

Caracterización reológica de almidón y evaluación morfológica de 20 variedades de musáceas (*Musa sp.*), del banco de germoplasma Fedeplátano, Chinchiná - Caldas, Colombia

Starch rheological characterization and morphological evaluation of 20 varieties of Musaceae (*Musa sp.*), from Fedeplatano Germplasm Bank, Chinchiná - Caldas, Colombia

Juan Carlos Lucas Aguirre* y Víctor Dumar Quintero Castaño

Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío, Armenia, Quindío.

*Autor para correspondencia: jclucas@uniquindio.edu.co

Rec.:28.12.2014 Acep.: 26.05.2015

Resumen

Se caracterizaron veinte variedades de musáceas de diferente composición genética del banco de germoplasma de Fedeplátano (AA, AAA, AAB, ABB, AAAA y AAAB). La caracterización incluyó propiedades físicas como peso, diámetro, longitud, materia seca y porcentaje de cáscara del fruto y propiedades funcionales de almidones (curvas de empastamiento). Las variedades Cachaco Pelipita, Fougamou, Kelong Mekintu y SH-3436-9 presentaron porcentajes de materia seca superiores al 35% lo cual indica que estas variedades serían de gran importancia para el sector de las frituras ya que al contener menos agua el proceso se agilizaría incrementando el rendimiento y disminuyendo la absorción de aceite. Las variedades que presentaron mejores comportamientos frente a las propiedades de viscosidad máxima, breakdown, facilidad de cocción y consistencia fueron FHIA-23, Guineo Enano, Banano Gran Enano, Pompo Comino, lo cual indica que estas variedades tenían gran capacidad para resistir los procesos de retrogradación y la sinéresis.

Palabras clave: Propiedades físicas y funcionales, curvas de empastamiento, procesos de retrogradación, sinéresis.

Abstract

Twenty varieties of *Musa* the different genetic composition from Fedeplátano Germplasm Bank (AA, AAA, AAB, ABB, and AAAA AAAB) were characterized. Characterization includes physical properties such as weight, diameter, length, and dry matter percentage of fruit peel and functional properties of starches (pasting curves). The varieties Cachaco Pelipita, Fougamou, Kelong Mekintu and SH-3436-9 showed higher percentages of dry matter 35% indicating that these varieties would be of great importance for the sector fried and contain less water that the process be expedited increasing performance and decreasing absorption of oil. The varieties showed better behavior in relation to the properties of high viscosity, breakdown, ease of cooking and consistency were FHIA-23, Dwarf Banana, Banana Great Dwarf, Pompo Comino, indicating that these strains had great ability to withstand the retrogradation process and syneresis.

Keywords: Physical and functional properties, pasting curves, retrogradation process, syneresis.

Introducción

Las musáceas comestibles se clasifican en diferentes grupos genómicos: AA, AB, BB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, y ABBB (Bakry *et al.*, 2008). La clasificación botánica actual, se ha basado en variaciones agromorfológicas que ayudan en la diferenciación de las variedades criollas de plátanos de postre (AA, AAA, AAB), plátanos de cocción (AAA, AAB, ABB) y bananos de cocción (AAB).

Los híbridos, son a menudo rechazados por los consumidores debido a algunos defectos visuales, sensoriales y de textura, así como bajo contenido de materia seca y la duración de vida en estado verde (Arvanitoyannis y Mavromatis, 2009).

Desde metodologías numerosas, se utilizan para describir los análisis proximales de los bananos de postre (Forster *et al.*, 2002); de plátanos o de bananos de cocción y en diferentes etapas de maduración, sin ningún tipo de comparación entre los grupos o los modos de consumo.

La gran biodiversidad de plantas de musáceas se convierten en un potencial activo en cualquier programa que tiene como objetivo desarrollar frutas organolépticas y nutricionales de calidad, incluyendo macro constituyentes, su sabor y contenido de antioxidantes. La preocupación por desarrollar soluciones nuevas de acuerdo con lo que demandan los consumidores es una fuerza motriz para mejorar el conocimiento de la calidad potencial de las frutas y hortalizas y los mecanismos para su desarrollo, con la posibilidad de la utilización de estos cultivos en una amplia variedad de formas (fresco, moléculas bioactivas, productos procesados). Las opciones para los consumidores necesitan ser diversificadas y nuevos nichos de mercado se han encontrado, para permitir un mejor uso de la producción, además del alto nivel de variación morfológica asociada a su distribución geográfica llevó a la descripción de nueve sub-especies acuminata; siendo los clones más consumidos en el mundo los siguientes: Grupo AA, Sub-grupo AAA; Grupo AB; Grupo AAB; Grupo ABB; Grupo AAAA (Aurora *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo es el evaluar las características morfológicas y reológicas de almidones de musáceas provenientes del banco de germoplasma de Fedeplátano en el municipio de Chinchiná -Caldas, Colombia, para encontrar las variedades con mayor potencial agroindustrial.

