

## Deterioro de aceite de soja parcialmente hidrogenado empleado en la fritura de un alimento cárnico

Por **María Daniela Juárez**<sup>1</sup>, **Lilia Masson**<sup>2</sup> y **Norma Sammán**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Nutrición e INSIBIO- Departamento Bioquímica de la Nutrición, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán, Chacabuco N° 461, Tucumán (Argentina).

e-mail: [maihsamman@unt.edu.ar](mailto:maihsamman@unt.edu.ar)

<sup>2</sup> Laboratorio de Química de Alimentos y Materias Grasas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas, y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Av. Vicuña Mackenna N°20, Santiago, Chile.  
e-mail: [mailmasson@ciq.uchile.cl](mailto:mailmasson@ciq.uchile.cl)

### RESUMEN

#### Deterioro de aceite de soja parcialmente hidrogenado empleado en la fritura de un alimento cárnico.

Se estudió a escala de laboratorio, el deterioro de aceite de soja parcialmente hidrogenado, en la fritura en profundidad de un alimento cárnico milanesas, para evaluar su comportamiento en relación a las disposiciones del Código Alimentario Argentino (CAA).

Se trabajó con dos partidas de aceite, en proceso discontinuo, con reposición de aceite fresco, calentándose a  $180 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante 42 y 56 h, respectivamente.

El deterioro se siguió a través de la evolución de la acidez libre, compuestos polares, distribución de las especies de deterioro y composición en ácidos grasos.

Primera partida, a las 42 h de calentamiento, los compuestos polares aumentaron desde 4,6 % a t'0 hasta 16 % (120 milanesas fritas). Segunda partida, 56 h de calentamiento, los compuestos polares aumentaron desde 2,5 hasta 27,6 % (160 milanesas fritas).

Principal deterioro fue el térmico por la presencia de dímeros y polímeros de triglicéridos, seguido del hidrolítico. La acidez libre superó el límite del CAA de 1,25% en etapas muy tempranas del proceso. Se recomienda incluir en el CAA los compuestos polares como control del proceso de fritura industrial y revisar el valor de acidez libre que es extremadamente bajo.

**PALABRAS-CLAVE:** Aceite de soja - Compuestos polares - Fritura - Milanesas.

### SUMMARY

#### Deterioration of partially hydrogenated soybean oil used in deep fat frying of a meat food.

The deterioration of partially hydrogenated soybean oil used in deep fat frying of a meat food called *milanesa* for evaluating its behavior according to the Argentinian Food Codex (CAA) at laboratory scale was studied.

Two different lots of the oil, in batch process, with fresh oil turnover were heated at  $180^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  for 42 and 56 h, respectively.

Deterioration was followed through the evolution of free fatty acid percentage, polar compounds, distribution of these deterioration species and fatty acid composition.

In the first lot, at 42 h of heating, polar compounds increased from 4.6% at t' 0 to 16% (120 *milanesas* fried). In the second lot, at 56 h of heating, polar compounds increased from 2.5 to 27.6% (160 *milanesas* fried).

The main deterioration was thermal, considering the presence of triglycerides polymers and dimers in polar compounds, followed by hydrolytic deterioration. The free fatty acid percentage was higher than the maximum level of 1.25% established in the CAA at an early stage of the frying process. According to the results of this study, it is recommended to include polar compound percentage as a measure of frying control processing and to check the free fatty acid value, which is considered too low.

**KEY-WORDS:** *Frying- Milanesas - Polar compounds - Soybean oil.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de fritura discontinua de cualquier alimento, el aceite se calienta repetidas veces a elevadas temperaturas ( $160\text{-}200^\circ\text{C}$ ) en presencia de aire, y se genera vapor de agua proveniente del alimento que se fría. Como consecuencia, se produce un deterioro térmico, oxidativo e hidrolítico del aceite, originando productos volátiles, que se eliminan parcialmente durante la fritura y nuevos compuestos no volátiles, que se acumulan en el aceite a medida que avanza el proceso de fritura y se incorporan al alimento (Masson et al., 1997; 1999). La oxidación, debida a la presencia del oxígeno del aire, produce primeramente hidroperóxidos, los cuales se degradan originando compuestos secundarios volátiles y diferentes compuestos oxidados como monómeros, dímeros, polímeros, entre otros. Como resultado de la alteración térmica, debida a la alta temperatura a la que se realiza el proceso, se forman monómeros cíclicos, dímeros y polímeros. Como consecuencia de la humedad presente en el alimento y que se elimina durante la fritura en forma de vapor, se produce la hidrólisis de los triglicéridos, y se generan ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y glicerol (Moreira et al., 1999).

