

Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (*Musa paradisiaca L.*)*

Juan Carlos Lucas A.**; Víctor Dumar Quintero C.***;
José Fernando Vasco Leal****, José Daniel Mosquera A.*****

Resumen

Introducción. El plátano es uno de los cultivos con mayor área sembrada en Colombia y se encuentra a lo largo de toda la geografía nacional, pero los aportes de investigación muy poco van dirigidos al conocimiento del producto crudo como materia prima básica o secundaria para obtener un producto procesado. **Objetivos.** Se evaluaron físicamente siete variedades de plátano en fresco y su relación con los parámetros de calidad del producto terminado. **Materiales y métodos.** Se realizó una caracterización fisicoquímica del producto crudo de cada una de las siete variedades con respecto a un testigo de dominico hartón. Posteriormente se evaluó el comportamiento de los chips de cada una de las variedades en el proceso de fritura y su relación con los parámetros de calidad del plátano frito determinando la cantidad de aceite absorbido, contenido de humedad, textura y color. **Resultados.** Se pudo determinar que las variedades con mejores características físicas en cuanto a su tamaño y diámetro ecuatorial eran el hartón y el pelipita. **Conclusión.** Las variedades con bajo contenido de agua y alta materia seca pueden ser utilizadas en Colombia en los procesos de fritura industrial, además, en los procesos industriales las variedades que tienen mayor interés son las de mayor diámetro y longitud.

Palabras clave: plátano, fritura, caracterización física y química.

Evaluation of the quality parameters for chips, related to several plantain varieties (*Musa paradisiaca L.*)

Abstract

Introduction. Plantain crops occupy one of the widest planted areas in Colombia and can be found all over the country, but research contributions are not usually addressed to the knowledge of the raw product as a basic or secondary raw material to obtain a processed product. **Objectives.** Seven varieties of in fresh plantain were physically evaluated and so was their relationship with quality parameters for finished products. **Materials and methods.** A physical-chemical characterization of the raw product of every variety was made, using a Dominican-hartón plantain as a witness. Then, the behavior of the chips from every variety was evaluated in the frying process and concerning its relationship with the quality parameters used in fried plantain, determining the quantity of oil absorbed, humidity content, texture and color. **Results.** The varieties with the best physical characteristics concerning their size and equatorial diameter are the hartón and the pelipita plantains. **Conclusion.** The varieties with low water content and high content of dry matter can be used in Colombia for industrial frying. Besides, in the industrial processes, the most interesting varieties are those with the highest diameter and length.

Key words: plantain, frying, physical and chemical characterization

* El presente artículo es resultado del proyecto de investigación "Producción industrial de botanas" realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro y la Facultad de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Quindío, entre agosto 2011 y marzo del 2012.

** Ph.D (c) en Ingeniería de Alimentos. Maestría en Ingeniería de Alimentos. Ingeniero Agroindustrial. Programa Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío.

*** Magister en Química. Químico. Programa de Química. Universidad del Quindío.

**** Estudiante de Maestría en Ingeniería de Biosistemas. Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro.

***** Estudiante de Maestría en Ingeniería de Calidad. Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro.

Avaliação dos parâmetros de qualidade de chips em relação com diferentes variedades de plátano (*Musa paradisíaca* L.)

Resumo

Introdução. O plátano é um dos cultivos com maior área semeada em Colômbia e se encontra ao longo de toda a geografia nacional, mas os aportes de investigação muito pouco vão dirigidos ao conhecimento do produto cru como matéria prima básica ou secundária para obter um produto processado. **Objetivos.** Avaliaram-se fisicamente sete variedades de plátano em fresco e sua relação com os parâmetros de qualidade do produto findo. **Materiais e métodos.** Realizou-se uma caracterização físico-química do produto cru de cada uma das sete

variedades com respeito a uma amostra de dominico hartón. Posteriormente se avaliou o comportamento dos chips de cada uma das variedades no processo de fritura e sua relação com os parâmetros de qualidade do plátano frito determinando a quantidade de azeite absorvido, conteúdo de umidade, textura e cor. **Resultados.** Pôde-se determinar que as variedades com melhores características físicas quanto a seu tamanho e diâmetro equatorial eram o hartón e o pelipita. **Conclusão.** As variedades com baixo conteúdo de água e alta matéria seca podem ser utilizadas em Colômbia nos processos de fritura industrial, ademais, nos processos industriais as variedades que têm maior interesse são as de maior diâmetro e longitude.

Palavras importantes: plátano (banana da terra), fritura, caracterização física e química.

