

Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de aminoácidos de harina de plátano de dos clones

Effect of thermal treatment on content of amino acids of two clones of banana flours

Efeito do tratamento térmico no teor de aminoácidos de dois clones de farinhas de banana

Pablo Rodríguez¹; Elevina Pérez^{2*}

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.

² Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apartado Postal 47097, Caracas 1041-A, Venezuela.

pabloerf@gmail.com, *perezee@hotmail.com

Fecha Recepción: 9 de octubre de 2014

Fecha Aceptación: 30 de enero de 2015

Resumen

El objetivo de la investigación fue medir el efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de proteína cruda y el perfil total de aminoácidos en las harinas de banana cocido, elaborado a partir de los cultivares de *Musa* AAB, subgrupo cv *Hartón* común, y enanos. La parte comestible de los dos cultivares de banana con y sin pre-tratamiento térmico se deshidrató mediante el procedimiento deshidratación convencional con aire forzado. Las harinas obtenidas se analizaron en su contenido de humedad, proteína cruda, perfil de aminoácidos, equilibrio de aminoácidos, y a_w . Los resultados indican un aumento en el contenido de humedad y la actividad de agua de la harina tratada térmicamente antes de la deshidratación. Sin embargo, sus niveles son adecuados para permitir larga vida útil en anaquel. La harina de plátano *Hartón* común contiene más altas concentraciones de aminoácidos que la harina de *Hartón* enano. Los aminoácidos predominantemente presentes en ambas harinas fueron ácido glutámico, ácido aspártico, lisina, alanina, arginina y leucina. La composición total de aminoácidos y el equilibrio aminoacídico se redujeron en las harinas por el efecto de tratamiento térmico antes de la deshidratación, siendo el triptófano, el principal aminoácidos limitante en todas las harinas. De los datos obtenidos en el estudio, se sugiere el enriquecimiento de estas harinas con proteínas de alta calidad biológica para proponerlas como ingredientes en alimentos.

Palabras clave: plátano, harina, balance aminoacídico, aminoácidos.

Abstract

The goal of the researching was to measure the effect of heat treatment on the crude protein content and total amino acids profile in cooked banana flours elaborated from bananas of the cultivars (*Musa* AAB, cv joint sub group *Hartón* common, and dwarf). The edible portion from the two bananas cultivars with and without thermal pre-treatment was dehydrated by using the oven conventional procedure. The flours obtained were analyzed in their content of moisture, crude protein, amino acid profile, amino acid balance, and a_w . The results indicate an increase in the moisture content and water activity of the thermally treated flour prior to dehydration. However, their levels are adequate to permit long shelf life. *Hartón* common banana flour contains higher concentrations of amino acids than those obtained for flour obtained from the *Hartón* dwarf. The amino acids predominantly present in both flours were glutamic acid, aspartic acid,

lysine, alanine, arginine and leucine. The total amino acid composition and aminoacidic balance were decreased in the flours by effect of the thermal treatment prior to dehydration, being the tryptophan, the main limiting amino acid in all of the analyzed flours. From the data obtained in the study, it is suggested the enrichment of these flours with protein with high biological quality when proposing for food uses.

Keywords: banana, flour, aminoacid balance, amino acids.

Resumo

O objetivo da pesquisa foi medir o efeito do tratamento térmico sobre o teor de proteína bruta e do perfil total de aminoácidos em farinhas de banana cozida elaborado a partir de bananas das cultivares (*Musa* AAB, cv sub conjunta grupo *Hartón* comum e anão). A parte comestível a partir das duas bananas cultivares com e sem pré-tratamento térmico foi desidratada utilizando o procedimento convencional do forno. As farinhas obtidas foram analisadas em seu teor de umidade, proteína bruta, o perfil de aminoácidos, o balanço de aminoácidos, e a_w . Os resultados indicam um aumento no teor de umidade e actividade da água da farinha tratada termicamente antes da desidratação. Contudo, os seus níveis são suficientes para permitir que a vida de prateleira longa farinha de banana. *Hartón* comum farinha contém altas concentrações de aminoácidos do que os obtidos para a farinha obtida a partir do *Hartón* anão. Os aminoácidos predominantemente presentes em ambas as farinhas foram o ácido glutâmico, ácido aspártico, lisina, alanina, arginina e leucina. A composição de aminoácidos total e o equilíbrio de aminoácidos foram diminuídas nas farinhas por efeito do tratamento térmico antes da desidratação, sendo o triptofano, o aminoácido limitante principal em todas as farinhas analisadas. A partir dos dados obtidos no presente estudo, é sugerido que o enriquecimento dessas farinhas com proteínas com alto valor biológico ao propor para usos alimentares.