Materiales y métodos

Los racimos fueron cosechados del banco de germoplasma de la colección colombiana de musáceas de la Federación Nacional de Plataneros (Fedeplátano), ubicado en la Hacienda Las Vegas,

en el Municipio de Chinchiná, Departamento de Caldas - Colombia, a 05° 00' N, 76°36' W y una altitud de 1310 m.s.n.m., la precipitación media anual es de 2510 mm bianual. La temperatura media anual es de 21°C con una variación estacional inferior a 2°C, pero importantes fluctuaciones diarias, alrededor de 17°C. Las temperaturas extremas medias anuales alcanzan 16,7 y 27,5°C. El brillo solar totaliza 1842 horas al año y la radiación solar 4.582 Wh/m²/día y en ambos casos; ocurren por debajo de la mitad del máximo posible indicando alta nubosidad en el área. La humedad relativa media anual es de 77% (Guzmán y Baldion, 2003).

La colección fue sembrada entre el 30 de septiembre y el 20 de octubre de 2008, cuenta con 146 variedades y 348 plantas, 2 o 3 plantas por variedad a una distancia de 2 metros lineales de forma aleatoria, en estado de maduración verde donde se seleccionaron 20 variedades. Posteriormente, los racimos fueron llevados a las instalaciones del laboratorio de Poscosecha de la Universidad del Quindío, donde se realizó la caracterización física de los frutos y la extracción de los almidones. Después de extraídos los almidones, se llevaron al Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Palmira-Valle, Colombia, para pruebas de RVA.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados, se utilizó un diseño completamente al azar, con análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de confianza del 95%, con el fin de comparar las medias de las variables de respuesta entre las veinte variedades analizadas. Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS V20.0.

Caracterización física

Los racimos en laboratorio se pesan, se desmanan, marcando debidamente cada mano (gaja), marcando los dedos externos con la letra A, de izquierda a derecha iniciando desde el número 1. Los dedos internos, se marcan con la letra B y el número consecutivo. Posteriormente, se pesan el raquis y cada una de las manos en balanza digital (Versa Portion, Model: RLP-65) y finalmente, se procede a separar cada uno de los dedos.

Peso: El peso de cada una de las manos y dedos con y sin cascara fue tomado con la ayuda de la balanza digital de precisión (Versa Portion, Model: RLP-65).

Longitud: Se tomó por medio de una cinta métrica (con precisión ± 1 mm), midiendo la longitud del fruto con y sin cascara desde la punta del pedúnculo hasta el ápice pasando sobre toda la curvatura.

Diámetro Medio: Se tomó usando una cinta métrica (con precisión ± 1 mm) y midiendo el fruto con y sin cascara por todo su centro; se usaron las formulas del perímetro de una circunferencia.

$$P = \pi \cdot D_{\text{medio}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

P=Perímetro (cm)

Dmedio=Diámetro medio (cm)

Densidad: Se realizó por medio del método de “volumen desplazado”, sumergiendo los frutos con y sin cascara en un recipiente con agua, el agua desplazada posteriormente fue pesada en la balanza analítica.

$$\rho_p = \frac{m_p}{m_{ad}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

= densidad del plátano (g).

m_p = masa del fruto o pulpa con y sin cascara (g).

m_{ad} = masa del agua desplazada por el fruto con cáscara o sin cáscara (g ó ml).

Materia seca: Se realizó una selección aleatoria de frutos de cada mano, posteriormente se pelaron y se cortaron en rodajas para secarse en el horno a 105°C durante un periodo de 48 h

$$M.S = \frac{P_{ms}}{P_{mh}} \times 100\% \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

M.S: Materia seca (%)

Pms: Peso de la muestra seca (g)

Pmh: Peso de la muestra húmeda (g)

Porcentaje de cascara: Una vez pelados los frutos, se pesó la cascara y la pulpa, calculando la relación existente.

Fracción Comestible (Kg/planta de MS):

se calculó como sigue:

$$F_c = (\text{Pr} - \text{Prq}) * \% \text{ pulpa} * \% \text{ MS}$$

Donde:

Pr: peso del racimo

Prq: peso del raquis

%pulpa: porcentaje de pulpa

%MS: porcentaje de materia seca (MS)

Tabla 1. Clasificación genética y variables físicas de las musáceas evaluadas.