Introducción

El cultivo del plátano de cocción y bananos de postre en el mundo equivale a 104,3 Millones de toneladas para el 2006. Para los plátanos de cocción, el grupo Plantain tiene una producción de 18,8 Millones de toneladas y los otros plátanos de cocción suman 26,5 Millones de toneladas. Colombia es el primer productor mundial de plátano de cocción del grupo Plantain con 3 Millones de toneladas. Ecuador y Colombia son los primeros exportadores mundiales del grupo Plantain (barraganete, dominico, dominico hartón, hartón) con un promedio de 130.000 toneladas para cada país; representa el 4,1% de la producción en Colombia y el 21,7% de la producción en Ecuador. La producción de plátano de cocción representa el 43,5% de las musáceas comestibles en el mundo. Las variedades de plátanos hartón, dominico hartón y dominico, del sub-grupo Plantain, aportan el 18% de la producción mundial (41,7% del total de los plátanos de cocción en el mundo). Estas tres variedades son las más exportadas y las más utilizadas en procesos agroindustriales¹.

Para bananos de postre, el sub-grupo Cavendish representa 46,6 Millones de toneladas y Gros Michel y otros, como el bocadillo en Colombia, aportan 12,3 Millones de toneladas².

En cuanto al procesamiento, las investigaciones sobre la calidad de los chips de plátano y papa se han basado en el efecto de las di-

ferentes variables del proceso como tiempo, temperatura, agitación^{3, 4}, presión, espesor de la rebanada⁵, pretratamientos⁶, tipo de aceite⁷, y se han evaluado los efectos de estas variables de comando sobre las variables de respuesta como contenido de aceite, humedad, color y textura.

Durante la fritura, el color de los productos se ve afectado por las condiciones del proceso, en especial por el tiempo, la temperatura y el tipo de aceite, así como por las características del producto, tamaño y variedad; la medición de color comúnmente se hace con ayuda de un colorímetro, el cual posee diversas escalas. La más ampliamente usada en la determinación del color de chips es la escala CIELAB, ya que esta permite determinar los cambios de color en la misma forma que lo hace el ojo humano⁸. En esta escala de color se miden los valores L^*a^*b para expresar la diferencia de color entre muestras, siendo la dimensión L la claridad, la dimensión a se refiere a las matices rojas-verdes, y la b se refiere a las matices azul-amarillo⁷.

La fritura modifica las características de textura de los productos; es así como el punto de quiebre (fuerza de dureza) de los productos se usa para medir el crujido de un producto frito. La textura depende de la estructura del alimento, y se le relaciona con la deformación, desintegración y flujo del alimento sometido a una fuerza y son medidos en función de la masa, el tiempo

y la distancia⁹. Los ensayos comúnmente realizados para el análisis de textura de alimentos son el de compresión simple, análisis de perfil de textura y relajación-tensión. Entre los tipos de pruebas más comúnmente usados en la determinación del crujido que pueda tener un alimento, se encuentran los de penetración y masticación⁷. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los parámetros de calidad (textura, color, contenido de humedad y grasa) en la fritura de siete variedades de plátano utilizados en una industria localizada en el departamento del Cauca, Colombia.

Materiales y métodos

Materia prima utilizada. Fueron analizadas las variedades dominico-hartón (AAB), hartón (AAB), cubano blanco (AAB), guayabo (AAB), dominico (AAB), pelipita (ABB), maqueño (AAB), tres racimos por variedad, todos considerados plátanos de cocción, provenientes del norte del departamento del Cauca, Colombia, cuya zona se caracteriza por tener las siguientes condiciones edafológicas promedio: temperatura de 28°C, pluviosidad anual 1.500mm/año, humedad relativa 65%, 1.000 m.s.n.m, suelos ácidos y ricos en aluminio.

Evaluaciones físico-químicas. Las pruebas de humedad y grasa se determinaron utilizando métodos no analíticos debido a la rapidez con que se necesitan los resultados para poder tomar decisiones durante el proceso, relacionadas con los parámetros de calidad de los chips, procedimientos estos ampliamente utilizados en la industria de los alimentos.

Contenido de humedad. Se determinó por triplicado, por racimo, en una balanza marca Moisture balance MOC – 120H SHIMADZU.

Contenido de grasa. Se determinó utilizando el método de Garver, que usa el principio de compresión que consiste en tomar una muestra de producto frito, macerarlo y tomar 10 (g), se introducen en un cilindro con fondo perforado, colocado sobre papel absorbente y luego se le introduce un pistón al cual se le aplica una presión de 40 Psi, mediante un dispositivo hidráulico, durante un tiempo de 2 minutos; luego se toma el peso del producto final y la

diferencia de peso equivale al contenido de aceite del producto frito.