Estos nuevos compuestos poseen una polaridad mayor que los triglicéridos no alterados y constituyen

los llamados compuestos polares (Dobarganes et al., 1989), cuyo límite máximo permitido en muchos países se estableció en un nivel del 25-27% para su empleo en el proceso de fritura (Firestone, 1996, Reglamento Sanitario de Alimentos Chilenos, D.S. N° 977, 1997). La determinación se basa en separar la fracción polar de la no polar por cromatografía en columna de sílica gel. Este método se ha adoptado para el control de la degradación alcanzada por los aceites de fritura por la IUPAC (1987), (Dobarganes et al., 1984; 1988; 2000).

En relación al deterioro que sufren los aceites durante el proceso de fritura en la elaboración de papas tipo «french» y «chips» se ha señalado que influye la calidad inicial e instauración de la materia grasa empleada, los antioxidantes naturales y/o sintéticos que contenga, la presencia de antiespumantes, la velocidad de reposición, el tipo de proceso continuo o discontinuo (Masson et al., 1997; 2001; Petukhov et al., 1999; Robert et al., 2001).

En cuanto al estudio de la fritura de productos cárnicos, existen menos trabajos (Smith et al., 1986; Al-Harbi and Al-Kahtani, 1993; Ammu et al., 2000; Bastida y Sánchez-Muñiz, 2001, Bastida et al., 2003), lo cual suma mayor interés al estudio propuesto.

Encuestas realizadas han señalado que el consumo promedio de milanesas por persona se estima en dos por semana, lo cual de acuerdo a la población de la Provincia de Tucumán, da un consumo per cápita de 103 milanesas al año. Este es un plato que se preparara tanto en restaurantes, establecimientos de comida rápida, bares, como a nivel de la cocina hogareña.

El Código Alimentario Argentino (CAA) contiene disposiciones que regulan el empleo de materias grasas de fritura y fija los parámetros para su descarte. Indica que no pueden emplearse para fritura industrial aceites con más de 2% de ácido linoléico, señala otros parámetros de calidad como punto de humo, ácidos grasos oxidados y acidez libre máxima 1,25 % expresada en ácido oleico. No menciona los compuestos polares. En la práctica habitual comercial, el aceite se descarta por color, parámetro muy subjetivo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar a escala de laboratorio, el comportamiento termoxidativo de aceite de soja parcialmente hidrogenado, en la fritura en profundidad de milanesas, en un proceso discontinuo con reposición de aceite fresco, de modo de evaluar este comportamiento en relación a las disposiciones contenidas en el Código Alimentario Argentino sobre esta materia.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materiales

**Aceite:** Se utilizó dos partidas de aceite de soja parcialmente hidrogenado para uso industrial, marca

Superfry, de diferente lote, adquirido en un comercio local, denominados A1 y A2.

**Alimento:** milanesas. Se prepararon de acuerdo a la forma de consumo habitual, que corresponde a un corte de carne de vacuno de 80 g de aproximadamente 5 mm de grosor, cubierto por huevo batido y luego por pan rallado. En el cuadro I se indica la formulación de las milanesas.

