

Fritura de patatas en aceite de girasol. Estudio comparativo del grado de alteración del aceite de la freidora y del extraído de las patatas.

Por F.J. Sánchez-Muniz*(1), C. Cuesta (2), M.C. Garrido-Polonio (1) y R. Arroyo (2)

(1) Departamento de Nutrición y Bromatología I (Nutrición). Sección Lípidos.

(2) Instituto de Nutrición y Bromatología (CSIC).

(1 y 2) Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. 28040-Madrid. España.

RESUMEN

Fritura de patatas en aceite de girasol. Estudio comparativo del grado de alteración del aceite de la freidora y del extraído de las patatas.

Se estudia la alteración de un aceite de girasol durante 15 frituras sucesivas y discontinuas de patatas, así como en el aceite extraído de las mismas. En ambos aceites se incrementa significativamente la alteración termoxidativa con el número de frituras, según indica la prueba de Perevalov, la medida espectrofotométrica, así como los porcentajes de triglicéridos no alterados (%TNA) y de ésteres metílicos no alterados (%EMNA). Sólo en el aceite extraído de las patatas se observan variaciones en el índice de refracción. Excepto para el %EMNA los demás índices estudiados sugieren que el aceite extraído de las patatas fritas presenta una alteración termoxidativa superior al del baño, si bien dicha alteración es inferior a lo recomendado por la legislación respecto al %TNA para desechar un aceite de fritura y por consiguiente indicativo de una aceptable calidad del producto frito.

PALABRAS-CLAVE: Aceite de girasol — Alteración termoxidativa — Fritura — Patatas.

SUMMARY

Frying of potatoes in sunflower oil. Comparative study of the alteration of the frying oil and the oil content in the fried potatoes.

The alteration occurring in a sunflower oil used discontinuously to fry potatoes in 15 successive occasions and in the oil content in fried potatoes was studied. According to the Perevalov colorimetric test, the spectrophotometric absorption and the percentage of both nonpolar triglycerides (%NPT) and nonpolar methyl esters (%NPME) the alteration increased either in the bath oil or in the extracted oil with the number of frying occasions. The refraction index increased only in the extracted oil. A higher thermoxidative alteration in the fried potato oil was assessed by all indexes with the exception of %NME. However, according to the %NPT such alteration was lower than the according to the %NPT such alteration was lower than the recommended for oil discarding suggesting a still acceptable quality of the fried potatoes.

KEY-WORDS: Frying — Potatoes — Sunflower oil — Thermoxidative alteration.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda creciente de productos fritos y prefritos ha contribuido al desarrollo de una tecnología, caracterizada por la aparición de freidoras tanto domésticas como industriales, en las que el aceite es empleado en sucesivas frituras, sometándose, a veces, a un sobrecalentamiento que puede provocar alteraciones termoxidativas en el mismo.

Por ello resulta de importancia minimizar estos cambios a fin de mantener la calidad de los aceites dentro de los límites establecidos por la legislación el mayor tiempo

posible, así como determinar cuándo deben ser desechados. Esto repercutiría además en la calidad del alimento frito, dado que éstos absorben una cantidad importante de grasa (14) (30).

Por otra parte la medida de la alteración termoxidativa se ha realizado durante décadas casi exclusivamente por medio de índices tales como de refracción, color, peróxidos, yodo, medida espectrofotométrica (7) (15). En la actualidad se considera que una grasa o aceite de fritura debe ser desechado cuando su alteración, definida como componentes polares procedentes de la termoxidación e hidrólisis de los triglicéridos, supera el 25% (2) (4) (29). Sin embargo tal nivel crítico no ha sido establecido para definir la calidad de la grasa de un alimento frito y por tanto el grado de alteración en el que tal producto no sería apto para su consumo.

En las últimas décadas se ha producido en los hogares españoles una importante disminución (de 55 g/cabeza/día en 1964 a 25 g/cabeza/día en 1987) en el consumo y utilización culinaria del aceite de oliva, habiéndose descrito un incremento del uso y consumo de aceites de semilla, particularmente de aceite de girasol (20), que como es conocido presenta una menor estabilidad en frituras repetidas (1) (31) o al calor (11) que el aceite de oliva.