Palabras-chave: banana, farinha, equilibrio de aminoácidos, aminoácidos.

Introducción

La mayoría de expertos en el cultivo de banano (*Musa* sp), coinciden que la Península de Malasia en el continente Asiático es el centro de origen de todas las variedades conocidas en el mundo y que han sido introducidas en América [1,2].

El término banano incluye las frutas de la planta del banano clasificadas como de postre y de cocción, comúnmente conocidas como cambur o banano y plátano, respectivamente. El banano es un fruto comercialmente muy importante y está dentro de los principales alimentos consumidos en el mundo, sobre todo en regiones con bajos recursos económicos. Los principales productores de banano (plátano *hartón*) para el año 2014 fueron: Uganda (9.000.000TM), Ghana (3.500.000TM), Camerún (3.400.000TM), y Colombia (3.100.000TM) [3].

100g de harina de banano aportan más 200 calorías [1,4], adicional a su aporte calórico, se conoce que estas harinas contienen minerales como potasio (0,09-0,12%), calcio (0,03- 0,07%) y fósforo (0,09-0,12%) y vitamina tales como la A (0,18%) y del complejo B (0,041%) [4,5]. Por otro lado, Dzomeku *et al.* [6], indican que el puré de banana madura puede ser un excelente

alimento para bebés después del sexto mes, en complemento con la leche materna y los adultos pueden consumirlo en grandes cantidades sin tener desórdenes digestivos.

Existe una gran diversidad en la composición genómica de la especie *Musa*, encontrándose en la naturaleza variedades con genomas diploides (AA, BB, AB), triploides (AAA, AAB, ABB) y tetraploides (AAAA, AB BB, AAAB y AAB B), cada una de ellas tiene variaciones inherente a su origen en cuanto a composición y propiedades funcionales. Los bananos de postre cultivados usualmente para fines comerciales, pertenecen al subgrupo AAA (*M. Cavendish*) y los de cocción a los subgrupos AAB (tipo *Hartón*) y ABB (*Sabá*) [1,2,6,7]. Los plátanos (bananos de cocción) del sub-grupo *Hartón Musa* (AAB) son los principales bananos que se consumen, en su mayoría, en forma directa en Colombia y Venezuela. Sin embargo, su altura limita la densidad de siembra porque produce la caída de las plantas conllevando a reducciones en la producción anual de la fruta. Ante esto, se ha propuesto la inclusión de otras variedades genómicas similares para su cultivo y comercialización; como es el caso del *Hartón* enano [8].

A pesar de ser un alimento básico su contenido de proteína no es significativo nutricionalmente y

varía en las harinas (base seca) entre 3 y 7%p [9-11] y la proteína de estas frutas es de muy pobre calidad [12], con un bajo contenido de aminoácidos azufrados [14].

Por otro lado, ya que este rubro presenta altas pérdidas pos-cosecha (40%), actualmente hay diversas líneas para su transformación a productos no perecederos (chips, compotas, purés, confituras, harinas, etc.) dándole valor agregado, que involucran tratamiento térmico. El tratamiento térmico puede incidir en el valor nutricional del producto. Sin embargo, poca o ninguna información se encuentra en la literatura que señale los efectos del procesamiento sobre los nutrientes del plátano y específicamente sobre el contenido de proteínas y perfil de aminoácidos. Es por ello que los objetivos de este estudio se enfocaron en la evaluación el efecto del tratamiento térmico durante la obtención de harinas de plátanos del sub grupo *Hartón* cv común y enano sobre el contenido de proteínas y aminoácidos totales.

