

# Influencia del sustrato y el sistema de fritura en el proceso de fritura con oleína de palma

## Influence of the Sustrate and the Frying System in the Frying Process with Palm Olein

**P. Pico<sup>1</sup>**

**R. Durán**

**M. Balaguera**

**N. Moreno**

**A. Perea**

### Resumen

La clase de sustrato y el sistema de fritura afectan en diferente nivel las características del aceite durante el proceso de elaboración de alimentos fritos. En el primer caso, el agua liberada del alimento, la cual es convertida en vapor, favorece las reacciones de hidrólisis, liberándose ácidos grasos que incrementan los niveles de acidez del aceite; mientras que las proteínas, sustancias fenólicas, pueden inhibir los procesos de oxidación. En el segundo caso, dependiendo si el sistema de fritura es abierto o cerrado, pueden ocurrir preferiblemente reacciones de hidrólisis o de oxidación. Estas dos reacciones alteran las características del aceite de fritura y por tanto, las del producto frito debido a que hay migración de aceite hacia el alimento y de la grasa del alimento hacia el aceite. En el presente trabajo se evaluó el comportamiento de la oleína de palma en procesos de fritura de papas *chips* y de pollo en un sistema abierto y en sistema cerrado, midiéndose durante el proceso la variación de las principales características fisicoquímicas del aceite (color, punto de humo, índice de refracción, materia polar e índice de acidez) y la composición de ácidos grasos y de triacilglicéridos. El medio de fritura presenta comportamientos opuestos en los dos sistemas, sin embargo, la oleína de palma presenta altos niveles de estabilidad frente a las reacciones de oxidación.

### Summary

The type of sustrate and the frying system affect -at a different level- the oil characteristics during the fried food preparation process. In the first case, the water released by the food, which is turned into vapor, favors the hydrolysis reactions, releasing fatty acids that increase oil acidity levels, while proteins, phenolic substances, may inhibit the oxidation processes. In the second case, depending on whether the frying system is opened or closed, hydrolysis or oxidation reactions may preferably occur. These two reactions alter the frying oil characteristics and therefore, those of the fried product due to the fact that there is oil migration toward the food and from the food fat to the oil. In the present work, the behavior of palm olein was evaluated in "potato chips" and "chicken" frying processes, both in an open and in a closed system, measuring the variation of the oil main physicochemical characteristics (color, point of smoke, refraction rate, polar matter and acidity rate) during the process, and the fatty acids and triglycerides composition. The frying medium presents opposite behaviors in the two systems. Nevertheless, palm olein presents high levels of stability against the oxidation reactions.

### Palabras Clave

Oleína de palma,  
Fritura,  
Características físico-químicas del  
aceite de palma,  
Ácidos grasos.

1. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander. Sede Guatiguará – Km 2, Vía al Refugio, Piedecuesta, Colombia. E-mail: aperea@uis.edu.co

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es de los autores.

## Introducción

El proceso de fritura representa un medio de cocción de alimentos en el cual el aceite caliente sirve como un medio de transferencia de calor hacia el alimento que está siendo freído. La clase de alimento y el sistema de fritura afectan en diferente nivel las características del aceite durante el proceso de elaboración de alimentos fritos. En el primer caso, el agua liberada en el alimento, que es convertida en vapor, favorece las reacciones de hidrólisis liberándose ácidos grasos que incrementan los niveles de acidez del aceite; mientras que las proteínas, sustancias fenólicas, pueden inhibir los procesos de oxidación. En el segundo caso, dependiendo de si el sistema de fritura es abierto o cerrado, pueden ocurrir preferiblemente reacciones de hidrólisis o de oxidación. Estas dos reacciones alteran las características del aceite de fritura y por tanto, las del producto frito, debido a que hay migración de aceite hacia el alimento y de agua y grasa del alimento hacia el aceite.

En el presente trabajo se evaluó el comportamiento de la oleína de palma en procesos de fritura de papas *chips* y de pollo a la *broaster* en un sistema abierto de fritura y en un sistema cerrado respectivamente, midiéndose durante el proceso la variación de las principales características fisicoquímicas del aceite (color, punto de humo, índice de materia polar e índice de acidez) y la composición de ácidos grasos y de triacilglicéridos.

## Metodología

El aceite de fritura utilizado, oleína de palma, fue suministrada por una empresa de la región. Como sustratos se empleó pollo a la *broaster* y papas *chips* preparadas por empresas de la región. Todos los reactivos utilizados fueron de grado analítico.