Grados Brix. Se midieron utilizando un refractómetro marca CARLZ FISS JENA DDR, por triplicado. Las muestras utilizadas fueron rodajas finas de 1.51mm de espesor en promedio, con un C. V. del 13.93%, recién cortadas.

En el proceso de fritura se utilizó una freidora con capacidad de 20 litros de aceite, con una resistencia eléctrica de 2500 Watts, ubicada en el fondo, 110 voltios, Marca KAFESVAW, Modelo 23 No. 770 y undataloggerthermometer marca (Omega) referencia (HH 309/309A) con cuatro termocuplas tipo k, conectadas a un sistema de adquisición de datos y este, a su vez, a un computador el cual posee un software (SE 309).

Se utilizó aceite de oleína de palma para freír las muestras; la relación másica (gr de plátano/ aceite) fue de 1:200 (p/p). La temperatura de referencia del aceite fue de 180°C, y el tiempo de inmersión de las rebanadas fue de 2.5 minutos y enfriadas por dos minutos y se secaron los chips de plátano con papel adsorbente y se almacenaron en bolsas de polietileno de alta densidad (HDPV). El color de las muestras se midió en un espectro-colorímetro HUNTER-LAB, Modelo A60-1003-150.

La textura se analizó usando un texturómetro marca EZ Test SHIMADZU y un soporte de tres puntos; se utilizó un punzón de 3 mm de diámetro, con una velocidad de 30 mm/min, con el propósito de medir la fuerza de ruptura de los chips (dureza).

Se utilizó el software SPSS para Windows v.15 para la obtención de la estadística descriptiva, test de normalidad (Shapiro-Wilk), comparación de medias (t-Student, ANOVA), matrices de correlación (coeficiente de Pearson).

Resultados y análisis

La variedad tradicionalmente utilizada en la industria de los chips es el dominico-hartón, porque cumple con los requerimientos de calidad exigidos por la industria en la materia prima (tamaño de los racimos, relación pulpa cáscara, tamaño longitudinal, diámetro ecuatorial, con-

tenido de humedad) como en el producto terminado (textura, color, contenido de humedad y grada). Un aspecto muy importante a considerar es el bajo contenido de humedad, lo cual está directamente relacionado con un menor tiempo de fritura. Todos los análisis en este trabajo se realizaron utilizando esta variedad como testigo frente a las demás variedades evaluadas.

Es necesario resaltar la interacción armónica entre el genotipo y los factores edafológicos y climáticos que inciden en la actividad fisiológica y el desempeño productivo de los clones de plátano en determinada zona de producción, e igualmente también depende de las diferentes labores culturales aplicadas al cultivo durante la fase de precosecha¹.

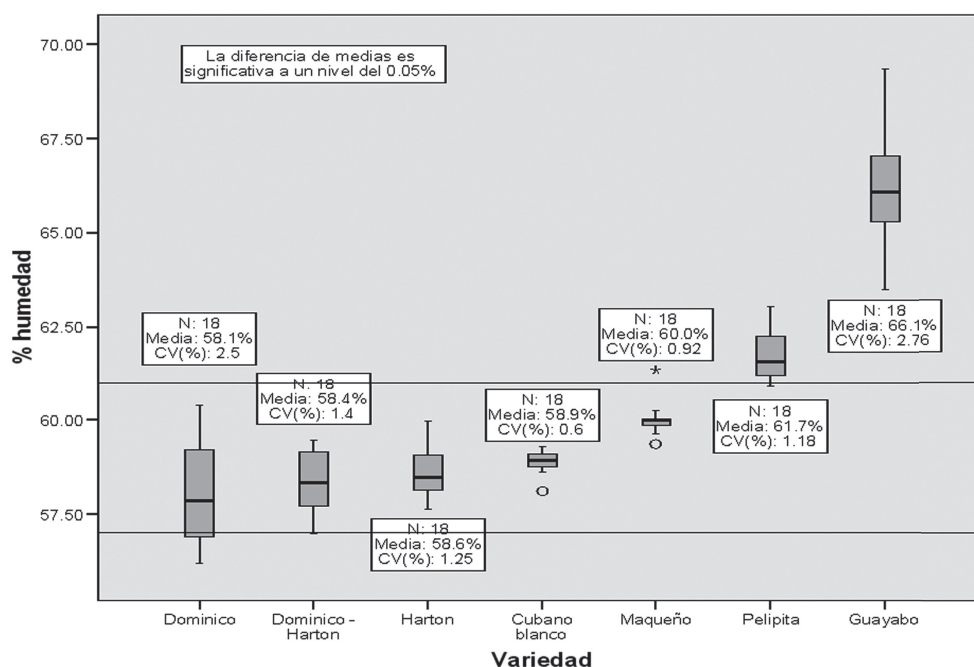


Figura 1. Contenido de humedad, N: número de datos, CV: coeficiente de variación para las variedades evaluadas

