer la relación del peso del racimo con el número de manos y conjuntamente el peso del raquis. El peso del racimo fue mayor en los cultivares FHIA-18 y Pisang Awak. El número de manos por racimo y el peso de raquis no fueron estadísticamente diferentes entre cultivares (Cuadro 1). En Honduras, el peso promedio del racimo del cultivar FHIA-18 varía de 20 a 25 kg, con 120 a 160 dedos por racimo en 8 a 10 manos (FHIA, 2014), el peso de racimo del cultivar Yangambi km 5 oscila de 8.1 a 11.7 kg y el peso del raquis de 0.9 a 1.2 kg, con 5.9 a 8.3 manos (Vargas y Sandoval, 2005).

Para la producción de harina de plátano verde como alternativa para minimizar las pérdidas poscosecha, se

Soxhlet technique according to the official method of AOAC (2000). Crude fiber was quantified using the procedure of the NMX-F-090-S-1978 Standard.

The experimental design was fully randomized with three treatments: one per each of the three banana cultivars from which the flour was made. All the evaluations were done in triplicate. The data were analyzed using an ANOVA with the GLM procedure and the means were compared with the Tukey test ( $p \leq 0.5$ ) using SAS 9.2 for Windows (SAS Institute, 2009). In addition, the Pearson test ( $p = 0.05$ ) was used to correlate the physical and chemical variables of the three treatments.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Bunch weight-number of hands-stalks weight ratio

In order to establish the banana flour yield, the ratio of the bunch weight to the number of hands and the stalk weight had to be determined. The FHIA-18 and Pisang Awak cultivars had the heavier bunches. The number of hands and the stalk weight per bunch were not statistically different among cultivars (Table 1). In Honduras, the average bunch weight of the FHIA-18 cultivar varies from 20 to 25 kg, with 120 to 160 fingers per bunch in 8 to 10 hands (FHIA, 2014); meanwhile, the bunch weight of the Yangambi km 5 cultivar ranges from 8.1 to 11.7 kg and the stalk weight from 0.9 to 1.2 kg, with 5.9 to 8.3 hands (Vargas and Sandoval, 2005).

For the production of green banana flour as an alternative to minimize postharvest losses, the cultivar with the highest flour yield is selected. The amount of flour depends on the size of the bunch and the fruits, as well as on the cultivation tasks and the pre and postharvest handling.

**Cuadro 1. Características poscosecha de racimos de banano.**  
**Table 1. Postharvest characteristics of banana bunches.**

Cultivar	Peso de racimo (kg)	Número de manos por racimo	Peso de raquis (kg)
Pisang Awak	19.34 ± 4.4 a	13.5 ± 3.4 a	2.12 ± 0.48 a
FHIA-18	23.21 ± 2.41 a	11.5 ± 1.9 a	1.96 ± 0.63 a
Yangambi km5	14.66 ± 2.65 b	10.6 ± 1.3 a	1.29 ± 0.17 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ❖ Mean ± SD with different letters in each column are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

selecciona el cultivar con mayor rendimiento de harina. La cantidad de harina depende del tamaño del racimo y de los frutos, y también de las labores culturales y del manejo pre y poscosecha.

### Índices poscosecha

Entre las características de la madurez fisiológica del fruto, el peso del dedo medio de la segunda mano de FHIA-18 superó significativamente a Pisang Awak y Yangambi km 5 (Cuadro 2). Respecto a la relación pulpa-cáscara, Pisang Awak superó a FHIA-18 y Yangambi km 5. El grosor de la cáscara dependió del cultivar y el FHIA-18 mostró mayor grosor que los otros cultivares, lo cual implica que en FHIA-18 hay una mayor protección al mesocarpio de daños mecánicos que degraden la calidad final de la harina. En el grosor de la pulpa no hubo diferencias significativas entre los cultivares.

