

## Efecto de la Temperatura y Tiempo de Fritura sobre las Características Sensoriales del Ñame (*Dioscorea alata*)

Armado Alvis<sup>\*1</sup>, Héctor S. Villada<sup>2</sup> y Dora C. Villada<sup>3</sup>

(1) Universidad de Córdoba., Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Carrera 6 No. 76-103, Km 3, vía Cereté, Córdoba-Colombia  
(e-mail: aalvis2@hotmail.com)

(2) Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agroindustria. Calle 5 No. 4-70, Popayán, Cauca-Colombia

(3) Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Departamento Ciencias del Medio Ambiente, Avenida. Gran Colombia No. 12E-96, Cúcuta, Norte de Santander-Colombia

\* autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

---

### Resumen

Se ha estudiado la influencia de parámetros de fritura, tiempo y temperatura, sobre las características sensoriales del ñame (*Dioscorea alata*). El ñame se lavó y cortó en forma de paralelepípedo y se usó aceite de soja como medio de calentamiento. Se evaluó el proceso de fritura para tres temperaturas (140, 160 y 180 ° C) y cinco tiempos de calentamiento (1, 3, 5, 7 y 9 min.). El análisis sensorial se realizó con 5 jueces y se evaluó color, dureza y grasa. El diseño estadístico fue factorial hexagonal y se usó el método de las superficies de respuestas. La mejor combinación de tiempo y temperatura resultó ser la de 5 minutos a 160 °C. Con este tratamiento térmico se obtuvo una mejor calidad sensorial por color, dureza y grasa adecuada.

*Palabras clave: fritura, ñame, Dioscorea alata, tratamiento térmico, análisis sensorial*

## Effect of the Time and Temperature Fried on the Sensory Characteristics of Yam (*Dioscorea alata*)

### Abstract

The influence of frying parameters (time and temperature) on the sensory characteristics of yam (*Dioscorea alata*) was studied. Ñame was washed and cut in the form of rectangular parallelepiped and soybean oil was used as heating media. The frying process was evaluated at three temperatures (140, 160 and 180 ° C) and five heating times (1, 3, 5, 7 and 9 min). The sensory analysis was performed by 5 judges and color, hardness and fat were evaluated. Hexagonal factorial design and surface response methodology were used. The best combination resulted to be 5 minutes and 160 °C for which the most appropriate characteristics of color, hardness and fat were found.

*Keywords: frying, ñame, Dioscorea alata, thermal treatment, sensory analysis*

## INTRODUCCIÓN

El ñame pertenece a la familia *Dioscoreacea* y se cultiva en Suramérica, India y sureste de Asia. Su mayor producción y consumo a nivel mundial se observa en el este de África (Acurero et al., 1991). El ñame es una fuente rica en carbohidratos (Sangronis et al., 2006), por lo que representa una fuente de calorías para los habitantes de la región donde se cultiva y se consume (Orozco, 2005).

Los análisis nutricionales han mostrado que el mismo aventaja a otras raíces y tubérculos en contenido de aminoácidos y proteínas (Jinsong et al., 2006). Su transformación en julianas de ñame freídos no requiere de equipos especiales, sino los utilizados para otros productos ricos en almidones como papa a la francesa, patacones, hojuelas y croquetas de yuca, productos muy apetecidos en la zona norte colombiana (Martínez, 2005).

La fritura es uno de los procedimientos más populares para la preparación de alimentos, éste es rápido y desarrolla sabor y textura deseables. Los snack fritos son de sabor agradable y la calidad sensorial va a depender del tipo de aceite utilizado y el tiempo de calentamiento (Blumenthal, 1992).

La aplicación del freído a los productos ricos en almidones se ha estudiado principalmente para la papa y masa de yuca (Berry et al., 1999). No existen publicaciones hasta la fecha acerca del comportamiento del proceso de freído del ñame. Una clara comprensión de los procesos de freído del ñame sería fundamental en la investigación y en el desarrollo de nuevos productos, en el control de calidad de las materias primas, productos intermedios y terminados.