Metodología experimental

Materiales y métodos

Las muestras de plátano utilizadas en el estudio corresponden a cultivares del grupo genómico AAB de *Musa paradisiaca*: plátano *Hartón* gigante (común) y *Hartón* enano, los cuales fueron cosechadas en su estado de madurez 1 [14,15], y suministradas por el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Maracay estado Aragua.

Para evaluar el efecto del tratamiento térmico sobre las características de las harinas, se elaboraron harinas de ambos cultivares con y sin tratamiento térmico antes de la deshidratación, siguiendo los siguientes esquemas:

Harinas sin tratamiento térmico previo a la deshidratación

Un lote de aproximadamente 20kg de frutos se seleccionaron, lavaron y se descascararon y se sumergieron en una solución de 10g de ácido cítrico por litro de solución (10g/L). La pulpa comestible una vez pelada fue cortada en rodajas entre 2-3mm con una picadora mecánica Marca METVISA, usando el disco de rebanado, las rodajas se colocaron en las bandejas del deshidratador Mitchell; Manchester, UK, y se deshidrataron a

60°C durante 24h bajo las siguientes condiciones: humedad del aire: 26,5g/kg aire seco, volumen específico: 12,42m/kg; y 18,46% de humedad relativa. Una vez deshidratadas las rodajas, se molieron hasta obtener una granulometría promedio con diámetro menor de ~0,25mm en un molino de martillo marca Fitz Mill model D (Fitzpatrick Company Inc. Chicago, USA) usando un tamiz de 60 *mesh* (Figura 1) [10]. Las muestras se codificaron como: Harina de *Hartón* común sin cocción previa a la deshidratación como: Harina de *Hartón* enano = HE y harina *Hartón* común = HC.

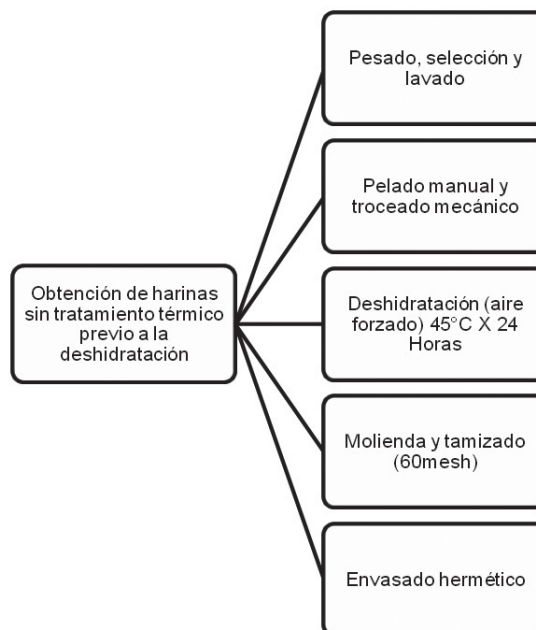


Figura 1. Flujograma de obtención de harina sin tratamiento térmico previo a la deshidratación.

Harinas con tratamiento térmico previo a la deshidratación

Los frutos de un lote de aproximadamente 20kg se seleccionaron, lavaron y se colocaron en una marmita con un volumen de agua a ebullición (98°C) en suficiente cantidad que cubriera todo el lote y se dejó en ebullición durante 20min. Transcurrido este tiempo se enfriaron por inmersión en agua fría y se descascararon. El procedimiento posterior fue bajo los mismos criterios y parámetros descritos en el ítem anterior (Figura 2). Las muestras se codificaron como: Harina de *Hartón* común con cocción previa a la deshidratación como: *Hartón* enano = HEC y Harina de *Hartón* común = HCC.

