Proceso de Elaboración de Mazamorra de Plátano

Margarita R. Arteaga^{(1)*}, Ricardo D. Andrade⁽²⁾, Denisse M. Durango⁽³⁾ y Juan J. Mosquera⁽³⁾

(1) Grupo Investigaciones en Procesos Agroindustriales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Córdoba, Km 12 Vía Cereté-Ciénaga de Oro, Colombia (e-mail: mrarteaga@correo.unicordoba.edu.co)

(2) Grupo de Investigación GIPPAL, Facultad de Ingeniería, Universidad de Córdoba, Km 12 Vía Cereté-Ciénaga de Oro, Colombia.

(3) Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Colombia.

* Autor a quien debe ir dirigida la correspondencia.

Recibido Nov. 21, 2014; Aceptado Ene. 28, 2015; Versión final Mar. 31, 2015, Publicado Ago. 2015

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar formulaciones para la elaboración de mazamorra de plátano, seleccionando la mejor de acuerdo a un panel de aceptación. La mazamorra fue elaborada teniendo en cuenta un procedimiento a nivel artesanal, variando las concentraciones de leche y plátano en las formulaciones y el tiempo de cocción (15 a 25 minutos). Estos tratamientos fueron evaluados por un panel de 100 catadores no entrenados a través de una prueba de preferencia, utilizando una escala hedónica de 9 puntos. La mejor formulación de mazamorra de plátano es la constituida por una concentración de plátano y leche del 21% (p/p) y 52% (p/p) respectivamente, con un tiempo de cocción de 25 minutos a partir de su hervor. Esta formulación presenta un comportamiento pseudoplástico y con características tixotrópicas.

Palabras clave: mazamorra, plátano, escala hedónica, tixotrópico.

Elaboration Process of Plantain Mazamorra

Abstract

The objective of this research was to evaluate formulations for elaboration of plantain mazamorra, selecting the best according to a panel of acceptance. The plantain mazamorra was prepared considering a procedure at the artisanal level; varying the concentrations of milk and banana in the formulations and the cooking time (15 to 25 minutes). These treatments were evaluated by 100 untrained tasters through a preference test, using a 9-point hedonic scale. The best formulation of plantain mazamorra is formed by a banana and milk concentration of 21% (w/w) and 52% (w/w), respectively, with a cooking time of 25 minutes after boiling. This formulation has a non-Newtonian behavior with thixotropic characteristics.

Keywords: mazamorra, plantain, hedonic scale, thixotropic.

INTRODUCCIÓN

La mazamorra es un postre popular de varios países Latinoamericanos. La denominación proviene de la culinaria española, aunque se considera proveniente de las variadas tradiciones culinarias de las culturas indígenas precolombinas en las regiones donde se consume. La mazamorra es preparada de diferentes formas y con distintos ingredientes, dependiendo del país en el que se consume. En la Región Caribe Colombiana, la mazamorra se prepara con plátano maduro, leche y canela. También se hace con maíz verde y con fécula de plátano verde (Lechuga y Salas, 2013; Villegas, 2009).

Según datos reportados por la Food and Agriculture Organization (FAO) en el año 2009, Colombia era el tercer país productor de plátano y el primero a nivel de Latinoamérica, con una producción de 3'011.780 toneladas, y un rendimiento de 7,93 Tm/Ha (FAO, 2012). De las variedades cultivadas comercialmente en Colombia, los plátanos Hartón y Dominico hartón presentan mayor potencial para el procesamiento debido a que el clima cálido en el cual se producen, favorecen al desprendimiento de las cáscara, labor que resulta bastante dispendiosa al procesar el producto (Espinal, et al., 2013). Los plátanos maduros residuales de la poscosecha pueden ser aprovechados para alimentación humana, en la elaboración de chips, cremas, panes, purés, bebidas sazonadas y alcohólicas, en alimentos infantiles y salsas, y en la extracción de almidones nativos de plátano, entre otros (Mazzeo et al., 2010). Por su parte, la leche se puede considerar un alimento que cubre todas las necesidades nutritivas del ser humano. Contiene todos los nutrientes y todos los biocatalizadores necesarios para mantener y desarrollar los procesos vitales (hidratos de carbono, grasas, proteínas, sales minerales, vitaminas y enzimas). La proporción en porcentaje del contenido energético total que es aportado por las proteínas de la leche es un 20%, haciéndola mas favorable que cualquier otro alimento, exceptuando la leche de mujer (Badui, 2006; Sbodio et al., 2010).