Aguilar *et al.* (2004) reportaron que el grosor de la cáscara para FHIA-18 fue de 0.2 cm y el grosor de la pulpa de 2.35 cm, valores semejantes a los encontrados en nuestro estudio. Para el cultivar Pisang Awak, lo más cercano al grupo AAB encontrado en la literatura fue el cultivar Cardaba y sus valores son 1.9, 0.38 cm y 3.8 cm para la relación pulpa-cáscara, espesor de la cáscara y espesor de la pulpa, respectivamente (Belayneh *et al.*, 2013). Estos valores son mayores a los de nuestro estudio, excepto la relación pulpa-cáscara. Esta característica del FHIA-18 de mostrar casi el doble de peso en sus frutos es una ventaja respecto a los otros dos cultivares en la producción de harina.

### Variables físicas y químicas

En los frutos evaluados en madurez fisiológica, los contenidos de humedad, de MS y de sólidos

### Postharvest indexes

Among the characteristics of the fruit in physiological maturity, the middle finger weight of the second hand of FHIA-18 significantly exceeded Pisang Awak and Yangambi km 5 (Table 2). Regarding the pulp-peel ratio, Pisang Awak surpassed FHIA-18 and Yangambi km 5. Peel thickness depended on the cultivar: FHIA-18 showed greater thickness than the other cultivars, which implies that FHIA-18 has greater mesocarp protection from mechanical damage that degrades the final flour quality. There were no significant differences between the cultivars' pulp thickness.

Aguilar *et al.* (2004) reported that peel thickness and pulp thickness of FHIA-18 were 0.2 cm and 2.35 cm, respectively. These values are similar to those found in our study. In the case of the Pisang Awak cultivar, the closest to the AAB group found in the bibliography was the Cardaba cultivar, whose pulp-peel ratio, peel thickness, and pulp thickness values are 1.9 cm, 0.38 cm, and 3.8 cm, respectively (Belayneh *et al.*, 2013). These values are greater than those of our study, except the pulp-peel ratio. This characteristic of FHIA-18—whose fruit weight is almost twice as the fruits of the other two cultivars—make it more advantageous with regard to flour production.

### Physical and chemical variables

In the fruits evaluated in physiological maturity, moisture content, DM, and total soluble solids were statistically higher in Pisang Awak, in relation to the other varieties studied (Table 3). The physical and chemical variables of these banana cultivars indicate that moisture and DM are directly related to the fruit weight, demonstrating that Pisang Awak is ideal for flour production.

**Cuadro 2. Características en madurez fisiológica del fruto del banano.**

**Table 2. Characteristics of banana fruit in physiological maturity.**

Cultivar	Peso del fruto (g)	Relación pulpa-cáscara	Grosor de la cáscara (cm)	Grosor de la pulpa (cm)
Pisang Awak	66.67 ± 18.5 b	2.16 ± 0.24 a	0.26 ± 0.01 b	2.89 ± 0.37 a
FHIA-18	120.67 ± 11.1 a	1.43 ± 0.32 b	0.33 ± 0.02 a	2.47 ± 0.19 a
Yangambi. km 5	67.00 ± 10.8 b	1.66 ± 0.33 b	0.28 ± 0.03 b	2.49 ± 0.07 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). ❖ Mean ± SD with different letters in each column are statistically different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

solubles totales fueron estadísticamente superiores en Pisang Awak, respecto a las otras variedades estudiadas (Cuadro 3). Las variables físicas y químicas de estos cultivares de banano indican que la humedad y la MS se relacionan directamente con el peso de los frutos, demostrando que Pisang Awak es ideal para la producción de harina.

