



Convenio cooperativo UCR-MICIT-MAG

volumen 9-2002-03

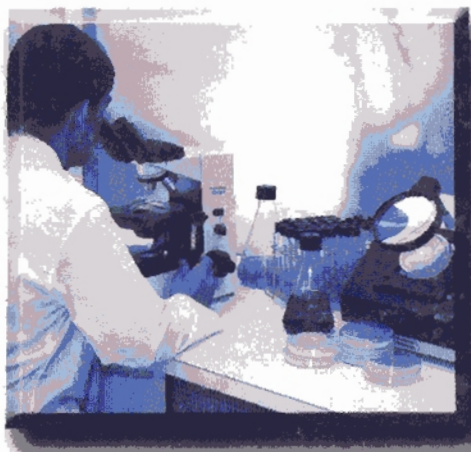
ISSN 1022-0321

Tp 368

Re

2002-3

9



Reviteca

Revista de Tecnología y Ciencia Alimentaria



Revista anual publicada por el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Directora del CITA

Floribeth Víquez Rodríguez

Editor

Lic. Vera García Cortés

Consejo Editorial

M. Sc. Floribeth Víquez Rodríguez

M. Sc. Ruth De la Asunción Romero

Ph. D. Ana Ruth Bonilla Leiva

Lic. Vera García Cortés

Diseño de Portada

Carlos Fernández

Diagramación

Guiselle Cascante Salazar

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus autores y no del CITA, excepto cuando se indique expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden reproducirse libremente siempre y cuando se haga mención expresa de su procedencia y se envíe copia al Consejo Editorial.

Correspondencia para canje y suscripciones
 Universidad de Costa Rica - Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos REVITECA
 San José - Costa Rica
 Email: cita@cita.ucr.ac.cr.
 Tels. 207-4701/207-3467 / 207-3431 / 207-3457

La presente edición de REVITECA es patrocinada por la Fundación para la Investigación Agroindustrial Alimentaria (FIAA).

Elaboración de una confitura utilizando los excedentes y rechazos de frutas tropicales 1

*Floribeth Víquez
 Erika González*

Contenido de grasa en alimentos fritos en equipo casero usando diferentes tratamientos de fritura 7

*Yesennia Araya
 Patricia Sedó*

Estabilidad oxidativa del aceite de palma durante el proceso de refinación industrial en Costa Rica 14

*Eduardo Zamora
 Carlos Herrera*

Sustitución de la harina de trigo por pulpa de banano verde en la elaboración de pan: utilización de una escala ideal para determinar el nivel óptimo de sustitución 20

*Elba Cubero
 Floribeth Víquez*

Características biométricas y químicas de la tilapia de agua dulce (Oreochromis nilotica) y uso del pH y de las características organolépticas para estimar su vida útil sensorial a 5°C 27

Floribeth Víquez

ELABORACIÓN DE UNA CONFITURA UTILIZANDO LOS EXCEDENTES Y RECHAZOS DE FRUTAS TROPICALES

Floribeth Víquez¹ y Erika González²



ABSTRACT

A tropical fruit leather was developed as an alternative for using reject and surplus banana (*Musa cavendish*), mango (*Mangifera indica*), pineapple (*Anana comusus*), papaya (*Carica papaya*), and orange (*Citrus sinensis*). Process conditions at pilot plant scale were established. The formula with higher percentages of acceptance (appearance, color, smell, taste and general liking) was selected through a sensory test. The selected formula contains 25 % banana, 25 % mango, 10 % orange, 15 % pineapple and 15 % sucrose. Mean acceptance for this product was 115 points using a monstructured hedonic scale of 150 points. Consumers (191 in total) between 10 and 45 years old described the fruit leather as a novelty, and gave a mean score of 8,94 for flavor and 8,58 for general acceptance using a 10 point scale. Product developed contains no preservatives, artificial color or flavor; it has 13% moisture, 0,53 aw, and 3,82 pH. Microbiological quality was satisfactory after 10 months storage at room temperature (mean standard plate and yeast and mold counts were $1,0 \times 10^2$ and $2,0 \times 10^1$ cfu/g, respectively). One portion of the fruit leather weighing 14 g, contains up to 50 Kcal.

RESUMEN

Se elaboró una confitura tipo "cuerito" ("fruit leather"), como una alternativa para lograr un mejor aprovechamiento de los excedentes y rechazos de banano (*Musa cavendish*), mango (*Mangifera indica*), piña (*Anana comusus*), papaya (*Carica papaya*) y naranja (*Citrus sinensis*). Se definieron las condiciones del proceso en el nivel de planta piloto y se ensayaron diferentes combinaciones de los ingredientes, a fin de lograr una mezcla con características organolépticas adecuadas. A través de un panel de degustación se seleccionó la formulación que proporcionó los mayores porcentajes de aceptación en cuanto a apariencia, color, olor, sabor, y agrado general. La fórmula seleccionada contiene 25% de banano; 25% de mango, 10% de naranja, 10% de papaya, 15% de piña y 15% de azúcar; la confitura fue considerada por los jueces como de buena calidad, obteniendo una aceptación promedio de 115 puntos en una escala hedónica no estructurada de 150 puntos. El estudio del producto con 191 consumidores en edades comprendidas entre los 10 y los 45 años, indicó que este es percibido como novedoso y diferente, obteniendo una calificación promedio de 8,94 para la característica sabor y de 8,58 para el agrado general, en una escala de 10 puntos. El producto es natural, no se le adicionan preservantes, colorantes ni saborizantes artificiales; contiene un 13% de humedad, una a_w de 0,53 y un pH de 3,82, características adecuadas para su conservación. Luego de 10 meses de almacenamiento a temperatura ambiente, el producto presentó recuentos promedio de mohos y levaduras y de aerobios mesófilos aceptables ($2,0 \times 10^1$ y $1,0 \times 10^2$ ufc/g, respectivamente). Una porción de la confitura de 14 g proporciona 50 Kcal.

¹ Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica

² Fideos Precocidos de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Las frutas tropicales constituyen uno de los recursos naturales con mayor potencial en nuestro país y un rubro importante en las exportaciones costarricenses. En el año 2000, el sector agrícola ocupó el segundo lugar de las exportaciones, contribuyendo con un 23,4 % del total acumulado a mayo de ese año, el banano en primer lugar, seguido del café, melón y piña (Procomer, 2001).

Se estima que alrededor de un 16 a un 30 % de la producción total de banano, piña, mango, papaya y naranja es fruta de rechazo, que no califica para la exportación, o son excedentes de la producción (Monge y Ponchner, 1994; CNP, 1998 a, b; Navarro, 1998; Fonseca *et al.*, 1998; Elizondo, 1999; Núñez, 1999; CNP, 2000; Procomer, 2000; Sánchez y Zuñiga, 2001). En Costa Rica existen aproximadamente 300 empresas dedicadas al procesamiento de frutas, en la elaboración de purés, bebidas, jugos, mermeladas y productos deshidratados, entre otros (Procomer, 2001). Sin embargo, no toda la fruta de rechazo es colocada en los mercados locales o es incorporada a un proceso productivo, lo cual ocasiona pérdidas a los productores.

Actualmente existe una demanda creciente de productos naturales elaborados a partir de frutas tropicales como las mencionadas (Sloan, 1999). La preferencia hacia este tipo de productos está variando significativamente los patrones de consumo de alimentos y bebidas, principalmente debido a la importancia de las frutas en la dieta, como fuente natural de ciertos nutrientes esenciales para el organismo, tales como azúcares, vitaminas y fibra (Ginocho, 1992). Esta es una de las razones por las que varios países productores de frutas tropicales enfocan sus investigaciones hacia el desarrollo de productos derivados, con un mayor valor agregado (Viquez, 1995; Murillo, 2000).

El objetivo de este estudio fue desarrollar un producto deshidratado tipo "fruit leather", natural, sin preservantes, colorantes ni saborizantes artificiales, a partir de los excedentes y rechazos de exportación del banano (*Musa cavendish*), mango (*Mangifera indica*), piña (*Anana comusus*), papaya (*Carica papaya*) y naranja (*Citrus sinensis*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Para la selección del grado de madurez de las materias primas, se utilizó como criterio el valor de pH y los sólidos solubles (°Brix). Se utilizó banano (*Musa cavendish*) procedente de la planta maduradora Novartis (Gerber), ubicada en la Trinidad de Moravia, con un grado de maduración 7 en la escala de maduración desarrollada por el CITA (Chacón *et al.*, 1987), el cual presentó un pH de 5,1 y 22,5 °Brix. Se usó mango (*Mangifera indica*) de la variedad Tommy Atkins, procedente de la zona del Coyolar de Orotina con un porcentaje de sólidos solubles de 18,25 y un pH de 6,2. La piña (*Anana comusus*) pertenecía a la variedad cayena lisa y provenía del mercado de mayoreo del Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA), los valores de pH y °Brix fueron 3,3 y 12,7, respectivamente. La papaya empleada (*Carica papaya*) fue la criolla, con un pH de 5,2 y 10,25 °Brix, proveniente del CENADA al igual que la naranja (*Citrus sinensis*), de la variedad Valencia que presentó un pH de 2,9 y 6,8 °Brix.

Formulación de la confitura

Basados en estudios anteriores de elaboración de mezclas de jugos y néctares de frutas tropicales (Viquez, 1995), se realizaron pruebas preliminares con varias formulaciones para obtener productos con características organolépticas aceptables. Los parámetros de temperatura y velocidad de secado se escogieron a partir de los resultados de estudios previos de deshidratación de mango, piña y papaya (Bustamante, 1988). Se utilizó un secador de aire caliente y las siguientes condiciones de secado, 65°C, 3,4 m/s la velocidad de aire y un tiempo de aproximadamente 5 h, hasta alcanzar un 13% de humedad. A partir de los ensayos preliminares, se fijó una proporción porcentual de banano: mango de 25:25 en todas las formulaciones, debido a que esta le confiere al producto características reológicas y organolépticas apropiadas. A través de ensayos de prueba y error, se seleccionaron 15 formulaciones y las confituras fueron degustadas por un panel sensorial informal con 12 panelistas utilizando una escala de evaluación de 10 puntos

no estructurada, siendo 1 el límite de menor aceptación y 10 el de mayor aceptación. Se escogieron las tres formulaciones (Cuadro 1) de las confituras que obtuvieron una calificación entre 9 y 10. Se elaboraron confituras con las formulaciones preseleccionadas y éstas fueron sometidas a un análisis sensorial utilizando 29 jueces entrenados y una escala hedónica no estructura de 150 puntos. Las características evaluadas fueron: apariencia, color, olor, sabor, textura y calidad general (aceptación global). Los resultados se analizaron mediante un análisis de variancia (ANDEVA), a un 95% de confianza y se seleccionó la muestra que presentó el mayor porcentaje de aceptación.

Cuadro 1. Formulaciones de las confituras preseleccionadas por un panel sensorial informal*

Ingredientes (%)	Formulación		
	1	2	3
Banano	25	25	25
Mango	25	25	25
Piña	20	25	15
Papaya	15	10	10
Naranja	-	-	10
Sacarosa	15	15	15

* 12 jueces, calificación 9-10 en escala de 10 puntos

Análisis composicional y microbiológico

A la mezcla de la formulación seleccionada, previo al secado, se le determinó el pH, el contenido de sólidos solubles y la humedad. El pH se determinó utilizando un pHmetro Orion Resarch modelo 601A/digital; el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), por medio del refractómetro Leica Auto ABBE y la humedad, siguiendo el método 934.06 de la AOAC (1990). El producto deshidratado fue analizado en su contenido de humedad, actividad de agua, contenido de fibra, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos disponibles y contenido calórico (3 muestras por duplicado), lo que permitió obtener a su vez los datos necesarios para el etiquetado nutricional. La actividad de agua se midió utilizando un Aqualab, modelo CX-2. La estimación del contenido de proteína se hizo siguiendo el método oficial 920.152 (AOAC,

1990), la de grasa, el método 920.85 (AOAC, 1990), las cenizas el método 940.26 (AOAC, 1990) y los carbohidratos totales se obtuvieron por diferencia. Se aplicó la relación 4-9-4 para carbohidratos, grasa y proteína respectivamente para determinar el contenido calórico de la muestra (Gordon, 1998). El contenido de fibra dietética se determinó siguiendo el procedimiento descrito por Torres y Lois (1993), el cual utiliza una hidrólisis triple para "liberar" la fibra presente en la muestra. La primera hidrólisis se realizó con la enzima α -amilasa (Sigma A 3306), la segunda con una proteasa (Sigma P-3910) y la última con una amiloglucosidasa (Sigma A-9913). Se llevó a cabo una precipitación de la fibra con etanol, la cual se filtró, se enjuagó en forma sucesiva con 3 porciones de 20 mL de etanol al 78%, 2 porciones de 20 mL de etano al 95% y 2 porciones de 10 mL de acetona. Se secó el residuo toda la noche en una estufa al vacío a 70°C. Se enfrió, se pesó y se llevó a peso constante.

A una muestra "compuesta" del producto almacenado durante 10 meses, a temperatura ambiente ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$), se le realizaron recuentos de mohos y levaduras y de mesófilos aerobios (por duplicado), siguiendo el método descrito por Vanderzant y Splittstoesser (1992).

Prueba de producto

Se realizaron 191 encuestas a 92 mujeres y 99 hombres, de edades comprendidas entre los 10 y los 45 años. Se evaluó la aceptación de muestras de 14 g, utilizando una escala de 10 puntos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tres formulaciones evaluadas generaron los porcentajes promedio de aceptación de las confituras que se presentan en el Cuadro 2 para cada característica. A pesar de que no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en la apariencia, color y olor de las tres formulaciones, la formulación 3 fue la que obtuvo los porcentajes más altos de aceptación de todas las características evaluadas. La adición de jugo de naranja, con un menor porcentaje de piña y papaya en la formulación 3, generó un color amarillo-naranja más natural y apetecible, y un aroma más agradable al gusto de los panelistas.

