

Intercambio lipídico durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol alto oleico

Por R.M. Pozo Díez* (1), T.A. Masoud Musa (1), M.C. Pérez Camino (2), y M.C. Dobarganes (2)

1. Dpto. Nutrición y Bromatología, Facultad de Farmacia, Universidad de Alcalá de Henares, Carretera Madrid-Barcelona, km. 33.600, 28871 Alcalá de Henares, Madrid, España.

2. Instituto de la Grasa y sus Derivados (C.S.I.C.), Avda. Padre García Tejero n.º 4, 41012 Sevilla, España.

RESUMEN

Intercambio lipídico durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol alto oleico.

Se estudia el intercambio lipídico durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol de alto contenido en ácido oleico. Después de 15 frituras consecutivas, se evaluaron los cambios en los componentes mayoritarios del alimento, así como las principales modificaciones en ácidos grasos y triglicéridos de la fracción lipídica del alimento y del aceite.

A partir de las composiciones en ácidos grasos es posible conocer, con exactitud, la contribución de la grasa inicial del producto y del aceite del baño al producto frito. Los resultados indican que la composición final depende fundamentalmente del aceite del baño ya que más del 90% de la grasa proviene del mismo.

Por otra parte, la cuantificación de las especies de triglicéridos, permite conocer la modificación paulatina de la composición de la grasa de fritura, así como estimar los triglicéridos que han experimentado alteración significativa en alguno de sus grupos acilo.

PALABRAS-CLAVE: Aceite de girasol alto oleico — Fritura — Intercambio lipídico — Patatas prefritas congeladas.

SUMMARY

Lipid exchange during frying of frozen prefried potatoes in high oleic sunflower oil.

Lipid exchange during frying of frozen prefried potatoes in high oleic sunflower oil was studied. After 15 frying operations, changes in the major food components, as well as in the fatty acid and triglyceride composition of the lipid fraction of both the food and of the frying oil, were evaluated.

From analyses of the fatty acid composition, it is possible to determine the exact contribution made by both the initial food fat and of the frying oil to the lipids in the fried potatoes. Results indicate that the fat composition of fried food depends fundamentally on that of the oil used to fry, more than 90% of the fat content of the food being contributed by the oil.

In addition, quantification of the triglyceride species has allowed determination of the gradual changes occurring in the fat composition of the fried food and estimation of the triglycerides that undergo significant changes in some of their acyl groups.

KEY-WORDS: Frozen prefried potatoes — Frying — High oleic sunflower oil — Lipid exchange.

1. INTRODUCCIÓN

La fritura es uno de los procesos culinarios más utilizados para la preparación de productos alimentarios, la cual ha contribuido al desarrollo y perfección de técnicas para la creación de nuevas líneas de productos den-

tro de la industria alimentaria, como es el caso de los productos prefritos.

Además, los alimentos prefritos no solamente están siendo utilizados en los restaurantes de comidas rápidas, restauración colectiva y sistemas de catering, sino que cada día encuentran mayor aceptación por parte del consumidor, en preparaciones domésticas.

Aceites vegetales parcial o totalmente hidrogenados suelen utilizarse para la preparación de estos alimentos (Keijbet et al., 1985, Hauman, 1987), pero los productos prefritos son normalmente sometidos a una segunda fritura antes de su ingestión. Ello puede implicar no sólo una modificación importante de la cantidad y composición de los lípidos del alimento prefrito, sino al mismo tiempo, un cambio en el aceite del baño de fritura en el que son acabados debido a la solubilización de la grasa del alimento.

Los isómeros trans del ácido oleico, en los lípidos del alimento, podrían ser unos buenos marcadores para seguir el intercambio lipídico durante la fritura (Sebedio et al., 1990), pero no se suministran datos cuantitativos sobre dicho intercambio. El cálculo, sin embargo, es sencillo a partir de la composición en ácidos grasos del alimento prefrito, del producto frito y del aceite del baño de fritura (Pérez Camino et al., 1991).

Ya ha sido indicado que el aceite de semilla de girasol, modificado genéticamente, presenta un bajo contenido en ácidos grasos poliinsaturados y un alto contenido en ácido oleico por lo que podría ser una buena alternativa para la fritura de alimentos (Orthoefer, 1988). Sus características químicas, nutricionales, su estabilidad durante la termoxidación y su comportamiento en fritura de alimentos no grasos ya han sido estudiados (Purdy, 1985, 1986, Yodice, 1990, Dobarganes et al., 1993, Frankel y Huang, 1994). Sin embargo, no se han encontrado referencias sobre su modificación durante la fritura de alimentos prefritos congelados.