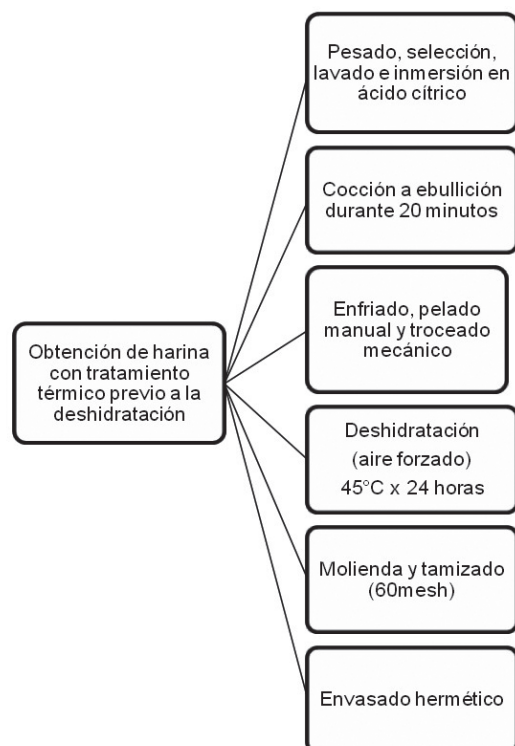


Figura 2. Flujograma de obtención de harina sin tratamiento térmico previo a la deshidratación.

Los cuatro tipos de harinas (HE, HC; HEC, HCC) fueron analizados en sus contenido de humedad, y proteína cruda (métodos N°44-16 y N°46-12 de la AACC [16]. La actividad de agua (a_w) se determinó siguiendo metodología descrita por Richard y Labuza [17]. La determinación de aminoácidos totales se realizó usando la técnica de HPLC (Perkin Elmer series 200). El procedimiento en general incluye una hidrólisis, filtrado, derivatización, inyección de la muestra en el HPLC y cuantificación [18].

A los datos obtenidos se le aplicó análisis de varianza de dos vías con interacción y prueba de rangos múltiples de Duncan a un nivel de confianza del 95%.

Resultados y Discusión

El contenido de humedad de las harinas elaboradas mostró diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), entre las muestras con y sin cocción. Los valores mayores lo presentaron las harinas con cocción (Tabla 1). El incremento en la humedad de la harina por efecto de la temperatura es atribuido según Muyonga *et al.* [19], a la gelatinización del almidón que favorece la retención de agua.

En la Tabla 1 también se observa el contenido de proteína cruda de las harinas de Hartón enano y común sin cocción y con cocción. El análisis estadístico mostró diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en el contenido de proteína de la harina de Hartón enano comparado a la harina de Hartón común ambas, sin cocción. Mientras que para la harina de Hartón enano no se observó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) por efecto del tratamiento térmico, sin embargo, hubo una pequeña reducción del contenido proteico (0,13%). El contenido de proteína la harina de banano Hartón común se redujo significativamente ($p \leq 0,05$) por efecto de la cocción. Nielsen [20], señala que esta disminución en el contenido de proteínas puede deberse a la reacción de *Maillard* en la cual algunos aminoácidos (lisina, arginina, histidina y triptófano) reaccionan con los azúcares reductores para formar melanoidinas (pardeamiento no enzimático). Asimismo, también podría deberse a la lixiviación de proteínas solubles en agua por efecto del calentamiento.

Tabla 1. Contenido de humedad, proteína cruda (bs) y actividad de agua de la harina de Hartón enano y Hartón común con y sin cocción.

Muestra Parámetro	Harina Hartón Enano		Harina Hartón Común	
	Sin cocción (HE)	Con cocción (HEC)	Sin cocción (HC)	Con cocción (HCC)
Humedad (%)	5,76±0,15a	8,31±0,10c	6,33±0,06a	8,62±0,02c
Proteína Cruda (%)*	3,80±0,10a	3,67±0,08a	3,08±0,01b	2,65±0,03c
a_w	0,244±0,01a	0,348±0,00b	0,286±0,00c	0,378±0,00d