Contenido de humedad del producto fresco. La industria de los productos fritos siempre busca materiales con menor cantidad de agua para evitar la penetración de aceite en el producto¹⁰, para lo cual tiene establecido un rango de humedad entre el 57-61%. En la figura 1 se destacan las variedades dominico, dominico-hartón, hartón y cubano blanco con valores entre 58.1 y 58.9%; el maqueño con el 60.0%, mientras las variedades restantes, pelipita y guayabo, presentan valores por encima de los requerimientos de la industria con el 61.7 y 66.1%, respectivamente; comparando estos datos con los reportados por Dufour, *et al.*¹¹, se presenta similitud entre los datos arrojados, a excepción de la variedad pelipita con el 55% de humedad.

Contenido de Grados Brix del producto fresco. Para la industria el contenido de sólidos solubles inicial de los frutos debe encontrarse por debajo de 8° Brix¹², de acuerdo con lo reportado por Onyejebu y Olorunda¹³, quienes analizaron los efectos de las materias primas, condiciones de proceso y empaque sobre la calidad de chips de plátano frito en dos variedades de plátano y un banano de cocción, concluyeron que un alto contenido de azúcar en la pulpa ocasiona oscurecimiento de los chips como resultado de la caramelización.

En la figura 2 se permite concluir que se encontró una alta variabilidad de los datos entre racimos de la misma variedad, dando como resultados altos C. V., que indican que los racimos

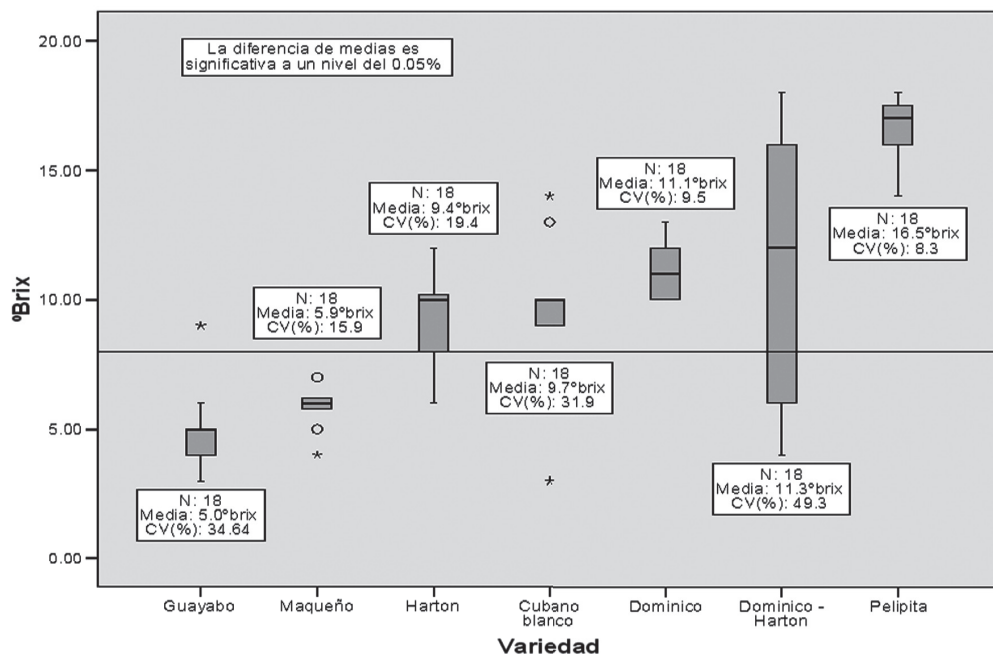


Figura 2. Contenido de Grados Brix promedio, N: numero de datos, CV: coeficiente de variación para las variedades evaluadas

cosechados en cada variedad se encontraban en diferente estado de madurez, lo que indica la no utilización de algún índice de cosecha, que permitiera cosechar el racimo en el grado de madurez acorde con los Grados Brix requeridos.

Análisis del producto final

Una vez sometidas las rebanadas de plátano de las siete variedades investigadas, a las condiciones de fritura descritas con anterioridad, se analizan los resultados de acuerdo con las variables contenido de grasa y humedad, textura (dureza) y colorimetría (ΔE).