Atendiendo a las propiedades nutritivas brindadas por la leche y los beneficios aportados por el plátano, el desarrollo de una bebida alimenticia a base de estas dos materias primas, como lo es la mazamorra de plátano, constituye una fuente apropiada de carbohidratos y proteínas, pudiendo tener diferentes usos, ya sea como postre o desayuno. Si bien la mazamorra es un producto bien conocido en diferentes países Latinoamericanos, no existe bibliografía científica donde se detallen las condiciones de proceso y las propiedades reológicas, las cuales son de especial importancia en las líneas de procesado, diseño de diversos equipos (Bombas, agitadores, extrusores) y, deben tenerse en cuenta al aplicar tratamientos térmicos de conservación (Capitani et al., 2015). Por lo anterior, esta investigación planteó evaluar el efecto de las formulaciones para la elaboración de mazamorra de plátano, y el tiempo de cocción en la aceptabilidad del producto. Esto podría permitir aprovechar mejor las materias primas, principalmente el plátano en alto estado de madurez, para contrarrestar las pérdidas, además de darles un mayor valor agregado a las mismas.

MATERIALES Y METODOS

Materia prima: se utilizaron plátanos provenientes de la finca "Fabio Primera" (Córdoba, Colombia), a los cuales se les realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos: Humedad por el método 93015 (AOAC, 1990), pH por el método 981.12/90 (AOAC, 1990), ° Brix por el método AOAC 932.12 (1990), y Acidez por el método 942.15 (AOAC, 1990). Los plátanos empleados en la elaboración de la mazamorra tuvieron una concentración promedio de sólidos solubles de 30 °Brix que correspondía a un estado de madurez muy amarillo, teniendo en cuenta la escala colorimétrica (Barrera, 2004). El arroz fue adquirido en los supermercados locales y la leche cruda provenía de la Universidad de Córdoba, sede Berástegui (Córdoba, Colombia). A las muestras de leche se le realizaron las respectivas pruebas de plataforma (ver tabla 1).

Tabla 1: Análisis fisicoquímico y presencia de adulterantes en la leche

Análisis	Referencia
Proteína total	FIL-IDF 141 B (1998)
Sólidos no grasos	FIL-IDF 141 B (1998)
Carbohidratos	FIL-IDF 141 B (1998)
Grasa	FIL-IDF 141 B (1998)
Densidad	FIL-IDF 141 B (1998)
pH	AOAC 973.41 (1991)
Acidez	AOAC 947.05 (1990)
Harina y almidones	Jaramillo et al. (1999)
Neutralizantes	Jaramillo et al. (1999)

Elaboración de la mazamorra de plátano

Debido a que no se cuenta con datos bibliográficos acerca del proceso de elaboración de la mazamorra de plátano, se utilizó un procedimiento a nivel artesanal para la elaboración de este producto alimenticio. Las variables como tiempo y temperatura obedecen a mediciones experimentales realizadas en pre-ensayos a nivel casero. Cabe resaltar que tanto la temperatura de cocción (100°C), como la proporción de arroz y los sólidos solubles del plátano se tomaron como parámetros fijos predeterminados. La elaboración de la mazamorra de plátano se llevó a cabo en el taller de lácteos de la Universidad de Córdoba (Colombia).

Lavado. Los plátanos se lavaron por inmersión en solución de cloro a 50 ppm durante 5 minutos; para eliminar la flora patógena, se refregaron con un cepillo de cerdas suaves y luego se dejaron secar al aire libre.