*N x 6,25 Valores en la tabla son promedio ± desviación estándar, n=3. Valores en la fila con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Los resultados de actividad de agua de las harinas de plátanos *Hartón* enano y común sin y con cocción son reportados en la Tabla 1. Los valores de la actividad de agua de las harinas elaboradas son relativamente bajos, clasificándole como un producto seco con un a_w menor de 0,4. Esta característica de ser un producto seco con poca agua disponible le confiere estabilidad en anaquel; ya que, reduce el riesgo de contaminación microbiana y reacciones enzimáticas. Por otro lado, la inmersión de los frutos de banano en agua hirviendo (100°C) durante un tiempo mayor de 7 minutos es suficiente para inactivar la enzima polifenol oxidasa [19]. Yang *et al.* [21], encontraron que la polifenol oxidasa es inactivada completamente en bananos si se somete la pulpa a una temperatura de 80°C por 10 minutos. Los valores de a_w estuvieron entre 0,244 (harina de *Hartón* enano sin cocción) y 0,378 (harina de *Hartón* común con cocción). El análisis estadístico mostró que todos los valores de a_w en las muestras estudiadas son diferentes ($p \leq 0,05$). La harina de *Hartón* común sin y con cocción presentó mayores valores de a_w al ser comparada con la harina de *Hartón* enano. La actividad de agua, que en otras palabras, es la humedad en equilibrio de un producto, es determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie y depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto. Como se observa en la Tabla 1, los valores de a_w y del contenido de humedad de las muestras cocidas antes de su deshidratación, son mayores que los de las muestras no tratadas con calor. Esto es un indicador de que el tratamiento térmico al cual fue sometido el banano previo a la deshidratación, posiblemente induce a una mayor retención de agua libre, como agua enlazada por alteración en las fuerzas capilares, haciendo que aumente el a_w . Se ha reportado que los factores que afectan la presión de vapor de agua en los alimentos, y por tanto la a_w , son: la adsorción de las moléculas de agua a las superficies, las fuerzas capilares y las sustancias disueltas presentes [22]. Los valores de a_w determinados en este trabajo estuvieron en el rango de los valores hallados en la literatura (0,27 a 0,39) para harina de *Hartón* [23]. Tortoe *et al.* [23], encontraron que la actividad de agua de las harinas de plátano hartón

sometidas a escaldado (*blanching*) presentaron el mayor valor de a_w (0,39) entre las muestras por ellos estudiadas.

El contenido de aminoácidos totales hallados en las harinas de *Hartón* enano y común sin cocción y con cocción se compila en la Tabla 2. El análisis estadístico señala que hay efecto significativo de la variedad y el tratamiento térmico sobre la composición en aminoácidos de la harina de *Hartón* enano y común ($p \leq 0,05$). La harina de *Hartón* común sin tratamiento térmico (HC) previo a la deshidratación presentó el mayor contenido en: ácido aspártico, ácido glutámico, serina, treonina, glicina, alanina, prolina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina, e histidina que su contraparte harina de *Hartón* enano (HE); la cual, solo la superó en los contenidos de contenido de arginina, valina, cisteína y tirosina. En general, los aminoácidos presentes en mayor proporción en todas las muestras analizadas fueron ácido aspártico, ácido glutámico, lisina y alanina. En cantidades menores se hallaron los aminoácidos: arginina, serina, treonina, glicina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina y prolina y en pequeñas cantidades se identificaron: metionina, cistina y tirosina. El triptófano estuvo ausente en todas las harinas de plátano estudiadas, similares resultados se señalan en la bibliografía [24,25].

Los resultados en aminoácidos totales determinados en este trabajo se relacionan con lo reportado en la literatura. Ketiku [24] y Barthakur y Arnold [26], encontraron que los aminoácidos principales en la pulpa de plátano verde son el ácido aspártico, ácido glutámico, arginina, alanina y leucina; mientras que tirosina, histidina y metionina están presentes en mínimas cantidades. El triptófano también estuvo ausente en las muestras analizadas [24,25].

La cocción redujo significativamente ($p \leq 0,05$) el contenido de aminoácidos totales en las harinas de *Hartón* enano y *Hartón* común, disminuyendo drásticamente el contenido de valina (51,29%) y tirosina (37,83%) en harina de *Hartón* enano; e histidina (94,08%), ácido glutámico (28,11%), lisina (31,72%) y alanina (31,86%) en la harina *Hartón* común sin cocción. La cisteína fue destruida por completo por efecto de la cocción de los frutos de *Hartón* enano y *Hartón* común.