Para las características de la fruta verde (en madurez fisiológica) de FHIA-18, Aguilar *et al.* (2004) reportaron 70.7 % de humedad y 29.3 % de MS, y la primera fue mayor a la encontrada en nuestro estudio para el mismo cultivar, pero la segunda fue menor. Abano y Sam-Amoah (2011) encontraron 75 a 77 % de humedad en banano verde de la variedad Gros Michel (AAA) y 25 a 27 % de MS, esta última es muy cercana a la observada en el cultivar Yangambi km 5. Belayneh *et al.* (2013) reportaron 29.0 % de MS en la variedad Cardaba, que es menor al del cultivar Pisang Awak. Kaddumukasa *et al.* (2005) determinaron  $0.5 \pm 0.2$  °Brix en banano verde East African Highland, que es menor al de Pisang Awak. Además, Belayneh *et al.* (2013) reportaron 1.6 °Brix en Kitawira y Matoke, un valor similar al encontrado en Yangambi km 5. Borges *et al.* (2009) reportaron la acidez titulable de 0.63 % en la variedad Prata, que es menor al de los tres cultivares de nuestro estudio, mientras que Belayneh *et al.* (2013) encontraron 1.9 % de acidez titulable en Cardaba, que es casi el doble del valor para Pisang Awak en nuestro estudio. Finalmente, el pH fue 6.3 (Belayneh *et al.*, 2013) en la variedad Cardaba y 6.1 según Ojure y Quadri (2012), valores cercanos a los encontrados para Yangambi km 5 y Pisang Awak, respectivamente, en nuestro estudio.

Los valores de pH de las harinas están dentro del rango aceptado para harinas comerciales (superiores

For the characteristics of FHIA-18 green fruit (in physiological maturity), Aguilar *et al.* (2004) reported 70.7 % moisture and 29.3 % DM, and while the first was higher than that found in our study for the same cultivar, the second was lower. Abano and Sam-Amoah (2011) found 75 to 77 % moisture and 25 to 27 % DM in Gros Michel green bananas (AAA); the latter is very close to that found in the Yangambi km 5 cultivar. Belayneh *et al.* (2013) reported 29.0 % DM in the Cardaba variety, which is less than that of the Pisang Awak cultivar. Kaddumukasa *et al.* (2005) determined  $0.5 \pm 0.2$  °Brix in East African Highland green bananas, which is lower than the value for Pisang Awak. In addition, Belayneh *et al.* (2013) reported 1.6 °Brix in Kitawira and Matoke, a value similar to that found in Yangambi km 5. Borges *et al.* (2009) reported a 0.63 % titratable acidity in the Prata variety, which is lower than that of the three cultivars in our study, while Belayneh *et al.* (2013) found 1.9 % titratable acidity in Cardaba, which almost doubles the value for Pisang Awak in our study. Finally, Belayneh *et al.* (2013) determined a 6.3 pH in the Cardaba variety, while Ojure and Quadri (2012) established a 6.1 pH; these values are close to those found in our study for Yangambi km 5 and Pisang Awak, respectively.

The flour pH values are within the accepted range for commercial flours (above 5.6) (COVENIN, 1985). The flour titratable acidity of the three banana varieties ranged from 0.93 to 1.30 meq NaOH 100 g<sup>-1</sup>. That acidity is much higher than the one established by the NTE INEN 616 (0.2 %) for high-quality wheat flour. This difference is probably the result of using different vegetable sources.

**Cuadro 3. Características de la calidad del fruto del banano en madurez fisiológica (base húmeda).**

**Table 3. Quality characteristics of banana fruit in physiological maturity (wet basis).**

Cultivar	Humedad (%)	Materia seca (%)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez titulable (meq NaOH 100 g <sup>-1</sup> )	pH
Pisang Awak	64.02 ± 0.54 b	35.97 ± 0.96 a	0.80 ± 0.17 b	0.93 ± 0.6 a	6.70 ± 0.62 a
FHIA-18	76.45 ± 3.90 a	23.50 ± 3.9 b	1.70 ± 0.17 a	1.0a ± 0.7 a	5.73 ± 0.70 a
Yangambi km 5	73.06 ± 0.96 a	26.94 ± 0.96 b	1.60 ± 0.45 a	1.30 ± 0.7 a	6.06 ± 0.75 a

†Medias ± DE con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). ❖ †Mean ± SD with different letters in each column are statistically different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



a 5.6) (COVENIN, 1993). La acidez titulable de las harinas de las tres variedades de banano presentaron valores de 0.93 a 1.30 meq NaOH 100 g<sup>-1</sup>, muy superior lo establecido por la NTE INEN 616 (0.2 %) para una harina de trigo de calidad. Esta diferencia se debe probablemente a que la fuente vegetal de la harina es muy diferente.