Contenido de grasa en los chips. En la figura 3, se reportan los datos para cada una de las variedades, destacando que la industria prefiere materias primas que absorban poca grasa durante el proceso de fritura.

Varios estudios han mostrado que la mayor parte del aceite absorbido en los productos fritos se ubica en la región superficial del produc-

to¹⁴⁻¹⁶ y existe evidencia de que el aceite es absorbido en mayor proporción luego de la fritura, durante el período de enfriamiento¹⁷⁻¹⁹.

La industria maneja un rango entre el 22 y el 28% de grasa en producto terminado; se destaca la variedad dominico-Hartón, que presenta valores por debajo de este; mientras las variedades cubano blanco, pelipita, hartón, maqueño y dominico se encuentran dentro del rango, y solo la variedad guayabo se sale del límite máximo permitido alcanzando valores del 37.7%; esto coincide con lo reportado por Lemaire; *et al.*¹⁰, quienes plantearon que a mayores contenidos de agua en el producto crudo, mayor será la cantidad de aceite absorbido durante el proceso de fritura, debido al remplazo del agua por aceite, en lo que coincide perfectamente con esta variedad²⁰, o posiblemente debido a la deshidratación de las células internas y parte del agua evaporada la cual es remplazada parcialmente por el aceite de fritura²¹.

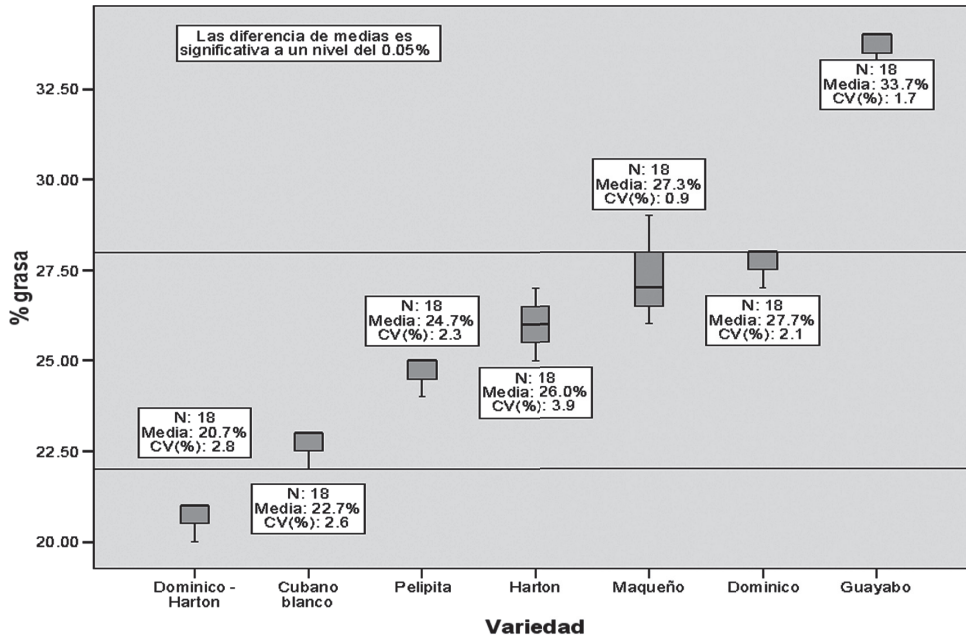


Figura 3. Contenido de grasa promedio de los chips de plátano, N: número de datos, CV: coeficiente de variación para las variedades evaluadas

Contenido de humedad de los chips. En la figura 4, se determinó el porcentaje de humedad de los chips de plátano de cada variedad estudiada, dado que en producto frito es un importante indicador de calidad, de este dependen otros factores como la textura, el color y la grasa. Encontrándose que el valor mayor fue para el dominico hartón, esto es debido a la baja presencia de sólidos solubles y a la alta concentración de almidón el cual requiere de alto contenido de humedad para obtener un mayor grado de gelatinización superficial. Aunque con respecto a los chips de las otras variedades se tiene una diferencia muy corta teniendo diferencia entre sí en sus coeficientes de variación.

Evaluación de la textura en chips. Como método de deshidratación, la fritura modifica las características de textura de los productos al someterse los almidones de las materias primas a temperaturas de retrogradación. El punto de quiebre (fuerza de dureza) de los productos se usa para medir la crujencia de un producto frito²².

En la industria de los chips la medida de textura deben tener valores altos ya que esto repercute en la crocancia, con lo cual no sería de buena aceptación sensorial por parte del consumidor.