Cuadro 2. Porcentaje promedio¹ de aceptación por característica sensorial para las tres formulaciones evaluadas

Características	Aceptación (%)		
	Formulación ²		
	1	2	3
Apariencia	74 ^{a3}	75 ^a	77 ^a
Color	78 ^a	7 ^a	80 ^a
Olor	73 ^a	74 ^a	75 ^a
Textura	48 ^a	63 ^a	67 ^b
Sabor	71 ^a	73 ^{ab}	95 ^b
Calidad general	55 ^a	62 ^b	65 ^b

¹ 29 jueces, escala hedónica no estructurada de 150 puntos

² Formulaciones en Cuadro 1

³ Valores con las mismas letras no presentan diferencia significativa ($p > 0,05$)

En cuanto al sabor, se encontró una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre la formulación 1 y la 3, resultando ésta última con una mayor calificación promedio. No se encontró diferencia ($p > 0,05$) entre el sabor de la formulación 1 y la 2, ni entre el de las 2 y 3 (Cuadro 2). A partir del análisis de variancia se determinó que para la característica sabor, la formulación 1 fue la de menor agrado. Aparentemente la papaya afectó negativamente el aroma y el sabor del producto. La piña, por el contrario, imparte características organolépticas de mayor aceptación, al igual que lo hace la naranja. Esto último concuerda con lo señalado por Vindas (1998) en cuanto a que el sabor de los cítricos se encuentra entre los más apetecidos.

En relación con la textura, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la formulación 1 y las 2 y 3, no encontrándose diferencia entre la 2 y la 3. La proporción de los ingredientes en las distintas formulaciones influyó en la apreciación de los jueces, quienes consideraron que la formulación 1 era muy "chiclosa" y la calificaron negativamente. Esto parece indicar que los panelistas evaluaron la textura como sinónimo de "chiclosidad" y esta apreciación provocó un sesgo en la evaluación de esta característica. Sin embargo, si se comparan los valores obtenidos para la textura, la formulación 3 obtuvo la mejor calificación (Cuadro 2).

Con base en los resultados obtenidos en el análisis sensorial, se seleccionó la formulación 3, como la indicada para proseguir con el estudio. El Cuadro 3 muestra los valores del contenido de humedad, pH y sólidos solubles de la mezcla seleccionada, previo a la deshidratación.

Cuadro 3. Composición química de la mezcla seleccionada previo a la operación de deshidratación

Análisis*	Media (% p/p)	Desviación estándar
Humedad	68,06	0,04
Sólidos solubles	30,60	0,10
pH	3,82	0,01

* 3 repeticiones por duplicado

El Cuadro 4 muestra la composición química de la confitura seleccionada. Los carbohidratos constituyen el componente mayoritario y la principal fuente de energía del producto. El aporte energético de los carbohidratos proviene tanto de los azúcares naturales de las frutas (glucosa, fructosa y sacarosa) como de la sacarosa adicionada. Estos carbohidratos juegan un papel importante no solo desde el punto de vista calórico, sino que contribuyen, además, con ciertas propiedades funcionales del producto final. Gracias a su poder edulcorante, los carbohidratos le confieren un sabor dulce que favorece la palatabilidad, propiedad importante en una golosina. Por su gran capacidad de humectación, los carbohidratos forman fácilmente puentes de hidrógeno con el agua, absorbiendo la humedad del medio lo que favorece la "chiclosidad" del producto así como su brillantez. El azúcar funciona además como preservante, al aumentar la presión osmótica del sistema, reduciendo la actividad de agua (Badui, 1981).

Cuadro 4. Análisis composicional de la confitura seleccionada

Análisis ¹	Media (%p/p)	Desviación estándar
Humedad	12,98	0,02
a_w	0,530	0,001
Grasa ²	1,05	0,03
Proteínas	1,83	0,01
Cenizas	1,16	0,02
Carbohidratos	82,96	0,02
Calorías	348,70	0,20
Fibra	2,50	0,10

¹ 3 repeticiones, por duplicado

² reportado como extracto etéreo

El contenido de fibra presente en la confitura, aunque pequeño, cobra importancia desde el punto de vista fisiológico, ya que se ha demostrado que el consumo de fibra contribuye a prevenir enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer (Schweiser y Edwards, 1991; Gurr y Asp, 1994). La fibra dietética corresponde a los polisacáridos no almidonosos presentes en las frutas, tales como la pectina, la celulosa, la hemicelulosa, gomas y mucílagos (Englyst y Cummings, 1990), los cuales resisten la hidrólisis enzimática del tracto digestivo del hombre, por lo que no se consideran dentro del aporte calórico.

El contenido protéico representa el 1,83% del producto, porcentaje relativamente alto al considerar que las frutas frescas contienen entre 0,1-1,5% de compuestos nitrogenados, del cual el 35-75% lo constituyen las proteínas (enzimas principalmente) y el restante porcentaje son aminoácidos libres (Belitz y Grosch, 1988).

La fracción lipídica de las frutas es normalmente muy baja, del orden de 0,1-0,5% en peso fresco. Sin embargo para este producto se determinó 1,05%, ya que lo que se obtuvo fue un extracto etéreo que arrastró otras sustancias liposolubles como carotenoides y algunos aceites esenciales, los cuales están ampliamente distribuidos en las frutas y son fácilmente extraíbles con solventes orgánicos como el éter etílico o éter de petróleo (Badui, 1981; Belitz y Grosch, 1988).

Las cenizas están constituidas por la materia inorgánica presente en el producto; el 1,16% determinado corresponde a los minerales. Según Belitz y Grosch (1988), en estas frutas el potasio y el fósforo son los minerales de mayor importancia ya que se encuentran en mayor cantidad, pero también es posible encontrar sodio, calcio, magnesio, hierro, aluminio, azufre y cloro en menores proporciones.

La baja actividad de agua que presenta la golosina (a_w de 0,53), aunado al contenido de humedad de un 13%, permite clasificarla como un producto seco (deshidratado), lo cual le confiere una mayor estabilidad tanto química como microbiológica. Al respecto, se pudo comprobar que luego de 10 meses de almacenamiento a temperatura ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}$), el producto presentó recuentos promedio de mohos y levaduras y de aerobios mesófilos aceptables ($2,0 \times 10^1$ y $1,0 \times 10^2$ ufc/g, respectivamente).

Tomando como referencia una dieta de 2000 calorías, recomendada para adultos y niños mayores de 4 años, una porción de golosina de 14 g aporta 50 calorías (200 kJ), un 4% del valor diario recomendado (VDR) para carbohidratos disponibles y un 1% del VDR de la fibra y la proteína, respectivamente.

En el estudio de prueba de producto se determinó que la confitura es percibida como un producto novedoso y diferente, obteniendo una calificación promedio de 8,94 para la característica sabor y 8,58 para el agrado general en una escala de 10 puntos.

El producto no lleva aditivos artificiales, por lo que de acuerdo con la legislación costarricense, puede clasificarse como "natural". La combinación de las frutas utilizadas en el proceso de obtención permite un adecuado balance de las características organolépticas, que hacen que el producto tenga muy buena aceptación por parte del consumidor. Su bajo contenido de humedad y su a_w y pH bajos, le confieren características adecuadas para su conservación en el almacenamiento a temperatura ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington, Virginia. v. 2
- Badui, S. 1981. Química de los alimentos. Alhambra, México.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. 1988. Química de los alimentos. 2 ed. Acribia, Zaragoza.
- Bustamante, M. 1988. Desarrollo de alimentos de humedad intermedia importantes para Iberoamérica. Informe anual del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, V Centenario CYTED-D. Sub Programa Tratamiento y Conservación de Alimentos. Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. p. 434-458.
- CNP. 1998a. Piña. Servicio de información de mercados, San José. Disponible en: <http://www.mercanet.cnp.go.cr>.

- CNP. 1998b. Papaya. Servicio de información de mercados, San José. Disponible en: <http://www.agriforo.iica.ac.cr/cr/cnp>.
- CNP. 2000. Exportaciones mensuales de naranja. Dirección de Mercadeo y Agroindustria, San José.
- Chacón, S., Víquez, F. y Chacón, G. 1987. Escala físico-química de maduración de banano. *Fruits* 42 (2):95-102.
- Englyst, H. N. y Cummings, J. H. 1990. Non-starch polysaccharides (dietary fiber) and resistant starch. In Furda y Brine, eds. *New developments in dietary fiber*. Plenum Press, New York. p. 205-225.
- Elizondo, A. C. 1999. Mango. Consejo Nacional de Producción. Servicio de información de mercados. *Boletín* 5(1):1-5.
- Fonseca, J., Fernández, K., Barquero, C., Medina, L., Núñez, V., Delgado, G., Saborío, G. y López, S. 1998. Diagnóstico del manejo poscosecha de banano en fincas cooperativas del Pacífico Sur. *Boletín del Laboratorio Tecnología Poscosecha Universidad de Costa Rica* 1:1-12.
- Ginocho, A. 1992. Oportunidad comercial de frutas tropicales. *Industria Alimenticia* 3(4): 10-14.
- Gordon, M.W. 1998. *Perspectives in nutrition*. 4 ed. McGraw-Hill, New York.
- Gurr, M.I. y Asp, N.G. 1994. *Dietary fiber*. ILSI, Washington, D.C.
- Monge, J. E. y Ponchner, S. 1994. Diagnóstico de la situación y perspectivas económicas de la producción de frutas en Costa Rica. *Boletín técnico Estación Experimental Fabio Baudrit* 27(4): 65-70.
- Murillo, N. 2000. Productos diferenciados para sobrevivir. *El Financiero*, San José. 16-22 de octubre (283): 12,14.
- Navarro, J. M. 1998. Aspectos relevantes de la papaya. *Boletín Dirección Mercadeo y Agroindustria, Consejo Nacional de Producción* 1 (1):1-7.
- Núñez, W. 1999. Situación actual de la exportación y rechazo del mango en Costa Rica. PROEX-MANGO, San José. Comunicación personal.
- PROCOMER. 2000. Estadísticas por producto. San José. Disponible en: <http://www.procomer.com/español/114porproductos.htm>.
- PROCOMER. 2001. Directorio de exportadores e importadores de Costa Rica, San José.
- Sánchez, R. y Zúñiga, M. 2001. Costa Rica informe anual de estadísticas de exportación de banano 2000. CORBANA, San José
- Schweiser, T. y Edwards, C. A. 1991. Dietary fiber – a component of food. Nutritional function in health and disease. Springer-Verlag, London.
- Torres, M. A. y Lois, M. 1993. Métodos de análisis de alimentos. *Manual de prácticas*. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica. San José.
- Sloan, E. 1999. Top ten trends to watch and work on for the millenium. *Food Technol.* 52 (1): 37-44.
- Vanderzant, C. y Splittstoesser, D.F. 1992. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 3 ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Vindas, H. 1998. Organización de productores, componente necesario para la producción y comercialización de la naranja. Tesis Lic. Agronomía. Escuela de Agronomía, Universidad Nacional. Heredia.
- Víquez, F. 1995. Utilización del banano en la elaboración de mezclas de jugos, néctar de frutas y concentrados. *Reviteca* 4: 23-29.

CONTENIDO DE GRASA EN ALIMENTOS FRITOS EN EQUIPO CASERO USANDO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FRITURA

Yesennia Araya¹ y Patricia Sedó²

ABSTRACT

POST-FRYING FAT CONTENT OF LOCAL FOODS USING HOUSEHOLD APPLIANCES AND DIFFERENT FRYING TREATMENTS

To determine fat percentage after frying, seven different food products, with two of them in two presentations (French fried potatoes, ripe plantain in longitudinal and transverse slices, cassava pieces, beef steak, chicken thigh, a Costarrican sausage called "salchichón", fried egg, and omelette) were fried in soy oil and palm oil shortening, using superficial and deep frying. Products were analysed for moisture content before frying and those of animal origin were also analysed for fat content. To determine weight loss products were weighed before and after frying.

All products, except ripe plantain, showed variation coefficients of less than 10% for moisture content. Fat content of raw animal products showed average percentages near 9%. Deep fried potatoes and chicken thigh and superficial fried beefsteak showed weight losses over 35%.

Differences due to type of fat using superficial frying were significant ($p < 0,001$) for potatoes, plantains and fried egg which showed a higher fat percentage when fried using shortening. When foods were deep fried, significant difference ($p < 0,001$) was found only for potatoes fried in oil, which showed a higher fat percentage.

Foods studied in two presentations showed higher final fat percentage ($p < 0,001$) for transverse plantain slices and omelette, than for longitudinal slices and fried egg, respectively.

Results indicate that high post-frying fat content is related to higher moisture and fat contents in the raw products, high food porosity and amount of fat used for frying.

RESUMEN

Para determinar el porcentaje de grasa pos-fritura se estudiaron siete alimentos, dos de ellos en dos presentaciones (papa en tiritas, plátano maduro en tajadas y en rodajas, yuca en trozos, bistec de res, muslo de pollo, salchichón, huevo en torta y entero) fueron fritos en aceite de soya y manteca de aceite de palma, utilizando sartén y olla freidora. A todos los alimentos se les determinó la humedad en crudo y a los de origen animal, además, el contenido de grasa. Para determinar la pérdida de peso los alimentos se pesaron antes y después de freírlos.

Los porcentajes de humedad de todos los alimentos en su forma cruda mostraron coeficientes de variación menores al 10%, a excepción del plátano maduro. En relación con el contenido de grasa del producto en crudo, los alimentos presentaron porcentajes medios cercanos al 9%. La papa y el muslo de pollo fritos en inmersión y el bistec de res sometido a fritura superficial son los alimentos que presentaron una pérdida de peso superior al 35%.

Al analizar las diferencias por tipo de grasa usando sartén, éstas sólo fueron significativas ($p < 0,001$) en el caso de la papa, plátano y huevo frito; siendo mayor el porcentaje de grasa en aquellos productos fritos en manteca. Al freir los alimentos en olla freidora, sólo se encontró diferencia significativa ($p < 0,001$) en el caso de la papa frita en aceite, la cual presentó un mayor porcentaje de grasa pos-fritura.

Respecto al tipo de corte o presentación del alimento, se determinó que el porcentaje de grasa final era mayor en el plátano en rodaja y el huevo en torta ($p < 0,001$), que en el plátano en tajadas y el huevo frito respectivamente.