El propósito de este trabajo es estudiar el intercambio lipídico durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol con alto contenido en ácido oleico, evaluando las modificaciones originadas en la composición de ácidos grasos y en la distribución de los triglicéridos, tanto en el aceite del baño como en los lípidos totales extraídos de las patatas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestras iniciales

Aceite de semilla de girasol de alto contenido en ácido oleico y patatas congeladas prefritas, adquiridos en establecimientos comerciales, fueron utilizados para realizar la fritura.

2.2. Procedimiento de Fritura

Se utilizó una freidora doméstica con 500 ml de aceite para preparar 15 lotes de 100 gramos de patatas prefritas. La relación superficie/volumen de la freidora es de 0,83 cm¹. La temperatura se mantuvo a 185°C, estableciéndose períodos de 5 minutos para cada operación de fritura, después de la cual se tomaban muestras de 5 ml de aceite y muestra de producto frito. Entre cada fritura se dejaba estabilizar la temperatura del aceite del baño durante diez minutos. Durante la experiencia no se adicionó aceite fresco al baño. Al final del experimento, las 15 muestras de aceite de fritura y del alimento frito se conservaron, bajo atmósfera de nitrógeno y se almacenaron a -25°C hasta el momento de su análisis.

2.3. Métodos Analíticos

Los lípidos totales de las patatas prefritas congeladas originales, como de las muestras fritas, fueron extraídos utilizando una mezcla de Cloroformo-Metanol 2:1 siguiendo el método de Folch et al., (1957).

La humedad se determinó liofilizando las muestras hasta peso constante.

La determinación porcentual de los ácidos grasos se realiza mediante cromatografía gas-líquido (GLC) a partir de la muestra transesterificada con metilato sódico, siguiendo la NORMA UNE 55-037-73. El análisis cromatográfico se efectuó utilizando un cromatógrafo de gases HEWLETT-PACKARD 5880 A equipado con detector de ionización de llama, con sistema de inyección split y relación split 1:30. La separación se realiza en una columna capilar de sílice fundida de 30 m de longitud y 0.25 mm de d.i., recubierta de 50% Cianopropilfenil-50%Metilsilicona de 0.2µm (SP-2380, Supelco). La temperatura del horno durante el análisis es de 180°C, la temperatura del inyector y del detector era de 250 °C. Como gas portador se utiliza nitrógeno.

La determinación de compuestos polares se ha realizado siguiendo el método propuesto por la IUPAC (Walting y Wessels, 1981), con una ligera modificación introducida por Dobarganes et al., (1984), que utilizan una mezcla Hexano-Eter Etilico 90:10 para eluir la fracción no polar.

La fracción no polar está constituida por los triglicéridos no alterados y fue usada para la determinación cuantitativa de triglicéridos mediante cromatografía gas-líquido (GLC), según técnica propuesta por Carelli y Cert (1993). Se utilizó un cromatógrafo de gases CHROMPACK CP-9000 (Middelburg, Netherlands) equipado con un detector de ionización de llama, con sistema de inyección split y rela-

ción split 1:30. La separación se realiza en una columna capilar de alta temperatura de aluminio revestida de sílice fundida de 25 m de longitud y 0.25 mm d.i., recubierta con Metil-65%FenilSilicona de 0.1µm (Quadrex, New Haven CT, USA). La temperatura del horno se programaba a 350 °C durante un minuto y se incrementaba hasta 360 °C a 0.5 °C/minuto, manteniéndose durante 8 minutos a 360°C. Las temperaturas del inyector y del detector fueron 360 °C y 365 °C, respectivamente. Como gas portador se utilizó Helio.

Los triglicéridos y los ácidos grasos se exponen utilizando las siguientes abreviaciones: L = Acido Linoleico, C18:2, M = Acido Mirístico, C14:0, O = Acido Oleico, C18:1, P = Acido Palmítico, C16:0, S = Acido Estearico, C18:0.

2.4. Análisis Estadístico

Para las comparaciones estadísticas se utilizaron el análisis de varianza y el test de Duncan ($p < 0.05$).

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla I se indican las modificaciones cuantitativas que se producen en las patatas prefritas congeladas durante el proceso de fritura. Como puede observarse, se han analizado las patatas prefritas iniciales y las obtenidas después de tres, seis, nueve, doce y quince operaciones de fritura. En las dos últimas filas se han recogido los valores medios y entre paréntesis, la composición porcentual del producto frito.