Cuadro I  
Formulación de Milanesas

	g/100 g
Carne de vacuno ( <i>Musculo semimembranosus</i> )	80,6
Pan rallado	13,4
Huevo entero crudo	4,2
Sal (NaCl)	1,8

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Análisis del aceite:

**Perfil porcentual de ácidos grasos:** Se determinaron mediante cromatografía gas-líquido (GLC) a partir de las muestras transesterificadas con metilato sódico, siguiendo la norma UNE 55-037-73. Se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 6890 serie II con detector de ionización de llama, sistema de inyección split y columna capilar HP-INNO-Wax polietilenglicol cross-linked de 30 m de largo, 0,25 mm de espesor de película y 0,25 mm de diámetro interno. La temperatura inicial del horno fue de 160 °C, durante tres minutos y luego programada con un incremento de 2 °C/min hasta alcanzar 220 °C. Tanto la temperatura del inyector como la del detector fue de 240 °C. El gas portador fue hidrógeno. Los ácidos grasos se identificaron de acuerdo a los tiempos de retención comparándolos con estándares Sigma.

**Acidez libre:** Se determinó utilizando la metodología propuesta por la AOCS (AOCS, Ac5-41; 1993). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido oleico.

**Compuestos polares:** Se determinaron de acuerdo al método de la IUPAC (IUPAC, norma 2.507; 1987), mediante cromatografía de adsorción en columna de sílica gel, modificado por Dobarganes et al. (1984, 2000) que utiliza una mezcla hexano/éter etílico 90:10 para eluir la fracción no polar. La pureza de cada fracción se comprobó por cromatografía en capa fina (TLC) usando una mezcla de he-

xano/éter etílico/ácido acético (80/20/1) como solvente de desarrollo.

**Distribución de especies de deterioro:** La fracción polar obtenida se analizó por Cromatografía Líquida de Alta Resolución por Exclusión de Tamaño (HPSEC) (Dobarganes et al., 1988) usando un cromatógrafo líquido Merck Hitachi, con detector de índice de refracción. Las columnas de Ultrastayagel de 100 y 500 Å de 25 cm x 0,77 cm de diámetro interno, se conectaron en serie, operando a 35 °C, la fase móvil fue tetrahidrofurano (THF) a una velocidad de 1 ml/min. La concentración de la muestra fue de 15-20 mg/ml en THF.

### 3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 3.1. Protocolo de las Frituras

- Freidora doméstica con vaso de aluminio de 3,5 L de capacidad.
- Dos partidas del mismo aceite de diferente lote y fecha
- Volumen inicial de 2,5 L
- Tiempo total de fritura: 42 y 56 h para la primera y segunda partida respectivamente.
- Reposición: 2,5 L para la primera partida y 2,55 L para la segunda. Se repuso la cantidad de aceite original en ambos procesos de fritura.
- Temperatura de fritura:  $180\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tiempo de calentamiento para llegar a  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ : 30 minutos.
- Tiempo de fritura de una milanesa de 100 g: 1 minuto.
- Ciclos de fritura: Dos en el día, cada uno de 3,5 h. Corresponde a la fritura de 10 milanesas, con un intervalo de 15 minutos entre cada fritura y 30 minutos de mantenimiento a  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  al finalizar la última fritura.
- Enfriamiento: 4 h hasta alcanzar la  $t^{\circ}$  ambiente antes de iniciar el segundo ciclo de fritura.
- Mantenimiento: Antes de comenzar un nuevo ciclo, el aceite se filtró y se agregó aceite fresco a fin de mantener el volumen constante.
- Total de milanesas fritas: 120 en la primera partida y 160 en la segunda .
- Muestreo:  
Primera partida. Se tomaron alícuotas de 50 ml del aceite fresco ( $t^{\circ}$ ) y del procedente de las 14, 28 y 42 h de fritura, ya que se aplicó el criterio comercial de descartar el aceite de fritura por parámetro subjetivo de color de acuerdo a la práctica habitual comercial .  
Segunda partida: Se tomaron alícuotas de 50 ml del aceite fresco ( $t^{\circ}$ ) y del procedente de las 14, 28 y 42 y 56 h de fritura, que permitiera alcanzar el valor de 25-27% de compuestos polares, cifra recomendada como máxima en las reglamentaciones inter-

nacionales para proceder a descartar el aceite de fritura.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presenta la composición de ácidos grasos de los aceites de soja parcialmente hidrogenados, al inicio y al final de los procesos de fritura, correspondientes a las dos partidas estudiadas.