La calidad de los productos fritos es afectada por los procesos y las condiciones de operación y compromete al producto manufacturado, desde el cortado, escaldado, cocinado, freído, enfriado y empaquetado (Cozzolino et al., 2005).

Los cuatro factores mas importantes que son evaluados en la calidad final de los alimentos son: aspecto (color, forma, brillo); sabor (olor y/o aroma); textura y nutrición. El aspecto, el sabor y la textura se refieren a la aceptabilidad sensorial ya que ellos son percibidos directamente por los sentidos (Lima y Singh, 2001).

Recientemente con la alta demandas y consumo de alimentos fritos, la industria viene investigando productos fritos nutritivos para el consumo humano, bajos en grasa de excelente calidad. Por medio del análisis sensoriales se acepta o se rechaza y se le puede asegurar al consumidor final un producto de buena calidad (Bertrand, 2006; 2007; Martínez, 2005; Ramadan, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia de los parámetros de fritura (tiempo-temperatura) sobre características sensoriales del ñame variedad Pico de Botella.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materia prima*

La variedad de ñame usada fue Pico de Botella por presentar las mejores características texturales (olor y sabor), variedad cultivada en la Región Atlántica colombiana. Una vez pelado y lavado, el ñame se cortó en forma de paralepipedo (1 x 1 x 4 cm), utilizado como unidad experimental.

### *Proceso de fritura*

El proceso de freído se realizó en una freidora de acero inoxidable, 5 litros de capacidad y control automático de temperatura [marca MKE, EE.UU]. Se uso como medio de calentamiento aceite de soya refinado. La fritura se realizó a tres temperaturas (140, 160 y 180° C) y en diferentes tiempos de calentamiento (1, 3, 5, 7 y 9 min), se sumergieron 30 unidades de ñame (paralepipedo) por cada tratamiento. Se retiró el producto frito, se escurrió y posteriormente el exceso de aceite fue absorbido con toallas de papel.

*Evaluación sensorial*

El análisis sensorial se realizó con 5 jueces entrenados en productos similares. Los atributos de color, dureza y grasosidad, fueron analizados mediante la aplicación de una escala lineal no estructurada de 10 cm de longitud marcada en los extremos con palabras generadas por el panel. Los jueces evaluaron visualmente el color y estimaron el cambio en el color del producto con respecto al inicial (ñame fresco), el cual fue estimando por el oscurecimiento con respecto al color del producto crudo. La dureza se relacionó con la fuerza requerida para lograr una deformación o penetración del alimento, se evaluó esta característica en la boca, al comprimir el producto entre los molares y estimando la intensidad de la fuerza requerida para deformar la muestra. La grasosidad es una propiedad de textura relativa a la percepción de la cantidad o tipo de grasa contenida en el producto, se evaluó la cantidad de grasa percibida en el interior de la boca al degustar las muestras.

*Diseño experimental*

Se empleó un diseño estadístico factorial hexagonal (Lentner y Bhisop, 1993; Montgomery, 2002). Diseño para dos factores, el primero fue el factor tiempo de freído ( $X_1$ ) con 5 niveles (1, 3, 5, 7 y 9 minutos) y el segundo fue la temperatura de freído ( $X_2$ ) con 3 (140, 160 y 180°C). Se realizó una distribución geométrica espaciada de los puntos experimentales. En el experimento se realizaron 18 corridas experimentales (ver tabla 1), los experimentos se realizaron siguiendo un orden aleatorio.

Para el análisis de los resultados se empleó la metodología de superficie de respuesta, para ello, los límites inferiores y superiores y el punto central del diseño fueron codificados como -1, +1 y 0 respectivamente, se codificó y se planteó una matriz que se muestra en la tabla 2.

Las variables respuestas fueron ajustadas a modelos de segundo orden (ecuación 1) utilizando el método de mínimos cuadrados, obteniéndose así modelos de regresión los cuales explican el comportamiento de las variables y la influencia que ejercieron los factores durante el freído.