### Procedimiento de fritura

Para evaluar el comportamiento de la oleína de palma se realizaron experimentos que consistieron en:

**Experimento 1:** Calentar la oleína de palma en el sistema de fritura sin adición de alimento, ni reposición de aceite, el cual se denominó oleína de palma fresca.

**Experimento 2:** Fritar el alimento sin reposición de aceite.

**Experimento 3:** Fritar el alimento según los criterios utilizados en las empresas, es decir, con adición de aceite cada vez que el operario de la freidora lo crea necesario y filtrado del aceite antes de la reposición de aceite. Este se denominó con reposición. Para esto las freidoras cuentan con una marca que indica el nivel adecuado de aceite.

En el caso del pollo a la *broaster* los experimentos se llevaron a cabo durante 50 horas y en el caso de la papa *chip* durante 20 horas. En ellos se tomaron muestras de 250 ml de aceite cada 5 horas, las cuales fueron llevadas al laboratorio, se mantuvieron en atmósfera de  $N_2$  y se congelaron hasta el momento del análisis. Los experimentos se realizaron por triplicado y las muestras obtenidas fueron analizadas por triplicado.

En el caso de la papa *chip*, se empleó un sistema de fritura profunda, con freidoras abiertas de capacidad de 14 litros, con tiempos de fritura de 2-3 minutos por kilogramo de papa.

En el caso del pollo se utilizaron freidoras industriales, para freído profundo a 180°C, presión de 10 libras/pl<sup>2</sup>, 20 litros de aceite y adición máxima de 5 pollos. El proceso de fritura se realizó durante un tiempo de 10 minutos, al cabo de los cuales se retiraron los pollos.

### Métodos de análisis

**Índice de acidez:** Se determinó según la norma ICONTEC 218 y AOAC 28032/84; 940.28/84, El contenido de ácidos grasos libres (FFA) se expresa como % de ácido oleico.

**Materia polar:** Se determinó según la norma IUPAC-AOAC 28.074-28.08 de 1984. La eficiencia del método se comprobó por medio de la cromatografía de capa fina, según norma AOAC 28.081 de 1984.

**Determinación de los ácidos grasos por cromatografía de gases (CG):** Previa a su determinación por CG, los ácidos grasos fueron convertidos en metil-ésteres siguiendo el método descrito por Moreno y colaboradores (1999). Para su identificación y cuantificación se inyectaron 0,4 ml de la muestra patrón y de las muestras problema al cromatógrafo de gases, usando las

condiciones de elusión reportadas por Moreno y Colaboradores (1999). La identificación se hizo por comparación con los tiempos de retención de los patrones. La cuantificación se llevó a cabo por el método del estándar interno, usando dibutiladipato como estándar. Para todos los análisis se empleó el cromatógrafo de gases Perkin Elmer, dotado de un detector de ionización de llama (FID), un inyector Split/Spitless y una columna capilar de HP-5 de 30 m de longitud y 0,32 mm de diámetro interno, con helio como gas de arrastre.

**Determinación de triacilglicéridos por cromatografía de gases:** Para la preparación de las muestras se utilizó el método descrito por Moreno (2001). Para la identificación y cuantificación por CG, se usaron las condiciones de elusión reportadas por Geeraert (1987) y Moreno (2001). Para todos los análisis se utilizó un cromatógrafo de gases Perkin Elmer, modelo 1020, dotado con detector de ionización de llama (FID), un inyector Split/Spitless y una columna capilar de sílica fundida HP-1 de 5 m de longitud y 0,53 mm de diámetro interno, que permite una temperatura programada máxima de 450°C. Se utilizó argón (agafano) como gas de arrastre. La identificación de los triacilglicéridos, con base en el número de carbonos, se hizo comparando con los tiempos de retención de los patrones. Para la cuantificación se usó octilestearato como estándar interno.

## Resultados y análisis

Inicialmente, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los sistemas de fritura evaluados, en segunda instancia se establece un paralelo entre los dos sistemas.

### Sistema oleína de palma – Pollo a la *broasted*

Para analizar el comportamiento de la oleína de palma fresca, sin y con reposición de aceite con el tiempo de uso se evaluaron: color, punto de humo, índice de acidez y materia polar, basados en las normas internacionales y pensando en la facilidad de medirlas y aplicarlas a nivel de empresa. Adicionalmente se determinó la composición de ácidos grasos y de triacilglicéridos.