Tabla 2. Contenido de aminoácidos (mg/g de proteína) de harinas *Hartón* enano y *Hartón* común.

Aminoácido	HE	HEC	HC	HCC
Asp	74,47±0,03a	69,48±0,01b	96,23±0,15c	81,49±0,01d
Glu	127,37±0,03a	125,89±0,01b	174,34±0,15c	125,32±0,01d
Arg	61,84±0,38a	40,60±0,18b	56,23±0,03c	45,13±0,56d
Ser	43,95±0,16a	38,15±0,30b	52,83±0,02c	40,58±0,31d
Thr	29,74±0,14a	24,80±0,22b	34,34±0,01c	33,77±0,08d
Gly	40,79±0,16a	34,88±0,28b	48,30±0,06c	44,81±0,11d
Ala	50,00±0,24a	47,14±0,08b	65,28±0,06c	44,48±0,11d
Pro	23,42±0,09a	17,71±0,16b	24,53±0,00c	22,40±0,01d
Val	57,63±0,46a	28,07±0,36b	50,65±0,21c	38,87±0,29d
Met	2,45±0,03a	2,37±0,09b	3,57±0,03c	3,40±0,06d
Ile	26,32±0,11a	22,62±0,20b	31,32±0,05c	25,00±0,04d
Leu	50,26±0,18a	43,05±0,37b	59,62±0,09c	44,48±0,05d
Phe	30,26±0,14a	24,25±0,36b	33,58±0,02c	32,79±0,17d
Cys	1,05±0,03a	ND	0,97±0,01c	ND
Lys	57,63±0,11a	51,50±0,39b	71,32±0,09c	48,70±0,52d
His	0,54±0,02a	0,26±0,02b	12,66±0,27c	0,75±0,02d
Tyr	5,26±0,08a	3,27±0,11b	4,87±0,09c	4,53±0,02d
Trp	ND	ND	ND	ND

ND: No detectado. Valores en la tabla son promedio \pm desviación estándar, n=3. Valores en la fila con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

En la Tabla 3 se presenta el cómputo aminoacídico para la harina de *Hartón* enano y *Hartón* común sin cocción y con cocción. Al comparar la composición de aminoácidos esenciales de las harinas de plátano con el patrón de aminoácidos recomendado por la FAO/OMS [27] (requerimientos de aminoácidos del preescolar) para evaluar la calidad biológica de las proteínas para todas las edades (excepto

los menores de un año), se encontró que el triptófano es el principal aminoácido limitante en todas las muestras estudiadas. En general, las harinas de plátanos *Hartón* enano y *Hartón* común tienen un bajo balance aminoacídico, el cual está íntimamente ligado con la presencia de pequeñas cantidades de proteína cruda en las harinas, como ya previamente se discutió.

Tabla 3. Cómputo aminoacídico^a de las proteínas de la harina de *Hartón* común y *Hartón* enano con y sin tratamiento térmico previo a la deshidratación.

Aminoácidos	Patrón de aminoácidos ^b	HE	HEC	HC	HCC
Isoleucina	28	93,98	80,77	111,86	89,29
Leucina	66	76,16	65,23	90,34	67,39
Lisina	58	99,36	88,79	122,97	83,97
Metionina + cisteína	25	14,00	9,48	18,16	13,60
Fenilalanina + tirosina	63	56,38	43,68	61,03	59,24
Treonina	34	87,46	72,93	101,00	99,31
Triptófano	11	0,00	0,00	0,00	0,00
Valina	35	164,66	80,19	144,71	111,05
Histidina	19	2,87	1,39	66,64	3,97

^a Cómputo aminoacídico, CA= (aminoácido esencial/patrón)*100.

^b Requerimientos de aminoácidos del preescolar (Niños 2-5 años) mg de aminoácido/g de proteína, FAO/OMS, 1991 [24].

HE: harina hartón enano, HEC: harina hartón enano con cocción, HC: harina hartón común, HCC: harina hartón común con cocción.