La metodología de superficie de respuesta fue aplicada a las variables respuestas usando el software Desing Expert Versión 5.0 (Stat-Ease, Minneapolis, USA). Fueron ajustados los polinomios de segundo orden a los datos para obtener ecuaciones de regresión de cada una de las variables respuestas analizadas. El gráfico de las superficies de respuesta, el análisis de varianza, las desviaciones estándar y los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) fueron estimados.

Tabla 1: Corridas experimentales del diseño factorial hexagonal.

Corrida	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	5	140
2	7	140
3	5	160
4	5	160
5	5	160
6	1	160
7	7	160
8	3	140
9	1	180
10	3	160
11	9	160
12	5	160
13	7	180
14	9	180
15	1	140
16	9	140
17	3	180
18	5	180

Tabla 2: Matriz del diseño de experimentos.

Experimento	Tiempo $X_1$	Temperatura $X_2$
1	0	-1
2	0.5	-1
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	-1	0
7	0.5	0
8	-0.5	-1
9	-1	1
10	-0.5	0
11	1	0
12	0	0
13	0.5	1
14	1	1
15	-1	-1
16	1	-1
17	-0.5	1
18	0	1

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + e \quad (1)$$

Donde:  $\beta_0$  = Constante o intercepto

$X_1$  = Tiempo (valores codificado)

$X_2$  = Temperatura (valores codificados)

$\beta_1$  y  $\beta_2$  = Coeficientes para el efecto lineal de  $X_1$  y  $X_2$  respectivamente

$\beta_{11}$  y  $\beta_{22}$  = Coeficientes para el efecto cuadrático de  $X_1$  y  $X_2$  respectivamente

$\beta_{12}$  = Coeficiente para el efecto de la interacción de  $X_1$  y  $X_2$

$e$  = Error

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de las ecuaciones de regresión ajustadas para la dureza muestran en la tabla 3, que el tiempo de fritura fue significativo para las variables color ( $P \leq 0.01$ ) y dureza ( $P \leq 0.01$ ), mientras que para el contenido de grasa con un ( $P \leq 0.05$ ) también fue significativo. El coeficiente cuadrático para el tiempo de fritura fue significativo para la variable dureza ( $P \leq 0.05$ ). Por otra parte, se observó que la temperatura de fritura fue significativa para las variables respuestas color ( $P \leq 0.01$ ) y en menor proporción para dureza ( $P \leq 0.01$ ) y el contenido de grasa ( $P \leq 0.01$ ).

Los coeficientes de regresión fueron ajustados para dureza, color y grasa, explicando el 85, 93 y 84 % de la variación entre los tratamientos térmicos realizados respectivamente, empleándose como variables predicativas el tiempo y la temperatura en los intervalos nombrados antes. La relación tiempo-temperatura son parámetros vitales en el análisis de cualquier proceso de fritura e importantes para determinar la calidad del producto final (Gökmen y Şenyuva, 2007).

Las ecuaciones de regresión ajustadas se utilizaron para obtener los gráficos de superficies de respuesta y visualizar los efectos tiempo-temperatura sobre las variables respuestas analizadas.

Tabla 3: Información estadística para las variables respuesta dureza, color y grasa.  $X_1$ : Tiempo de fritura (min),  $X_2$ : Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), \* $\alpha = 5\%$ , \*\* $\alpha = 1\%$ , NS: No significativo,  $R^2$ : Coeficiente.

	Dureza	Color	Grasa
Constante	6.65	6.02	0.04
$X_1$	-0.91 **	1.49 **	-0.11 *
$X_2$	-0.60 **	1.65 **	-0.23 **
$X_1^2$	0.54 *	-0.14 NS	-0.13 NS
$X_2^2$	0.41 NS	-1.30 **	0.32 **
$X_1X_2$	-0.15 NS	0.37 NS	0.24 **
$R^2$	0.85	0.93	0.84

La figura 1 muestra el efecto tiempo-temperatura sobre la dureza durante el proceso de freído observándose que disminuye con el incremento del tiempo y la temperatura. Durante la fritura, se disminuye la humedad del alimento por el desplazamiento del agua, la cual se evapora e incide en el aumento y en la concentración de almidón en el producto frito. El almidón se gelatiniza y se carameliza, ayudando en la formación de la costra o corteza, provocando un producto finalmente duro (Pacheco, 2002). Sin embargo, con tiempos de fritura corto y temperatura de freído elevadas, la dureza del producto final se puede dar por la rápida formación de la costra, lo cual evita el desplazamiento del agua desde interior del alimento hacia la superficie del mismo, quedando atrapada en las paredes del producto y ocasiona fragilidad (Bertrand, 2006).