La composición en ácidos grasos de los aceites de soja parcialmente hidrogenados está de acuerdo con lo declarado comercialmente, se observa la disminución del porcentaje del ácido linoléico debido a este proceso de modificación selectiva, en que el contenido normal del orden del 7% ha descendido a 1%. Los otros ácidos grasos están dentro de los porcentajes señalados por la literatura para un aceite de soja (Masson y Mella, 1985). Después de las 42 y 56 h de fritura, a pesar del proceso de reposición permanente con aceite fresco realizado durante las dos experiencias, se observó, como era de esperarse, una disminución del ácido linoleico del orden del 3% y un leve descenso del ácido linoléico; lo que indica que estos ácidos grasos están involucrados en el deterioro térmico y oxidativo. Este mismo comportamiento se observó cuando se empleó aceite de oliva y un «shortening vegetal» en la fritura de papas (Andrikopoulos et al., 2002), y cuando se empleó aceite de girasol y girasol parcialmente hidrogenado en la fritura de papas chips (Robert et al., 2001).

El deterioro del medio de fritura se siguió químicamente, a través de las determinaciones del porcentaje de la acidez libre a  $t^{\circ}$ , a las 42 y 56 h y la evolución en la formación de los compuestos polares % (CP).

En cuanto a la acidez libre, Tabla II, en la partida de aceite A1 subió de 0,03 hasta 1,8 % a las 42 h de calentamiento (120 milanesas fritas); para la partida de aceite A2 se observó un incremento desde 0,04 hasta 1,5% a las 42 h llegando a 2,03% a las 56 h de calentamiento (160 milanesas fritas). El aumento de la acidez libre señaló el deterioro hidrolítico que sufrió el medio de fritura, debido al agua aportada por el alimento que se fríe y que se incorpora al medio, que luego se elimina en forma de vapor por efecto de la alta temperatura. El porcentaje de 1,80 y 2,03 % obtenido a las 42 y 56 h de calentamiento, correspondiente a 120 y 160 milanesas fritas respectivamente, superó el valor máximo de 1,25 % que estipula el CAA para los aceites de fritura.

En las figuras 1 y 2 se presenta la evolución del contenido de CP y la distribución de las especies de deterioro presentes en las dos partidas de aceite de soja parcialmente hidrogenado muestreados a los tiempos ya señalados.

El nivel inicial de CP en los aceites A1 y A2, fue de 4,9 y 2,5 g/100 g de aceite respectivamente. Según Lumley (1988) los CP en aceites frescos varían

Tabla I  
Composición porcentual en ácidos grasos de las dos partidas de aceite de soja parcialmente hidrogenado A1 y A2 usados en la fritura de *Milanesas* (% de ésteres metílicos)

Ácidos Grasos		A1		A2		Aceite de soja <sup>a</sup>
		Inicial	Final (42 h)	Inicial	Final (56 h)	
Ác. Palmítico	C 16:0	7,1 ± 0,2	7,0 ± 0,5	6,7 ± 0,0	7,4 ± 0,2	10,7
Ác. Esteárico	C 18:0	4,4 ± 0,1	4,0 ± 0,2	4,2 ± 0,0	4,7 ± 0,2	3,6
Ác. Oleico <sup>b</sup>	C 18:1 ω 9	26,6 ± 0,8	30,5 ± 0,2	31,4 ± 0,1	33,2 ± 0,1	22,0
Ác. Linoleico	C 18:2 ω 6	58,6 ± 0,3	55,4 ± 0,9	54,2 ± 0,1	51,9 ± 0,0	56,0
Ác. Linolénico	C 18:3 ω 3	1,0 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0	7,0
Ác. Eicosanoico	C 20:0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3
Ác. Docosanoico	C 22:0	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,1
Ác. Tetracosanoico	C 24:0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	trazas	trazas

a.- Fuente Masson y Mella (1985).

b.- Incluye isómeros cis y trans

entre 0,4 – 6,4%. Por lo tanto, los valores encontrados indicaron que las dos partidas empleadas estaban dentro del rango de calidad comercial. Se pudo observar que el contenido de CP aumentó con las horas de calentamiento, desde 4,9 hasta 15,8 % en A1 a las 42 h. descartándose el aceite en ese momento por el color oscuro alcanzado, de acuerdo a la práctica comercial habitual. En la segunda experiencia, con A2, los CP alcanzaron 27,6 % a las 56 h, el límite máximo permitido por las reglamentaciones internacionales es de 25-27 %, parámetro de calidad que no está considerado en el CAA (Firestone 1996, Reglamento Sanitario de los Alimentos Chilenos, D.S. N° 977,1997).