### Índice de acidez

El índice de acidez es una prueba de análisis químico ampliamente utilizada en la industria

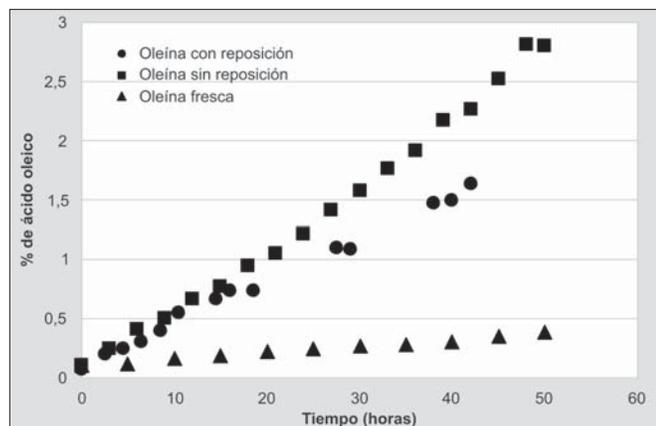
para determinar el deterioro del aceite. Los resultados obtenidos mostraron una relación directa del índice de acidez con el tiempo de calentamiento del aceite y una alta correlación (0,99) como se aprecia en la Figura 1. El valor medido para el índice de acidez de la oleína de palma fresca a cero horas fue de 0,1% y a 50 horas 0,4%, lo cual refleja una alta estabilidad de la oleína de palma a altas temperaturas en ausencia de alimento. En el caso de la oleína sin reposición de aceite, se alcanzó un valor de índice de acidez de 2,8% después de 50 horas de uso, mientras que para la oleína con reposición un valor de 1,6%, es decir valores 7 y 4 veces superiores a los obtenidos con la oleína de palma fresca respectivamente. Estos resultados permitieron establecer que al adicionar aceite fresco, como era de esperarse, disminuye el índice de acidez.

El incremento del índice de acidez en presencia de alimento es consecuencia de la reacción de hidrólisis, favorecida por la humedad que tiene el pollo (30,8%); y por las altas temperaturas utilizadas en el proceso.

Teniendo en cuenta la legislación internacional que acepta valores de índice de acidez de entre 1-2,5% máximo para usar un aceite, (Dobarganes y colaboradores, 1998; Cuellar y colaboradores, 1996), el tiempo de uso de la oleína de palma en un proceso de fritura sin adición de aceite es de aproximadamente 45 horas y con reposición de aceite podría ser mayor, ya que a medida que se adiciona aceite bajan los niveles del índice de acidez. En el presente trabajo, en el tiempo evaluado cuando se hizo reposición de aceite no se superaron los valores máximos permitidos.

### Materia polar

La determinación de los compuestos polares es una técnica eficaz para determinar la degradación de los aceites durante su calentamiento a elevadas temperaturas y los valores que se obtienen para muestras no calentadas son, usualmente, inferiores al 7,0% (Perez-Camino *et al.*, 1984). En el presente trabajo, se observó que al aumentar el tiempo de uso del aceite se incrementó el contenido de materia polar (Figura 2). Este aumento se debe a la aparición de compuestos polares tales como ácidos grasos libres, monoacilglicéridos, diacilglicéridos, aldehídos, cetonas, hidrocarburos, alcoholes,



**Figura 1** Variación del índice de acidez de la oleína de palma fresca, sin y con reposición de aceite con el tiempo de freído a 180 °C.

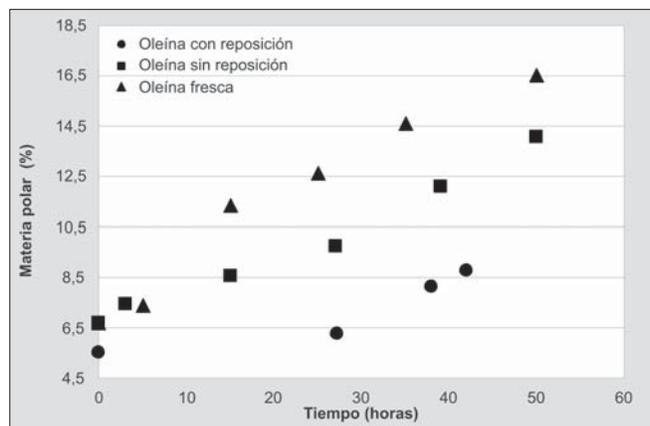
monómeros oxidados, monómeros cíclicos, dímeros y polímeros, etc. (Cuellar *et al.*, 1994; Permanyer *et al.*, 1985).