### Rendimiento de harina

En cuanto al rendimiento de harina obtenida entre cultivares, Pisang Awak superó a Yangambi km 5 y FHIA-18 (Cuadro 4). Suntharalingam y Ravindran (1993) reportaron un rendimiento promedio de harina de 31.3 % y 25.5 % para los cultivares Monthan (ABB) y Alukehel (ABB), respectivamente, pero en nuestro estudio el rendimiento fue mayor en el cultivar Pisang Awak que pertenece al mismo grupo.

### Análisis químico proximal

El Cuadro 5 presenta la composición química de la harina de banano en los tres cultivares. Los rendimientos fueron contrastantes entre los cultivares: FHIA-18 superó a Yangambi km 5 y Pisang Awak en el contenido de proteína cruda, no hay diferencias en fibra cruda y en cenizas solo superó a Pisang Awak, mientras que éste superó a FHIA-18 y Yangambi km 5 en el contenido de extracto etéreo. Los resultados de hidratos de carbono fueron muy similares en los tres cultivares (p>0.05).

Vieira *et al.* (2013) reportaron 4.14 % de proteína, 0.453 % de lípidos, 1.084 % de cenizas y 86.92 % de carbohidratos en harina de banano verde de la variedad Cavendish (AAA); los valores de proteína y carbohidratos son mayores a los encontrados en Yangambi km 5, pero los de lípidos y cenizas son

### Flour yield

Regarding flour yield, Pisang Awak surpassed Yangambi km 5 and FHIA-18 (Table 4). Suntharalingam and Ravindran (1993) reported an average flour yield of 31.3 % and 25.5 % for the Monthan (ABB) and Alukehel (ABB) cultivars, respectively; however, in our study, the Pisang Awak cultivar—which belongs to the same group—had a greater yield.

### Proximate chemical analysis

Table 5 presents the chemical composition of banana flour from the three cultivars. The cultivars showed contrasting yields: FHIA-18 surpassed Yangambi km 5 and Pisang Awak in crude protein content; there were no differences in crude fiber; with regard to ashes, FHIA-18 only exceeded Pisang Awak; in ethereal extract content, Pisang Awak surpassed both FHIA-18 and Yangambi km 5. The carbohydrates results were very similar in the three cultivars (p>0.05).

Vieira *et al.* (2013) reported 4.14 % protein, 0.453 % lipids, 1.084 % ash, and 86.92 %

**Cuadro 4. Rendimiento de harina.**  
**Table 4. Flour yield.**

Cultivar	%
Pisang Awak	35.73 ± 1.24 a
FHIA-18	27.50 ± 0.49 b
Yangambi km 5	26.96 ± 0.93 b

Medias ± DE con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, p≤0.05). ❖ Mean ± SD with different letters are statistically different (Tukey, p≤0.05).

**Cuadro 5. Análisis químico proximal de la harina de banano (base seca).**  
**Table 5. Proximate chemical analysis of banana flour (dry basis).**

Cultivar	Proteína cruda (%)	Fibra cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Hidratos de carbono (%)
Pisang Awak	2.97 ± 0.06 c	1.30 ± 0.15 a	0.67 ± 0.01 a	1.72 ± 0.03 b	83.99 a
FHIA-18	3.53 ± 0.05 a	1.37 ± 0.04 a	0.61 ± 0.04 b	2.06 ± 0.16 a	83.96 a
Yangambi km 5	3.13 ± 0.04 b	1.27 ± 0.06 a	0.59 ± 0.02 b	1.87 ± 0.05 ab	83.89 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey, p≤0.05). ❖ Mean ± SD with different letters in each column are statistically different (Tukey, p≤0.05).