La isoleucina, lisina, treonina y valina son los aminoácidos que cubren por completo los requerimientos de la FAO/OMS [27], en la harina de *Hartón* común y esta harina tiene un mejor balance aminoacídico que la harina de *Hartón* enano. Barthakur y Arnold [26], también encontraron un balance aminoacídico similar en la harina de plátano verde, con la cisteína como el principal aminoácido limitante. La cocción disminuyó el contenido de aminoácidos esenciales en las harinas, por tanto, también su balance de aminoácidos (ver Tabla 3).

El tratamiento térmico además tuvo efecto significativo sobre el color de la harina de plátano. El valor de ΔE^* (diferencia total de color, mayores valores a 1 indican diferencia apreciable a simple vista) fue de $8,21 \pm 0,02$ para harina de *hartón* enano y de $11,52 \pm 0,02$ para *hartón* común. Los cambios se dieron en la luminosidad y matiz amarillo de las harinas. Al realizar el tratamiento las harinas se tornaron más amarillas y oscuras. Estos cambios fueron estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$). La reducción de la luminosidad involucra la destrucción de pigmentos termolábiles, lo cual resulta consecuentemente en la formación de pigmentos marrones [28]. Muyonga *et al.* [29], también encontraron que el color de la harina de banana (*Musa cavendish*) se ve afectado por la cocción del fruto previo al pelado. Los investigadores atribuyen este hecho a la reacción de Maillard promovida por la cocción.

Conclusiones

El plátano *Hartón* común contiene mayor concentración de aminoácidos que el plátano *Hartón* enano. Sin embargo, las concentraciones de los aminoácidos: ácido glutámico, aspártico, lisina, alanina, arginina y leucina están presentes en mayor cantidad en ambas harinas. La composición de aminoácidos totales disminuye por efecto del tratamiento térmico previo a la deshidratación en la elaboración de la harina.

Las harinas de plátano *Hartón* enano y común poseen un bajo balance de aminoácidos. La valina es el único aminoácido esencial que cubre los requerimientos de la FAO para la harina de *Hartón* enano. La harina de *Hartón* común presenta un mejor balance aminoacídico que la de *Hartón* enano, además de la valina, los aminoácidos lisina, isoleucina y treonina cumplen con los requerimientos de la FAO en esta harina. El triptófano es el principal aminoácido limitante en

todas las harinas evaluadas. Asimismo, la cocción reduce el balance aminoacídico de estas harinas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela y al programa de Cooperación Post Grado (FONACYT-PCP) Francia-Venezuela, entre el CIRAD-Montpellier, Francia e Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela, por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto N° 03-7607-2009/ etapas 1 y 2 y N° 2007002000, respectivamente. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Maracay, estado Aragua por el apoyo brindado en el suministro de las muestras.

Referencias bibliográficas

- [1] Bakry F, Francoise C, Christophe J, Jean-Pierre. Genetic Improvement of Banana. Fruit and Nut Crops. 2008;1-51.
- [2] Lescot T. La diversité génétique des bananiers en chiffres. Les dossiers de fruitrop. 2008;155:29-33.
- [3] FAOSTAT. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. Acceso el 14 de enero de 2015.
- [4] INN. Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de Composición para uso práctico. Pub. 52. Serie de Cuadernos Azules. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Instituto Nacional de Nutrición. Dirección Técnico División de Investigación en Alimentos, Caracas Venezuela. 1999.
- [5] Hernández JB, Cañizares Chacín AE, Blanco G, Arrieche I, Pérez A, Salazar C, González M. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (*Musa* spp.). Revista UDO Agrícola. 2009;9(2):449-57.
- [6] Dzomeku B, Adu-Kwarteng E, Darkey S. Comparative study on the nutritional composition of two FHIA tetraploids FHIA-21 (tetraploid French plantain) and FHIA-03 (tetraploid cooking banana) in Ghana. Am. J Food Technol. 2007;2(5):452-6.
- [7] Heslop-Harrison J, Trude S. Domestication, genomics and the future for banana. Anna Bot. 2007;100:1073-84.