La figura 2 muestra el efecto de ambos parámetros sobre el color, a medida que aumentan el tiempo y la temperatura de freído. Este cambio en el color de los productos se debe al contenido de azúcares reductores presente en las raíces y tubérculos. Si este contenido es bajo, se obtendrán chips dorados de buena calidad, sin embargo, un excesivo contenido de azúcares reductores en el producto provocará una coloración marrón oscura en los chips, que los hará inaceptables, tanto por su color como por su sabor (Altunakar et al., 2004). Aunque, el color de la costra se debe a diferentes reacciones químicas tales como caramelización (reacción de Maillard), reacciones no enzimáticas y cambios estructurales acelerados por las altas temperaturas (Fellows, 2000; Gökmen y Şenyuva, 2007). Además, la alta temperatura del aceite de fritura desarrolla propiedades mecánicas y sensoriales deseables en los alimentos fritos e igualmente se genera un pardeamiento no-enzimático que influye en la coloración, sabor y textura de los diferentes alimentos (Ross y Scanlon, 2004; Ramadan et al., 2006).

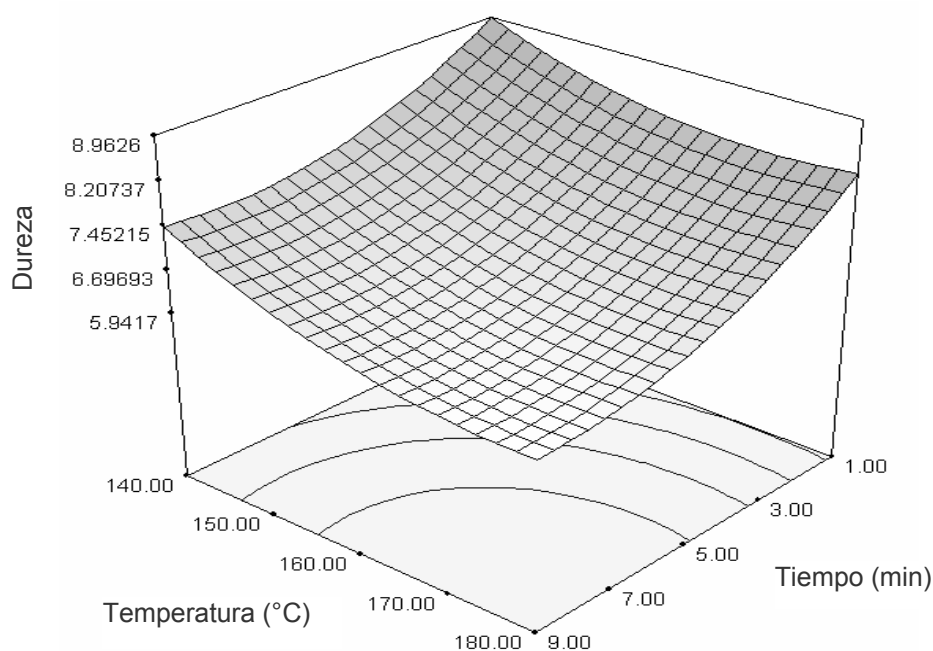


Fig.1: Efecto tiempo-temperatura sobre la dureza durante el freído.