Los resultados indican que existe relación entre un alto contenido de grasa pos-fritura y un alto contenido de humedad o de grasa en el alimento crudo, así como con una mayor porosidad del alimento y con la cantidad de grasa en la que se frie.

¹ Ministerio de Salud, Costa Rica

² Escuela de Nutrición, Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

La fritura es un método de cocción muy utilizado a nivel casero e industrial, dada la facilidad de preparación, y las características de textura, color y sabor que se obtienen al cocinar el alimento en grasa caliente. En este complejo tratamiento de cocción ocurren cambios físicos y químicos importantes, entre los que se destacan la migración de agua del interior del alimento hacia el medio en forma de vapor, así como también el movimiento de grasa del medio de cocción hacia al interior del alimento (Pinthus y Saguy, 1995).

La cantidad de grasa en un alimento frito depende de varios factores, unos asociados a las propiedades físicas, químicas y nutricionales del alimento, y otros al medio de cocción (grasa) y el procedimiento seguido en la fritura (Blumenthal, 1991).

Entre los factores asociados al alimento figuran el contenido de humedad y grasa del alimento crudo, y el tratamiento prefritura, el cual incluye el tipo y grosor del corte, el grado de porosidad y la cobertura o empanizado. Los factores relacionados con el tratamiento de fritura abarcan el tipo de grasa utilizada (vegetal o animal, aceite o manteca), la temperatura inicial de la grasa, el tiempo de cocción y tiempo de permanencia del alimento en el medio después de la cocción (Pinthus y Saguy, 1995; Singh, 1995; Erickson y Perkins, 1996).

A nivel internacional existe poca información respecto a la cantidad de grasa en alimentos fritos en equipo casero, utilizando diferentes tipos de grasa. Costa Rica no es la excepción, ya que existen pocos datos acerca de las características físico químicas y nutricionales de alimentos fritos, a pesar de que los estudios dietéticos demuestran un incremento en el consumo de este tipo de preparaciones (Flores, 1994; Grupo Numar, 1997; Ministerio de Salud, 1997; Quesada y Rodríguez, 1998; Soto, 1999).

Un estudio realizado en Costa Rica por Chaverri y Rodríguez (1998) demostró que nueve de trece alimentos fritos en sartén usando aceite de soya y manteca, presentaron una mayor absorción de grasa cuando eran fritos en aceite, en comparación con la fritura en manteca vegetal. Sin embargo, es importante destacar que este estudio se basó en datos estimados del contenido de grasa, tomando en cuenta la diferencia de peso entre el alimento crudo y cocido, y el remanente de grasa en el equipo de cocción.

La determinación del contenido de grasa en alimentos fritos es de gran interés nutricional, dado el alto consumo de este tipo de productos, y la necesidad de conocer más a profundidad aquellos procedimientos, cortes de alimentos y tipos de grasa más recomendados, para obtener un producto frito de buena calidad y con el mínimo de grasa posible.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el contenido de grasa de alimentos fritos en equipo casero según el tratamiento de fritura. Para tal fin se consideró el contenido de humedad del alimento en crudo, el contenido de grasa de alimentos de origen animal crudos, la variación del medio de fritura (aceite o manteca) y la técnica culinaria (sartén y olla freidora), la cual varía en cuanto a cantidad de grasa utilizada y la temperatura inicial de cocción.

MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de los alimentos se hizo de forma no aleatoria, considerando aquellos productos que se consumen de forma frita, comunes en la dieta tradicional costarricense. Para ello se tomó en consideración los resultados de estudios dietéticos en la población costarricense, y la opinión de expertos en estudios sobre consumo de alimentos de la Escuela de Nutrición de la Universidad de Costa Rica (Araya, 2000).

Se estudiaron siete alimentos en nueve diferentes presentaciones: papa en tiritas, plátano maduro en tajadas y rodajas, yuca en trozos, bistec de res, muslo de pollo, salchichón, huevo en torta y huevo "frito" (cocción del huevo sin batir en una superficie caliente engrasada).

Los productos se compararon el mismo día en que se aplicó el tratamiento de fritura. En el caso de productos procesados, se seleccionó la marca comercial más citada en estudios dietéticos, y se utilizó producto del mismo lote de producción. En el caso del plátano se seleccionaron unidades de un mismo racimo.

El peso de las muestras osciló entre 90 y 110 g. Se trató de obtener muestras del mismo tipo y grosor del corte (lo más homogéneo posible). Con respecto a la yuca, se aplicó un tratamiento de precocción (hervido), el cual consistió en partir la yuca sin cáscara y colocarla en una olla con agua hirviendo hasta obtener una textura suave.

Posterior a la cocción, la yuca se colocó en un plato hasta que enfriara y luego se aplicó el tratamiento de fritura. Las muestras de pollo y huevo se seleccionaron de tamaños similares. A las muestras de pollo y bistec se les agregó un gramo de NaCl/muestra; mientras que al huevo se le agregó 0,5g de NaCl/unidad.

Se realizaron pruebas previas de cocción para estandarizar los procedimientos. Se controló la temperatura inicial de fritura del medio de cocción (175° C en olla freidora y 150° C en sartén) y se estandarizó el tiempo de cocción de cada uno de los alimentos estudiados.

Para la cocción se utilizó aceite de soya y manteca de aceite de palma del mismo lote de producción. Para la fritura en sartén se usaron 30g de grasa, y 1500g para la fritura por inmersión. En ningún caso se reutilizó la grasa de cocción, con la finalidad de evitar sesgos por degradación química de la grasa.

Se cocinaron diez muestras de alimento por cada tipo de grasa y método de cocción (280 muestras en total). En el caso del huevo en torta, huevo frito y bistec de res, sólo se utilizó la técnica del sartén; mientras que el pollo solamente se cocinó en olla freidora. Los tiempos de cocción se determinaron a criterio de los investigadores, calculando para cada alimento el tiempo desde que el producto se colocaba en la grasa caliente a una temperatura inicial de 175° C en olla freidora y 150° C en sartén, y el alcance de características de cocción y dorado deseables. Los tiempos oscilaron entre 129 y 279 segundos en el caso de la fritura en sartén; y 158 y 510 segundos en olla freidora. De las diez muestras por producto, se seleccionaron tres al azar para el análisis químico.

A todos los productos en crudo se les determinó el peso y el porcentaje de humedad, y a todos los productos fritos se les determinó el peso y el contenido de grasa. Además, a los alimentos de origen animal se les analizó el contenido de grasa en crudo. Los métodos analíticos utilizados fueron el de horno caliente para la determinación de humedad, y el de extracción de Soxhlet para la grasa, ambos aprobados por la "Association of Oil Analysis Chemistry" y publicados por la Food and Agriculture Organization (FAO, 1986). Para pesar los productos se utilizó una balanza electrónica con sensibilidad de 0,1 g. Se determinó la pérdida de peso de los productos para cada tratamiento de fritura y se expresó en porcentajes medios.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete SPSS para Windows, versión 7.5. Para determinar si las diferencias entre los tratamientos se debieron al tipo de grasa o al tratamiento, se usó la prueba t-Student y se hicieron dos pruebas para cada alimento; una para comparar los tratamientos de fritura (sartén, olla freidora) y otra para los tipos de grasa (manteca y aceite). Además se realizó otra prueba t-Student para comparar los cortes (rodajas y tajadas) con iguales tratamientos de fritura; y otra para comparar las formas de preparación (huevo frito y en torta).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en el Cuadro 1, los porcentajes promedio de humedad de los alimentos crudos de origen animal estuvieron entre 74,9% y 76,7%, a excepción del salchichón (62,2%). En el caso de los productos vegetales, la papa es el producto con mayor contenido de humedad (80,1%), y el plátano maduro con el menor contenido (64,3%). En cuanto a la humedad, todos los alimentos en su forma cruda mostraron un coeficiente de variación inferior al 10% , a excepción del plátano maduro.

En relación con el contenido de grasa del producto en crudo, los alimentos presentaron porcentajes medios cercanos al 9%. El muslo de pollo y el huevo presentaron una alta variabilidad; mientras que el salchichón y el bistec mostraron coeficientes de variación inferiores al 5%, tal como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Porcentaje de humedad y grasa de los alimentos crudos

Alimento	Porcentaje de humedad				Porcentaje de grasa			
	N	X ¹	DE ²	CV ³	N	X	DE	CV
Papa	5	80,1	0,89	1,11	- ⁴	-	-	-
Yuca ⁴	4	65,7	1,60	2,53	-	-	-	-
Plátano maduro	4	64,3	6,67	10,37	-	-	-	-
Salchichón	4	62,2	5,95	9,56	4	9,3	0,30	3,22
Muslo de pollo	2	75,4	0,40	0,65	2	9,0	1,20	13,28
Huevo	4	76,7	0,41	0,54	8	8,3	2,27	27,31
Bistec de res	2	74,9	0,78	1,04	2	9,3	0,14	3,22

¹ valor promedio ² desviación estándar ³ coeficiente de variación ⁴ yuca hervida ⁵ no se hizo el análisis

Respecto a la pérdida de peso por efecto de la fritura, en el Cuadro 2 se presentan los porcentajes promedio. La papa y el muslo de pollo fritos en inmersión, seguidos por el bistec de res frito en sartén son los alimentos que

presentaron una pérdida de peso superior al 35%. Los plátanos en rodaja y tajada fritos en sartén perdieron menos del 9% de su peso al cocinarlos. La yuca frita en inmersión perdió más del doble del peso (26,38% con manteca y 25,01% con aceite) respecto a la sometida a la fritura superficial (9,45% con manteca y 10,45% con aceite). En general los alimentos analizados presentaron mayor pérdida de peso cuando se cocinaron en olla freidora (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentajes de pérdida de peso de los alimentos según tratamiento de fritura

Alimento	Tratamiento Sartén ¹ Olla ²	Pérdida de peso (%)	DE ³	CV (%) ⁴
Papa en tiritas	Sartén/manteca	32,2	1,58	4,91
	Sartén/aceite	30,7	1,46	4,77
	Olla/manteca	45,0	2,47	5,49
	Olla/aceite	43,1	1,46	3,40
Yuca en trozo	Sartén/manteca	9,4	0,81	8,53
	Sartén/aceite	10,4	0,91	8,72
	Olla/manteca	26,4	3,38	12,80
	Olla/aceite	25,0	2,83	11,33
Plátano en rodaja	Sartén/manteca	8,0	0,86	11,09
	Sartén/aceite	8,6	0,64	7,43
	Olla/manteca	17,1	1,55	9,05
	Olla/aceite	16,5	1,68	10,17
Plátano en tajada	Sartén/manteca	6,4	0,68	10,63
	Sartén/aceite	8,2	0,67	8,16
	Olla/manteca	10,7	0,93	8,68
	Olla/aceite	11,5	0,91	7,95
Salchichón	Sartén/manteca	10,9	1,08	9,91
	Sartén/aceite	10,5	0,77	7,35
	Olla/manteca	17,5	1,75	10,03
	Olla/aceite	19,0	0,99	5,21
Muslo de pollo	Olla/manteca	42,6	4,3	10,09
	Olla/aceite	42,9	2,37	5,51
Huevo frito	Sartén/manteca	12,0	5,09	42,27
	Sartén/aceite	7,5	3,90	52,24
Torta de huevo	Sartén/manteca	13,4	2,80	20,92
	Sartén/aceite	12,9	2,42	18,69
Bistec de res	Sartén/manteca	35,8	2,77	7,74
	Sartén/aceite	37,1	1,69	4,56

¹ superficial a 150° C ² inmersión a 175° C ³ desviación estándar ⁴ coeficiente de variación

Al comparar los resultados aplicando una misma técnica de cocción se encontró que, de los alimentos fritos en sartén, las diferencias por tipo de grasa son significativas ($p < 0,001$) para la papa, plátano maduro y huevo, siendo mayor el porcentaje medio de grasa al usar manteca, con valores que alcanzan hasta el 24,1% en el caso del huevo en torta; mientras que la yuca y el bistec de res presentaron un mayor porcentaje de grasa al freírlos con aceite con la técnica superficial (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Porcentajes de grasa final de los alimentos según tratamiento de fritura

Alimento	Tratamiento Sartén ¹ Manteca ²	N	Promedio grasa final (%)	DE ³	CV ⁴
Papa en tiritas	Sartén/manteca	5	4,6	0,79	17,12
	Sartén/aceite	6	1,4	0,61	42,30
	Olla/manteca	5	6,7	0,52	7,68
	Olla/aceite	5	9,0	0,77	8,53
Yuca en trozo	Sartén/manteca	6	5,3	2,14	40,72
	Sartén/aceite	6	5,5	0,93	16,79
	Olla/manteca	6	8,4	2,01	23,78
	Olla/aceite	5	11,7	6,25	53,21
Plátano en rodaja	Sartén/manteca	4	4,4	0,97	22,02
	Sartén/aceite	5	0,9	0,40	43,29
	Olla/manteca	6	5,3	1,11	20,99
	Olla/aceite	5	4,3	0,88	20,39
Plátano en tajada	Sartén/manteca	6	3,8	0,79	20,88
	Sartén/aceite	6	0,5	0,17	35,64
	Olla/manteca	6	1,7	0,33	19,96
	Olla/aceite	6	1,4	0,25	18,07
Salchichón	Sartén/manteca	6	18,6	1,30	7,85
	Sartén/aceite	6	15,8	1,14	7,21
	Olla/manteca	3	14,7	2,25	15,27
	Olla/aceite	3	16,5	1,21	7,35
Muslo de pollo	Olla/manteca	6	16,5	3,02	18,27
	Olla/aceite	6	16,0	1,37	8,52
Huevo frito	Sartén/manteca	4	8,1	0,59	7,27
	Sartén/aceite	6	6,7	0,73	10,97
Torta de huevo	Sartén/manteca	3	24,1	3,75	15,56
	Sartén/aceite	3	23,9	1,90	7,95
Bistec de res	Sartén/manteca	6	4,3	1,64	38,35
	Sartén/aceite	6	6,2	2,21	35,78

¹ superficial 150° C ² inmersión a 175° C ³ desviación estándar ⁴ coeficiente de variación

En el caso de los alimentos fritos en olla freidora, el comportamiento difiere de la técnica en sartén, ya que el plátano en tajada y rodaja, y el muslo de pollo presentaron mayores porcentajes de grasa al freírlos en manteca; mientras que la papa, yuca y salchichón tuvieron mayores porcentajes de grasa al freírlos en aceite, sin embargo estas diferencias no son significativas. Sólo hay diferencia significativa ($p < 0,001$) para la papa frita en aceite.