Los resultados, al estar expresados en porcentaje sobre 100g de patatas prefritas, permiten apreciar directamente los cambios mayoritarios durante el proceso de fritura, que son de muy distinto signo para los tres principales componentes. Así, la enorme pérdida de peso del producto es debido a la eliminación de agua que se redujo a su tercera parte. Sin embargo, la materia seca permanece constante y el contenido en lípidos se duplica. El producto final tiene, por tanto, unas características muy distintas al inicial, aumentando enormemente su contenido energético, ya que posee casi un 20% de grasa, como se indica en la última fila de la tabla.

Respecto a la composición de la fracción lipídica, la Tabla II muestra la variación que experimenta la composición en ácidos grasos, tanto en los lípidos de las patatas como en el aceite de fritura. Las determinaciones se han realizado, también, después de tres, seis, nueve, doce y quince frituras.

Con respecto al aceite del baño, se observa claramente, que a medida que aumenta el número de frituras, el porcentaje de los ácidos grasos insaturados mayoritarios tiende a descender, mientras los ácidos grasos saturados aumentan. Así el ácido linoleico desciende desde 10.9±0.35 a 6.3±0.21 y el ácido oleico de 80.9±0.07 a 75.0±1.20. Con respecto a los saturados, el ácido palmítico aumenta desde 3.3±0.35 hasta 12.9±1.13, mientras el ácido mirístico, cuya presencia no se detectaba inicialmente, aparece en la sexta fritura.

Tabla I
Variaciones mayoritarias producidas durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol alto oleico (% sobre 100g de patatas prefritas iniciales)

Muestra	Humedad	Lípidos	Materia seca desengrasada	Total
Inicial	66.6	5.5	27.9	100
3ª fritura	20.8	13.2	27.6	61.6
6ª fritura	22.9	11.3	29.1	63.3
9ª fritura	23.0	11.9	27.2	62.1
12ª fritura	22.5	10.6	29.9	63.0
15ª fritura	19.1	10.4	32.9	62.4
X	21.7*	11.5	29.3	62.5
	(34.7)**	(18.4)	(46.9)	(100.0)

* Valor medio para la patatas fritas

** Composición porcentual

Tabla II
Composición en ácidos grasos de las patatas y del aceite del baño en función del número de frituras (%)

Muestra	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1 trans}	C _{18:1 cis}	C _{18:2}	Otros	
Patatas Prefritas	1.1 (0.42)	44.8 (4.90)	8.1 (0.98)	26.4 (2.50)	18.6 (1.90)	1.0 (0.07)	ND	
3ª fritura	0.2 (0.00)	8.4 (0.00)	4.9 (0.07)	1.3 (0.07)	75.4 (0.07)	9.7 (0.00)	0.1 (0.07)	
Lípidos del Alimento	6ª fritura	0.2 (0.00)	9.5 (0.21)	5.2 (0.42)	2.0 (0.21)	74.0 (4.90)	9.0 (0.56)	0.1 (0.00)
	9ª fritura	0.2 (0.00)	11.3 (0.07)	5.3 (0.07)	2.8 (0.07)	72.3 (0.00)	8.0 (0.07)	0.1 (0.00)
	12ª fritura	0.2 (0.07)	12.1 (0.28)	5.6 (0.07)	3.5 (0.24)	71.0 (2.47)	7.5 (0.21)	0.1 (0.07)
	15ª fritura	0.5 (0.14)	14.3 (0.21)	5.7 (0.07)	4.4 (0.31)	68.4 (3.53)	6.2 (0.28)	0.5 (0.00)
Aceite del Baño	Inicial	ND	3.3 (0.35)	4.7 (0.00)	ND	80.9 (0.07)	10.9 (0.35)	0.2 (0.00)
	3ª fritura	ND	4.8 (0.07)	4.9 (0.07)	ND	79.8 (0.14)	9.9 (0.00)	0.6 (0.00)
	6ª fritura	0.1 (0.00)	7.0 (1.27)	4.9 (0.14)	ND	78.2 (0.84)	9.3 (0.07)	0.5 (0.07)
	9ª fritura	0.1 (0.07)	8.3 (1.48)	5.4 (0.14)	1.9 (0.14)	75.7 (0.98)	8.1 (0.14)	0.6 (0.14)
	12ª fritura	0.1 (0.00)	8.8 (0.21)	5.5 (0.00)	2.2 (0.21)	74.9 (0.49)	7.9 (0.28)	0.6 (0.00)
	15ª fritura	0.3 (0.14)	12.9 (1.13)	5.3 (0.35)	3.7 (0.35)	70.8 (1.55)	6.5 (0.21)	0.5 (0.07)

Los números entre paréntesis corresponden a la desviación standard (σ_{n-1}) n=4 inicial, n=2 frituras.