menores en este mismo cultivar. Ojure y Quadri (2012) analizaron la harina de banano de la variedad *Musa paradisiaca normalis* y reportaron 2.20 % de cenizas, 3.40 % de proteína, 1.40 % de fibra cruda y 89.5 % de hidratos de carbono, y los valores de cenizas, proteína y fibra fueron semejantes a los del cultivar FHIA-18 estudiado. Pragati *et al.* (2014) encontraron 0.5 % de lípidos y 5.52 % de cenizas en la harina de banano de la variedad Cavendish (AAA) y el valor de lípidos fue similar al del cultivar Yangambi km 5. Borges *et al.* (2009) encontraron 0.70 % de lípidos, 4.73 % de proteína, 90.72 % de hidratos de carbono, 1.17 % de fibra y 2.68 % de cenizas para el cultivar Prata, siendo estos valores son mayores a los de los tres cultivares, con excepción de la fibra. Wenzel *et al.* (2011) analizaron la harina de banano verde de la variedad Nanicão (AAA) y reportaron 3.6 % de proteína, 3.14 % de ceniza, 0.89 % de lípidos, y los valores de cenizas y lípidos son mayores que los encontrados en el cultivar FHIA-18 estudiado.

La correlación fue positiva entre la humedad y el pH ( $r=0.639$ ), la proteína y las cenizas ( $r=0.833$ ), la proteína y los sólidos solubles totales ( $r=0.700$ ) y el pH y la acidez titulable ( $r=0.711$ ). Pero hubo una correlación negativa entre la humedad y los sólidos solubles totales ( $r=-0.810$ ), cenizas y extracto etéreo ( $r=-0.740$ ), extracto etéreo y sólidos solubles totales ( $r=-0.685$ ) y pH y sólidos solubles totales ( $r=-0.830$ ). Por lo anterior, el porcentaje de proteína cruda y fibra cruda son factores importantes en la calidad de harina de banano que mejorarían la calidad nutritiva en los diversos productos alimenticios elaborados a partir de esa harina.

### Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de la harina de los tres cultivares no mostró diferencias significativas ( $p>0.5$ ) en los tres grupos microbianos analizados (Cuadro 6). Ojure y Quadri (2012) estudiaron la harina de banano de la variedad *Musa paradisiaca normalis* y reportaron  $2.1 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  de bacterias mesófilas totales,  $1.1 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  de hongos y levaduras, y no detectaron coliformes totales.

Aunque en México no existe una norma para harina de banano, la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 especifica los límites microbiológicos para cereales y harina de cereales marcando la presencia de microorganismos entre los rangos de  $100000$  UFC  $g^{-1}$

carbohidratos in Cavendish green banana flour (AAA); the protein and carbohydrates values are higher than those found in Yangambi km 5, but lipids and ashes values are lower in the same cultivar. Ojure and Quadri (2012) analyzed the banana flour of the *Musa paradisiaca normalis* variety and reported 2.20 % ash, 3.40 % protein, 1.40 % crude fiber, and 89.50 % carbohydrates, and ash, protein, and fiber values similar to those of the FHIA-18 cultivar studied. Pragati *et al.* (2014) found 0.5 % lipids and 5.52 % ashes in the Cavendish banana flour (AAA) and the value of lipids was similar to that of the Yangambi km 5 cultivar. Borges *et al.* (2009) found 0.70 % lipids, 4.73 % protein, 90.72 % carbohydrates, 1.17 % fiber, and 2.68 % ashes in the Prata cultivar; these values are higher than those of the three cultivars, excepted with regard to fiber. Wenzel *et al.* (2011) analyzed the Nanicão green banana flour (AAA) and reported 3.6 % protein, 3.14 % ash, and 0.89 % lipids, while the values of ashes and lipids are higher than those found in the FHIA-18 cultivar studied.

The correlation between moisture and pH ( $r=0.639$ ), protein and ash ( $r=0.833$ ), protein and total soluble solids ( $r=0.700$ ), and pH and titratable acidity ( $r=0.711$ ) was positive. However, the correlation between moisture and total soluble solids ( $r=-0.810$ ), ash and ethereal extract ( $r=-0.740$ ), ethereal extract and total soluble solids ( $r=-0.685$ ), and pH and total soluble solids ( $r=-0.830$ ) was negative. Therefore, the crude protein and crude fiber percentage is an important factor in the quality of banana flour and it would improve the nutritional quality of the various food products made from that flour.