| Variedad | Genotipo | Clasificación genética | Sub-grupo | Peso racimo (Kg) | No. manos | No. frutos | No. Frutos/Mano |
|----------------------|----------|------------------------|----------------------------|------------------|-----------|------------|-----------------|
| Banano Gran Enano | AAA | Triploide 2n=3x=33 | Cavendish | 36 | 11 | 200 | 13-22 |
| Banano Manzano | AAB | Triploide 2n=3x=33 | Silk | 17 | 11 | 164 | 14-24 |
| Guineo Cachaco Enano | ABB | Triploide 2n=3x=33 | Bluggoe | 15 | 5 | 77 | 17-24 |
| Cachaco Pelipita | ABB | Triploide 2n=3x=33 | Pelipita | 24 | 8 | 98 | 12-14 |
| Pompo Comino | AAB | Triploide 2n=3x=33 | Popoulou | 20,5 | 10 | 104 | 10-13 |
| FHIA 25 | AAB | Triploide 2n=3x=33 | Hibrido-Indefinido | 38 | 11 | 217 | 17-25 |
| Fougamou | ABB | Triploide 2n=3x=33 | Pisang Awak | 26 | 12 | 184 | 15-18 |
| Kelong Mekintu | AAB | Triploide 2n=3x=33 | Plantain Dominico Africano | 15,5 | 8 | 95 | 12-14 |
| Pisang Berlin | AA | Diploide 2n=2X=22 | No tiene | 12,5 | 7 | 96 | 9-18 |
| Lacatan | AA | Diploide 2n=2X=22 | Banano Cavendish | 28,3 | 10 | 179 | 16-29 |
| Bluggoe | ABB | | Bluggoe | 17 | 8 | 93 | 8-15 |
| FHIA 2 | AAA | Triploide 2n=3x=33 | Banano Hibrido | 27 | 11 | 150 | 9-15 |
| Saba 1 Bluggoe | ABB | Triploide 2n=3x=33 | Saba | 19 | 8 | 100 | 6-15 |
| Yangambi KM5 | AAA | Triploide 2n=3x=33 | Ibota | 33 | 10 | 234 | 20-41 |
| FHIA 3 | AAAB | Tetraploide 2n=4x=44 | Hibrido- Bluggoe | 17,3 | 7 | 93 | 12-14 |
| SH-3436-9 | AAAB | Tetraploide 2n=4x=44 | Banano Hibrido | 47 | 12 | 197 | 16-20 |
| Guineo Nakitengua | AAA | Tetraploide 2n=4x=44 | Mutika Lujuguira | 28,5 | 11 | 202 | 17-30 |
| Seredow Cavendish | AAA | Triploide 2n=3x=33 | Cavendish | 31 | 9 | 167 | 12-38 |
| Figue Famille-138 | AAB | Triploide 2n=3x=33 | Pome Manzano | 18 | 9 | 141 | 13-18 |
| FHIA 23 | AAAA | Tetraploide 2n=4x=44 | Gros Michel cv. Highgate | 55,1 | 13 | 230 | 16-23 |

Extracción de almidón y determinación de las curvas de empastamiento de almidones

Los dedos caracterizados se cortaron en rodajas, licuados con agua destilada por 1 minuto a baja velocidad, el homogenizado se pasa a través de una malla de 100µm, con adición de agua destilada y se deja sedimentar. El sedimento correspondiente al almidón, se seca en un horno de convección a 40°C por 24h y se almacena a 12°C y 92% de humedad en bolsas de polietileno con cierre hermético (Lucas *et al.*, 2013).

Las propiedades de las curvas de empastamiento de los almidones de las musáceas seleccionadas, se estudiaron utilizando un analizador rápido de viscosidad RVA-4 (Viscoamilograma RVA Rapid Visco Analyser, Newport Scientific Narabeen, NSW, Australia), con perfil definido de temperatura (50 hasta 90°C a 6°C/min., para mantener la temperatura durante 5 minutos y luego enfriar hasta 50°C a 6°C/min.). Se preparó una suspensión con una concentración del 7% en base seca.

Resultados y discusión

Caracterización Física

En la tabla 1, se muestra la clasificación genética y el tamaño de los racimos de las variedades se-

leccionadas, donde del total de variedades evaluadas los grupos genéticos con mayor participación son AAA, AAB y ABB cada uno con 5 variedades y/o clones, mientras los grupos AAAB y AA con dos variedades y el grupo AAAA con una sola variedad; observándose que las variedades con mayor peso fueron la variedad FHIA 23 (55,1Kg), seguida de la variedad SH-3436-9 (47Kg) y la variedad FHIA 25 (38Kg).

Es necesario resaltar que el desarrollo de las características de los racimos de las musáceas depende de factores genéticos, agroclimáticos, la edad del cultivo, entre otras; lo que demuestra que las características morfológicas dependen de la interacción genotipo x ambiente.

Al mismo tiempo, es importante observar que las variedades con mayor peso de racimo son las que tienen un número de manos (gajas), dedos y mayor número de dedos promedio por mano (Tabla 1); es así como la variedad FHIA 23, con un peso de racimo de 55,1kg, tiene un total de 13 manos, 230 dedos y un promedio de 16-23 dedos/mano, este mismo comportamiento se observa en los racimos de las variedades SH 3436-9 y FHIA 25.