Los cambios en el aceite del baño son muy similares a los que tienen lugar durante la fritura de alimentos no grasos, es decir, se produce un descenso en los ácidos oleico y linoleico, descenso mayor cuanto mayor es el grado de insaturación del ácido graso y un aumento de los ácidos grasos saturados a medida que se incrementa el número de frituras (Mazza y Qi, 1992). El aumento de los ácidos saturados es, sin embargo, debido a la forma de expresión de la composición en ácidos grasos como porcentaje sobre el total de los ésteres metílicos no alterados, ya que la cantidad de ácidos saturados permanece constante cuando se expresa como cantidades reales sobre grasa total (Dobarganes y Pérez Camino, 1988).

No obstante, aunque los resultados indican igualmente una disminución de los ácidos insaturados y un aumento de los saturados, en estas experiencias las modificaciones se deben, fundamentalmente, a la dilución de la grasa del producto en el aceite del baño, ambos de muy diferente composición.

Como puede observarse en la Tabla II, la composición inicial del aceite del baño y de los lípidos extraídos de las patatas es muy diferente. El primero corresponde a un aceite de semilla de girasol con un elevado contenido en ácido oleico (80.9 ± 0.07), mientras que la grasa de la patata prefrita corresponde a un aceite de palma hidrogenado con una elevada concentración en ácido palmítico (44.8 ± 4.90) y una baja concentración en ácido linoleico (1.0 ± 0.07). Además, como consecuencia del proceso de hidrogenación, se observa un alto contenido en el isómero trans del ácido oleico (26.4 ± 2.50), que se separa del isómero cis en las condiciones cromatográficas utilizadas.

Después de la fritura, sin embargo, la composición en ácidos grasos del producto frito y la del aceite del baño son muy parecidas.

Si se tiene en cuenta que la cantidad total de grasa en la patata frita es aproximadamente el doble de la que existe en la prefrita (11.5 y 5.5 sobre la base de 100 gramos de patatas prefritas iniciales), la similitud de las composiciones en ácidos grasos permite deducir claramente, que existe una proporción muy elevada del aceite del baño en el producto

frito, así como que una fracción considerable de la grasa de la patata prefrita se ha solubilizado en la grasa del baño, lo que, en consecuencia, modifica paulatinamente su composición según aumenta el número de frituras.

Por ejemplo, la aparición de isómeros trans del ácido oleico en el aceite de baño, llegando a $3.7 \pm 0.35\%$, y el excesivo incremento del ácido palmítico en el aceite, de 3.3 ± 0.35 a 12.9 ± 1.13 , indica la existencia de una parte importante de la grasa de la patata prefrita en el aceite del baño, al final de la decimoquinta operación de fritura.

Una observación detallada del porcentaje del ácido palmítico señala, al mismo tiempo, que la cesión que se produce no es total, ya que en todos los casos los valores encontrados son significativamente más elevados en el producto frito que en el correspondiente aceite del baño.

A partir de los diferentes porcentajes de los ácidos oleico y palmítico, en el aceite del baño y la grasa de la patata prefrita, se puede conocer con más detalle el intercambio entre la grasa del producto y del baño durante el proceso de fritura, aplicando la ley de mezclas y después de conocer la composición del producto frito (Pérez Camino et al., 1991).

$$100 \times \%C_x \text{ en producto frito (Fritura } x) = a \times \%C_x \text{ en aceite fritura } (x-1) + (100-a)\%C_x \text{ grasa alimento prefrito}$$

En donde $a = \%$ Aceite de fritura en la grasa del alimento frito $C_x =$ Acido graso

La aplicación de dicha ecuación a los ácidos grasos que más se diferencian en porcentaje, como son el oleico y el palmítico, da los resultados que se muestran en la Tabla III, donde se observa que la cantidad del aceite de fritura en los lípidos de la patata frita es superior al 90% de la grasa total. Por el contrario, solo un máximo de un 10%, algo más de 1 gramo, de la grasa de la patata prefrita permanece en el producto final, mientras más de 4 gramos, aproximadamente un 80%, han pasado al baño en cada operación de fritura.