### Microbiological analysis

The microbiological analysis of the flour of the three cultivars showed no significant differences ( $p>0.5$ ) between the three microbial groups analyzed (Table 6). Ojure and Quadri (2012) studied the *Musa paradisiaca normalis* banana flour and reported  $2.1 \times 10^2$  CFU  $g^{-1}$  of total mesophilic bacteria, and  $1.1 \times 10^2$  CFU  $g^{-1}$  of fungi and yeast but did not detect total coliforms.

Although Mexico does not have a banana flour standard, the Official Mexican Standard NOM-

**Cuadro 6. Análisis microbiológico de la harina de banano de tres cultivares.**  
**Table 6. Microbiological analysis of banana flour of three cultivars.**

Cultivar	Bacterias mesófilas aerobias (UFC g <sup>-1</sup> )	Hongos y levaduras (UFC g <sup>-1</sup> )	Coliformes totales (UFC g <sup>-1</sup> )
Pisang Awak	5.1 × 10 <sup>5</sup>	3.9 × 10 <sup>2</sup>	18.3
FHIA-18	3.8 × 10 <sup>5</sup>	0.90 × 10 <sup>2</sup>	21.7
Yangambi km 5	2.1 × 10 <sup>5</sup>	0.42 × 10 <sup>2</sup>	106.3

No hubo diferencias estadísticas entre cultivares (Tukey, p>0.05). ❖ There were no statistical differences between cultivars (Tukey, p>0.05).

bacterias mesófilas aerobias, 100 UFC g<sup>-1</sup> de coliformes totales y 1000 UFC g<sup>-1</sup> de hongos y levaduras para la harina de trigo. La harina obtenida de los tres cultivares presentaron valores superiores a los límites para bacterias mesófilas aerobias, mientras que el cultivar Pisang Awak tuvo mayor número de hongos y levaduras que los límites en los criterios aceptados para la harina de trigo; en la harina del cultivar Yangambi km 5 hubo mayor número de coliformes totales. Las diferencias pueden deberse principalmente al manejo durante la obtención de las harinas, las cuales podrían reducirse al mejorar las condiciones higiénicas del lugar de proceso.

La Norma Técnica Colombiana para harina de banano (ICONTEC, 2002) establece un rango de bacterias mesófilas aerobias de 2 × 10<sup>5</sup> UFC g<sup>-1</sup>, 2 × 10<sup>3</sup> UFC g<sup>-1</sup> de hongos y levaduras y 150 UFC g<sup>-1</sup> máximo de coliformes totales. La harina de las tres variedades estudiadas es superior al criterio establecido para bacterias mesófilas totales, pero dentro del rango para coliformes totales y hongos y levaduras.

## CONCLUSIÓN

Las características en madurez fisiológica del racimo de banano permitieron obtener harina con buenos parámetros de calidad, cumpliendo con la mayoría de los requisitos químicos y microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Colombiana 2799. Los valores son un poco mayor a lo permitido para fibra cruda y mesófilos aerobios totales, lo cual es un potencial para el aprovechamiento industrial de estos tres cultivares que no son plenamente aceptados para el consumo como fruta fresca. Con los resultados obtenidos, el cultivar FHIA-18 presentó las mejores características para la producción de harina.

247-SSA1-2008 specifies the microbiological limits for cereals and cereal flour: the presence of microorganisms in the ranges of 100000 CFU g<sup>-1</sup> (aerobic mesophilic bacteria), 100 CFU g<sup>-1</sup> (total coliforms), and 1000 CFU g<sup>-1</sup> (fungi and yeasts) for wheat flour. The flour obtained from the three cultivars had values above the limits for aerobic mesophilic bacteria, while the Pisang Awak cultivar showed more fungi and yeasts than those accepted in the criteria for wheat flour; meanwhile, the Yangambi km 5 cultivar flour had a greater number of total coliforms. Those differences may be mainly the result of the way that the fruit was handled during the making of the flour, which could be reduced by improving the hygienic conditions of the process site.