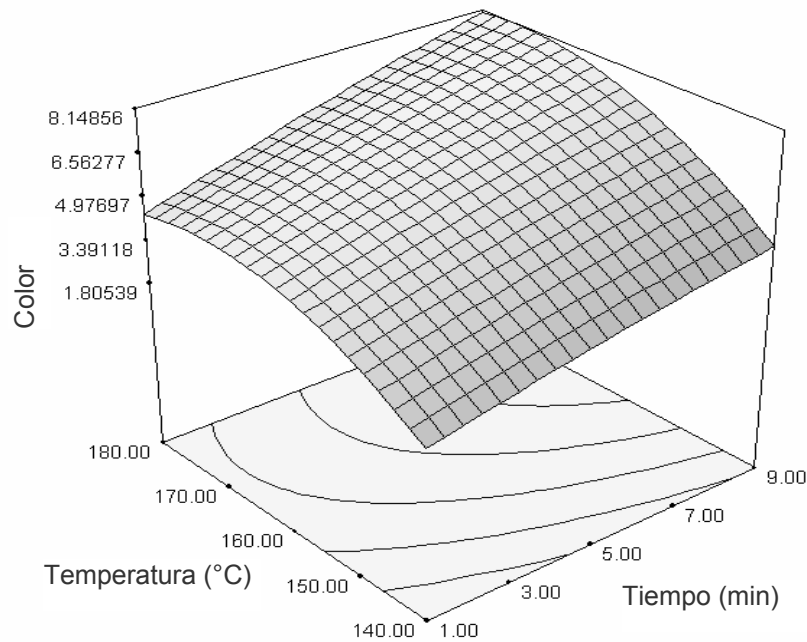


Fig. 2: Efecto tiempo-temperatura sobre el color durante la fritura.

En la figura 3 se aprecian los cambios en el contenido de la grasa durante la fritura, la grasosidad toma valores muy pequeños (menor a 1) a temperaturas bajas y a medida que se forma la costra la grasosidad disminuye más hasta valores cercanos a cero. Esto se debe a la deshidratación de las células internas y parte del agua evaporada, la cual es remplazada parcialmente por el aceite de fritura (De Marco et al., 2007). Sin embargo durante la fritura el vapor producido dentro del producto genera un gradiente de presión entre la estructura interna de este y la superficie externa, evitando que el aceite ingrese al interior y se adhiera a la superficie. Aunque el aceite de fritura puede penetrar en el producto frito cuando este es retirado del freidor y se deja enfriar, a causa del aceite adherido en la superficie, este es adsorbido al interior del producto debido a la condensación del vapor de agua al interior del producto frito el cual produce un vacío, caso contrario sucede cuando la formación de la costra se da rápidamente, lo cual evita el ingreso del aceite a través de los poros formados sobre la superficie provocando un bajo contenido de grasa en el interior del producto frito (Moreira et al., 1995).

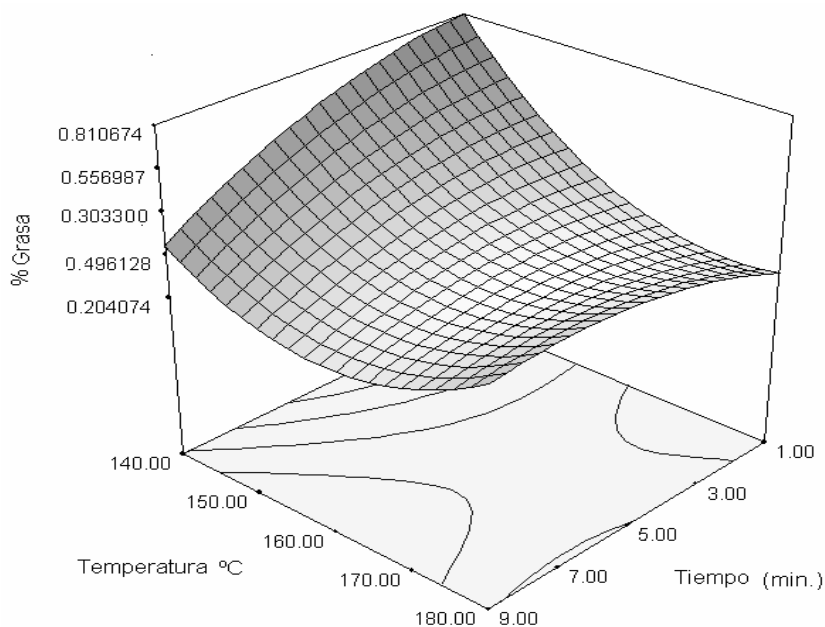


Fig. 3: Efecto tiempo-temperatura sobre el contenido de grasa durante el freído.