Pelado. Los plátanos se pelaron de forma manual, separando la parte pulposa o comestible; efectuándoles un corte longitudinal con el fin de facilitar la extracción de las semillas negras que posee el plátano en su centro. Esto con el fin de brindar al producto un mejor aspecto visual.

Adición de agua y cocción. Los plátanos se introdujeron en un recipiente de acero inoxidable, adicionándoles un volumen de agua en una relación 1:1 plátano/agua con el fin de controlar la textura y el sabor de la mazamorra. La cocción se llevó a cabo por 45 minutos a una temperatura de 100 °C.

Adición de arroz. Después de la cocción de los plátanos, se adicionó el arroz en una proporción de 4,3% p/p sin detener el calentamiento, durante aproximadamente 35 minutos.

Macerado y agitación. Estas operaciones se realizaron en caliente (100 °C), para lo cual se empleó un molinillo metálico con el fin de triturar tanto el plátano como el arroz y se agitó para obtener una mezcla homogénea.

Adición de sal. La sal se adicionó a temperatura de 100 °C (0,57% p/p) con el objetivo de potencializar el sabor.

Adición de leche y cocción: una vez macerado el plátano, se adicionó la leche a temperatura ambiente, por lo cual la temperatura de la mezcla descendió aproximadamente a 50°C. La mezcla se calentó hasta ebullición durante 20 minutos con agitación constante para evitar adherencias del alimento a la superficie del recipiente, eliminando de esta manera posibles características organolépticas indeseables, como sabor ahumado.

Envasado y enfriamiento. La mazamorra se dejó en reposo hasta alcanzar la temperatura ambiente (25 °C). Luego, fue envasada de forma manual en recipientes plásticos herméticos y refrigerada a 4°C.

Para seleccionar la mejor formulación, los nueve tratamientos propuestos se sometieron a un panel de 100 catadores no entrenados de ambos sexos, distintos estratos y rangos de edad, empleando una prueba de preferencia utilizando una escala hedónica de 9 puntos (Andaluza-Morales, 1994). A la formulación de la mazamorra de plátano seleccionada por análisis sensorial, se le determinaron sus características fisicoquímicas (Tabla 2) y el comportamiento reológico en un viscosímetro Brookfield de cilindros concéntricos. Para establecer si existía tixotropía, las medidas de gradiente de cizalla se realizaron en forma ascendente (0,5 – 80 s⁻¹), y cuando se llegó al gradiente máximo, éste se mantuvo constante durante 5 minutos y luego se varió el gradiente en forma descendente (75 – 0,5 s⁻¹). Las medidas se realizaron por triplicado. Los datos reológicos se ajustaron al modelo de Ley de potencia.

Para determinar el efecto del tipo de formulación y el tiempo de cocción (15, 20 y 25 minutos) a la temperatura constante de 100 °C, sobre la aceptabilidad de la mazamorra, se utilizó un diseño factorial completamente al azar 3x3 (Tabla 2). Los resultados se analizaron estadísticamente por análisis de varianza (ANOVA) y fue aplicado un test de comparación de Tukey (p < 0,05). Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo en el software estadístico SAS 8.0.

Tabla 2: Formulaciones y tiempo de cocción evaluadas

Formulación de mazamorra	Tiempo de cocción, min.		
	15	20	25
16% de plátano y 57% de leche	T2	T5	T8
21% de plátano y 52% de leche	T3	T6	T9
26% de plátano y 47% de leche	T1	T4	T7

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Caracterización fisicoquímica de la materia prima

El plátano presentó una humedad del 60%, sólidos solubles de 30,1 °Brix, acidez de 5,0 % expresada en ácido málico y un pH de 4,4. De acuerdo a estudios realizados por Arcila (2014) sobre la composición química y física de algunos cultivares de plátano y banano durante la poscosecha, la concentración de los carbohidratos se reduce a medida que se incrementan los azúcares totales, la concentración del ácido málico aumenta, y la relación pulpa/cáscara se incrementa. También, a medida que transcurre la maduración del fruto, el pH disminuye. El contenido de ácido málico se incrementa durante el proceso de maduración del fruto desde el estado verde oscuro hasta el estado amarillo intenso y desciende en el estado sobremaduro.