Tabla III
Intercambio lipídico entre el aceite del baño y los lípidos del alimento durante la fritura

Fritura	% Aceite de Fritura absorbido por el Alimento				%Lípidos del Alimento cedidos al Aceite del Baño
	C _{16:0}	C _{18:1}	x	σ_x	
3 ^a	91.0	91.4	91.2	0.19	78.2
6 ^a	93.4	88.3	90.8	2.54	81.8
9 ^a	91.8	92.4	92.1	0.29	81.8
12 ^a	90.8	91.4	91.1	0.29	81.8
15 ^a	95.6	92.7	94.1	1.44	89.5
x	92.5	91.2			82.6
σ_x	0.89	0.77			1.85

En conclusión, del análisis de los ácidos grasos se deduce que la composición del producto frito depende fundamentalmente del aceite utilizado en su preparación final y que un aceite de fritura, utilizado preferentemente en la preparación de alimentos prefritos modifica lentamente su composición hacia la de la grasa del producto sometido a fritura. Con respecto a la calidad de la grasa del baño y del producto frito, la Tabla IV recoge los resultados obtenidos para el porcentaje de compuestos polares que, como es sabido, evalúa la cantidad total de compuestos de alteración.

Como puede observarse, la calidad de la grasa disminuye sensiblemente con el aumento del número de frituras, aunque solo a partir de la duodécima se supera el 25 % de compuestos polares, porcentaje establecido en varios países europeos para desechar la grasa (B.O.E., 1989, Firestone et al., 1991). Sin embargo, en los lípidos del producto frito la cantidad de compuestos polares es menor que la del producto prefrito inicial hasta la sexta fritura, como consecuencia de la elevada absorción de aceite del baño, de menor alteración.

Tabla IV
Cuantificación de Triglicéridos no alterados y Compuestos polares durante la fritura de Patatas Congeladas prefritas en aceite de girasol Alto Oleico (g/100g de grasa)

		Inicial	3ª	6ª	9ª	12ª	15ª
Aceite del Baño	Triglicéridos no alterados	97.4 (0.07)	91.9 (0.00)	87.8 (0.14)	81.6 (0.07)	75.2 (0.07)	70.4 (0.21)
	Compuestos Polares	2.5 (0.07)	8.1 (0.00)	12.2 (0.14)	18.3 (0.07)	24.7 (0.07)	29.5 (0.21)
Lípidos del Alimento	Triglicéridos no alterados	86.2 (3.18)	91.8 (0.35)	86.8 (0.14)	81.1 (0.14)	75.6 (0.14)	70.9 (0.21)
	Compuestos Polares	13.7 (3.18)	8.1 (0.35)	13.2 (0.14)	18.9 (0.14)	24.4 (0.14)	29.0 (0.21)

Los números entre paréntesis corresponden a la desviación standard (σ_{n-1}) n=4 inicial, n=2 frituras.

Por otra parte, a diferencia de los resultados encontrados por otros autores (Morton y Alim, 1974, Sánchez et al., 1989) no se observa un nivel de alteración superior en la grasa de la patata y por ello, estos resultados estarían de acuerdo con los estudios que indican que no existe una adsorción preferencial de compuestos de alteración del aceite por parte de las patatas prefritas (Sebedio et al., 1990, Dobarganes et al., 1993).

En la tabla V se indican las concentraciones (g/100g grasa) de los triglicéridos mayoritarios calculadas a partir de los triglicéridos no alterados, cuyo valor se indica en la última fila. Nuevamente se observa que las composiciones del aceite del baño y de la grasa de la patata prefrita son muy diferentes, aunque, como ocurría en el caso de los ácidos grasos, se asemejan después de la fritura.

Por otra parte, la presencia de grasa del producto es detectable en el aceite del baño, ya que a medida que aumenta el número de frituras aparecen triglicéridos que no eran detectables en el aceite inicial y aumentan otros que se encontraban en concentraciones muy bajas.

A partir de los análisis de triglicéridos, se deducirían las mismas conclusiones que del análisis de ácidos grasos, pero, además, la determinación cuantitativa proporciona datos más interesantes ya que, al estar expresados sobre la misma base (g/100g de grasa) permiten deducir con facilidad las modificaciones que experimentan durante el proceso de fritura.

Merece especial atención considerar las concentraciones de los triglicéridos saturados que no experimentan alteración durante el proceso de fritura (PPP y PPS). Así la concentración de PPP, que no existía inicialmente en el aceite del baño, llega a alcanzar valores superiores al 2% después de las quince frituras, lo que corresponde a una concentración del 25% de la grasa de patata prefrita en el baño. Igualmente, a partir del PPS se deduce un contenido de la grasa de patatas similar (23,5%).

Estos resultados indican sin ninguna duda que al final de las quince frituras, aproximadamente, un 25% de la grasa del baño proviene de la patata prefrita y, en consecuencia, un 75% corresponde al aceite inicial.