Los chips analizados no tuvieron diferencia estadística significativa 3,4 y 5,8 N, sin diferencia estadística significativa entre ellos. Donde el chip de la variedad pelipita fue la que mejor comportamiento presentó utilizando una fuerza ejercida promedio de ruptura de 0,7 (N) mientras que el chip de la variedad dominico hartón tuvo que realizar mayor fuerza promedio 1.3 (N); esto se presenta por la resistencia al corte por parte del chip de plátano con el texturómetro, por ende a menor promedio de textura mayor crocancia se tendrá en el chip²³ (figura 5).

Según las condiciones anteriores, esto pudo ocurrir posiblemente porque el almidón se gelatiniza y se carameliza, ayudando en la formación de la costra o corteza, lo que provoca un producto finalmente duro y una buena deshidratación del producto final²⁴.

Evaluación del color en los chips. Durante la fritura el color de los productos es uno de los parámetros de calidad que más influyen en la aceptación de estos productos por el consumidor y se ve afectado por las condiciones del proceso, en especial por el tiempo, la temperatura y el tipo de aceite, así como por las características del producto, tamaño y variedad²⁵.

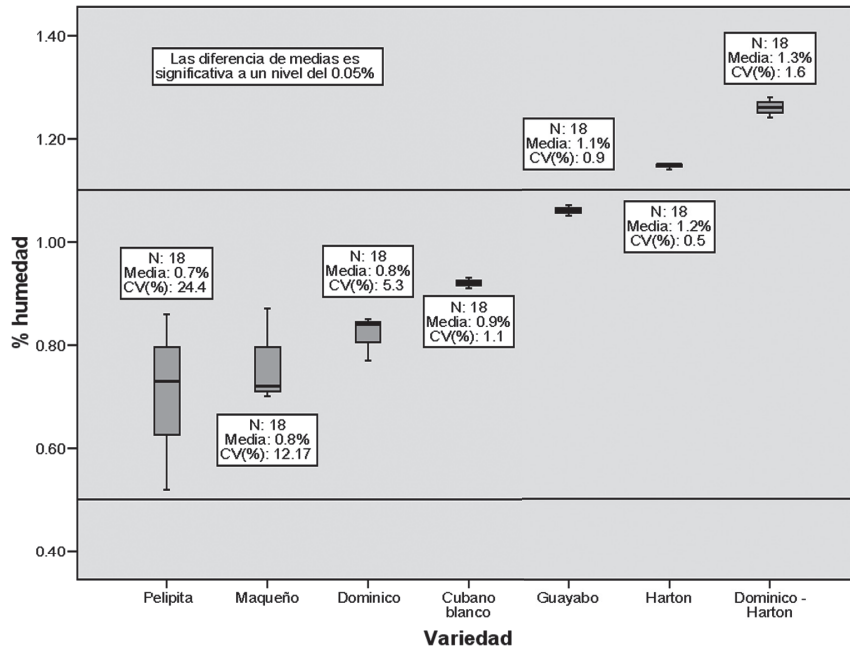


Figura 4. Contenido de humedad final promedio chips de plátano, N: número de datos, CV: coeficiente de variación para las variedades evaluadas

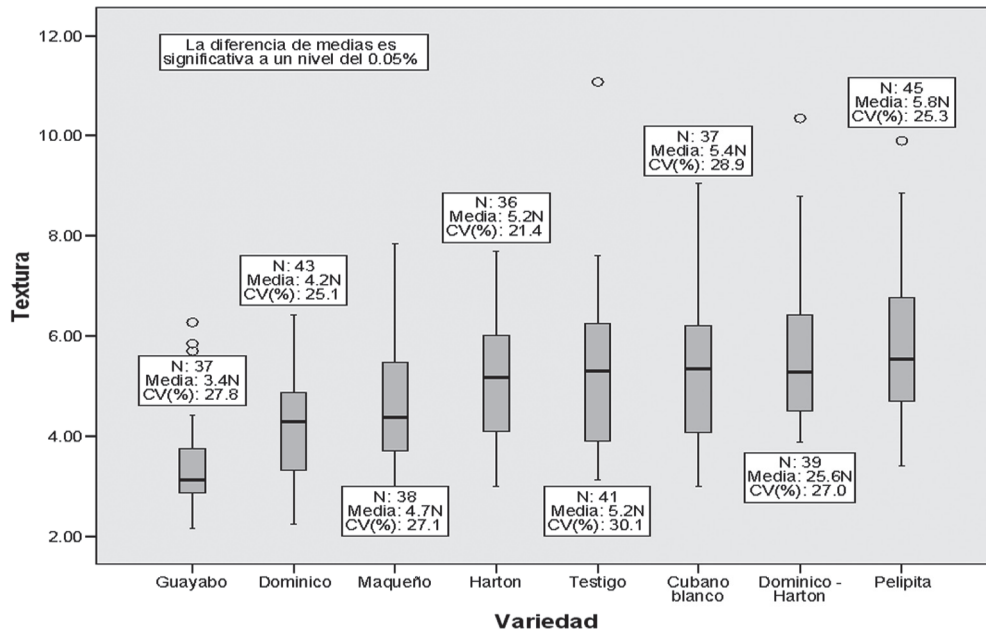


Figura 5. Textura promedio de los chips de plátano freídos. N: Número de datos, CV: Coeficiente de variación para las variedades evaluadas