The Colombian Technical Standard for banana flour (ICONTEC, 2002) establishes a range of 2 × 10<sup>5</sup> CFU g<sup>-1</sup> aerobic mesophilic bacteria, 2 × 10<sup>3</sup> CFU g<sup>-1</sup> fungi and yeasts, and a maximum of 150 CFU g<sup>-1</sup> total coliforms. The flour of the three varieties studied is higher than the criterion established for total mesophilic bacteria, but within the range for total coliforms and fungi and yeasts.

## CONCLUSION

The characteristics of banana bunches in physiological maturity resulted in a flour with good quality parameters, fulfilling most of the chemical and microbiological requirements established in the Colombian Technical Standard 2799. These values are a little higher than those allowed for crude fiber and total aerobic mesophilic bacteria. This opens a potential for the industrial use of these three cultivars whose consumption as fresh fruit is not fully accepted.

## AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Fomento a la Investigación (PFI) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo recibido para el proyecto “Caracterización poscosecha de cultivares de banano, México” con clave UJAT-2013-IA-09.

## LITERATURA CITADA

- Abano, E. E., and L. K. Sam-Amoah. 2011. Effects of different pretreatments on drying characteristics of banana slices. *J. Eng. Appl. Sci.* 6: 121-129.
- Aguilar, H., S. Mendoza, and H. Banegas. 2004. Evaluación poscosecha de materiales híbridos de banano y plátano. Informe Técnico 2003. Programa de Banano y Plátano. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. pp: 72-78. [http://www.fhia.org.hn/downloads/informes\\_tecnicos/it2003banano.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it2003banano.pdf). (Consulta: marzo 2015).
- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis 17<sup>th</sup> Edition. Gaithersburg, MD, USA.
- Aparicio-Sanguilán, A., S. G. Sáyo-Ayerdi, A. Vargas-Torres, J. Tovar, T. E. Ascencio-Otero, and L. A. Bello-Pérez. 2007. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. *J. Food Compos. Anal.* 20: 175-181.
- Arias, V., C., y J. Toledo H. 2000. Manual de manejo poscosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátanos, cítricos). Roma, FAO. 136 p.
- Belayneh, M., T. S. Workneh, and D. Belew. 2013. Physicochemical and sensory evaluation of some cooking banana (*Musa spp.*) for boiling and frying process. *J. Food Sci. Technol.* 51: 3635-3646.
- Borges, A. M., J. Pereira, and E. M. P. Lucena. 2009. Caracterización da farinha de banana verde. *Cienc. Tecnol. Aliment.* (Campinas, Braz.). 29: 333-339.
- COVENIN. 1993. Harina de arroz. N° 2300-93. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. 9 p.
- Dadzie, B. K. 1998. Post-harvest characteristics of black Sigatoka resistant banana, cooking banana and plantain hybrids. Technical Guidelines INIBAP 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. 74 p.
- Dadzie, B. K., y J. E. Orchard. 1997. Evaluación rutinaria poscosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guías técnicas INIBAP 2. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia. 76 p.
- Daniells J., y N. Bryde. 1995. Un mutante semienano de ‘Yangambi km 5’. *INFOMUSA* 4: 16-17.
- Daniells J., C. Jenny, D. Karamura, and K. Tomekpe. 2001. Diversity of the genus *Musa*. Cultivated varieties AAA. In: Arnaud, E., and S. Sharrock (eds). *Musalogue. A Catalogue of Musa Germplasm*. Montpellier, France: IPGRI/INIBAP, CTA, Cirad-Flhor. p. 72.

Based on the results obtained, the FHIA-18 cultivar has the best characteristics for flour production.