En la tabla 2, se puede apreciar el grupo de bananos que presentó mayor peso promedio de dedo (variedades SH-3436-9 y FHIA-23), indicando la variabilidad en el tamaño de los dedos en un mismo racimo, donde generalmente los

Tabla 2. Peso, longitud y diámetro medio de los frutos con y sin cascara de las musáceas evaluadas.

| Variedad | | Peso fruto con cascara (gr) | Peso fruto sin cascara (gr) | Longitud fruto con cascara (cm) | Longitud fruto sin cascara (cm) | Diámetro fruto con cascara (cm) | Diámetro fruto sin cascara (cm) |
|----------------------|------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Banano Gran Enano | AAA | 150,59±22,80 | 80,29±13,41 | 20,24±2,20 | 17,97±5,23 | 4,05±0,28 | 3,05±0,19 |
| Banano Manzano | AAB | 73,38±13,73 | 45,40±9,58 | 13,57±1,45 | 11,60±1,37 | 3,59±0,21 | 2,83±0,20 |
| Guineo Cachaco Enano | ABB | 194,35±18,85 | 119,40±16,13 | 20,60±1,33 | 17,41±1,50 | 4,73±0,20 | 3,77±0,21 |
| Cachaco Pelipita | ABB | 206,91±43,29 | 96,94±21,77 | 20,60±2,22 | 15,93±2,06 | 5,03±0,36 | 3,61±0,32 |
| Pompo Comino | AAB | 178,33±57,60 | 106,91±34,39 | 19,61±3,35 | 16,99±2,78 | 4,48±0,39 | 3,56±0,30 |
| FHIA 25 | AAB | 143,85±21,51 | 71,45±11,78 | 19,99±1,83 | 16,79±1,45 | 3,92±0,16 | 2,78±0,19 |
| Fougamou | ABB | 121,82±18,12 | 71,90±10,68 | 16,97±1,48 | 14,45±1,34 | 4,12±0,16 | 3,23±0,14 |
| Kelong Mekintu | AAB | 144,66±27,37 | 72,35±13,51 | 21,63±2,38 | 16,93±2,02 | 4,10±0,26 | 3,04±0,16 |
| Pisang Berlin | AA | 122,02±19,18 | 65,52±9,12 | 21,16±2,26 | 18,92±2,02 | 3,45±0,14 | 2,57±0,38 |
| Lacatan | AA | 139,16±19,79 | 82,67±12,84 | 20,90±1,59 | 18,98±1,43 | 3,78±0,17 | 2,95±0,15 |
| Bluggoe | ABB | 160,96±32,27 | 79,58±17,80 | 18,15±2,13 | 14,15±1,66 | 4,95±0,35 | 3,63±0,34 |
| FHIA 2 | AAA | 152,81±18,62 | 77,99±10,94 | 19,43±1,34 | 16,61±1,30 | 4,54±0,20 | 3,33±0,16 |
| Saba 1 Bluggoe | ABB | 154,50±32,17 | 75,41±17,14 | 17,48±2,10 | 14,83±9,82 | 4,81±0,36 | 3,46±0,39 |
| Yangambi KM5 | AAA | 127,07±14,39 | 81,78±9,12 | 17,72±1,41 | 16,42±1,22 | 3,90±0,14 | 3,28±0,18 |
| FHIA 3 | AAAB | 168,22±30,16 | 71,37 ±15,04 | 20,62±2,03 | 14,85±1,68 | 4,88±0,34 | 3,33±0,28 |
| SH-3436-9 | AAAB | 205,86±62,37 | 113,44±34,84 | 22,66±4,06 | 20,90±4,05 | 4,39±0,34 | 3,33±0,26 |
| Guineo Nakitengua | AAA | 127,86±24,10 | 68,73±13,39 | 16,15±2,23 | 13,92±1,73 | 6,10±0,74 | 3,23±0,18 |
| Seredow Cavendish | AAA | 171,74±22,00 | 101,17±12,83 | 20,82±1,97 | 18,78±1,82 | 4,12±0,33 | 3,23±0,15 |
| Figue Famille-I38 | AAB | 112,37±13,86 | 60,24±7,44 | 17,26±1,92 | 14,40±1,42 | 3,87±0,14 | 2,93±0,12 |
| FHIA 23 | AAAA | 205,54±39,47 | 115,05±24,00 | 23,40±3,16 | 20,56±2,36 | 4,23±0,23 | 3,39±0,06 |

dedos mas grandes se encuentran en las primeras cuatro manos y/o gajas del racimo y a partir de la quinta mano el tamaño de los dedos comienza disminuir en todas las variedades.

La variedad de banano que menor peso presento fue el banano manzano con un peso promedio de $73,38 \pm 13,73$ g; para las variedades de consumo en cocción la que presento su mayor peso fue el Cachaco Pelipita con un peso de $206,91 \pm 43,29$ g, la variedad de cocción que presento menor peso fue la variedad Fougamou con $121,82 \pm 18,12$ g. Por los híbridos de cocción el FHIA-3 presente un peso promedio de $168,22 \pm 30,16$ g.