Cuadro 4. Comparación estadística (pruebas t-Student) según tratamiento y tipo de grasa

Alimento	Tratamiento en sartén ¹		Tratamiento en olla freidora ²		Manteca de prima		Aceite de soya	
	p	Diferencia entre promedios	p	Diferencia entre promedios	p	Diferencia entre promedios	p	Diferencia entre promedios
Papa	0,000	3,15	0,001	-2,28	0,001	-2,14	0,000	-7,570
Yuca	NS ³	0,9541	NS	-3,306	0,025	-3,166	NS	-6,206
Plátano rodaja	0,003	3,495	NS	0,943	NS	-0,858	0,000	-3,410
Plátano tajada	0,000	3,283	NS	0,266	0,001	2,100	0,000	-0,916
Salchichón	NS	0,900	NS	-1,733	NS	1,866	NS	-0,766
Muslo de pollo	-	-	NS	0,466	-	-	-	-
Huevo frito	0,009	1,448	-	-	-	-	-	-
Torta de huevo	NS	0,200	-	-	-	-	-	-
Bistec de res	NS	-1,900	-	-	-	-	-	-

¹ superficial 150° C ² inmersión a 175° C ³ no significativo

Los porcentajes medios de grasa final según el tratamiento de fritura aplicado y el tipo de grasa, indican que el plátano maduro en tajadas (sartén/aceite), es el alimento que presenta el porcentaje más bajo (0,5%) de todos los productos analizados; mientras que el huevo en torta (sartén/manteca), presenta el porcentaje más alto (24,1%). No obstante en ambos casos la variabilidad es muy alta, teniendo el plátano maduro un coeficiente de variación de 35,64%, y la torta de huevo de 15,56% respectivamente.

Por otro lado, se pudo determinar que en la mayoría de alimentos estudiados se presentan coeficientes de variación superiores al 10% en cuanto al porcentaje de grasa final según el tipo de alimento, lo cual demuestra que, a pesar de aplicar el mismo procedimiento, el comportamiento químico-nutricional de la fritura es diferente, según sus características físico químicas (porosidad, tratamiento prefritura, porcentaje de humedad). Al variar la técnica de fritura para un mismo alimento, se presentaron diferencias significativas ($p < 0,001$) en papa, yuca y plátano maduro en rodajas, siendo mayor el porcentaje de grasa cuando el alimento es frito en olla freidora y en manteca.

De todos los alimentos analizados, la yuca frita en aceite por inmersión, el salchichón, el muslo de pollo y la torta de huevo fueron los productos que presentaron mayores porcentajes de grasa pos fritura (Cuadro 3). De acuerdo con Soto (1999), un contenido de humedad inicial alto en el alimento, el fenómeno de deshidratación superficial y la migración interna del agua durante la fritura, aparentemente están relacionados con una disminución en el volumen interno, y mayores espacios intersticiales, que pueden ser ocupados por la grasa la cual migra del medio de cocción hacia el interior del alimento. Por otra parte Erickson y Perkins (1996) señalan que al introducir el alimento en la grasa caliente, el agua de la superficie del alimento se evapora rápidamente, provocando cambios en el contenido acuoso, pasando el agua de las capas íntimas a las más superficiales, para su posterior evaporación. Aquellos productos con mayor contenido de humedad sufren mayores cambios en peso y presentan un mayor contenido de grasa pos fritura.

En lo que respecta a diferencias entre el contenido de grasa en crudo y cocido en alimentos de origen animal Makinson *et al.* (1991), citados por Pinthus y Saguy (1995),

indican que entre mayor es el contenido de grasa de alimentos cárnicos crudos, menor es la absorción de grasa durante la fritura. Se requieren mayores estudios para explicar este fenómeno químico.

La diferencia entre las temperaturas iniciales (150°C superficial y 175° C por inmersión), además de la cantidad de grasa utilizada en la fritura, probablemente influyeron en la variación en el contenido de grasa de los alimentos según el tratamiento aplicado. Según Blummenthal (1991) el rango óptimo de la temperatura inicial de fritura está entre 150° y 175° C, ya que temperaturas inferiores hacen que el producto tenga que permanecer mayor tiempo en el medio de cocción, aumentando la posibilidad de absorber más grasa del medio; mientras que temperaturas superiores a 175° C resultan en un rápido quemado del alimento, lo cual hace que se carbonice la superficie y el interior que de crudo. Sin embargo, la diferencia entre las temperaturas iniciales fue necesaria, ya que al establecer los tiempos de cocción, se determinó que eran las óptimas para obtener un producto frito de características sensoriales aceptables.

Los resultados demuestran que al variar la técnica de fritura (Cuadro 3) se presenta un mayor porcentaje de grasa final en aquellos productos fritos en olla freidora, excepto en el caso del plátano maduro y el salchichón. Es importante destacar que en el caso de la técnica de fritura por inmersión el alimento se rodea totalmente de grasa caliente, lo cual provoca mayores cambios en su composición química (humedad y contenido de grasa absorbida del medio).

Al comparar los resultados, tomando en cuenta la variación de la técnica de fritura para un mismo alimento, se encontró que aquellos productos fritos en olla freidora tenían mayores porcentajes de grasa pos-fritura. Siendo estas diferencias significativas ($p < 0,001$) en el caso de la yuca y las papas fritas en manteca. Para las frituras en aceite, las diferencias en el contenido de grasa final según tratamiento de fritura (superficial e inmersión) son significativas ($p < 0,001$) para la papa y el plátano maduro fritos por inmersión. Es importante destacar que en esta técnica de cocción, las temperaturas alcanzadas, así como la cobertura total del alimento con la grasa caliente, pueden ser algunas de las variables que influyeron en los resultados. Al modificar el tipo de grasa en la fritura, se pudo determinar diferencias significativas ($p < 0,001$) sólo para la papa,

el plátano y el huevo frito en sartén; siendo mayor el porcentaje de grasa final al usar manteca. La papa frita en aceite también presentó diferencias significativas ($p < 0,001$) en cuanto al tipo de grasa, siendo menor el porcentaje de grasa en la papa frita en sartén.

Respecto al tipo de corte o presentación del alimento, se determinó que el porcentaje de grasa en el caso del plátano en rodaja y del huevo en torta eran mayores ($p < 0,001$) en comparación con el plátano en tajadas y el huevo frito.

Las diferencias obtenidas en cuanto a la presentación del alimento (rodaja/tajada o torta/huevo entero), demostraron que la porosidad y tipo de corte del alimento juegan un papel importante en el contenido final de grasa al freírlo. Si se compara la textura del huevo frito y la de la torta de huevo, ésta última presenta un mayor grado de porosidad debido a la incorporación de aire durante el batido; además, el área superficial expuesta a la grasa fue mayor en la torta. Estos factores pueden haber contribuido al mayor contenido de grasa final en la torta de huevo. Según Pinthus y Saguy (1995) y Soto (1999) los alimentos con alto grado de humedad y porosidad tienen más probabilidad de presentar un mayor contenido de grasa pos-fritura. Los resultados en torno a porosidad, área superficial y contenido de grasa final se asemejan a los encontrados por Chaverri y Rodríguez (1998), quienes indican que alimentos como arepas, tortillas y torta de huevo, presentaron mayor contenido de grasa, independientemente de si fueron fritos en aceite o en manteca.

Contrario a los datos obtenidos por Chaverri y Rodríguez (1998), quienes encontraron una mayor cantidad de grasa final en alimentos fritos en aceite/sartén, este estudio determinó que el 24% de los casos presentó un mayor contenido de grasa final cuando se frieron en manteca/sartén, y el 17% de los casos no presentó diferencias en el contenido de grasa final al variar la técnica de fritura. Por lo tanto no es concluyente que los alimentos fritos en aceite presenten una mayor cantidad de grasa.

Es necesario resaltar algunas limitaciones que presentó este estudio, importantes de considerar en futuras investigaciones, a saber: la imposibilidad de mantener una uniformidad en los cortes, ya que a pesar de que se trató de mantener un peso estándar, en productos como el muslo de pollo era difícil lograr este requisito. Por otro lado, el grado de madurez del plátano se determinó de manera

subjetiva por parte de los investigadores, lo cual pudo haber influenciado los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Araya Y. 2000. Absorción de dos tipos de grasa en alimentos fritos con equipo casero, comunes en la dieta costarricense. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de Costa Rica, Escuela de Nutrición. San José.
- Blumenthal, M. 1991. A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technol.* 45(2):68-94.
- Chaverri, A. y Rodríguez, M. 1998. Pesos de medidas caseras y porciones de alimentos y preparaciones para Costa Rica. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de Costa Rica, Escuela de Nutrición. San José.
- Erickson, M. y Perkins, E. 1996. Deep frying: chemistry, nutrition and practical applications. AOCS Press, New York.
- FAO. 1986. Food analysis general techniques, additives, contaminants, and composition. Manuals of food quality control, Rome.
- Flores, L. 1994. Hábitos de usos de grasas en Costa Rica. Memorias. Seminario de Grasas y Alimentación Humana. Grupo Numar. San José.
- Grupo Numar. 1997. Hábitos de comer grasas y aceites. Índice S.A. San José.
- Ministerio de Salud. 1997. Encuesta Nacional de Nutrición. Fascículo de consumo aparente de alimentos. Publicación Ministerio de Salud de Costa Rica. San José.
- Pinthus, E. y Saguy, I. 1995. Oil uptake during deep-fat frying: Factors and mechanism. *Food Technol.* 49(4):142-145, 152.

Quesada, M. y Rodríguez, L. 1998. Evaluación nutricional de los alimentos ofrecidos en las sodas y comedores de los colegios públicos del área urbana de San José. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de Costa Rica, Escuela de Nutrición. San José.

Singh, P. 1995. Heat and mass transfer in foods during deep-frying. *Food Technol.* 49(4):134-137.

Soto, R. 1999. Uso de antioxidantes en productos fritos. *Soya Noticias* enero/marzo 256:1-6.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica su colaboración a través del Proyecto No. 450-077-99, al Lic. Eduardo Obando de la Sección de Química Industrial de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica y al Grupo Numar.



ABSTRACT

A method to quantify iron and copper in vegetable oils through the Flame Atomic Absorption Spectrophotometry technique was optimized and validated. The AOCS's official methods were implemented to determine oxidized products, peroxide value (PV) and p-anisidine value (p-AV) and their relationship with the amount of iron and copper during oil industrial refinement process. The study started in a palm oil extraction plant in Central Pacific zone of Costa Rica and was followed through a refinery plant in San José. Palm oil naturally had important iron and copper levels: 9,0 and 0,30 ppm, respectively. These quantities decreased due to cleaning process and oil settling to 4,0 ppm for iron and 0,20 ppm for copper. Iron concentration increased again after oil fractions from other two extraction plants were mixed in the transportation trucks, reaching a level of 8,0 ppm. At the bleaching stage, most of the ions were removed, remaining a concentration of 0,60 ppm iron and 0,1 ppm copper. It was established that auto-oxidative process started at the storage tank (significant PV increase, $p < 0,05$) at the extraction plant, and it reached the most advanced state in the bleaching stage at refinery plant (maximum p-AV value). The oxidized products were finally eliminated after deodorization. It was concluded that iron and copper pro-oxidant role did not contribute significantly to the auto-oxidative process.

RESUMEN

Se optimizó y validó un método para cuantificar la concentración del hierro y el cobre en aceites vegetales mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de llama. Se implementaron los métodos oficiales establecidos por la AOCS para la determinación de los productos oxidados: índices de peróxido (IP) y de p-anisidina (Ip-A), para evaluar el grado de deterioro del aceite de palma y su relación con el contenido de hierro y cobre, durante el proceso de refinación industrial. El estudio inició en una planta extractora de aceite ubicada en la zona Pacífico Central de Costa Rica y continuó en una planta refinadora de aceites en San José. Los niveles de hierro (9,0 ppm) y cobre (0,3 ppm) encontrados en los frutos disminuyeron respectivamente a 4,0 y 0,2 ppm, debido a las operaciones de limpieza y al reposo del aceite en los tanques intermedio y de almacenamiento. Durante el transporte del aceite crudo a San José, en camiones cisterna (pipas), el hierro experimentó un aumento significativo a ($p < 0,05$) a 8,0 ppm, debido a la mezcla de aceites crudos provenientes de otras plantas extractoras de aceite ubicadas en la Zona Sur del país. Durante la etapa de blanqueo del aceite, los iones metálicos fueron removidos casi totalmente, permaneciendo en el aceite una concentración de hierro de 0,6 ppm y de 0,1 ppm cobre. El IP (meq/kg) del aceite de palma mostró un incremento significativo ($p < 0,05$) en el tanque de almacenamiento y en las pipas, marcando el inicio del proceso auto-oxidativo, el cual alcanzó su punto máximo en la etapa de blanqueo, con la formación de compuestos secundarios tipo aldehído derivados del fenómeno de auto-oxidación (máximo valor del Ip-A). En la etapa de desodorizado del aceite se eliminaron definitivamente los productos de la auto-oxidación, permaneciendo una pequeña fracción no volátil derivada de este proceso. De los resultados obtenidos se deduce que el hierro y el cobre no contribuyen significativamente en el fenómeno auto-oxidativo del aceite de palma durante el proceso de refinación industrial.

¹ Escuela de Química, Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica existen actualmente 41000 Ha de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) sembradas en las regiones Pacífico Sur, Pacífico Central y Atlántico, donde están ubicadas las plantas extractoras de aceite. El sector aceitero de palma de Costa Rica respresenta una inversión agrícola enorme, tanto en plantaciones, como en infraestructura y tecnología: ocupando el sexto lugar en volumen de producción en la agricultura de nuestro país. Genera empleo a más de 6000 trabajadores, principalmente de zonas marginadas y de poco desarrollo del país (Compañía Palma Tica, 2003).