Teniendo en cuenta estas restricciones se graficó la intercepción de las superficies de respuesta dureza, color y grasosidad en la cual se observó la zona de intercepción. La zona de intercepción mostrada en la figura 4 abarca un amplio rango tiempo-temperatura la cual muestra el tratamiento térmico (tiempo-temperatura) ideal para los chips de ñame con un tiempo de 5 minutos y 160 °C de temperatura durante el proceso de freído.

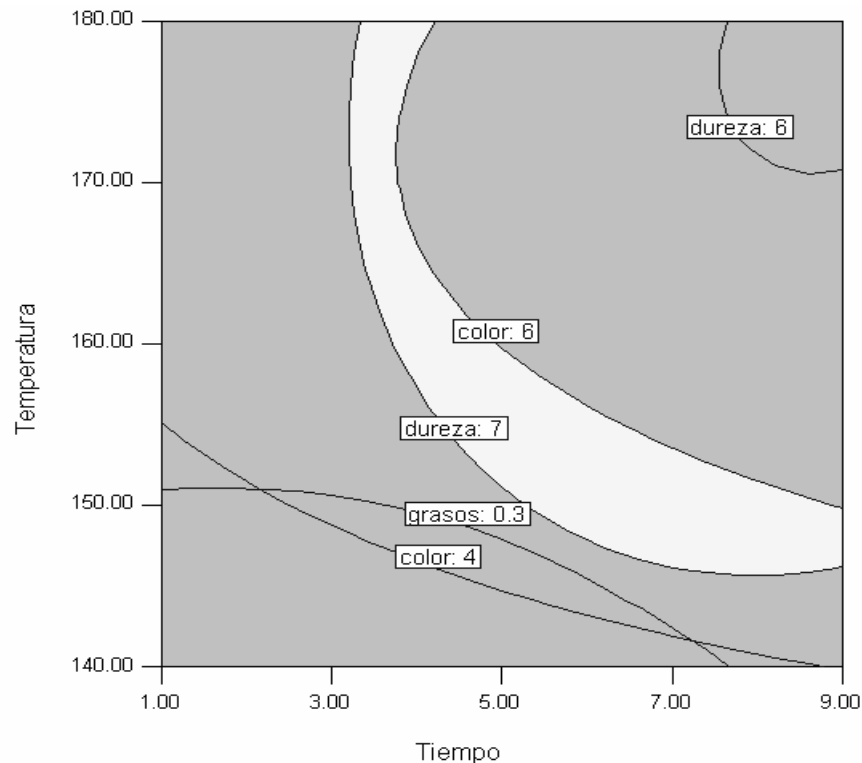


Fig. 4: Intercepción de las superficies de respuesta dureza, color y grasosidad.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio concluyeron que el tratamiento térmico (tiempo-temperatura) ideal para muestras fritas de ñame en forma de paralepípedo (1 x 1 x 4cm) fue 5 minutos y 160 °C. Este tratamiento térmico afectó las variables respuestas color, dureza y grasosidad de los productos fritos siendo las ideales durante la evaluación sensorial. Este tratamiento térmico se puede usar en desarrollo de producto fritos de ñame bajo las dimensiones anteriormente mencionadas con contenido de grasa bajo y atributos sensoriales aceptables. Estos datos experimentales realizados en productos fritos de ñame pueden ser un punto de partida para otros trabajos de investigación que deseen trabajar con el ñame, pues hasta el momento no existen publicaciones acerca del comportamiento del proceso de freído usando como materia prima el ñame.