—End of the English version—



- FAOSTAT. 2012. Agriculture Data Base, Crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. (Consulta: junio 2015).
- FHIA. 2003. Programa de Banano y Plátano. Informe Técnico 2002. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima Cortés, Honduras, C.A. [http://www.fhia.org.hn/downloads/informes\\_tecnicos/itecnicobyp2002.PDF](http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/itecnicobyp2002.PDF). (Consulta: mayo 2015). 102 p.
- FHIA. 2014. Banano FHIA-18. Programa de Banano y Plátano. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A. [http://www.fhia.org.hn/downloads/info\\_hibridos/fhia-18.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/info_hibridos/fhia-18.pdf). (Consulta: mayo 2015). 4 p.
- ICONTEC. 2002. Norma Técnica Colombiana 2799. Industrias alimentarias. Harina de banano. Descriptores Producto Alimenticio; harina de plátano; harina, contenido de grasa. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <http://tienda.icontec.org/brief/NTC2799.pdf>. (Consulta: febrero 2015). 6 p.
- Juárez-García, E., E. Agama-Acevedo, S. G. Sáyo-Ayerdi, S. L. Rodríguez-Ambriz, and L. A. Bello-Pérez. 2006. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant Foods Hum. Nutr.* 61: 131-137. DOI: 10.1007/s11130-006-0020-x.
- Kaddumukasa, P., W. Kyamuhangire, J. Muyonga, and F. I. Muranga. 2005. The effect of drying methods on the quality of green banana flour. *Afr. Crops Sci. Conference Proc.* 7: 1267-1271.
- Marín, D. H., R. A. Romero, M. Guzmán, and T. B. Sutton. 2003. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Dis.* 87: 208-222.
- Mohapatra, D., S. Mishra, B. C. Singh, and S.D. Jayas. 2011. Post-harvest processing of banana: Opportunities and challenges. *Food Bioprocess Technol.* 4: 327-339.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos, México. 3 p.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en placa. México. 5 p.
- NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México. 5 p.
- NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos. México. 6 p.
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Microorganismos Coliformes Totales en Placa. México. 7 p.
- NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación.

- Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. México. 117 p.
- NTE INEN. 616. 2015. Norma Técnica Ecuatoriana. Harina de trigo. Requisitos. Cuarta revisión. 2015-01. <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/ntenin-616-4.pdf>. (Consulta: marzo de 2017). 11 p.
- Ojure, M. A., and J. A. Quadri. 2012. Quality evaluation of noodles produced from unripe plantain flour using Xanthan Gum. *IJRRAS*.13: 740-752.
- Pragati, S., I. Genitha, and K. Ravish. 2014. Comparative study of ripe and unripe banana flour during storage. *J. Food Process. Technol.* 5: 1-6.
- Robles, K. 2007. Harina y productos de banano. Documento. Cali, Colombia: Universidad del Valle. pp: 11-33.
- Rungsinee, S., and P. Natcharee. 2007. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Res. Int.* 40: 365-370.
- SAS Institute. 2009. SAS/SAT 9.2. User's Guide. Second Edition. Cary, N.C., USA. SAS Institute Inc.
- SIAP. 2015. Resumen Nacional de la Producción Agrícola, Octubre de 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=296](http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=296) (Consulta: noviembre 2015).
- Suntharalingam, S., and G. Ravindran. 1993. Physical and biochemical properties of green banana flour. *Plant Foods Hum. Nutr.* 43: 19-27.
- Vargas, A., and J. A. Sandoval. 2005. Agronomic evaluation of production and quality of 'Yangambi km 5' (AAA) and 'Dátil' (AA). *INFOMUSA* 14: 6-10.
- Vieira, B. C., R. A. M. Da Cruz, E. R. Amante, and D. S. L. H. Meller. 2013. Nutritional potential of Green banana flour obtained by drying in spouted bed. *Rev. Bras. Frutic.* 35: 1140-1146.
- Wang, K., and A. Kepler. 2009. Brief Description of Banana Cultivars Available from the University of Hawaii Seed Program. [http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/Downloads/Description\\_of\\_banana\\_available\\_at\\_ADSC.pdf](http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/Downloads/Description_of_banana_available_at_ADSC.pdf). (Consulta: enero 2015). 11 p.
- Wenzel, M. E., C. C. Tadini, B. T. Tribess, A. Zuleta, J. BinaghiPak, N. Pack, G. Vera, M. C. Tanasov, A. C. Bertolini, B. R. Cordenunsi, F. M. Lajolo, 2011. Chemical composition and nutritional value of unripe banana flour (*Musa acuminata*, var. Nanicão). *Plant Foods Hum. Nutr.* 66: 231-237.