Es importante destacar que para obtener una buena mazamorra de plátano se debe partir de leche, plátano y arroz con excelente calidad microbiológica y fisicoquímica. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para el análisis de la composición fisicoquímica de leche entera de vaca (ver Tabla 3) utilizada en la elaboración de mazamorra de plátano, se puede afirmar que esta cumple con los parámetros establecidos en el Decreto 616 del 28 de febrero de 2006 de Colombia.

Tabla 3: Análisis fisicoquímico de la leche

<i>Análisis fisicoquímico</i>	<i>Resultado</i>
Proteína total, % p/p	3,24
Sólidos No Grasos, % p/p	8,43
Carbohidratos, % p/p	4,33
Grasa, % p/v	3,31
Densidad, g/ml (15 °C)	1,033
pH	6,7
Acidez, % ácido láctico	0,15
<i>Determinación de Adulterantes</i>	
Harinas y almidones	Negativo
Neutralizantes	Negativo

Selección de la mejor formulación

La figura 1 presentan las preferencias de los catadores por niveles de aceptación para los 9 tratamientos. Los niveles de aceptación me gusta muchísimo, me gusta mucho y me gusta obtuvieron la mejor calificación entre las 9 opciones evaluadas por parte de los catadores. Teniendo en cuenta la sumatoria de las tres mejores calificaciones (me gusta muchísimo, me gusta mucho y me gusta), el mejor tratamiento fue el T9 (87%), seguido del T1 (84%) y el T4 (83%). La sumatoria del resto de los niveles de aceptación (me gusta ligeramente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta ligeramente, me disgusta, me disgusta mucho y me disgusta muchísimo), para los tratamientos T1, T4, T5, T8 y T9 se mantuvo entre el 13 y el 17%, mientras que para los tratamientos T3 y T6 osciló entre el 23 y el 26%. Por otra parte, esta sumatoria para los tratamientos T2 y T7 estuvo comprendida entre el 38 y el 40%, por lo cual estos tratamientos fueron los que obtuvieron la menor aceptación por parte del panel de catadores.

La selección del tratamiento T9 (Formulación con un contenido de 21% de plátano y 52% de leche, y un tiempo de cocción de 25 minutos a 100°C) por parte del panel de catadores, se pudo deber al sabor mas marcado a plátano que este tratamiento presentó. Además, al ser el tiempo de cocción considerablemente alto en este tratamiento (25 minutos), esto pudo haber provocado un mayor ablandamiento del arroz y de los tejidos del plátano, originando una mayor suavidad y palatabilidad en el producto. Igualmente, estudios realizados por Marriott et al. (1981) y Hubbard et al. (1990), indican que al entrar en contacto las proteínas de la leche con los carbohidratos de ella misma y los del plátano principalmente glucosa, fructosa y sacarosa inciden en la formación de productos cíclicos y policíclicos, que aportan sabor y aroma agradables a la mazamorra originados por la reacción de Maillard. Cabe destacar, que los catadores manifestaron que todos los tratamientos, exceptuando T9, carecían de una consistencia adecuada (baja viscosidad). Por otra parte, a los tratamientos T1, T2 y T3 les hacia falta cocción, puesto que algunos de sus componentes se encontraban crudos, principalmente el arroz.

Fig.1. Preferencias de los catadores por niveles de aceptación para los 9 tratamientos.