A pesar de ser aceites de la misma marca comercial, pero de distintos lotes, el contenido de CP y la

distribución de las especies de deterioro iniciales encontradas en ambos lotes no fue coincidente; lo cual reflejó las variaciones propias del proceso de refinación. En A1 predominaron los triglicéridos oxidados (TG ox) y en A2 los diglicéridos (DG). Bastida y Sánchez Muñiz (2001) encontraron resultados similares en aceite de girasol y de oliva frescos.

La distribución de las especies de deterioro, de acuerdo a las figuras 1 y 2, señaló claramente la evolución del tipo de deterioro que afectó a la materia grasa durante el proceso de calentamiento. El deterioro térmico, TGD + TGP, que se observó ya a las 14 h de calentamiento en las dos experiencias, pasó a ser mayoritario, constituyendo en el orden del 40% de los CP al final de ambos procesos. Le siguió el deterioro hidrolítico, DG + AG, que representó entre el 30–35 % de los CP a las 42 y 56 h respectivamente. Esta evolución se corroboró también por el aumento de la acidez libre ya comentada. En cambio, los TG ox que indicaron el deterioro oxidativo, fueron minoritarios, con un 23 % de los CP.

Estos resultados confirmaron que el deterioro térmico representado por las especies TGP y TGD, fue el predominante en estos ensayos de calentamiento de aceite de soja parcialmente hidrogenado aplicado a la fritura de un alimento cárnico lo que es coincidente con los resultados de Masson et al. (1999), cuando estudiaron el empleo de aceite de soja en la fritura de papas «french» a nivel del sector de restaurantes y de aceite de maíz en la elaboración de papas «crisps» (Masson et al. 2001). Otros autores, al usar aceite de oliva, aceite de girasol o una mezcla

Tabla II  
Porcentaje de ácidos grasos libres al inicio y al final de los periodos de calentamiento de las partidas de aceite A1 y A2

h de calentamiento	% Ácidos grasos libres	
	Aceite A1	Aceite A2
0	0,03	0,04
42	1,80	1,50
56	--	2,03

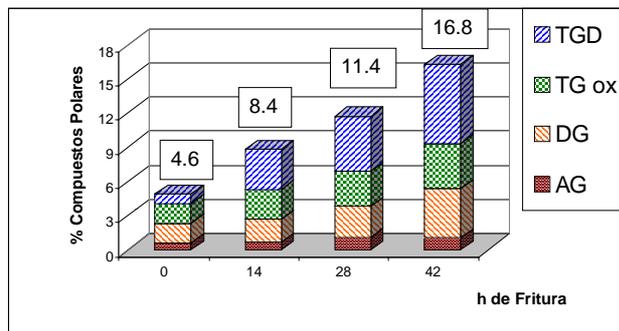


Figura 1

Evolución de los compuestos polares y distribución de especies de deterioro presentes en el aceite de fritura A1 a las 42 h de calentamiento.

TGD: Dímeros de Triglicéridos; TG ox: Triglicéridos Oxidados; DG: Diglicéridos; AG: Ácidos grasos.

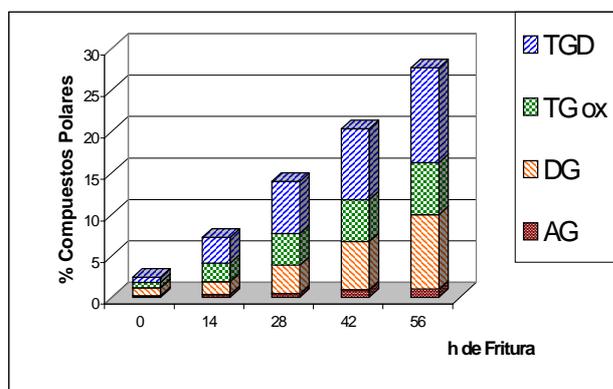


Figura 2

Evolución de los compuestos polares y distribución de especies de deterioro presentes en el aceite de fritura A2 a las 56 h de calentamiento.