- [8] Pillay M, Ogundiwin E, Tenkouano A, Dolezel J. Ploidy and genome composition of *Musa* germplasm at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA). *Afri. J. of Biotech.* 2006;5:1224-32.
- [9] Martínez G, Manzanilla E, Pargas R, Marín C. Respuesta del peso de racimo y otros componentes del rendimiento del plátano "hartón enano" (*Musa* AAB) sometido a tres densidades de siembra. *Memorias XV Congreso de la Asociación de Bananeros de Colombia.* Cartagena de Indias, Colombia. Colombia: 2002. p.408-11.
- [10] Pacheco E. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad in vitro de almidón. *Acta Cient. Venezolana.* 2001;52:278-82
- [11] Pacheco E, Maldonado R, Pérez E, Schroeder M. Producción y caracterización de harinas de plátano (*Musa paradisiaca* L.) inmaduro. *Interciencia.* 2008;33:290-6.
- [12] Sharaf A, Sharaf DA, Hegazi SM, Sedky K. Chemical and biological studies on banana fruits. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft.* 1979;18:8-15.
- [13] Ly J. Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Rev. Comp. Prod. Porc.* 2004;11(3):5-25.
- [14] Menezes D. Evacuação das propriedades físicas, reológicas e químicas durante o amadurecimento da banana "prata-ana" (tesis doctoral). Brasil: Universidad Federal de Viscosa; 2006.
- [15] Von Loesecke H. *Bananas* (2º ed.) New York: Interscience. 1950.
- [16] AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods. Edition 10th. CPL Scientific Publishing; 2003.
- [17] Richard J, Labuza TP. Rapid determination of the water activity of some reference solutions, culture media and cheese using a new dew point apparatus. *Sci. Aliments.* 1990;10:57-62.
- [18] Gorinstein S, Pawelzik E, Delgado E, Haruenkit R, Weiszy W, Trakhtenberg S. Characterization of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *J. Sci. Food Agric.* 2002;82:886-91.
- [19] Muyonga JH, Ramteke RS, Eipeson WE. Pre-dehydration steaming changes physicochemical properties of unripe banana flour. *J Food Process. Preserv.* 2001;25:35-47.
- [20] Nielsen, S. *Food Analysis.* Tercera edición. Nueva York: Kuwer academic-Plenum publishers; 2003. p.257.
- [21] Yang C, Fujita S, Ashrafuzzaman M, Nakamura N, Hayashi N. Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum* L.) pulp. *J. Agric. Food Chem.* 2000;48:2732-5.
- [22] Martínez Navarrete N, Andres Grau AM, Chiralt Boix A, Fito Maupoey P. Capítulo 3, Concepto de Actividad de agua En: *Termodinámica y cinética de sistemas: alimento entorno.* Ed. Universidad Politécnica de Valencia; 1998. p. 60.
- [23] Tortoe C, Johnson P, Nyarko A. Effects of osmo-dehydration, blanching and semi-ripening on the viscoelastic, water activity and colorimetry properties of flour from three cultivars of plantain (*Musa* AAB). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2009;10:82-6.
- [24] Ketiku AO. Chemical composition of unripe (green) and ripe plantain (*Musa paradisiaca*). *J. Sci. Food Agric.* 1973;24(6):703-7.
- [25] Gwanfogbe P, Cherry J, Simmons J, James C. Functionality and nutritive value of composite plantain (*Musa paradisiaca*) fruit and glandless cottonseed flours. *Trop. Sci.* 1988;28(1):51-66.
- [26] Barthakur N, Arnold N. Chemical evaluation of *Musa* "Bhimkol" as a baby food. *J. Sci. Food Agric.* 1991;53(4):497-504.
- [27] FAO/OMS. Protein quality evaluation. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1991. p. 66.
- [28] Prachayawarakorn S, Tia W, Plyto N, Soponronnarit S. Drying kinetics and quality attributes of low-fat banana slices dried at high temperature. *Journal of Food Engineering.* 2008;85:509-517.
- [29] Muyonga J, Ramteke R, Eipeson W.E. Predehydration steaming changes physicochemical properties of unripe banana flour. *Journal of Food Processing and Preservation.* 2001;25:35-47.