En el peso de la pulpa en los bananos de postre se encontró, que la variedad con mayor peso fue la FHIA 23 con un peso de $115,05 \pm 24$ g y la variedad con menor peso fue el banano Manzano con $45,4 \pm 9,58$ g. Para las variedades de cocción la que más peso de pulpa presento fue el Guineo Cachaco Enano con un valor de $119,4 \pm 16,13$ g, la variedad de cocción con menor peso fue Guineo Nakitengua con un valor de $68,73 \pm 13,39$ g y entre los híbridos de cocción la variedad FHIA-3 tuvo un peso promedio de $71,37 \pm 15,04$ g.

Con respecto a la longitud de la pulpa, la variedad que presentó mayores valores fueron los bananos de la variedad SH-3436-9 con $20,9 \pm 4,05$ cm. Con respecto a las variedades de cocción, la que presento mayor longitud promedio

de pulpa fue el Guineo Cachaco Enano con un valor de $17,41 \pm 1,5$ cm.

Para las variedades de consumo en cocción, la que mayor diámetro presentó fue el Guineo Nakitengua con un valor $6,1 \pm 0,74$ cm con cascara y $3,23 \pm 0,18$ cm sin cascara, la variedad cocción que menor diámetro promedio presento fue el Fougamou con $4,12 \pm 0,16$ cm con cascara y $3,23 \pm 0,14$ cm sin cascara.

En Colombia para la transformación industrial en especial de chips, se recibe la materia prima sin cáscara, utilizando para ello las variedades más grandes, de mayor diámetro y menor porcentaje de cascara. Con respecto al diametro del fruto sin cáscara, el valor minimo exigido es de 3,5cm.

En la tabla 3, se observa el porcentaje de cáscara, materia seca y fracción comestible de cada uno de las variedades evaluadas, los bananos que presentaron mayor y menor porcentaje de cáscara fueron: Pisang Berlin con $57,37 \pm 4,36\%$ y el Yangambi Km5 con $32,93 \pm 1,29\%$. Para Los bananos de cocción e híbridos, la variedad con mayor porcentaje de cáscara fue el híbrido FHIA-3 con $56,44 \pm 5,73\%$, la variedad que presento menor porcentaje de cáscara para estas variedades fue el Guineo Cachaco Enano con un valor de $35,67 \pm 4,20\%$, las demás variedades presentaron valores promedio entre $41,29 \pm 1,97\%$ para el Pompo Comino y $52,69 \pm 5,57\%$ para el Cachaco Pelipita.

Tabla 3. Materia seca y Fracción comestible en Kg de las musáceas evaluadas

| Formas de Consumo | Variedad | % Materia Seca | Fracción Comestible (Kg de materia seca) | % Cáscara |
|--|------------------------|------------------|--|------------------|
| Crudos: Bananos (AA:AAA) Cavendish y Gros Michel | Banano Gran Enano | $28,79 \pm 2,95$ | 5,89 | $43,15 \pm 2,75$ |
| | Banano Manzano | $30,85 \pm 1,46$ | 3,50 | $33,35 \pm 3,39$ |
| | SH-3436-9 | $36,64 \pm 2,04$ | 9,42 | $45,29 \pm 1,81$ |
| | Banano FHIA 25 | $28,61 \pm 0,96$ | 5,48 | $49,57 \pm 1,91$ |
| | Yagambi Km 5 | $24,09 \pm 1,02$ | 5,33 | $32,93 \pm 1,29$ |
| | FHIA 23 | $23,31 \pm 2,61$ | 7,52 | $41,44 \pm 2,54$ |
| | Seredow Cavendish | $26,24 \pm 1,42$ | 5,05 | $37,94 \pm 2,44$ |
| | Figue Famille-I38 | $33,40 \pm 3,42$ | 3,28 | $45,41 \pm 2,14$ |
| | Pisang Berlin | $33,18 \pm 1,16$ | 1,77 | $57,37 \pm 4,36$ |
| | FHIA 2 | $31,05 \pm 1,54$ | 4,29 | $48,84 \pm 2,52$ |
| | Lacatan | $29,79 \pm 2,63$ | 4,96 | $40,51 \pm 2,16$ |
| | Guineo Cachaco Enano | $20,33 \pm 0,70$ | 1,96 | $35,67 \pm 4,20$ |
| | Cachaco Pelipita | $39,50 \pm 2,16$ | 4,48 | $52,69 \pm 5,57$ |
| | Fougamou (pisang awak) | $36,37 \pm 1,51$ | 3,89 | $58,90 \pm 2,64$ |
| Cocidos Bananos de cocción, No plantain y algunos híbridos FHIA. | Guineo Nakitengua | $25,84 \pm 1,28$ | 4,11 | $44,16 \pm 2,18$ |
| | Bluggoe | $35,73 \pm 1,47$ | 3,00 | $50,66 \pm 3,96$ |
| | Kelong Mekintú | $44,05 \pm 1,37$ | 3,43 | $58,90 \pm 2,64$ |
| | Pompo Comino | $34,58 \pm 0,98$ | 4,16 | $41,29 \pm 1,97$ |
| | Saba 1 Bluggoe | $33,03 \pm 0,81$ | 3,07 | $51,16 \pm 2,73$ |
| | FHIA 3 | $31,63 \pm 1,32$ | 2,38 | $56,44 \pm 5,73$ |

Esta variable es significativamente importante debido a la aceptación de nuevas variedades en el mercado agroindustrial que demanda evitar el desecho de residuos y optimizar el rendimiento.