TGD: Dímeros de Triglicéridos; TG ox: Triglicéridos Oxidados; DG: Diglicéridos; AG: Ácidos grasos.

de ambos en la fritura de diferentes productos (Bastida et al., 2003; Bastida y Sánchez Muñoz, 2001) encontraron resultados similares. Robert et al. (2001) informaron que al usar aceite de girasol y girasol parcialmente hidrogenado se observó la formación de compuestos de polimerización y oxidación, sobre todo en el aceite de girasol en el que predominó el deterioro térmico, característico de los aceites poliinsaturados.

## 5. CONCLUSIONES

La hidrogenación parcial del aceite de soja, prácticamente hizo desaparecer su contenido habitual de ácido linoléico que normalmente es del orden del 7% y cumplió con la reglamentación del CAA que fija un máximo del 2%. La estabilidad del aceite de soja parcialmente hidrogenado como medio de fritura de milanesas resultó adecuada, ya que la pérdida de ácidos grasos poliinsaturados en el tiempo fue baja,

en lo cual influyó además de la composición, la velocidad de reposición con aceite fresco que es fundamental en este proceso.

La primera experiencia correspondió a una simulación en el laboratorio del proceso comercial habitual de fritura de milanesas. Se demostró que a las 42 h de calentamiento a  $180 \pm 2^\circ\text{C}$  a pesar que el aceite presentaba características organolépticas alteradas, como color oscuro, etapa en que comercialmente se descarta, el deterioro integral medido por el porcentaje de los CP, había alcanzado sólo un valor de 15,8%, cifra bastante más baja que el 25-27% considerado como límite máximo por las reglamentaciones internacionales. Como consecuencia, se estaría descartando un aceite que podría seguir usándose en la fritura de este producto cárnico. El descartar un aceite de fritura sólo por el color, sin someterlo a un patrón de comparación, es muy subjetiva y pone en evidencia la necesidad de fijar parámetros químicos específicos.

Con la segunda experiencia realizada en el laboratorio, se comprobó que el proceso de fritura podría prolongarse hasta las 56 h de calentamiento del aceite, al alcanzarse un 27,6 % de CP (representando 40 milanesas fritas adicionales).

De estos resultados se desprende la recomendación de incorporar al CAA el parámetro químico de CP con un valor máximo entre 25-27%, lo que permitiría a futuro regular en forma más efectiva el proceso de fritura de diferentes alimentos.

En relación al porcentaje de acidez libre, el valor del CAA de 1,25 %, se superó a las 42 h de calentamiento en ambas experiencias, por lo que se recomienda revisar esta cifra. Así se estaría descartando importantes volúmenes de materia grasa, que aun están en condiciones de emplearse, ya que los CP sólo han alcanzado sólo un valor del orden del 15%.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación es parte del Programa de Investigación 26/E 239 del CIUNT.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aenor. 1991. Asociación Española de Normalización. Norma UNE 55037-73. Catálogo de normas UNE, Madrid.
- Al-Hardi MM, Al-Kahtani Hassan A. 1993. Chemical and biological evaluation of discarded frying palm oil from commercial restaurants. *Food Chemistry*, **48**, 395-401.
- Ammu K, Raghunath MR, Sankar TV, Laalitha KV, Devadasan K. 2000. Repeated use of oil for frying fish. Effects of feeding the fried fish to rats. *Nahrung*, **44**, 368-372.
- Andrikopoulos NK, Kalogeropoulos N, Faliroa A, Barbogianni MN. 2002. Performance of virgin olive oil and vegetable shortening during domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *Int J Food Sci Technol*, **37**, 177-190.
- Bastida S, Sanchez Muniz FJ. 2001. Thermal oxidation of olive oil, sunflower and a mix of both oils during forty