## REFERENCIAS

- Acurero, G. y otros cuatro autores; *Determinación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de las harinas de batata, yuca y sorgo en cerdos*, Zootec. Trop: 9(2), 145-163 (1991).
- Altunakar, B., S. Sahin. y G. Sumnu; *Functionality of Batters Containing Different Starch Types for Deep-fat Frying of Chicken Nuggets*. Eur. Food Resear. Technol.: 218 (2), 318-322 (2004).
- Berry, S., A. Sehgal. y C. Kalra; *Comparative oil uptake by potato chips during frying under Different conditions*, J. Food Sci. Technol: 36 (2), 519-521 (1999).
- Bertrand, M.; *Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils*, Eur. J. Lipid Sci. Technol.: 109 (4), 400 – 409 (2007).

- Bertrand, M.; *Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils*, Eur. J. Lipid Sci. Technol.: 108 (3), 200 – 211 (2006).
- Blumenthal, M.M.; *In edible oil fat products: Products and application technology*. Frying technology. 5<sup>ed</sup> by John Wiley (3), 429-481. New York, USA (1992).
- Cozzolino, D., I. Murray., A. Chree. y J.R. Scaife; *Multivariate Determination of Free Fatty Acids and Moisture in Fish Oils by Partial Least Squares Regression and Near-infrared Spectroscopy*. Food Sci. Technol.: 38 (8), 821-828 (2005).
- De Marco, E. y otros cinco autores; *Frying performance of a sunflower/palm oil blend in comparison with pure palm oil*. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 109 (3), 237–246 (2007).
- Fellows, P.; *Frying technology*, In: Food processing technology: principles and practice, by Cambridge, p. 355-360. Woodhead, England (2000).
- Gökmen, V. y H.Z. Şenyuva; *Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction*, Food Chemistry: 103 (1), 196–203 (2007).
- Jinsong, B., S. Shen., M. Sun. y H. Corke; *Analysis of genotypic diversity in the starch physicochemical properties of nonwaxy rice: apparent amylose content, pasting viscosity and gel texture*, Starch/Stärke: 58(6), 259–267 (2006).
- Lentner, M. y T. Bhisop; *Experimental Design and Analysis*. 2<sup>a</sup> edición, 1-520. Valley Book Co, Blacksburg, USA (1993).
- Lima, I. y P. Singh; *Mechanical properties of a fried crust*. J. of Tex. Studies: 32 (1), 31-40 (2001).
- Martínez, H.; *Agroindustria y competitividad. La industria procesadora de papa, plátano y yuca: el mercado de pasabocas (snacks) y congelados en Colombia* (2005), <http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/anuario2005/Introduccion.pdf>. Acceso: 10 de junio (2007).
- Montgomery, L.; *Diseño y análisis de experimentos*, México. Limusa-Wiley, 2 edición (2002).
- Moreira, R.G., J. Palau. y X. Sun; *Deep-fat frying of tortilla chips: an engineering approach*. Food Technology: 49 (4), 146-150 (1995).
- Orozco, L.O.; *Manejo y gestión de la biotecnología agrícola apropiada para pequeños productores: ESTUDIO DE CASO COLOMBIA* (2005), [http://www.redbio.org/e\\_casos/colombia.pdf](http://www.redbio.org/e_casos/colombia.pdf). Acceso: 10 de junio (2007).
- Pacheco, E.D.; *Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (Musa spp.)*, Rev. Fac. Agron. (Maracay): 28 (2), 175-183 (2002).
- Ramadan, R.M; M.A.A. Mostafa. y A.E.R.S. Mohamed; *Correlation between physicochemical analysis and radical-scavenging activity of vegetable oil blends as affected by frying of French fries*, Eur. J. Lipid Sci. Technol.: 108 (8), 670 – 678 (2006).
- Ross, K.A. y M.G. Scanlon.; *A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust*, J. Food Engine.: 62 (4), 417–423 (2004).
- Sangronis, E.P. y otros cuatro autores; *Manaca, Batata y Ñame: Posibles Sustitutos del Trigo en Alimentos para dos Etnias del Amazonas Venezolano*, Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, ISSN 0004-0622 (en línea), 56 (1), 2006. <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0004-06222006000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es>. Acceso: 1 de octubre (2007).