El fruto de la palma produce dos tipos de aceite, el procedente de la pulpa (aceite de palma) y el de la semilla (aceite de coquito). El racimo cuenta con 3000 a 6000 frutos que son tratados con vapor caliente para inactivar su gran actividad lipásica y separar la pulpa de la semilla. De la pulpa triturada, se obtiene el aceite de palma por prensado, el cual se clarifica por centrifugación. Posteriormente, se lava con agua caliente y se deseca para obtener un producto bruto o "aceite crudo", que debido a su elevado contenido en carotenoides tiene un color desde amarillo hasta rojo. Mediante el refinado el aceite de palma se blanquea y libera de los ácidos grasos libres (Belitz y Grosch, 1992).

Más del 95% en masa del aceite obtenido son triglicéridos, el resto está integrado por agua, monoglicéridos, diacilgliceroles, ácidos grasos libres, carotenoides, fosfolípidos, esteroides, tocoferoles, hidrocarburos y alcoholes grasos. El aceite de palma contiene un 40% de ácido palmítico, 40% de ácido oleico, 12% de ácido linoleico y alrededor de un 8% de los ácidos palmítoleico, esteárico y linoléico (Corley, 1976; Belitz y Grosch, 1992).

El aceite de palma tiene gran importancia no sólo por sus propiedades en la preparación de los alimentos, como son: el comportamiento frente a la fusión (27-38°C), su textura y la capacidad de disolver sustancias sensorialmente activas, sino también por su elevado valor energético (39 kJ/g) y por ser fuente de vitamina E y de ácidos grasos esenciales como el linoleico (Meyer, 1988; Belitz y Grosch, 1992).

La calidad del aceite de palma, al igual que otros aceites, se ve afectada por el proceso de peroxidación lipídica, capaz

de modificar sus propiedades físicas y químicas a tal punto que puede transformar la matriz en un producto no apto para el consumo humano. Los ácidos grasos insaturados y poliinsaturados sufren con mayor facilidad este proceso de oxidación, el cual conduce a la formación de hidroperóxidos en sus posiciones alílicas y doblemente alílicas. La presencia de estos compuestos se evalúa a través de la determinación del "índice de peróxidos", el cual es directamente proporcional al grado de alteración oxidativa del aceite (Belitz y Grosch, 1992; Matissek *et al.*, 1992).

Los hidroperóxidos son compuestos intermedios en el proceso de oxidación lipídica y su degradación conduce a la formación de sustancias volátiles, responsables del olor y sabor a rancio, las cuales en su mayoría son compuestos carbonílicos. Por ejemplo, a partir del ácido oleico se generan principalmente el octanal y el nonanal; del ácido linoleico se forman mayoritariamente hexanal, 2tr-heptenal, 2c-octenal, 2tr-octenal y 2tr,4c-decadienal. La presencia de esta gran diversidad de compuestos carbonílicos es evaluada a través de la determinación de los índices de bencidina o de anisidina, los cuales reflejan en forma directa la alteración del aroma de tipo rancio (Belitz y Grosch, 1992; Matissek *et al.*, 1992).

El proceso de peroxidación lipídica es catalizado por la presencia de trazas de diversos iones metálicos (hierro, cobre, cobalto, etc), los cuales pueden provenir de la materia prima utilizada para extraer el aceite, de los aparatos utilizados durante el proceso de extracción o del material de envase (Belitz y Grosch, 1992).

Por este motivo se consideró necesaria una evaluación de la estabilidad oxidativa del aceite de palma durante los procesos de extracción y refinación industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y tratamiento de las muestras

Las muestras se tomaron en una planta extractora de aceite de palma ubicada en la región Pacífico Central de Costa Rica y en una planta refinadora de aceites vegetales ubicada en San José. Se recolectaron muestras de frutos

en las plantaciones de palma aceitera y de aceites en dos etapas del proceso de extracción: tanque intermedio y tanque de almacenamiento. Se muestrearon los contenedores de transporte (pipas) de aceite, donde se da una mezcla con aceites provenientes de otras dos plantas extractoras. En la planta refinadora de aceite de palma se tomaron muestras de aceite blanqueado y aceite desodorizado. Todas las muestras de aceite recolectadas se almacenaron en frascos de vidrio, con tapa de plástico, por un tiempo menor de 48 h, en refrigeración y protegidas de la luz. Las muestras de la planta extractora se mantuvieron en una nevera con hielo, durante el transporte a San José.

Frutos: los frutos maduros fueron recolectados manualmente, en muestras triplicadas de 5,0 kg, tomadas al azar de 10 plantas de palma aceitera por muestra, en 3 días no consecutivos. Los frutos de cada muestra se lavaron con agua destilada y se sometieron a cocción a 75°C por 2 h. Posteriormente, los frutos se prensaron en una prensa hidráulica de acero inoxidable, a una presión de 2500 psi y el líquido o aceite de prensa fue decantado para obtener "aceite crudo", con un 35% de extracción, a nivel de laboratorio.

Aceite del tanque intermedio: del aceite crudo obtenido inmediatamente después de las etapas de prensado y decantado, se tomaron 3 muestras diarias de 400 g cada una, en 3 días no consecutivos.

Aceite del tanque de almacenamiento: se tomaron 3 muestras diarias de 400 g cada una, a 3 diferentes profundidades del tanque de almacenamiento, en 3 días no consecutivos.

Aceite de los contenedores de transporte: se tomaron muestras de 100 g, cada una de 5 pipas.

Aceite del tanque de almacenamiento: en ambas etapas del proceso se tomaron muestras triplicadas de 400 g cada una, durante 6 días no consecutivos.

Análisis de hierro y cobre

Todos los aceites fueron analizados para cuantificar el contenido de hierro y cobre por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de llama, de la siguiente forma: se midió una masa de 0,0500 g de óxido de magnesio en un crisol de porcelana limpio y seco. Se agregó 25,0 g de aceite fundido (60-70°C) y homogeneizado.

El aceite se quemó, manteniendo una combustión moderada, hasta la obtención de cenizas. Posteriormente, se calcinó a 600°C por 30 min. Se retiró la muestra y permitió que alcanzara la temperatura ambiente. Se agregó una alícuota de 5,00 mL de una disolución de ácido sulfúrico al 7,00% (m/v). La disolución obtenida se analizó bajo las condiciones específicas para cada metal (Cuadro 1). El blanco y los patrones se prepararon en disolución acuosa al 1,000% (m/v) de óxido de magnesio y 7,00% (m/v) de ácido sulfúrico.

Cuadro 1. Condiciones instrumentales utilizadas para el análisis de hierro y cobre por espectrofotometría de absorción atómica de llama*

Parámetro	Especificación
Tiempo de integración	1,0 s
Número de réplicas	3
Tiempo de espera	0 s
Modo de lectura	AA-BG (back ground)
Flujo (acetileno/aire)	1/2
I/mA	25 (Fe) y 20 (Cu)
λ /nm	248,9 (Fe) y 325,4 (Cu)
Slit/nm	0,2 (Fe) y 0,7 (Cu)

*Equipo: Perkin Elmer 3110

El método descrito fue validado a través de la determinación de las figuras de mérito usuales, de acuerdo con la Norma ISO 8466-1 (ISO,1990). Se estableció el ámbito lineal para las curvas de calibración, obteniéndose valores de 0,50 a 12,0 mg/L para el hierro y 0,10 a 2,5 mg/L para el cobre. Se determinó el porcentaje de recuperación de muestras enriquecidas (107% para el hierro y 90% para el cobre), como criterio de exactitud. La precisión se expresó en términos de repetitividad, según la definición dada por la AOCS (1995) y se obtuvieron valores de 0,03 en la desviación estándar, para ambos metales. Los valores de los límites de detección fueron de 0,15 mg/L y 0,03 mg/L para el hierro y el cobre respectivamente.

Determinación de los índices de peróxidos y anisidina

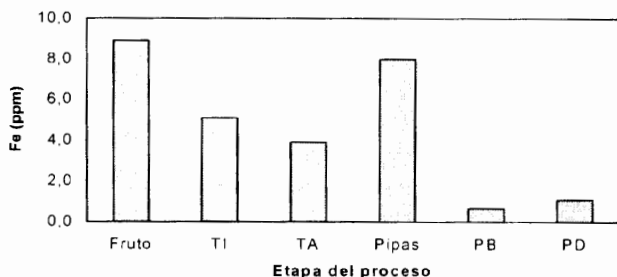
A todos los aceites se les determinó los índices de peróxidos y de anisidina utilizando respectivamente los métodos oficiales Cd 8-53 y Cd 18-90, descritos por la AOCS (1995).

Análisis estadístico

Se realizó una comparación de medias (t-Student) para determinar si existían diferencias significativas al 95% de confianza en los niveles de hierro, cobre y los índices de peróxidos y de anisidina, entre los aceites de las diferentes etapas del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

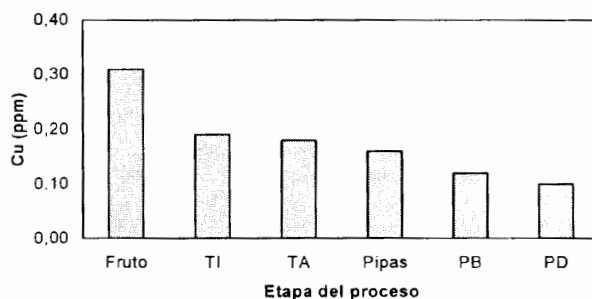
En los frutos tomados directamente de la palma aceitera, se encontró que las cantidades de hierro y cobre son las más altas de todo el estudio (Figura 1 y 2), debido a que estos metales se encuentran ampliamente distribuidos en muchos compuestos que intervienen en las funciones metabólicas de las células vegetales (Belitz y Grosch, 1992); sin embargo, su acción pro-oxidante no se manifiesta pues no se detectaron peróxidos (Figura 3), lo que se debe al efecto protector del tejido vegetal, que impide la oxidación de los ácidos grasos a través de mecanismos externos, como la foto-oxigenación. Los aldehídos encontrados corresponden a la composición normal del fruto que contribuye, junto con algunos ésteres, al típico aroma del aceite recién extraído. Por esta razón y no por causa del proceso auto-oxidativo, se encontró un elevadísimo Ip-A, (Figura 4), que de otro modo indicaría un avanzado estado de deterioro del aceite. Estos resultados indican que a pesar de la existencia de compuestos con poder oxidante en el fruto, que se generan invariablemente durante sus procesos biológicos, las formas de protección que éste posee, son suficientes para evitar que se desarrolle el fenómeno auto-oxidativo (Bohinski, 1987).



TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 1. Variación en el contenido de hierro durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma.

Una vez que el fruto ha sido calentado y prensado el aceite extraído se somete a un proceso de purificación, que incluye las etapas de desarenado y centrifugación, para eliminar los llamados "lodos" o sedimentos que acompañan al aceite. Diversas metaloenzimas como lipoxigenasas, catalasas y peroxidases, entre otras, coagulan y se eliminan con esta fracción de lodos (Belitz y Grosch, 1992). Posteriormente, el aceite se seca y se envía al tanque intermedio, que constituye un punto de flujo continuo por donde pasa el aceite que va a ser almacenado. Por lo tanto, el tanque intermedio recibe el aceite más limpio del proceso, sin acumular fracciones anteriores. En las Figuras 1 y 2 se aprecia que en las muestras de este tanque hubo una disminución significativa ($p < 0,5$) en los niveles de hierro y cobre. Lo que se debe, en gran medida, a que en los lodos se eliminan proteínas Fe-porfirínicas u otras metaloproteínas, cuyo grupo prostético fue desnaturalizado por la acción del calor. El resultado es la eliminación de catalizadores más activos que el ion libre en la ruptura de hidroperóxidos (Belitz y Grosch, 1992). En esta etapa del proceso, a pesar de las altas temperaturas, la humedad, el oxígeno, la luz y la presencia de sensibilizadores como la clorofila, los peróxidos no se han formado aún (Figura 3), lo que confirma la estabilidad de este aceite frente a la oxidación. Por su parte, decrece significativamente ($p < 0,05$) el Ip-A (Figura 4), como resultado de la eliminación de aldehídos volátiles durante la operación de secado o eliminación de humedad que acompaña al aceite.

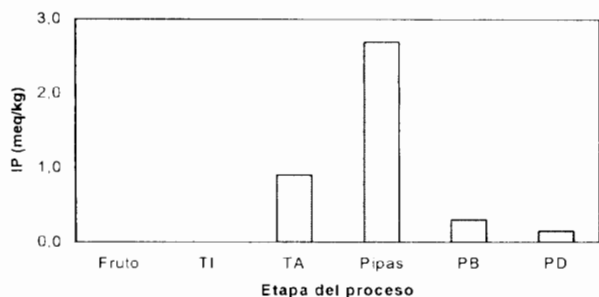


TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 2. Variación en el contenido de cobre durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma.

Cuando se analizan los resultados obtenidos en el aceite del tanque de almacenamiento (Figura 3), se observa por

primera vez la aparición de los peróxidos y con esto empiezan a cobrar importancia los iones metálicos presentes en el aceite. Sin embargo, el Ip-A no muestra cambios significativos ($p > 0,05$) (Figura 4), lo que indica que a pesar de que el proceso auto-oxidativo ya ha iniciado, luego de haber superado un período de inducción, no se encuentra en una etapa tan avanzada como para observarse la generación de aldehídos derivados de los peróxidos. En esta parte del proceso, el nivel de hierro disminuyó significativamente ($p < 0,05$) (Figura 1), aunque ciertamente no se ha practicado operación alguna de limpieza. El análisis de una fracción tomada del fondo del tanque de almacenamiento sugiere que esto se debe a un proceso de sedimentación que sufre el resto de las impurezas como consecuencia del reposo del aceite durante su almacenamiento, lo que ocasiona que se forme una capa lodosa donde se acumulan los metales, a concentraciones tan altas como 1000 ± 50 ppm para el hierro y $12,4 \pm 0,3$ ppm para el cobre.