En adición a lo anterior, la Tabla 3, expone los bananos que presentaron mayor porcentaje de materia seca, la variedad SH-3436-9, Figue Famille-138 y Pisang Berlin con 36,64±2,04%, 33,40±3,42% y 33,18±1,16%, respectivamente.

Es importante resaltar que las variedades con contenidos de materia seca mas bajos como los bananos de postre, tienen preferencia al consumo en fresco en estado maduro debido a que al contener mayor contenido de agua la pulpa es más suave y dulce; mientras las variedades con mayor contenido de materia seca tienen preferencias de consumo en estado verde como cocción en agua y en aceite (Castellanos y Lucas, 2011; Hoyos-Leyva *et al.*, 2012).

Con respecto a las variedades de cocción e híbridos, se presentó que las variedades más representativas fueron el Kelong Mekintu y Cachaco Pelipita con valores de y 44,05±3,43% 39,5±2,16% de materia seca respectivamente y en cuenta a fracción comestible presentaron valores

de 3,43 y 4,48kg de materia seca, las variedades con menor porcentaje fueron el Guineo Cachaco Enano y el Guineo Nakitengua con valores de 20,33±0,70% y 25,84±1,28% de materia seca respectivamente.

Esta información resulta de gran importancia porque las variedades que presentan mayor porcentaje de materia seca, pueden ser de gran interés para la industria de las frituras. Igualmente, las variedades con cantidades considerables de fracción comestible, más rendimiento de harina se obtendrá (Castellanos y Lucas, 2011; Hoyos-Leyva *et al.*, 2012).

Análisis de viscoamilograma (RVA) de almidones

En la tabla 4 y figura 1, se presentan las curvas de empastamiento de los almidones provenientes de los racimos de cada una de las variedades de musáceas estudiadas. En los plátanos de cocción, la temperatura de inicio de gelatinización varió entre 76,47°C y 69,58°C para las variedades Cachaco Pelipita y Saba 1 Bluggoe, respectivamente.

Las variedades para cocción, requieren mayor cantidad de energía para gelificarse, lo que

Tabla 4. Propiedades reológicas de los almidones de las 20 variedades de musáceas evaluadas.

| Formas de Consumo | Variedad | Temperatura de inicio de gelatinización °C | Tiempo en temperatura de inicio de gelatinización (min) | Viscosidad máxima (Cp) | Breakdown (cP) | Setback (cP) | Viscosidad final (cP) | Facilidad de cocción (min) |
|---|------------------------|--|---|------------------------|----------------|--------------|-----------------------|----------------------------|
| Crudos: Bananos de postre (AA:AAA) Cavendish y Gros Michel | Banano Gran Enano | 72,65 | 4,79 | 1201,05 | 32,96 | 46,00 | 1066,00 | 7,24 |
| | Banano Manzano | 71,52 | 4,60 | 758,94 | 141,00 | 151,00 | 1036,00 | 7,32 |
| | SH-3436-9 | 73,53 | 4,94 | 1346,51 | 178,00 | -43,00 | 1767,00 | 3,24 |
| | Banano FHIA 25 | 69,54 | 4,28 | 1128,56 | 80,00 | 90,00 | 1394,00 | 6,93 |
| | Yagambi Km 5 | | | | | | | |
| | FHIA 23 | 69,13 | 4,19 | 1441,76 | 74,00 | 78,00 | 1712,00 | 8,32 |
| | Seredow Cavendish | 72,71 | 4,81 | 915,72 | 61,00 | 54,00 | 906,00 | 8,16 |
| | Figue Famille-138 | 69,98 | 4,34 | 1055,96 | 58,00 | -152,00 | 1026,00 | 4,33 |
| | Pisang Berlin | 69,88 | 4,33 | 1200,27 | 369,00 | 329,00 | 1729,00 | 4,37 |
| | FHIA 2 | 73,28 | 4,90 | 819,33 | 95,00 | 92,00 | 1120,00 | 7,75 |
| | Lacatan | 69,77 | 4,30 | 1115,42 | 93,00 | 127,00 | 1440,00 | 7,49 |
| | Guineo Cachaco Enano | 74,18 | 5,04 | 1320,06 | 89,00 | 98,00 | 1411,00 | 6,88 |
| | Cachaco Pelipita | 76,47 | 5,43 | 1108,85 | 50,00 | -4,00 | 1271,00 | 6,44 |
| | Fougamou (pisang awak) | 70,92 | 4,49 | 736,85 | 81,00 | 482,70 | 688,00 | 4,05 |
| Cocidos: Bananos de cocción, No plantain y algunos híbridos FHIA. | Guineo Nakitengua | 75,08 | 5,19 | 669,90 | 40,00 | 48,00 | 866,00 | 6,94 |
| | Bluggoe | 73,28 | 4,90 | 822,33 | 18,00 | 12,00 | 1232,00 | 8,04 |
| | Kelong Mekintú | 75,68 | 5,29 | 1010,19 | 24,00 | 21,00 | 1279,00 | 5,53 |
| | Pompo Comino | 72,41 | 4,75 | 1509,78 | 45,00 | 9,00 | 1724,00 | 5,36 |
| | Saba 1 Bluggoe | 69,58 | 4,28 | 878,71 | 28,00 | 6,00 | 1114,00 | 4,98 |
| | FHIA 3 | 73,28 | 4,90 | 821,25 | 47,00 | 59,00 | 1074,00 | 6,71 |