Caracterización fisicoquímica de la mazamorra

En la tabla 4 se presenta la composición de la mazamorra de plátano seleccionada (T9). Al comparar los resultados del análisis fisicoquímico de la mazamorra de plátano con los parámetros bromatológicos establecidos para el arroz con leche (alimento de referencia), se encontraron valores similares de humedad y proteína. Cabe resaltar, que el valor de la grasa en la mazamorra estudiada excede en 4,9 puntos (98%) a la grasa contenida por el arroz con leche (0,1%), debido a las características propias de la leche entera utilizada en su elaboración; mientras que en la preparación del arroz con leche se empleó leche descremada. Respecto a la acidez de la mazamorra de plátano, al compararse con los parámetros estipulados en el decreto 616 de 2006 para una leche en condiciones normales, puede observarse que su valor se encuentra dentro del rango establecido (0,16 - 0,18% de ácido láctico). De aquí se infiere, que la acidez del producto fue poco influenciada por la acidez proveniente de los plátanos, debido que solo aumentó 0,01% de ácido láctico con respecto a la acidez de la leche utilizada como materia prima.

Tabla 4: Características bromatológicas y fisicoquímicas de la mazamorra seleccionada (T9).

Análisis	Cantidad
Humedad, % p/p	81,85
Ceniza, %p/p	0,98
Grasa, %p/v	5,0
Fibra, %p/p	0,63
Carbohidratos, %p/p	7,94
Proteína, %p/p	3,6
pH	5,88
Acidez, % Acido láctico	0,16

Comportamiento reológico de la mazamorra de plátano

Los datos reológicos de la mazamorra de plátano seleccionada (T9) se ajustaron adecuadamente a la Ley de Potencia o modelo de Oswald de Waele ($R^2 > 0,98$). Los valores del coeficiente de consistencia (K) para la mazamorra de plátano fueron de 45870 ± 347 mPa.sⁿ (ascendente) y 17786 ± 1218 mPa.sⁿ (descendente) y los del índice de comportamiento al flujo (n) fueron de $0,261 \pm 0,004$ (ascendente) y $0,423 \pm 0,014$ (descendente). Por lo cual la mazamorra de plátano se comporta como un fluido pseudoplástico ($n < 1$). Esto indica que la mazamorra de plátano va disminuyendo su viscosidad aparente a medida que aumenta el gradiente de cizalla, lo que se puede deber a una ruptura de la estructura de la misma. El modelo de la Ley de Potencia y el comportamiento pseudoplástico, ha sido reportado para yogurt adicionado con lactosuero y transglutaminasa (Gauche et al., 2009), yogurt de leche de maní (Isanga y Zhang, 2009), y leche concentrada de 25 a 30,5%p/p (Vélez-Ruiz y Barbosa-Cánovas, 1998).

El análisis de varianza (ANOVA) realizada a los parámetros reológicos de este modelo (K y n), muestra que existe diferencia significativa entre las curvas de ascenso y descenso con un nivel de confiabilidad del 95%. En la figura 2 se muestran los reogramas para la mazamorra de plátano seleccionada, donde se evidencia un área entre las curvas de ascenso y descenso (histéresis), indicando que este producto alimenticio presenta propiedades reológicas dependiente del tiempo y se clasifica como un fluido tixotrópico, debido a que la viscosidad aparente disminuye con el tiempo de aplicación, al mismo gradiente de deformación. Este fenómeno se ha reportado en productos lácteos como el arequipe (Rovedo et al., 1991), y el yogurt a partir de leche de búfala (Andrade et al., 2010). Alvarado (1996) sostiene que este carácter tixotrópico se debe a que existe un debilitamiento de la estructura y cambios de la consistencia conforme transcurre el tiempo.

Fig. 2. Reograma para la mazamorra de plátano seleccionada (T9)

CONCLUSIONES

Las características organolépticas de la mazamorra de plátano al ser un producto típico muy perecedero dependen en gran medida de la calidad de la materia prima escogida, donde el índice de madurez recomendado para el plátano es en promedio de 30° Brix, la acidez de la leche no debe exceder el 0.16 % de ácido láctico y estar libre de adulterantes.