La significación de estos resultados puede verse fácilmente en la Tabla VI, en cuya primera columna se ha incluido la composición teórica de una mezcla que contiene 25% de la grasa inicial de la patata y un 75% del aceite inicial (ver tabla V). La composición indicada debería corresponder con la experimental, en el caso de que no existiese alteración, y debe ser igual, por tanto, para los triglicéridos que por su estructura no experimentan degradación. La segunda columna incluye la composición real en triglicéridos al final de las quince frituras y la última, las diferencias entre ambas. Entre paréntesis se ha incluido la pérdida porcentual de cada triglicérido con respecto a la inicial.

Tabla V
Cuantificación de Triglicéridos (g/100g grasa) durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol alto oleico

	Aceite del Baño						Lípidos del Alimento					
	Inicial	3ª	6ª	9ª	12ª	15ª	Inicial	3ª	6ª	9ª	12ª	15ª
MPP	ND ^a	ND ^a	ND ^a	0.2 ^{bcd}	0.4 ^b	0.3 ^b	0.9 ^a	ND ^a	ND ^a	0.1 ^{cd}	0.1 ^{de}	0.3 ^{bc}
				(0.00)	(0.14)	(0.07)	(0.09)			(0.21)	(0.14)	(0.00)
PPP	ND ^f	ND ^f	0.5 ^{ef}	1.0 ^{cd}	1.4 ^{bcd}	2.2 ^{bc}	8.7 ^a	0.7 ^{def}	0.9 ^{cd}	1.4 ^b	1.7 ^{bcd}	2.0 ^{bcd}
			(0.07)	(0.35)	(0.07)	(0.63)	(0.70)	(0.21)	(0.07)	(0.56)	(0.42)	(0.21)
MOP	ND ^c	ND ^c	ND ^c	0.1 ^{bc}	0.2 ^{bc}	0.4 ^b	2.0 ^a	ND ^c	ND ^c	0.4 ^b	0.2 ^{bc}	0.4 ^b
				(0.14)	(0.07)	(0.00)	(0.05)			(0.66)	(0.28)	(0.14)
PPS	ND ^c	ND ^c	ND ^c	0.4 ^{bc}	0.5 ^{bc}	0.8 ^b	3.4 ^a	ND ^c	ND ^c	0.7 ^b	0.7 ^{bc}	0.7 ^b
				(0.14)	(0.07)	(0.21)	(0.15)			(0.98)	(0.14)	(0.07)
POP	0.6 ^g	2.2 ^f	3.0 ^f	4.7 ^{de}	6.0 ^{cd}	8.0 ^b	35.1 ^a	3.8 ^{ef}	4.7 ^{de}	7.6 ^b	7.0 ^{bc}	8.1 ^b
	(0.07)	(0.07)	(0.00)	(0.84)	(0.15)	(1.34)	(1.31)	(0.07)	(0.21)	(1.55)	(0.77)	(0.84)
PLP	ND ^b	ND ^b	2.9 ^a	ND ^b	ND ^b	ND ^b	0.2 ^b	0.2 ^b				
							(0.94)				(0.21)	(0.21)
PSO	0.9 ^g	1.2 ^{fg}	1.4 ^{efg}	1.8 ^{def}	1.9 ^{cd}	2.5 ^b	7.0 ^a	1.5 ^{efg}	1.6 ^{def}	2.6 ^b	2.2 ^{bcd}	2.4 ^{bc}
	(0.07)	(0.00)	(0.07)	(0.28)	(0.14)	(0.28)	(0.15)	(0.21)	(0.14)	(0.56)	(0.42)	(0.07)
POO	12.7 ^{bcd}	13.0 ^{bcd}	13.1 ^{bcd}	12.2 ^{cd}	12.1 ^{cd}	11.9 ^d	22.3 ^a	14.2 ^b	13.4 ^{bc}	13.0 ^{cd}	13.2 ^{bcd}	12.9 ^{bcd}
	(0.14)	(0.56)	(0.49)	(0.14)	(1.20)	(0.14)	(1.55)	(0.56)	(0.21)	(1.69)	(0.14)	(0.14)
PLO	2.1 ^{ab}	2.0 ^{abc}	1.7 ^{bcd}	1.6 ^{bcd}	1.3 ^{cd}	1.1 ^{de}	ND ^f	2.0 ^{bc}	1.6 ^{bcd}	1.4 ^{cd}	1.3 ^{de}	1.1 ^e
	(0.21)	(0.14)	(0.14)	(0.14)	(0.07)	(0.21)		(0.49)	(0.14)	(0.63)	(0.21)	(0.28)
SOS	ND ^a	ND ^a	0.4 ^a	0.6 ^a	0.4 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	ND ^a	ND ^a	0.5 ^a	0.6 ^a	0.5 ^a
			(0.07)	(0.28)	(0.00)	(0.00)	(0.00)			(0.07)	(0.21)	(0.21)
SOO	10.3 ^a	9.8 ^{ab}	9.5 ^{abc}	8.6 ^{cd}	7.8 ^{ef}	7.0 ^f	1.6 ^g	9.4 ^{abc}	9.1 ^{bcd}	8.3 ^{de}	7.5 ^{ef}	6.9 ^f
	(0.14)	(0.84)	(0.21)	(0.07)	(0.14)	(0.42)	(0.28)	(0.42)	(0.35)	(0.00)	(0.42)	(0.42)
OOO	60.2 ^a	54.7 ^b	50.2 ^c	43.9 ^d	38.4 ^e	32.1 ^f	1.7 ^g	52.5 ^{bc}	48.5 ^c	40.0 ^e	36.1 ^e	31.8 ^f
	(0.90)	(0.35)	(0.56)	(1.41)	(0.70)	(1.97)	(0.25)	(2.40)	(1.20)	(3.50)	(1.55)	(0.49)
OOL	6.2 ^a	5.5 ^{abc}	4.9 ^{bcd}	4.1 ^{de}	3.1 ^{ef}	2.3 ^f	ND ^g	5.2 ^{ab}	4.4 ^{cd}	3.1 ^{ef}	3.1 ^{ef}	2.5 ^f
	(0.90)	(0.56)	(0.35)	(0.42)	(0.35)	(0.14)		(1.20)	(0.56)	(0.07)	(0.21)	(0.21)
OLL	3.3 ^a	2.5 ^b	2.2 ^{bc}	1.7 ^{de}	1.3 ^f	0.9 ^{gh}	ND ⁱ	1.8 ^d	2.0 ^{cd}	1.5 ^{ef}	1.3 ^g	0.8 ^h
	(0.00)	(0.21)	(0.21)	(0.07)	(0.21)	(0.07)		(0.07)	(0.28)	(0.00)	(0.07)	(0.14)
LLL	1.1 ^a	1.0 ^{ab}	0.9 ^{abc}	0.7 ^{abcd}	0.7 ^{abcd}	0.3 ^{de}	ND ^o	0.7 ^{abcd}	0.6 ^{de}	0.5 ^{de}	0.4 ^{de}	0.3 ^{de}
	(0.00)	(0.49)	(0.00)	(0.07)	(0.07)	(0.07)		(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.07)
%TG no alterados	97.4 ^a	91.9 ^b	87.8 ^d	81.6 ^f	75.5 ^h	70.4 ^j	86.2 ^c	91.8 ^b	86.8 ^e	81.1 ^g	75.6 ^h	70.9 ⁱ
	(0.07)	(0.00)	(0.14)	(0.07)	(0.28)	(0.21)	(3.18)	(0.35)	(0.14)	(0.14)	(0.14)	(0.21)