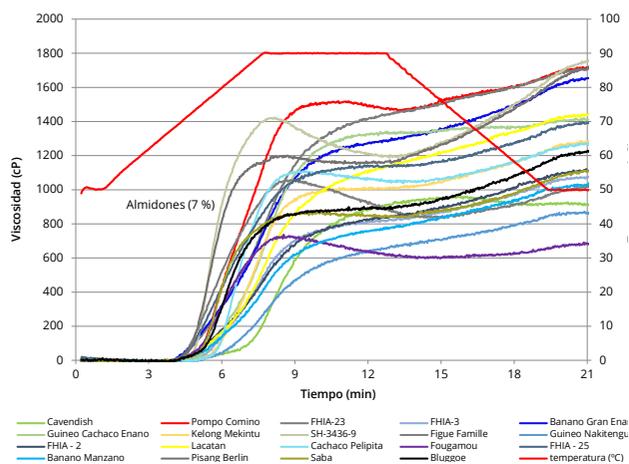


Figura 1. Resultados del RVA de los almidones de las 20 variedades de m-sáceas evaluadas

concuera con lo reportado por: Lucas *et al.*, 2013; Álzate *et al.*, 2013; indicando que estas variedades poseen mayor contenido de amilosa, haciendo que el agua tarde más tiempo en ser absorbida por el fruto.

La menor temperatura de gelatinización, la presento la variedad FHIA-23 con 69,13°C y la más alta, fue presentada por la variedad Cachaco Pelipita, con una temperatura de 76,47°C; coincidiendo que en ambos grupos de clasificación, las variedades que presentaron temperaturas de inicio de gelatinización mas bajas (FHIA-23 y Saba 1 Bluggoe) también se demoraron menos tiempo para alcanzarla, igual comportamiento presentaron las variedades con temperaturas de inicio de gelatinización altas (SH-3436-9, Cachaco Pelipita), quienes necesitaron de mayor tiempo (Tabla 4).

Las variedades que menor viscosidad desarrollaron, dentro del grupo de bananos de postre, fue la variedad Fougamou con 736,85cP y FHIA 2 con 819,33cP y las mayores viscosidades la presentaron las variedades FHIA 23 y SH-3436-9 con 1441,76cP y 1356,41cP, respectivamente. Lo anterior, coincide con lo reportado por: Lucas *et al.*, 2013; Álzate *et al.*, 2013, quienes confirman los grupos de platanos de cocción con necesidad de mas energía para poder gelatinizar y tardan mas tiempo para cocinarse y ablandarse; atribuyéndole este comportamiento al menor contenido de minerales como calcio y magnesio y al mayor contenido de amilosa. Al mismo tiempo se confirma lo reportado por Da mota *et al.*, 2000 y Zhang *et al.*, 2005, quienes reportan que dichos contrastes en el comportamiento en la gelatinización y cocción de los almidones, se debe a las diferencias entre variedades y grupos genéticos.

En la variable Breakdown o inestabilidad del gel, que evalúa la estabilidad y resistencia de los

geles al cizallamiento en procesos agroindustriales, representando la fragmentación del granulo de almidón y entre mas bajo sea el valor mas estables son los almidones a la fragmentación mecánica (Hoyos-Leyva *et al.*, 2012; Lucas *et al.*, 2013; Álzate *et al.*, 2013).

La variable reorganización o setback, que define la reasociación de los polímeros de almidones solubles y los fragmentos granulares insolubles, durante la fase de enfriamiento, se asocia a la retrogradación (Hoyos-Leyva *et al.*, 2012; Lucas *et al.*, 2013; Álzate *et al.*, 2013). La caída de viscosidad de algunos almidones se presenta por la relación amilosa/amilopectina, la cual imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones. La amilosa, se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (Alvis *et al.*, 2008).

El incremento gradual de la viscosidad durante el período de enfriamiento, se debe al restablecimiento de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina, dando lugar a la consistencia tipo gel, por la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera. Este incremento de la viscosidad, indica la tendencia de varios constituyentes presentes en la pasta caliente (gránulos hinchados, fragmentos de gránulos hinchados, moléculas de almidón coloidal y dispersas) para asociarse o retrogradar mientras la temperatura de la pasta disminuye (Lucas *et al.*, 2013, Álzate *et al.*, 2013; Hoyos-Leyva *et al.*, 2012); encontrándose que las variedades consideradas bananos de postre, presentaron valores mas altos comparadas con los platanos de cocción, donde los clones SH-3436-9, Pisang Berlin y Guineo Cachao Enano, presentaron los valores mas altos con 1767cP, 1729cP y 1411cP.