El valor de la materia polar en la oleína de palma fresca varió de 6,7% a cero horas hasta 16,5% a 50 horas. En el caso de la oleína sin reposición de aceite se alcanzó un valor de materia polar de 14,1% y en la oleína con reposición de aceite se obtuvo 8,8%. En los tres casos, los valores medidos estuvieron por debajo del límite máximo permitido (27%) por la IUPAC como control para descartar o reemplazar el aceite de fritura.

La velocidad de alteración de la oleína de palma fresca fue mayor que la encontrada en los otros dos casos. Lo anterior pudo deberse al efecto del alimento (pollo a la *broaster*) y a la reposición de aceite. Sin embargo, no hay que descartar que parte de los compuestos polares fundidos pudieron ser absorbidos por el alimento.

#### Variación de la composición de los ácidos grasos

El análisis del comportamiento de los ácidos grasos es un parámetro analítico que permite predecir el grado de alteración que han sufrido los aceites. La oleína fresca, inicialmente tiene 10,7% de ácido linoleico, sin embargo, al calentarla su concentración disminuye a 8,3%, posiblemente porque este ácido es más susceptible a la degradación térmica. El ácido palmitoleico permaneció prácticamente constante (1,0% a 0,9%), mientras que otros ácidos como el palmítico y el oleico presentaron incrementos

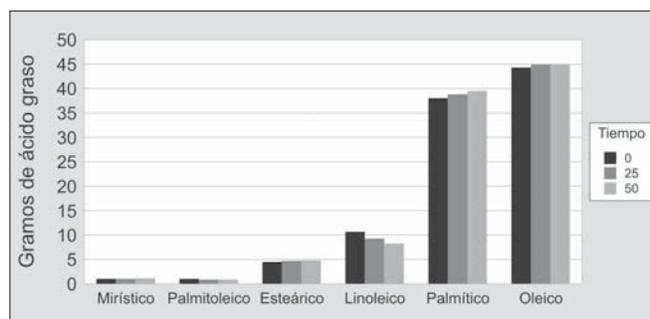


**Figura 2** Variación de la materia polar de la oleína de palma fresca, sin y con reposición de aceite con el tiempo de freído a 180 °C.

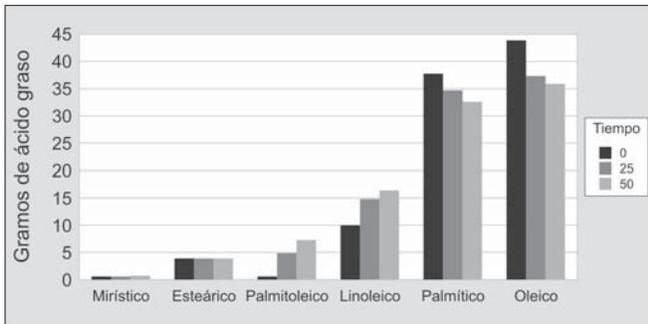
leves de 38,2% a 39,7% y de 44,5% a 45,1% respectivamente, como se refleja en la Figura 3.

En el caso de la oleína sin reposición de aceite, se encontró que la concentración de ácido palmitoleico y de ácido linoleico a las 50 horas de uso aumento a 7,7% y 16,8% respectivamente. Los ácidos palmítico y oleico en cambio disminuyeron de 38,2% y 44,5% a 33,3% y 36,5% respectivamente, en el mismo tiempo, como se aprecia en la Figura 4.

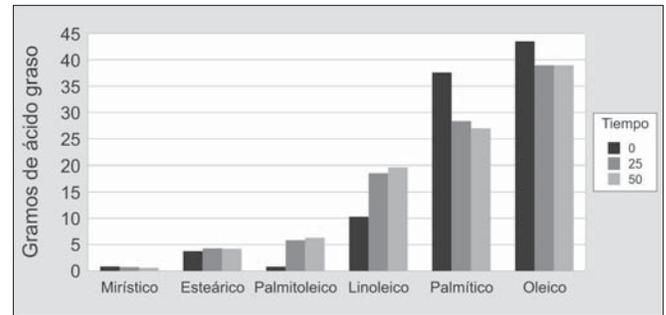
En el experimento de oleína con reposición de aceite al igual que en el caso anterior, las concentraciones de los ácidos palmitoleico y linoleico se incrementaron hasta 6,8% y 20,0% respectivamente, a las 50 horas de uso. La concentración de los ácidos palmítico y oleico



**Figura 3** Comportamiento de los ácidos grasos presentes en la oleína de palma fresca calentada a 180 °C durante 0,25 y 50 horas.