En la tabla 1 se observa que el plátano de variedad maqueño fue el que tuvo menor cambio de color general con respecto al plátano testigo. Esto puede ser debido a que esta variedad fue la que menos sólidos solubles presentó, por tanto, la menos susceptible de generar reacciones de caramelización o pardeamiento no enzimático.

Caso contrario sucedió con los chips de la variedad pelipita, ya que estos fueron los que mayor diferencia de color tuvieron con respecto a una fritura de plátano dominico hartón comercial y fue la variedad que mayor porcentaje de sólidos solubles presentó con un 16,8% de °Brix.

Tabla 1. Valores de ΔE en colorimetría de los chips de plátano

Variedad	ΔE
Dominico-hartón	14,06
Hartón	9,31
Cubano blanco	17,61
Guayabo	13,19
Dominico	16,20
Pelipita	38,91
Maqueño	2,07
Testigo	0

Los cambios de color de los productos fritos se deben principalmente al contenido de azúcares reductores presentes en las materias primas^{26, 27}. Si este contenido es bajo, se obtendrán chips dorados de buena calidad, sin embargo, un excesivo contenido de azúcares reductores en el producto provocará una coloración marrón oscura en los chips, que los hará inaceptables, tanto por su color como por su sabor.

El color de la costra se debe a diferentes cambios químicos, tales como reacciones de caramelización, reacciones de pardeamiento no enzimáticas (reacción de Maillard) y cambios estructurales acelerados por las altas temperaturas del aceite de fritura²⁶⁻³¹, que influye en la coloración, sabor y textura de los diferentes alimentos.

Conclusiones

Las variedades con bajo contenido de agua y alta materia seca pueden ser utilizadas en Colombia en los procesos de fritura industrial. También para los procesos industriales las variedades que tienen mayor interés son las de mayor diámetro y longitud. En esta categoría, el plátano hartón y el cubano blanco podrían ser variedades con futuro industrial, junto a las usadas en la actualidad. Además de los crite-

rios estudiados, se debe completar el estudio con otros análisis tales como el contenido de azúcar en verde y en maduro (°Brix), el control de la maduración, el pardeamiento enzimático después del pelado, el transporte y la conservación en fresco del plátano pelado. Tomando en cuenta los criterios antes mencionados es necesario realizar estudios complementarios sobre las variedades con potencial industrial.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Quindío y a la Dirección de Vinculación Tecnológica y Proyectos Especiales de la Universidad Autónoma de Querétaro, por el apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