En facilidad de cocción de las variedades para consumo en fresco (crudos), SH-3436-9 tuvo el menor tiempo con (3,24min) y el FHIA-23 tuvo el mayor tiempo con (8,32min), las demás variedades presentaron tiempos entre (4min) y (7,50 min). Esta diferencia de comportamiento en la facilidad de cocción, se puede atribuir a la presencia de gránulos de almidón que ocupan una mayor área superficial en la solución, mientras que los gránulos de almidón que ocupan menos área superficial en la solución, inciden directamente en un tiempo menor en relación a la facilidad de cocción de la pasta (Alvis *et al.*, 2008; Hoyos-Leyva *et al.*, 2012; Lucas *et al.*, 2013; Álzate *et al.*, 2013).

Conclusiones

Las variedades FHIA-23, Gran Enano, FHIA-25 y Yangambi Km5, presentaron mayor peso en su racimo, considerándose variedades promisorias para el mercado agroindustrial.

Las variedades Fougamou, FHIA-25, Pisang Berlin, Saba 1 Bluggoe, FHIA-3, Bluggoe y Kelong Mekintu presentaron porcentajes de cascara superiores al 50%, lo cual indica que son variedades que al procesarse generarían gran cantidad de desperdicios y bajo rendimiento.

Las variedades Cachaco Pelipita, Fougamou, Kelong Mekintu y SH-3436-9, presentaron porcentajes de materia seca superiores al 35%, lo cual indica que estas variedades serían de gran importancia para el sector de las frituras.

Las variedades que presentaron mejores comportamientos frente a las propiedades de viscosidad máxima, breakdown, facilidad de cocción y consistencia fueron FHIA-23, Guineo Enano, Banano Gran Enano, Pompo Comino, lo cual indica que estas variedades tendrían gran capacidad para resistir los procesos de retrogradación y la sinéresis.

Referencias

- Alvis. A. Vélez. C.A. Villada. H.S. & Rada-Mendoza. M. (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Información Tecnológica*, 19(1), 19-28.
- Álzate. C.E. Quintero. C.V. Lucas. A.J.C. (2013). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto (*Erytina Edulis Triana Ex Micheli*). *Temas Agrarios*, 18(2), 21 - 35.
- Aurore. G. Parfait. B. & Fährasmane. L. (2009). Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends Food Sci Tech*, 20, 78-91. doi:10.1016/j.tifs.2008.10.003.
- Arvanitoyannis. I.S. Mavromatis. A. (2009). Banana cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 49(2), 113-135. doi: 10.1080/10408390701764344.
- Bakry. F. Carreel. F. Jenny. C. Horry. J.P. (2008). Genetic Improvement of Banana, Chapter I. In *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*; Jain, S. M., Priyadarshan, P. M., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp 3-50.
- Castellanos-Galeano. F.J. Lucas-Aguirre. J.C. (2011). Caracterización física de variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. *Acta Agron.*, 60(2), 176-182.
- Da mota. R.V. Lajolo. F.M. Ciacco. C. & Cordenunsi. B.R. (2000). Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch/Stärke*, 52 (2 - 3), 63 - 68. doi: 10.1002/(SICI)1521-379X(200004)52:2/3<63::AID-STAR63>3.0.CO;2-V.
- Dufour. D. Gibert. O. Giraldo. A. Sánchez. T. Reynes. M. Pain. J.P. González. A. Fernández. A. & Díaz. A. (2009). Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 2. Thermal and functional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa sp.*). *J Agric Food Chem*, 57(17), 7870 - 7876. doi: 10.1021/jf900235a.
- Forster. M.P. Rodríguez-Rodríguez. E. Romero. C.D. (2002). Differential characteristics in the Chemicals composition of bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. *J Agric Food Chem*, 50 (26), 7586-7592. doi: 10.1021/jf0257796.
- Guzmán. M. O. Baldion. R.J.V. (2003). El clima en la sede principal del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas. *Cenicafe*, 54(2), 110-133.
- Hoyos-Leyva. J.D. Jaramillo-Jiménez. P.A. Giraldo-Toro. A. Dufour. D. Sánchez. T. Lucas-Aguirre. J.C. (2012). Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa spp.*). *Acta Agron*, 61(3), 214-229.
- Lucas. J.C. Quintero. C.V. Cárdenas. V.C. (2013). Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum L.*). *Acta Agron*, 62(2), 83-96.
- Zhang. P. Whistler. R. BeMiller. J.N. Hamaker. B.R. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility- a review. *Carbohydr Polym*, 59(4), 443-458. doi:10.1016/j.carbpol.2004.10.014.