**Figura 4** Comportamiento de los ácidos grasos presentes en la oleína de palma *sin* reposición de aceite después de 0, 25 y 50 horas de freído.



**Figura 5** Comportamiento de los ácidos grasos presentes en la oleína de palma *con* reposición de aceite después de 0, 25 y 50 horas de freído.

disminuyó a 27,7% y 39,9% respectivamente, como se aprecia en la Figura 5.

En los dos procesos de fritura de pollo a la broaster sin y con reposición de aceite, se presenta un incremento gradual de la concentración de ácido palmitoleico y de ácido linoleico, posiblemente, debido a la migración de la grasa que desprende el pollo hacia el aceite de fritura. Estos ácidos se encontraron en gran proporción en la grasa de pollo (palmitoleico 10,5% y linoleico 19,9%).

También se observó que en el proceso de fritura con reposición de aceite, el descenso en la concentración de ácido palmítico y oleico fue menor debido a la adición de aceite, que altera la composición de la mezcla.

#### Determinación de triacilglicéridos

Los TAG mayoritarios en la grasa de pollo son los TAG C50 (24,1%), C52 (43,7%) y C54 (24,0%) mientras que la oleína de palma esta compuesta principalmente de C50 (37,8%) y C52 (46,6%) (Tabla 1).

Con respecto a los procesos de fritura sin y con reposición de aceite, los mayores cambios en la composición de TAG se presentaron en el C54 y C56, cuya concentración se incrementó, y el C50 cuya concentración disminuyó. Con estos resultados se puede predecir que hubo una migración de la grasa de pollo a la oleína de palma y que probablemente parte del aceite de fritura fue absorbido por el alimento frito (pollo a la broaster).

#### Sistema oleína de palma - Papas *chips*

##### Índice de acidez (IA)

Al igual que en el caso del pollo se observa una relación directa del índice de acidez con el tiempo de calentamiento del aceite y una alta correlación (0.99). Sin embargo, los valores de índices de acidez alcanzados fueron menores. En el caso de la oleína sin reposición de aceite, se alcanzó un valor de índice de acidez de 0,74% después de 20 horas de uso, mientras que para la oleína con reposición el valor máximo fue de 0,33%. En ningún caso se superaron los valores máximos permitidos.

**Tabla 1** Composición de triacilglicéridos de la oleína de palma fresca, sin y con reposición de aceite a 180°C (tiempo en minutos)

Triacilglicérido	Grasa pollo	Oleína de palma fresca	Oleína de palma sin reposición	Oleína de palma con reposición
C48 PPP, MOP, MLP	4,7	2,2	3,1	2,0
C50 PLP, POP, PPS	24,1	37,7	23,6	28,8
C52 PLO, POO, POS, PSS	43,7	46,6	43,9	47,4
C54 SSS, SOS, SOO/SLS, POL y PLL	24,0	12,5	23,1	19,8
C56 AOS	1,2	-	1,3	0,8

Los bajos IA muestran que la reacción de hidrólisis en este sistema ocurre de forma más leve a pesar del alto contenido de humedad de la papa *chip* (76%), pues al tratarse de un sistema abierto, el vapor generado se elimina rápidamente disminuyéndose su efecto sobre el aceite.

### *Materia polar*

En el caso de la oleína sin reposición de aceite se alcanzó un valor de materia polar de 35,1% y en la oleína con reposición de aceite un valor de 25%, superándose en el primer caso el límite máximo permitido (27%) por la IUPAC como control para descartar o reemplazar el aceite de fritura. Cuando se repone aceite, la materia polar disminuye por el efecto de dilución, pero de todas formas se tienen valores cercanos al límite crítico.

La formación de compuestos polares pueden ser resultado de las reacciones de oxidación, oxidación térmica y descomposición de ácidos grasos, reacciones que se ven favorecidas por el oxígeno del aire, que en este caso está presente al tratarse de un sistema de fritura abierto.