Los números entre paréntesis corresponden a la desviación standard (σ_{n-1}) n=4 inicial, n=2 frituras.

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j. Letras diferentes para cada triglicérido son estadísticamente significativas ($p < 0.05$ Test de Duncan).

Los resultados muestran valores similares para los triglicéridos saturados MPP, PPP y PPS, alteraciones relativamente bajas para los triglicéridos que contienen restos acilo monoinsaturados, mientras que las pérdidas más elevadas se obtienen para los triglicéridos que contienen ácido linoleico. Además, en general, la alteración es más elevada cuando aumenta el número de insaturaciones de

la molécula de triglicérido, independientemente de los restos acilo incluidos. En conclusión, la cuantificación de triglicéridos es de gran utilidad para deducir la cantidad de grasa del alimento diluida en el baño en un momento dado y para determinar las especies de triglicéridos que contribuyen más significativamente a la pérdida de calidad de la grasa de fritura.

Tabla VI
Alteración de triglicéridos: Comparación de concentraciones teóricas (25% grasa patata/75% aceite inicial) y las obtenidas experimentalmente después de 15 frituras

	Teórico (A)	Experimental (B)	A - B	
MPP	0.2	0.3	-0.1	(0.0%)
PPP	2.2	2.2	0.0	(0.0%)
MOP	0.5	0.4	0.1	(20.0%)
PPS	0.8	0.8	0.0	(0.0%)
POP	9.2	8.0	1.2	(13.0%)
PSO	2.5	2.4	0.1	(2.4%)
POO	15.1	11.9	3.2	(21.2%)
PLO	1.8	1.1	0.7	(38.9%)
SOO	8.1	7.0	1.1	(13.6%)
OOO	45.6	32.1	13.5	(29.6%)
OOL	4.6	2.3	2.3	(50.0%)
OLL	2.5	0.9	1.6	(64.0%)
LLL	0.8	0.3	0.5	(62.5%)
TG no alterados	94.6	70.4	24.2	(25.6%)

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. A. Cert su desinteresada ayuda en la realización de este trabajo. Parte de éste estudio ha sido financiado por CICYT (Proyecto ALI 91-0544). R.M. Pozo Díez ha realizado el trabajo gracias a una Ayuda de Estancias Cortas de la Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad Autónoma de Madrid.