J. D. Mosquera-Artamonov agradece a la Universidad Autónoma de Querétaro por la beca otorgada de colegiatura.

J. F. Vasco-Leal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la beca otorgada en los estudios.

Referencias bibliográficas

1. ARCILA, P. *et al.* Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-

- hartón (*Musa aabsimmonds*) en la región cafetera central colombiana. En: XV REUNIÓN INTERNACIONAL ACORBAT, Cartagena de Indias - Colombia. Noviembre, 2002.
2. LESCOT, T. La diversité génétique des bananiers en chiffres. En: Les Dossiers de Fruitrop. No. 155. 2008. p. 29-33.
 3. DÍAZ, A.; *et al.* Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. 1999. No. 79, p. 291-299.
 4. DÍAZ, A.; *et al.* Deep-fat frying of plantain (*Musa paradisiaca*) I Characterization of control parameters. En: Lebensmittel Wissenschaft and Technologies. 1996. No. 29, p. 489-497.
 5. CHEN, Y. and MOREIRA, R. Modeling of batch deep-fat frying process of tortilla chips. En: Trans Chemengr. 1997. No. 75, p. 181-190.
 6. ATEHORTÚA, A. D.; MOLINA, C. A. y DÍAZ, A. Procesos de deshidratación impregnación por inmersión y pre fritura aplicados a la elaboración de tajadas de plátano (*Musa paradisiaca aab*). En: Ingeniería y competitividad. 2005. Vol. 7, N°1, p. 56-64
 7. MOREIRA, R.; *et al.* Deep—fat frying Fundamentals and Applications. Gaithersburg, Maryland: An Aspen Publishers, INC. 1999.
 8. PEDRESCHI, F.; *et al.* Physical properties of pre-treated potato chips. Journal of food engineering. 2007. Vol. 79, p. 1474-1482
 9. BOURNE, M. Food Texture and viscosity: concepts and measurements. London Academic Press. Food science technology. 2 edition. 2002. 416 p. (International Series).
 10. LEMAIRE, H. *et al.* The suitability of plantain and cooking bananas for frying. En: Fruits. 1997. Vol. 52, N°4, p. 273-282.
 11. DUFOUR, D.; *et al.* Diversidad del Plátano de cocción consumido en Colombia. En: VI Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos. Ambato, Ecuador. 2007.
 12. ARCILA, P.; CAYÓN, M. y MORALES, O. Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (*Musa aabsimmonds*) de acuerdo con su Posición en el Racimo. En: XV Reunión Internacional Acorbat, Cartagena de Indias - Colombia. 2002.
 13. ONYEJEGBU, C. and OLORUNDA, A. Effects of raw materials, processing conditions and packaging on the quality of plantain chips. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. 1995. Vol. 68. p. 279–283.
 14. PEDRESCHI, F.; AGUILERA, J. M. and BROWN, C. A. Characterization of food surfaces using scale-sensitive fractal analysis. En: Journal of Food Process Engineering. 2007. Vol. 23, N° 2, p. 127–134.
 15. BOUCHON, P. and AGUILERA, J. M. Microstructural analysis of frying of potatoes. En: International Journal of Food Science and Technology. 2001. Vol. 36, p. 669–676.
 16. BOUCHON, P.; *et al.* Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. En: Journal of Food Science. 2001. Vol. 66, p. 918–923.
 17. UFHEIL, G. and ESCHER, F. Dynamics of oil uptake during deep fat frying of potato slices. En: Lebensmit.-Wiss.u.-Technol. 1996. Vol. 29, p. 640-644.
 18. AGUILERA; J. M. Oil absorption during frying of frozen par-fried potatoes. En: Journal of Food Science. 2000. Vol. 65, p. 476–479.
 19. DURAN, M.; *et al.* Oil Partition in Pre-treated Potato Slices during Frying and Cooling. En: Journal of food Engineering. 2007. Vol. 81, N°1, p. 257–265.
 20. BLUMENTHAL, M. and STIER, M. Optimization of deep fat frying operations. En: Journal of Food Science. 1991. Vol. 58, p. 411-148.
 21. DE MARCO, E.; *et al.* Frying performance of a sunflower/palm oil blend in comparison with pure palm oil. En: Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2007. Vol. 109, N°3, p. 237 -246.
 22. SHYU, S. and HWANG, L. S. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. En: Food Research International. 2001. Vol. 34, p. 133–142.
 23. LUCAS, J. C.; *et al.* Evaluación de los parámetros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla. En: Scientia et Technica. 2011. N° 48, p. 299-304.
 24. PACHECO, E. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa spp.*). En: Rev. Fac. Agron. 2002. Vol. 28, N°2, p. 175-183.
 25. BRAVO, J.; *et al.* Innovaciones en el proceso de fritura. La fritura al vacío. En: Alimentación Equipos y Tecnología. 2006. Vol. 25, N° 209, p. 87-94.
 26. PRITCHARD, M. K., SCANLON. M. G. and ROLLER, R. Computerized video image analysis to quantify colour of potato chips. En: American Potato Journal. 1994. Vol. 71, p. 717-733.

27. ALTUNAKAR, B.; SAHIN, S. and SUMNU, G. Functionality of Batters Containing Different Starch Types for Deep-fat Frying of Chicken Nuggets. En: Eur. Food Research. Technol. 2004. Vol. 218, N°2, p. 318-322.
28. FELLOWS, P. Frying technology, In: Food processing technology: principles and practice, by Cambridge, p. 355-360. Woodhead, England 2000.
29. ROSS, K. A.; and SCANLON, M. Fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. En: Journal Food Engineering. 2004. Vol. 62, N°4, p. 417-423.
30. RAMADAN et al. Correlation between physico-chemical analysis and radical-scavenging activity of vegetable oil blends as affected by frying of French fries. En: Eur. J. Lipid Sci. 2006. Technol. Vol. 108, N° 8, p. 670 – 678.
31. GÖKMEN, V. and ŞENYUVA, H. Z. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. En: Food Chemistry. 2007. Vol. 103, N°1, p.196-203.