### *Variación de la composición de los ácidos grasos*

La tendencia observada en este sistema fue similar a la del pollo, sólo que no se detecta la presencia del ácido palmitoleico porque este no está presente inicialmente en la oleína de palma sino en un 0,9%. La concentración de ácido linoleico y de oleico disminuyó apreciablemente, mientras que la del ácido palmítico aumentó.

En el experimento de oleína con reposición de aceite al igual que en el caso anterior, las concentraciones de los ácidos linoleico y oleico disminuyen.

También se observó que en el proceso de fritura con reposición de aceite, el descenso en la concentración de ácido palmítico y oleico fue menor debido a la adición de aceite, que altera la composición de la mezcla.

### *Variación de los triacilglicéridos*

El cambio en el contenido de TAG, varía de 96% a 91%. Los mayores cambios en la composición de TAG se presentaron en el C48 y en el C52. El C48 dipalmitiloleína (PPO) se incrementa desde 0,95% hasta 9,95% debido probablemente a la formación de ácido palmítico, mientras que el C52 que puede ser PPL, PLS, PLO, disminuye

significativamente de 50,4 a 33,2% debido a la degradación del ácido oleico y del linoleico. La baja disminución de TAG (4%) durante el proceso de fritura puede explicar también los bajos niveles de hidrólisis alcanzados en este sistema.

## Conclusiones

Los resultados presentados permiten establecer que las reacciones que suceden en el proceso de fritura se ven afectadas por el tipo de alimento que se fríe y por el sistema de fritura. En el caso de un sistema de fritura abierto, como fue el sistema oleína de palma – papa *chip*, se presentan en mayor proporción las reacciones de oxidación, como se refleja por los altos niveles de materia polar alcanzados. Mientras, que en el sistema oleína de palma –pollo *broaster* por ser cerrado, se presenta en mayor proporción la reacción de hidrólisis debido a que no se elimina con la misma velocidad el vapor de agua liberado por el alimento. En los dos procesos hay cambios apreciables en el color del aceite, sin embargo, éste es más pronunciado en el caso del sistema oleína de palma – papa *chip*, debido a la presencia de altos niveles de almidón, que favorecen las reacciones de Maillard. También hay absorción de grasa por parte del alimento frito, pero en mayor proporción en el caso de la papa *chip*.

Finalmente, a pesar de la estabilidad observada para la oleína de palma, se concluye que es necesario caracterizar cada sistema de fritura, en las condiciones reales del proceso.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Colciencias el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto, a la Universidad Industrial de Santander (UIS), al Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, y a las empresas Jarri's y Pasabocas Buen Sabor. ☼

## Bibliografía

- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY METHODS (AOAC). 1984. Official methods of analysis, p.507, 508, 516, 517, 518.
- CUÉLLAR, M.; GARCÉS, I. 1996. Productos derivados de la industria de la palma de aceite. Usos. Memorias primer curso internacional de palma de aceite, Cenipalma, Bogotá, Colombia, p.346-351.

- CUESTA, C.; SÁNCHEZ, F. J. 1998. Quality control during repeated frying. *Grasas y Aceites*, 49(3-4), p.310-318.
- DOBARGANES, M.C. 1988. Alteración de grasas usadas en fritura. II. Variable que influye en el proceso en continuo y análisis real en freidoras industriales. *Grasas y Aceites*, 39 (1), p.39-43.
- DOBARGANES, M.C. 1998. Regulation of used frying fats and validity of quick tests for discarding the fats. *Grasas y Aceites*, 49 (3-4), p.331-335
- GEERAERT, E.; SANDRA, P. 1987. Capillary gas chromatography of triacylglycerols in fats and oils using a high temperature phenylmethylsilicone stationary phase. *JAACS*, 64(1), p.100-105.
- MORENO; DURÁN. 1999. Evaluación de la variación del perfil ácido del grano de cacao durante los procesos de fermentación y de secado. Tesis Escuela de Químico. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- MORENO, N. 2001. Búsqueda de nuevas alternativas para la utilización del aceite de palma. Tesis de Maestría en Química. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- PERMANYER, J. J.; BOATELLA, J.; TORRE, M.C. 1985. Modificaciones Químicas de los aceites calentados. *Grasas y Aceites*, 36 (3), p.217-222.
- PÉREZ - CAMINO; RÍOS, J. J. y DOBARGANES, M. 1984. Métodos analíticos de aplicación en grasas calentadas II. Determinación de ésteres metílicos de dímeros no polares. *Grasas y Aceites*, 35 (6), p.351-357.