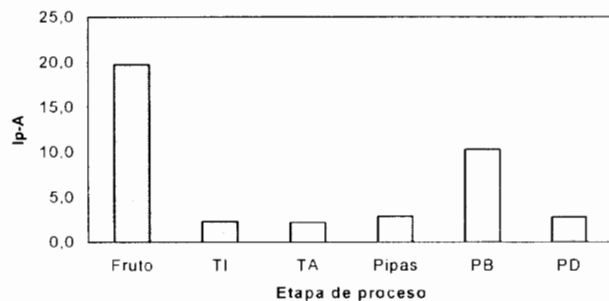
TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 3. Variación en el índice de peróxidos (IP) durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma.

El aceite analizado en las pipas (contenedores de transporte) es una mezcla conformada por las distintas fracciones de aceite de palma provenientes de las otras dos plantas extractoras. Esta muestra compuesta, atiende al hecho de que todo el aceite recibido se une, indistintamente de su procedencia para ser luego refinado. Aunque el análisis estadístico demuestra que el pequeño incremento observado por primera vez en el Ip-A (Figura 4) no es significativo, muy probablemente se debe a la

evolución incipiente de los peróxidos, los que aumentaron significativamente ($p < 0,05$), alcanzando el máximo valor de todo el estudio (Figura 3). Si se observa el comportamiento del nivel de peróxidos, efectivamente se reconoce un crecimiento exponencial, típico del mecanismo radicalario.

De acuerdo con estos resultados, el proceso auto-oxidativo ya ha trascendido la formación de los peróxidos para dar origen a los compuestos finales, lo que significa que el IP y el Ip-A ahora constituyen pruebas acopladas de un mismo fenómeno. Por lo tanto, en vista de su carácter complementario, puede emplearse el índice de oxidación total (TOTOX = Ip-A + 2 IP) que los reúne en una sola magnitud (AOCS, 1995), permitiendo una mejor interpretación de la auto-oxidación, el cual en este caso tiene un valor de $8,3 \pm 1,6$. Además debe tomarse en cuenta, que si el Ip-A luego del secado corresponde al menor nivel natural de aldehídos en la matriz, entonces es un valor base que sirve de referencia para distinguir la verdadera contribución del proceso auto-oxidativo. Finalmente el hierro experimentó un aumento significativo ($p < 0,05$) en la pipas (Figura 1), que puede deberse al aporte de las otras dos plantas extractoras, elevando su concentración casi hasta los niveles originales. El cobre no varió significativamente ($p > 0,05$), sugiriendo poca o ninguna diferencia a nivel de tanques de almacenamiento, lo que no excluye que puede haberla a nivel de plantación.



TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 4. Variación en el índice de p-anisidina (Ip-A) durante el proceso de refinación del aceite de palma.

El proceso de refinación continúa con la etapa de blanqueo, donde efectivamente se logran disminuir las

concentraciones de metales, mediante su adsorción en una arcilla activada y formación de quelatos con el ácido cítrico, utilizado como agente secuestrante (Figuras 1 y 2) (Química Sumex S.A., 1994). La Figura 4 muestra que en esta etapa se registraron los valores más altos en el Ip-A, pues no ha cesado la formación de aldehídos que se inició en el aceite de las pipas. Con esto se alcanza el punto más crítico de la peroxidación lipídica, con un valor de TOTOX igual a $8,6 \pm 4,0$ que podría ser mayor, si no fuera porque muchos peróxidos se eliminaron durante el blanqueo, lo cual se confirma por la sensible disminución en el IP (Figura 3). Típicamente bajo estas condiciones lo que ocurre es una transformación de los peróxidos en compuestos carbonílicos o hidrocarburos, como resultado de la deshidratación directa de un hidroperóxido o del alcohol derivado respectivamente (Belitz y Grosch, 1992). Este proceso es favorecido por las propiedades adsorbentes de la arcilla, lo cual promueve la hidratación del aluminosilicato, desplazando por completo el equilibrio de la reacción anterior hacia la formación de compuestos volátiles (Corley, 1976).

En la etapa de desodorizado, una gran parte de los peróxidos restantes se descomponen y toda materia volátil se separa definitivamente por destilación en corriente de vapor a presión reducida. El IP disminuye significativamente ($p < 0,05$) y el Ip-A está cerca de recuperar su valor base (Figuras 3 y 4), tal y como se encontraba en el aceite del tanque intermedio o en el tanque de almacenamiento, donde ni siquiera el proceso de auto-oxidación había iniciado. Ahora el TOTOX adquiere un valor de 0,8 convirtiendo al aceite de palma en un producto apto para el consumo humano. De acuerdo con la composición de este aceite, uno de los principales productos que contribuyen en el valor del Ip-A, es el 2,4-dienal, derivado del 13 - hidroperóxido del ácido linoleico, sin embargo, no es volátil. Esta clase de productos de la auto-oxidación, junto con los aldehídos naturales no volátiles del aceite, conforman el conjunto que prevalece luego del desodorizado y que determinan el mínimo valor en el Ip-A que tendrá el aceite. Sin embargo, a pesar de haber eliminado los productos de la auto-oxidación, el aceite es más sensible a sufrir la reacción de foto-oxigenación, debido a la eliminación y/o descomposición térmica de antioxidantes naturales, como los pigmentos carotenoides (Belitz y Grosch, 1992).

Para indagar la posible relación entre la calidad del aceite y el nivel de metales pesados bajo las condiciones de la

refinación industrial, era necesario garantizar que el resto de los parámetros que afecta el desarrollo del proceso autooxidativo se mantuvieran constantes. Por lo tanto, lo más viable en este estudio era la comparación dentro de cada etapa, bajo la reproducibilidad que éstas permitieran. Aún así no fue posible distinguir la actividad del hierro y el cobre, como un aporte singular al fenómeno auto-oxidativo, durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma. Se comprueba, entonces, que existen otros factores que también modulan la auto-oxidación, interviniendo de tal forma que no permiten establecer una correspondencia del avance de este fenómeno simplemente con el nivel de los metales.

BIBLIOGRAFÍA

- AOCS. 1995. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. USA. p. irr.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. 1992. Química de los alimentos, 2 ed.; Acribia, Zaragoza. pp. 175-269, 691-723.
- Bohinski, R.C. 1087. Bioquímica, 2 ed. Acribia, Zaragoza. pp. 340-342.
- Compañía Palma Tica. 2003. Planta extractora Palo Seco. Comunicación personal. San José, Costa Rica.
- Corley, H. W. 1976. Oil palm research. Elsevier, New York. pp. 159,160, 496.
- Meyer, W. H. 1988. Food fats and oils. 6 ed. Institute of Shortening and edible oils. Elsevier, New York. pp. 12-13.
- ISO. 1990. Norma ISO 8466-1: Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics. Part 1. 5 ed. New York.
- Química Sumex S.A. 1994. Informaciones técnicas. México D. F.

SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO POR PULPA DE BANANO VERDE EN LA ELABORACIÓN DE PAN: UTILIZACIÓN DE UNA ESCALA IDEAL PARA DETERMINAR EL NIVEL ÓPTIMO DE SUSTITUCIÓN

Elba Cubero¹ y Floribeth Víquez²



ABSTRACT

The just right scale was used to determine the optimum level of green banana puree replacing wheat flour in a "baguette" whole wheat bread. The levels of green banana puree tested were: 30, 35, 40, 45 and 50%. A hedonic scale was used to evaluate flavor and the just right scale to evaluate color and texture liking. No significant differences were found in flavor for 35, 40 and 45% green banana puree ($p < 0,05$). The flavor did not turn out to be an important attribute affecting bread acceptance. There was significant difference in color among the tested concentrations ($p < 0,05$); the highest preference ratings were for 30 and 40% substitution. The ratings closest to just right value for texture corresponded to bread with 35% of banana puree. To calculate ideal substitution values related to color and texture Poulton's method was used, obtaining ideal banana puree concentrations of 36,80% for color and 35,93% for texture. It was found that texture was the attribute with the highest influence on acceptance, therefore optimum substitution was selected at 35,93% banana puree. Results indicate that it is feasible to use green banana puree to replace wheat flour in bread.

RESUMEN

Se utilizó la escala ideal para determinar el nivel óptimo de sustitución de la harina de trigo por pulpa de banano verde, en la elaboración de una hogaza de pan integral tipo "baguette". Los niveles de sustitución ensayados fueron: 30, 35, 40, 45 y 50% de pulpa de banano verde. Se utilizó una escala hedónica para evaluar el sabor y la escala ideal para evaluar el agrado de las características color y textura. No se encontraron diferencias significativas en el sabor para las concentraciones de 35, 40 y 45% ($p > 0,05$), se determinó que el sabor no fue un atributo importante en la aceptación del pan. Se encontraron diferencias significativas en el agrado del color en las concentraciones estudiadas ($p < 0,05$), los valores de 30 y 40 % de sustitución recibieron los mayores valores de agrado. En el caso de la textura, la muestra que obtuvo el valor más cercano al óptimo o ideal fue la de un 35%. Se utilizó el método de Poulton para calcular los valores ideales de sustitución en relación con las características color y textura, determinándose concentraciones de pulpa de banano ideales de 36,80% para el color y de 35,93% para la textura. Debido a que la textura es el atributo que más condiciona el agrado del pan, se seleccionó un óptimo de sustitución de un 35,93% en la formulación. Los resultados indican que es viable utilizar la pulpa de banano como una alternativa para sustituir la harina de trigo importada en la elaboración de pan.

INTRODUCCIÓN

El principal insumo utilizado en la elaboración de pan es la harina de trigo, a partir de la cual se obtienen los mejores productos de panificación y repostería. Esto se debe al contenido y calidad de sus proteínas, entre las que predominan la gliadina y la glutenina, que fuertemente hidratadas, producen una masa elástica denominada gluten que le confiere a la masa su elasticidad y cohesión (Blamidele *et al.*, 1990).

Existe en el nivel mundial una centralización en la producción de cereales, concentrada en unos cuantos países,

¹ Escuela de Tecnología de Alimentos

² Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

lo cual resulta muy peligroso para un amplio grupo de países que no son autosuficientes en la producción de cereales (Rubio, 2002). Tal es el caso de Costa Rica, que debe importar el trigo debido a que en el país no existen condiciones climáticas propicias para su cultivo. Cualquier fuente de almidón o proteína que pueda utilizarse para sustituir las importaciones de trigo tendrá un impacto en la economía costarricense.

Varios estudios reportan el uso de harinas diferentes al trigo en productos de panificación, por ejemplo harina de soya (Tsen y Hoover, 1973), harina de leguminosas (Kailasapathy *et al.*, 1985; Singh *et al.*, 1991; Harinder *et al.*, 1999), harina de sorgo (Carson *et al.*, 2000) y harinas de banano y plátano verdes (Blamidele *et al.*, 1990; Ngalani y Crouzet, 1995). Se han logrado características similares al pan de trigo por medio de sustituciones parciales de la harina de trigo por harinas de banano y plátano verde (Blamidele *et al.*, 1990; Ngalani y Crouzet, 1995). Además, se ha encontrado que la harina de plátano verde es un buen emulsificante y tiene una alta capacidad de absorción de agua al igual que de aceite, lo que la convierte en una materia prima adecuada en la preparación de productos de panadería y repostería, donde el aceite y el agua son ingredientes importantes (Fagbemi, 1999), lo que podría aplicarse también al banano verde. Otros estudios realizados con banano o plátano verde analizan las propiedades químicas, físicas y funcionales de las harinas (Fernández *et al.*, 1999; Da Mota *et al.*, 2000), sin embargo no se encontró ningún estudio que utilice la pulpa de banano verde, como tal en la elaboración de pan u otro producto de panificación.

El contenido de almidón en el banano verde, de alrededor de un 18% (Chacón *et al.*, 1987), hace suponer que éste podría emplearse directamente como un sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan. Además, el banano es una fuente rica en hierro 100% biodisponible, potasio y fósforo (Suntharalingam y Ravindran, 1993) lo que mejoraría la calidad nutritiva del producto final. Por otra parte existe en el país una oferta de esta materia prima durante todo el año por lo que ésta alternativa contribuiría a darle uso al banano de rechazo de la exportación, estimado entre un 15% y un 20% de la producción nacional (Viquez, 1995).

Para evaluar el nivel óptimo de sustitución de un ingrediente en un producto es frecuente utilizar una escala hedónica para medir las preferencias de los consumidores.

Con este método al variar una dimensión física, por ejemplo la concentración, la curva de aceptación del producto presenta un máximo, lo que se interpreta como la concentración ideal para el individuo que realiza la prueba; un aumento o disminución de la concentración lleva a un descenso en la preferencia, función que se conoce como U invertida. Una desventaja de este método es que el máximo en la preferencia corresponde a una de las concentraciones evaluadas, salvo que el punto máximo se pueda calcular a partir de la interpolación de una ecuación (Shepherd *et al.*, 1984). Una alternativa para el uso de la escala hedónica es aquella escala donde se evalúa la muestra con respecto al nivel ideal que el consumidor tiene de un atributo evaluado, conocida como escala ideal ("just right" en inglés), la cual se usa para identificar los atributos que deben ser mejorados y determinar su nivel óptimo en el producto (Epler *et al.*, 1998). La escala está rotulada en el centro con la palabra ideal y en el extremo izquierdo con "no suficientemente el atributo" (e.g. no suficientemente dulce) y en el extremo derecho con "excesivamente el atributo" (e.g. excesivamente dulce) y por lo tanto es desagradable.