- discontinuos domestic fryings of different foods. *Food Sci Tech Int*, **7**, 15-21.
- Bastida S, Sanchez Muniz FJ, Trigueros G. 2003. Aplicación de un test colorimétrico al estudio del rendimiento y vida útil en fritura de alimentos precocinados y frescos de aceite de oliva, aceite de girasol y su mezcla. *Grasas y Aceites*, **54**, 32-40.
- Bligh EG, Dyer WS. 1959 A rapid method of total lipids extraction and purification. *Can J Biochem Physiol*, **37**, 911-917.
- Código Alimentario Argentino (CAA). [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/programa\\_calidad/Marco\\_Regulatorio/CAA/CAPITULOVII.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/programa_calidad/Marco_Regulatorio/CAA/CAPITULOVII.htm)
- Dobarganes MC, Perez Camino MC, Gutierrez R. 1984 Métodos analíticos de aplicación en grasas calentadas. Determinación de ésteres metílicos no alterados. *Grasas y Aceites*, **35**, 172-177.
- Dobarganes MC, Perez-Camino MC, Marquez-Ruiz G. 1988. High performance size escisión chromatography of polar compounds in heated and non-heated fats. *Fat Sci Technol*, **90**, 308-311.
- Dobarganes MC, Perez-Camino MC, Marquez-Ruiz G. 1989. Determinación de compuestos polares en aceites y grasas de fritura. *Grasas y Aceites*, **40**, 35-38.
- Dobarganes MC, Velasco J, Dieffenbacher A. 2000 Determination of polar compounds, polymerized and oxidized triacylglycerols, and dialcylglycerols on oils and fats. *Pure Appl Chem* **72**, 1563-1575.
- Firestone D. 1996. Regulation of frying fat and oil. In *Deep Frying Chemistry, Nutrition and Practical Applications*, 323-334. Eds. EG Perkins, MD Erickson, Champaign, USA: AOCS Press.
- IUPAC. 1987. Standard methods for the analysis oils and fats and derivatives. 7<sup>th</sup> edition, Pergamon Press, Oxford, England.
- Lumley ID. 1988. Polar compounds in heated oils. In *Frying of food: Principles, Changes, New Approaches*, 166-173, Eds. G Varela, AE Bender, ID Morton, Chichester, UK: Ellis Horwood Ltd.
- Masson L, Mella MA. 1985. *Materias Grasas de Consumo Habitual y Potencial en Chile*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- Masson, L, Robert P, Romero N, Izaurieta M, Valenzuela S, Ortiz J, Dobarganes MC. 1997. Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. *Grasas y Aceites*, **48**, 273-281.
- Masson L, Robert P, Izaurieta M, Romero N, Ortiz J. 1999. Fat deterioration in deep fat frying of "french fries" potatoes at restaurant and food shop sector. *Grasas y Aceites*, **50**, 460-468.
- Masson L, Urrea C, Izaurieta M, Ortiz J, Robert P, Romero N y Witting E. 2001. Estabilidad de papas crips sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. *Grasas y Aceites*, **52**, 175-183.
- Moreira RG, Castell-Perez ME, Barrufet MA. 1999. *Deep-Fat Frying, Fundamentals and Applications*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Petukhlov I, Malcolmson LJ; Przybylski; Armstrong L. 1999. Frying Performance of Genetically Modified Canola Oils. *J Am Oil Chem Soc*, **76**, 627-632.
- Reglamento Sanitario de Alimentos Chilenos. 1997. D.S. N°977.
- Robert P, Masson L, Romero N, Dobarganes MC, Izaurieta M, Ortiz J, . Witting E. 2001. Fritura industrial de patatas crips. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Grasas y Aceites*, **52**, 389-396.
- Smith LM, Clifford AJ, Hamblin CL, Creveling RK. 198). Changes in physical and chemical properties of shortenings used for commercial deep-fat frying. *J Am Oil Chem Soc*, **63**, 1017-1023.

Recibido: Marzo 2004  
 Aceptado: Octubre 2004