La mejor formulación de mazamorra de plátano con base en el análisis sensorial es la constituida por una concentración de plátano y leche del 21% (p/p) y 52% (p/p) respectivamente, con un tiempo de cocción de 25 minutos a partir de su hervor.

La mazamorra de plátano seleccionada bromatológicamente se caracteriza por contener un 3.24% de proteína, 8.43 % de sólidos no grasos, 4.33% de carbohidratos, 3.31% de grasa; fisicoquímicamente se caracteriza por una acidez de 0.15% de ácido láctico y pH de 6.7. Finalmente, presenta un comportamiento pseudoplástico, dependiente del tiempo, con un 48% de tixotropía.

REFERENCIAS

- Andaluza-Morales, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia S.A, Zaragoza (España). (1994)
- A.O.A.C. Official method of analysis. Association of official analytical chemistry. 16 th edition, ed. By Hoorwitz, N., Chialo, P. and Reynolds, H. Benjamin Franklin., Station, Washington. (1990)
- Arcila, P. Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico -hartón (Musa AAB Simmonds) en la región cafetera central colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. http://musalit.inibap.org/pdf/IN030078_es.pdf. Acceso: 29 de septiembre (2014)
- Badui, S. Química de los alimentos, Editorial Pearson, México, 4ª Edición, p. 554, 556 (2006)

Barrera, J. Contribución fisiológica de las hojas y el epicarpio del fruto en el llenado y calidad del racimo del plátano Hartón (*Musa aab simmonds*) En El Departamento de Córdoba. Montería, Trabajo De Grado (Maestría En Ciencias Agrícolas). Universidad Nacional de Colombia, Medellín (2004)

Bylund, G. Manual de industria Láctea: Suecia. Mundi-Prensa Libros. 2003. 436 (2003)

Capitani, M.I., L.J. Corzo-Rios, L.A. Chel-Guerrero, D.A. Betancur-Ancona, S.M. Nolasco y M.C. Tomás. Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage, *Journal of Food Engineering*, 149(1), 70-77 (2015)

Espinal, C., H. Martínez y Y. Peña. La Cadena del plátano en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica. http://www.agrocadenas.gov.co/plátano/documentos/caracterizacion_plátano.pdf Acceso: 06 de marzo (2013)

FAO. *Situación actual y perspectivas a plazo medio para las frutas tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/218/es/Sit_web_s.pdf. Acceso: 9 de Septiembre (2012)

Gauche, C., y otros cuatro autores, Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 239-243 (2009)

Hubbard, N.L., D.M. Pharr, S.C. Huber. Role of sucrose phosphatesynthase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and it relationship to the respiratory climateric. *Plant Physiology*, 94, 201-208 (1990)

Isanga, J. y G. Zhang, Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6), 1132-1138 (2009)

Lechuga, H. y H.I. Salas, Estudio para la instalación de una planta productora de mazamorra de tocosh con maca, quinua y leche. *Ingeniería Industrial*, 31, 115-140 (2013)

Marriott, J., M. Robinson, S.K. Karikary. Transformación del almidón y el azúcar durante la maduración de plátanos y bananos. *Journal of Food and Agriculture*, 32(10), 1021-1026 (1981)

Mazzeo, M., L. León, L. Mejía, L. Guerrero y J. Botero. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 9(1), 128-139 (2010)

Sbodio, O.A., E.J. Tercero, M.S. Zannier y G.R. Revelli. Tratamiento Térmico de Leche: Influencia del pH y CaCl_2 en la elaboración de Queso Cuartirolo. *Información Tecnológica*, 21(5), 107-116 (2010)

Spreer, J. La Ciencia de la Leche. Mc Graw Hill, Buenos Aires, 380 p (1991)

Vélez-Ruiz, J.F. y G.V. Barbosa-Cánovas, Rheological properties of concentrated milk as a function of concentration, temperature and storage time. *Journal of Food Engineering*, 35(2), 177-190 (1998)