Se ha encontrado que la escala ideal sufre sesgos debido al contexto, como por ejemplo el efecto del ámbito de concentraciones de las muestras que se presentan de manera conjunta (Poulton, 1979), lo que se debe a que el ser humano percibe en forma relativa, no absoluta, de manera que el ámbito de intensidades que se presentan a un individuo no se evalúan aisladamente sino que el valor asignado a una muestra dada está parcialmente determinado por la magnitud de su intensidad con respecto a la intensidad de las otras muestras (Epler *et al.*, 1998). Otro efecto, influenciado por la relatividad, es la tendencia a igualar la respuesta en el centro de la escala con el estímulo que presenta la concentración media del grupo de estímulos probados, sin importar la intensidad absoluta (McBride, 1982) y que es conocido como efecto de tendencia de centrado. Obviar estos efectos lleva a respuestas erróneas cuando se quiere establecer un valor o nivel de un ingrediente en una formulación, ya que cuando se escoge un ámbito de concentraciones a probar ya se introdujo el efecto de centrado y será improbable encontrar el "verdadero" nivel óptimo (Johnson y Vickers, 1987). Para evitar este efecto Poulton (1979) desarrolló un método para calcular la concentración que corresponde al centro de la escala ideal.

El presente estudio tuvo como propósito utilizar la escala ideal junto con el método de Poulton, para determinar el nivel óptimo de sustitución de la harina de trigo por pulpa de banano verde, en la elaboración de una hogaza de pan integral tipo "baguette", utilizando como materia prima el banano de rechazo de la exportación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

Se utilizó banano verde de rechazo de exportación, grado de madurez 1 en la escala de maduración desarrollada por el CITA (Chacón *et al.*, 1987), soluciones de 1500ppm de bisulfito de sodio, ácido ascórbico al 1 % y CODEP-6000 (mezcla de gomas vegetales de la empresa Nutriquím), harina de trigo blanca, harina de trigo integral, manteca vegetal de palma africana, azúcar, agua y levadura.

Obtención de la pulpa de banano verde

Para facilitar el pelado se sometió el banano a un escaldado con vapor por 3 min. Se enjuagó la fruta con chorros de agua fría, se peló de forma manual y se sumergió en una solución de 1500ppm de bisulfito de sodio por 2-5 min. La pulpa se obtuvo por molienda de la fruta a través de un molino tipo Fitzmill (Fitz Patrick Co.), utilizando una malla de 825 mm (0,33 plg). A la pulpa obtenida se le adicionó un 1% de ácido ascórbico, para evitar el oscurecimiento enzimático.

Elaboración del pan

Por medio de pruebas preliminares se determinó, aproximadamente, los diferentes grados de sustitución de la harina de trigo por pulpa de banano. Se elaboraron hogazas de pan con los siguientes grados de sustitución de pulpa de banano: 30, 35, 40, 45 y 50%.

Se siguió el proceso básico para preparar una hogaza de pan integral, el cual consiste en pesar los ingredientes: mezcla de harina de trigo blanca e integral (50/50), pulpa de banano verde, azúcar, sal, manteca vegetal, agua, levadura y las gomas vegetales (CODEP) en las proporciones

que se describen en el Cuadro 1. Se mezclaron los ingredientes, se amasaron y se dejaron en reposo por 10-15 min, luego se le dio forma al pan, se dejó fermentar a 40-45°C por 30-60 min, se horneó a 160°C por 30 min y se enfrió a temperatura ambiente.

Cuadro 1. Porcentaje y peso de los ingredientes adicionados a la harina de trigo y pulpa de banano* para elaborar una hogaza

Ingredientes	% m/m respecto a la masa total	Masa (g)
Agua	34,6	283
Levadura	0,61	5
Sal	1,23	10
Azúcar	1,23	10
Manteca	1,23	10

* la mezcla de harina y pulpa de banano constituyen el restante 61%

Determinación del porcentaje de sustitución ideal

La prueba se realizó con 50 consumidores, 25 hombres y 25 mujeres, con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años. Cada consumidor evaluó todas las formulaciones utilizando tres diferentes presentaciones. Para evitar sesgos por contexto y por frecuencia de aparición se utilizaron tres presentaciones: en la primera se evaluaron las siguientes sustituciones con pulpa de banano verde, 30, 35 y 40%; en la segunda se evaluó 35, 40 y 45%, y en la tercera, 40, 45 y 50%, de manera que cada panelista probó nueve muestras en total. La presentación de las muestras fue pan fresco del mismo tamaño (rebanadas de 2cm de espesor), en recipientes de vidrio codificados con números aleatorios de tres dígitos.

Se utilizó una escala ideal lineal de 10 cm de longitud para evaluar el agrado del color y la textura del pan. Esta escala estaba marcada en el extremo izquierdo con la frase "demasiado claro" o "demasiado masudo" según era el atributo, en el centro con "color ideal" o "textura ideal" y en el extremo derecho con "demasiado oscuro" o "demasiado seco". Los consumidores evaluaron cuánto les gustó el color y la textura en la boca y específicamente indicaron si se encontraba por debajo o por encima de lo que ellos consideran el óptimo en su preferencia. Se evaluó el agrado general del sabor usando una escala hedónica

lineal de 10 cm, marcada en el extremo izquierdo con la frase "muy desagradable" y en el extremo derecho con "muy agradable". Para el sabor no se pudo utilizar la escala ideal porque el sabor no descendía o aumentaba con la concentración de banano verde en una sola dimensión, sino en varias.

Con el fin de determinar cuáles características eran importantes, al final de la hoja de evaluación, se le pidió a los panelistas escribir su opinión en general con respecto a los panes que degustaron.

Análisis de datos

La distancia del extremo izquierdo de la línea hasta la marca hecha por el panelista fue medida en mm. Se calculó un análisis de variancia para cada ámbito de concentraciones y cada atributo. También se calcularon regresiones lineales de los valores de preferencia de cada panelista contra los porcentajes de sustitución para cada set de concentraciones. Para cada set se calculó el punto óptimo o ideal para el color y la textura, sustituyendo el valor que corresponde al ideal en la escala (50) en la ecuación de regresión y resolviendo para el porcentaje de pulpa de banano. Posteriormente, estos datos se analizaron por el método gráfico propuesto por Poulton (1979). El gráfico se construye como sigue: el eje Y representa el porcentaje de pulpa de banano verde y el eje X representa los sets de concentraciones usados; se grafica el porcentaje de pulpa de banano verde que corresponde a los valores centrales de cada uno de los tres sets de concentraciones usados y se traza la línea de mejor ajuste. Se grafican los valores del porcentaje de pulpa de banano ideales calculados en el punto anterior para cada set de concentraciones y se traza la línea de mejor ajuste; la intersección de las dos líneas corresponde al porcentaje ideal, sin sesgos, de pulpa de banano que se puede sustituir en la elaboración del pan.

Para el sabor se utilizaron los datos medidos directamente de la escala y se aplicó un ANDEVA para cada grupo de concentraciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de 35%, 40% y 45% de pulpa de banano verde que se presentaron en dos de los tres sets de muestras usados, recibieron valores en la escala hedónica para sabor similares en ambos casos (Figura 1), tal y como

se esperaba, ya que las escalas hedónicas no presentan efecto de tendencia de centrado (Epler *et al.*, 1998). Para cada uno de los tres sets utilizados, no hubo diferencias significativas en la aceptación del sabor del pan entre las concentraciones ($p > 0,05$). Lo anterior es inusual ya que se espera que la curva hedónica tenga la forma de una U invertida, donde el punto máximo representa la concentración con mayor aceptación y los puntos mínimos donde la concentración no es suficientemente alta o es excesivamente alta para que sea aceptable (Shepherd *et al.*, 1984). Sin embargo, los valores de aceptación estaban alrededor del valor ideal de la escala (50 mm, mitad de la escala), con lo que se concluye que el atributo sabor no fue un factor determinante en la aceptación del pan.

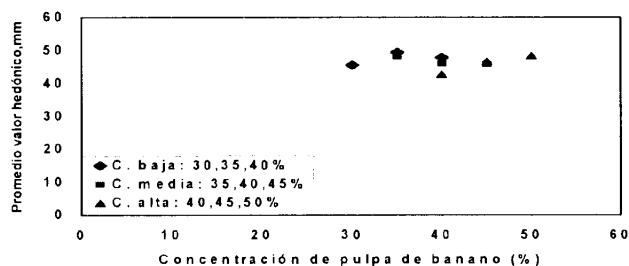


Figura 1. Valores promedio (n=50) en la escala hedónica para la aceptación del sabor para tres ámbitos de concentraciones de pulpa de banano verde.

El agrado del color (Figura 2) dio una curva ascendente para el set de concentraciones bajas ($p < 0,05$), una línea descendente para el ámbito de concentraciones medias ($p > 0,05$) y una función en forma de U para el de concentraciones altas ($p < 0,05$). Contrario a lo que muchos autores argumentan de que el empleo de la escala ideal produce un efecto del ámbito de concentraciones, en este estudio no se observó. En todos los casos donde se repitió, en más de un set, el mismo valor de la concentración, no se obtuvo diferencias en la calificación de la aceptación. Al respecto Lawless y Heymann (1999) señalan que el contexto induce a obtener valores mayores, si la muestra se presenta junto a otras muestras con concentraciones más bajas, o valores menores, si la muestra se presenta junto a otras de concentraciones más altas. Al analizar las nueve muestras de los tres sets juntas se encuentra que hay diferencias significativas en el agrado del color entre las concentraciones utilizadas. Los panes elaborados con 30 y 40% de pulpa de banano recibieron los valores de agrado mayores.

El agrado de la textura (Figura 3) presentó la función de U invertida únicamente en concentraciones bajas. Los datos obtenidos de escalas ideales no deben generar funciones como las de U invertida ya que están diseñadas para linealizar la curva. En este caso, a 30% y 40% de pulpa de banano se obtuvo valores que están en el extremo de la escala que indicaba pan masudo, mientras que a 35% la textura fue ideal. Se encontraron diferencias significativas en el agrado de la textura únicamente en el ámbito de concentraciones bajas ($p < 0,003$). En los sets de concentraciones medias y altas la tendencia (no significativa) fue a disminuir el agrado conforme aumentaba la concentración de la pulpa de banano verde. El agrado disminuyó debido a que el pan se percibió más "masudo" con el aumento de la concentración de pulpa de banano y esa característica fue rechazada. La sustitución de harina de trigo por pulpa de banano verde tiene un efecto de dilución que debilita la red de gluten y por eso el volumen del pan disminuye (masudo), por lo que generalmente se recomienda usar harina de trigo fuerte (con mayor contenido de gluten) en este tipo de productos mixtos (Carson *et al.*, 2000).

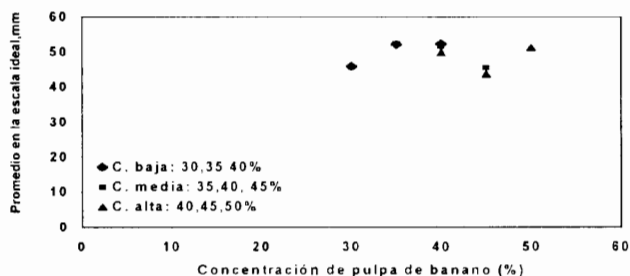


Figura 2. Valores promedio (n=50) de agrado en la escala ideal para el color de la hogaza para tres ámbitos de concentraciones de pulpa de banano.

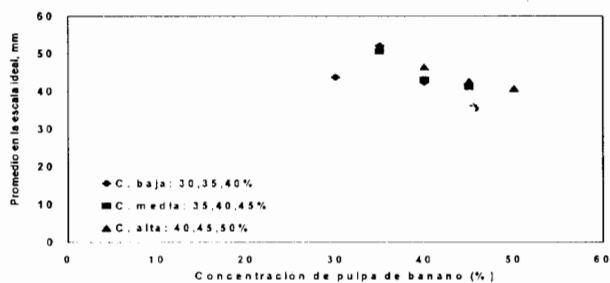


Figura 3. Valores promedio (n=50) de agrado en la escala ideal para la textura de la hogaza para tres ámbitos de concentraciones de pulpa de banano verde.

Para determinar la concentración óptima de pulpa de banano verde que sustituya la harina de trigo en la hogaza se utilizó el método de Poulton para los atributos color (Figuras 4) y textura (Figura 5). Como se puede apreciar en las Figuras 4 y 5 para obtener el color ideal, la concentración de pulpa de banano es de 36,84%, mientras que para obtener la textura ideal se requiere de 35,93% de la pulpa.

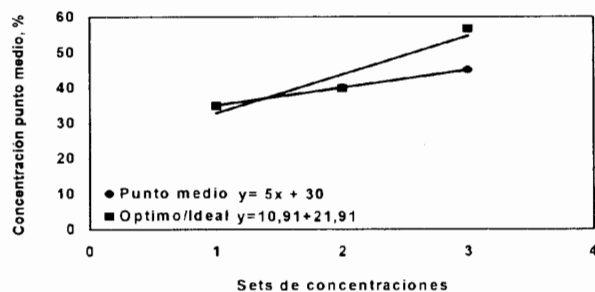


Figura 4. Método de Poulton para interpolar la concentración óptima para sustituir pulpa de banano verde por harina en relación con el color de la hogaza de pan.

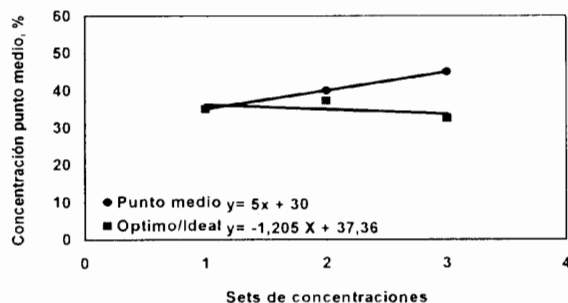


Figura 5. Método de Poulton para interpolar la concentración óptima para sustituir pulpa de banano verde por harina en relación con la textura de la hogaza.

Los consumidores indicaron que la textura es importante y es el atributo que influye más en el agrado del pan. Con base en lo anterior se escogió como óptimo el porcentaje de pulpa de banano que corresponde a un pan con la textura más agradable, 35,93%. Este valor es mayor que el reportado por otros autores, quienes encontraron un porcentaje de sustitución de un 10% de harina de banano

verde (Blamidele *et al.*,1990), que corresponde a un 32% de pulpa de banano. De manera similar, Ngalani y Crouzet (1995) encontraron un valor de sustitución de un 7,5% de harina de plátano verde, correspondiente a un 24% de pulpa de plátano verde. El mayor porcentaje de sustitución obtenido en este estudio (35,93%) pudo deberse al tipo de pan, ya que al tratarse de un pan tipo integral, los consumidores aceptan como propio un color más oscuro y una miga más cerrada.