BIBLIOGRAFIA

- B.O.E. (1989).- "Norma de Calidad para los aceites y grasas calentados".- **26**, 31 de Enero.
- Carelli, A., Cert, A. (1993).- "Comparative study of the determination of triacylglycerol in vegetable oils using chromatographic techniques".- *J. Chromatogr.* **630**, 213-222.
- Dobarganes, M.C., Pérez Camino, M.C., Gutiérrez González Quijano, R. (1984).- "Métodos Analíticos de Aplicación en Grasas Calentadas. I. Determinación de ésteres metílicos no alterados".- *Grasas y Aceites* **35**, 172-177.
- Dobarganes, M.C., Pérez Camino, M.C. (1988).- "Fatty acid composition: a useful tool for the determination of alteration level in heated fats".- *Rev. Fr. Corps Gras* **35**, 67-70.
- Dobarganes, M.C., Márquez-Ruiz, G., Pérez Camino, M.C. (1993).- "Thermal stability and Frying Performance of Genetically modified Sunflower Seed (*Helianthus annuus* L.) Oils".- *J. Agric. Food Chem.* **41**, 678-681.
- Firestone, D., Stier, R., Blumenthal, M. (1991).- "Regulation of frying fats and oils".- *Food Technol.* **45**, 90-94.
- Frankel, E., Huang, S. (1994).- "Improving the oxidative stability of polyunsaturated vegetable oils by blending with high-oleic sunflower oil".- *JAOCS* **71**, 255-259.
- Folch, J., Lees, M. y Stanley, G. (1957).- "A simple Method for the isolation and Purification of Total Lipid from Tissues".- *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- Hauman, B. (1987).- "Fast Foods. Trends in frying fat usage".- *JAOCS* **64**, 789-795.
- IUPAC-AOAC (1981).- "Chromatographic separation of polar and nonpolar components of frying fats".- *Journal Assoc. Off. Anal. Chem.* **64**, 1329-1330.
- Keijbets, M., Ebbenhorst-Seller, G., Ruisch, J. (1985).- "Suitability of hydrogenated soybean oils for pre-frying of deep-frozen french fries".- *JAOCS* **62**, 720-724.
- Mazza, G., Qi, H. (1992).- "Effect of after cooking darkening inhibitors on stability of frying oil and quality of french fries".- *JAOCS* **69**, 847-853.
- Morton, J., Alim, H. (1974).- "Oxidation in foodstuffs fried in edible oils".- *Proceedings of the IV Congress Food Science and Technology* **1**, 345.
- Norma UNE 55-037-73 (1973).- "Materias Grasas. Determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa".- Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR), Madrid.
- Orthofer, F. (1988).- "Care of food service frying oils".- *JAOCS* **65**, 1644-1650.
- Pérez Camino M.C., Márquez Ruiz, G., Dobarganes, M.C. (1991).- "Lipid Changes during Frying of Frozen Prefried Foods".- *J. Food Sci.* **56**, 1644-1650.
- Purdy, H. (1985).- "Oxidative stability of high oleic sunflower and safflower oils".- *JAOCS* **62**, 523-525.
- Purdy, H. (1986).- "High oleic sunflower: physical and chemical characteristics".- *JAOCS* **63**, 1062-1066.
- Sánchez-Muniz, F., Hernández, I., Cuesta, C. (1989).- "Estudio de la calidad del aceite extraído de patatas fritas en aceite de oliva".- *Grasas y Aceites* **40**, 399-405.
- Sebedo, J., Bonpunt, A., Grandgirard, A. and Prevost, J. (1990).- "Deep fat frying of frozen prefried french fries: influence of the amount of linoleic acid in the frying medium".- *J. Agric. Food Chem.* **38**, 1862-1867.
- Walting, A. and Wessels H. (1981).- "Chromatographic separation of polar and non-polar components of frying fats".- *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **64**, 1329-1330.
- Yodice, R. (1990).- "Nutritional and stability characteristics of high oleic sunflower seed oil".- *Fat Sci. Technol.* **92**, 121-126.

Recibido: Septiembre 1994
Aceptado: Marzo 1995