Se determinó que la pulpa de banano verde puede ser utilizada como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan. Esto hace suponer que su eventual incorporación permitiría no sólo un ahorro de divisas, por sustitución de las importaciones de trigo, sino que permitiría darle uso y agregar valor a una materia prima nacional, actualmente subutilizada (Viquez, 1995). Adicionalmente, existe una ventaja operativa y económica de utilizar el banano en forma de pulpa y no en forma de harina, ya que no requiere la deshidratación de la fruta, proceso, además, costoso por la gran cantidad de agua (72% - 73%) que ésta contiene (Chacón *et al.*, 1987).

BIBLIOGRAFÍA

- Blamidele, E., Cardoso, A. y Olaofe, O. 1990. Rheology and baking potential of wheat/plantain composite flour. *J. Sci. Food Agric.* 5: 421-424.
- Carson, L., Setser, C. y Sun, X. 2000. Sensory characteristics of sorghum composite bread. *International J. Food Sci. and Tech.* 35: 465-471.
- Chacón, S., Viquez, F. y Chacón, G. 1987. Escala físico-química de maduración de banano. *Fruits* 42 (2): 95-102.
- Da Mota, R., Lajolo, F., Ciacco, C. y Cordenunsi, B. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch* 52(2-3): 63-68.
- Epler, S., Chambers, E. y Kemp, K. 1998. Hedonic scales are better predictor than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade. *J. Sensory Studies* 13: 191-197.
- Fagbemi, T. 1999. Effect of blanching and ripening on functional properties of plantain (*Musa aab*) flour. *Plant Foods Human Nutr.* 54: 261-269.
- Fernández, M., Marrer, M., Falcó, S., Zamora, E., Méndez, B. y García, M. 1999. Evaluación de harinas obtenidas con plátano burro cemsa (*Musa* grupo aab). *Alimentaria* Marzo: 75-78.
- Harinder, K., Kaur, B. y Sharma, S. 1999. Studies on the baking properties of wheat: pigeonpea flour blends. *Plant Foods Human Nutr.* 54: 217-226.
- Johnson, J. y Vickers, Z. 1987. Avoiding the centering bias or rage effect when determining an optimum level of sweetness in lemonade. *J. Sensory Studies* 2: 283-292.
- Kailasapathy, K., Perera, P. y MacNeil, J. 1985. Improved nutritional value in wheat bread by fortification with full fat winged bean flour. *J. Food Sci.* 50: 1693-1696, 1702.
- Lawless, H. y Heymann, H. 1999. Sensory evaluation of food: principles and practices. Aspen, Maryland. pp. 320-325.
- McBride, R.L. 1982. Range bias in sensory evaluation. *J. Food Technol.* 17:405-410.
- Ngalani, J.A. y Crouzet, J. 1995. Utilisation de farine de banane plantain dans la fabrication de pains, biscuits et farines instantanées. *Cahiers Agriculture* 4: 61-64.
- Poulton, E. 1979. Model for biases in judging sensory magnitude. *Psicol. Bull.* 86: 777-803.
- Rubio, B. 2002. La seguridad alimentaria en tiempos de guerra. Disponible en: [//www.jornada.unam.mx](http://www.jornada.unam.mx). 08-10-2002. 2 p.

Shepherd, R., Farleigh, C.A., Land, D.G. y Franklin, J.G. 1984. Validity of a relative to ideal rating procedure compared with hedonic rating. In Adda, J. ed. Progress in Flavor Research. Elsevier, Amsterdam. pp. 103-110.

Singh, N., Harinder, K., Sckhon, K. y Kaur, B. 1991. Studies on the improvement of functional and baking properties of wheat-chickpeas flour blends. J. Food Process Preserv. 15: 391-402.

Suntharalingam, S. y Ravindran, G. 1993. Physical and biochemical properties of green banana flour. Plant Food Human Nutr. 43: 19-27.

Tsen, C. y Hoover, W. 1973. High protein bread from wheat flour fortified with full fat soy flour. Cereal Chem. 50: 7-16.

Viquez, F. 1995. Utilización del banano en la elaboración de mezclas de jugos, néctar de frutas y concentrados. Reviteca 4: 23-29.

CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS Y QUÍMICAS DE LA TILAPIA DE AGUA DULCE (*Oreochromis nilotica*) Y USO DEL pH Y DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS PARA ESTIMAR SU VIDA ÚTIL SENSORIAL A 5°C

Floribeth Viquez

ABSTRACT

The purpose of this work was to determine tilapia's (*Oreochromis nilotica*) biometric characteristics and chemical composition of its muscular tissue. Changes in pH and organoleptic characteristics were also studied to estimate sensory shelf life of fish stored at 5°C. It was determined that tilapia is a lean species, containing, on wet basis, 1,5% lipids, near 19% protein and 79% water. Under conditions of storage described, there were significant differences in pH and general appearance ($p < 0,05$) in relation to storage time. An equation that relates general appearance with time was calculated and from it shelf life was determined to be 19 days for tilapia stored at 5°C.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar las características biométricas y la composición química del tejido muscular de la tilapia de agua dulce (*Oreochromis nilotica*), así como los cambios en el pH y en las características organolépticas del pescado almacenado a 5°C, que permitan estimar su vida útil. Se encontró que se trata de una especie magra, en base húmeda contiene un 1,5% de lípidos, alrededor de un 19% de proteínas y una humedad de 79%. Bajo las condiciones de este estudio, se determinó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en los niveles de pH y en la apariencia general, con el tiempo de almacenamiento. Se estimó la ecuación que relaciona la apariencia general con el tiempo y a partir de la misma, se determinó una vida útil sensorial para la tilapia de 19 días, almacenada a 5°C.

INTRODUCCIÓN

La tilapia (especies e híbridos del género *Oreochromis*) constituye uno de los mayores grupos de pescado cultivados en el mundo (American Tilapia Association, 2002). Su composición química y sus características sensoriales la convierten en una especie con un potencial atractivo de crecimiento comercial, local e internacional. Actualmente en los Estados Unidos de América la tilapia representa el tercer producto (en volumen) de acuicultura que se importa (Aquasol, 2000) y ya desde 1995 su cultivo y consumo superaban los de la trucha (American Tilapia Association, 2002).

En Costa Rica, a pesar de que la tilapia compite con otras especies de agua salada que gozan de mayor preferencia, su consumo ha adquirido mayor importancia en los últimos años (Aqua Corporación Internacional, 1997). En términos de volumen, Taiwán es el mayor exportador del mundo y es uno de los mayores proveedores de filetes congelados a los Estados Unidos junto con Tailandia e Indonesia; mientras que Costa Rica domina el mercado de tilapia fresca a ese país (Tilapia Farming, 2002; PROCOMER, 2001).

Al igual que los peces de origen marino, la tilapia de agua dulce es altamente susceptible al deterioro *post mortem*, debido tanto a cambios autolíticos como a la acción microbiana (Herrera, 1989). Los cambios *post mortem* varían mucho entre especies y según la época del año y el lugar de pesca (Huss, 1988). Por otra parte las condiciones de captura, de manejo y la temperatura a la cual se mantiene, también son decisivas en el proceso de conservación del pescado (Frazier y Westhoff, 1988).

Dos parámetros que se utilizan para estimar la calidad del pescado son el valor del pH y las características sensoriales. Conforme transcurre el tiempo, el pescado pierde frescura, el pH se incrementa y baja la calidad sensorial.

El objetivo de este estudio fue determinar las principales características biométricas y químicas de la tilapia cultivada en Costa Rica, así como estimar las variaciones en el pH y en las características organolépticas durante el almacenamiento a 5°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron pescados adultos de tilapia (*Oreochromis nilotica*), proporcionados por la empresa Aqua Corporación Internacional, ubicada en Cañas, Guanacaste. Fueron capturados con red e inmediatamente eviscerados, lavados y enviados a San José en cajas de cartón, refrigerados con "Jelly Pack" hasta su arribo a la planta piloto del CITA.

Los pescados fueron colocados dentro de hieleras, sobre hielo picado, y éstas a su vez, almacenadas en una cámara de refrigeración a 5°C. Se almacenaron por un total de 20 días. Aproximadamente cada dos días, se les cambió el hielo y la posición de los pescados en la hielera, para asegurar una mejor conservación de los mismos, hasta su respectivo análisis.

Para determinar las características biométricas, al día siguiente de la captura se tomaron 12 pescados y a cada uno se le determinó la masa, la longitud total y la longitud estándar (no incluye la cola). Para la determinación de la composición química se utilizó una muestra de filetes dorsales de seis ejemplares (dos filetes dorsales por ejemplar), cada determinación se hizo por duplicado. Se determinó el contenido de humedad, proteínas, pH, y cenizas

siguiendo los métodos oficiales de la AOAC (1990) y lípidos, mediante el método de Bligh y Dyer (Herrera, 1989).

Se evaluaron las siguientes características sensoriales: piel, ojos, consistencia y olor, utilizando la metodología descrita por Herrera (1989). La evaluación fue realizada por 10 panelistas no entrenados, utilizando una escala de 10 puntos, donde 1 es el límite de menor aceptación y 10 el de mayor aceptación. La apariencia general se obtuvo promediando las calificaciones de las características sensoriales antes mencionadas (Huss, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que la tilapia de agua dulce (*Oreochromis nilotica*) tiene una masa promedio de $188,5 \pm 32,0$ g; una longitud total de $23 \pm 1,0$ cm y una longitud estándar de $19 \pm 0,8$ cm.

La tilapia es un pez magro, que presentó un contenido de lípidos de 1,5%, en base húmeda (Cuadro 1). El contenido de agua y de grasa presente en el filete de tilapia fue ligeramente superior al 80%, lo cual concuerda con lo encontrado por Huss (1988), quien señala que la grasa y el agua en el pescado constituyen normalmente cerca del 80% del filete (el porcentaje de agua varía de manera inversa con el porcentaje de lípidos).

Cuadro 1. Composición química del tejido muscular de la tilapia (*Oreochromis nilotica*)*

Componente	Base humedad	Base seca
	%	%
Humedad	78,66 \pm 0,03	
Proteínas	19,19 \pm 0,18	89,95 \pm 0,84
Lípidos	1,50 \pm 0,10	7,02 \pm 0,54
Cenizas	1,12 \pm 0,01	5,23 \pm 0,04

* n=6, cada análisis por duplicado

Al día siguiente de su captura (día cero para los efectos de este estudio), el valor inicial del pH fue de 6,0 (Cuadro 2), que corresponde al de un producto fresco. Conforme transcurre el tiempo el pH tiende a aumentar, siendo de 6,54 para el día 20 ($p < 0,05$). Se estimó la ecuación que

relaciona el valor del pH con el tiempo (t) en días como sigue:

$$\text{pH} = 6,11 + 0,02 t \text{ (Ecuación 1)}$$

Cuadro 2. Variación del pH y evaluación sensorial* de la tilapia (*Oreochromis nilotica*) por característica, según el tiempo de almacenaje a 5°C

Tiempo (días)	pH	Piel	Ojos	Consistencia	Olor	Apariencia general
0	6,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1	6,20	10,0	9,7	9,8	10	9,9
6	6,27	8,0	7,3	8,2	8,3	8,0
8	6,34	7,8	6,7	7,0	7,6	7,3
10	6,34	6,6	6,7	7,3	7,2	7,0
13	6,50	5,9	5,7	5,8	6,1	5,9
15	6,48	6,4	6,2	7,1	6,3	6,5
17	6,51	4,7	5,8	4,9	3,8	4,8
20	6,54	2,6	3,6	2,6	2,0	2,7

*10 jueces no entrenados, escala de 10 puntos

El día 1 la tilapia presentó un músculo totalmente relajado, blando, flexible y de textura firme y elástica; las escamas estaban bien adheridas; la superficie brillante y limpia; los ojos mostraban viveza y eran convexos; el pescado tenía un olor a fresco característico; la apariencia general fue valorada por los jueces con una calificación de 10 (Cuadro 2). Con el tiempo de almacenamiento, se observó una disminución en el puntaje obtenido para las características sensoriales evaluadas, los ojos del pescado se hundieron, perdieron brillo; la piel se volvió suave y se hundía al contacto con los dedos, las escamas se soltaban con facilidad y el olor se volvió más intenso a amoníaco. Como consecuencia, el puntaje obtenido para la apariencia general también disminuyó. La ecuación que relaciona los cambios en la apariencia general con el tiempo (t) en días es la siguiente:

$$\text{Apariencia general} = 10,13 - 0,32 t \text{ (Ecuación 2)}$$

A los 17 días, la aceptación general fue de 4,84, superior al límite máximo (4,0) establecido por Huss (1988). Utilizando la Ecuación 2, se pudo determinar un valor para la apariencia general de 4,0 a los 19 días de almacenamiento, estableciéndose de esta forma una vida útil sensorial para la tilapia de 19 días.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- AMERICAN TILAPIA ASSOCIATION. 2002. Disponible en: (<http://ag.arizona.edu/azaqua/ata.html>) .
- AQUASOL. 2000. Tilapia Imports. Disponible en: <http://www.fishfarming.com> .
- AQUA CORPORACIÓN INTERNACIONAL. 1997. El cultivo de tilapia en Costa Rica. Cañas, Guanacaste. Comunicación personal.
- FRAZIER, W. y WESTHOFF, D. 1988. Food microbiology. 4 ed. Mc Graw Hill, New York.
- HERRERA, C. 1989. Evaluación de la calidad de pescado, mariscos y productos pesqueros. Manual de laboratorio. Departamento de Química, Universidad Nacional. Heredia.
- HUSS, H. H. 1988. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. Manual de capacitación. FAO, Roma.
- PROCOMER. 2001. Directorio de exportadores e importadores de Costa Rica. San José.
- TILAPIA FARMING. 2002. Disponible en: (<http://www.fishfarming.com/tilapia.html>) .