Por tanto, los objetivos de este estudio son: 1) Establecer el grado de alteración del contenido graso de las patatas fritas en aceite de girasol. 2) Comparar si dicha alteración difiere de la existente en el aceite de las freidoras.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Material

Se utilizó un aceite refinado de girasol (Córdoba, España). Se realizaron un total de 15 frituras con patatas nuevas (Valencia, España).

Aunque el método de fritura empleado ha sido ya descrito de forma detallada (5) (6), se resumen a continuación los aspectos más señalados: El estudio se inició con seis freidoras domésticas de aluminio de tres litros de capacidad. Dado que durante las frituras las patatas absorben aceite del baño, para mantener constante la relación aceite/patatas en 3 litros/500 gramos, se eliminó una freidora en la cuarta, octava y decimosegunda frituras, respectivamente, para completar el volumen de acei-

te del resto de las freidoras. Las patatas se añadieron cuando el aceite alcanzó una temperatura estable de 180°C. El tiempo de cada fritura fue de 8 minutos.

Se tomaron alicuotas del aceite sin usar y del procedente de las frituras 4, 8, 12 y 15. Las patatas de las frituras 4, 8, 12 y 15 fueron mantenidas a -20°C bajo atmósfera de nitrógeno hasta su análisis.

2.2 Métodos

Extracción de grasa: El contenido graso de las patatas fue extraído 4 veces con eter etílico utilizando cada vez una proporción patatas/eter etílico 1:50 (p/v), mediante agitación continua en un Vibromatic modelo 384 en la posición 8, durante períodos de 10-15 minutos, a temperatura ambiente y en atmósfera de Nitrógeno.

Índice de refracción: Se determinó con un refractómetro de prismas Abbe a 25°C en relación a la línea D del sodio como indica la norma UNE 55015 (35). Las lecturas se corrigieron para referirlas a 20°C

Prueba colorimétrica de Perevalov: Se realizó siguiendo las modificaciones indicadas por Meyer (19).

Medida espectrofotométrica de la absorción en la región ultravioleta (K232 y K270): Esta determinación se llevó a cabo a 232 y 270 nm siguiendo las indicaciones de la norma UNE 55-047-73 (36).

Determinación de los triglicéridos no alterados: Se realizó siguiendo la técnica de cromatografía en columna de Waltham y Wessels (37) modificada por Dobarganes y col (8) (9). Los triglicéridos no alterados se eluyeron con eter de petróleo/eter etílico 87:13 para el aceite sin usar y 90:10 para los aceites usados y los extraídos de las patatas.

Determinación de los ésteres metílicos no alterados: Se llevó a cabo según la técnica de cromatografía en columna de Dobarganes y col (7), modificada por Pérez-Camino (22), después de saponificar los aceites con una solución 0.5 N de sosa en metanol y de metilarlos a continuación con trifluoruro de boro en metanol (18).

Ácidos grasos: Se determinaron mediante cromatografía de gases, en la fracción no polar que contenía los ésteres metílicos no alterados, según el método descrito en un trabajo anterior (6). La cuantificación de los ácidos se hizo siguiendo las recomendaciones de Pérez-Camino (22) y Pérez-Camino y col (23).

Análisis estadístico: Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el test de múltiples comparaciones de Knewman-Keul (10) para un nivel de significación $p < 0,05$. También se empleó la prueba de las correlaciones producto-momento de Pearson (10).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la fritura tienen lugar procesos de oxidación, polimerización, hidrólisis, ciclación e isomerización, los cuales conducen a la formación de una mezcla compleja de productos (1) (8) (33). También la producción de surfactantes en el aceite (p.e. jabones) afecta la forma de interactuar los aceites calentados y sus productos de degradación con el alimento (3).

En la Fig. 1 se presenta la variación de la temperatura del baño de fritura durante los 8 minutos que duró el proceso. Aún cuando la temperatura del aceite se mantiene

por debajo de 140°C durante casi toda la fritura, es de señalar que el aceite permaneció a más temperatura en la fritura decimoquinta que en la primera u octava.

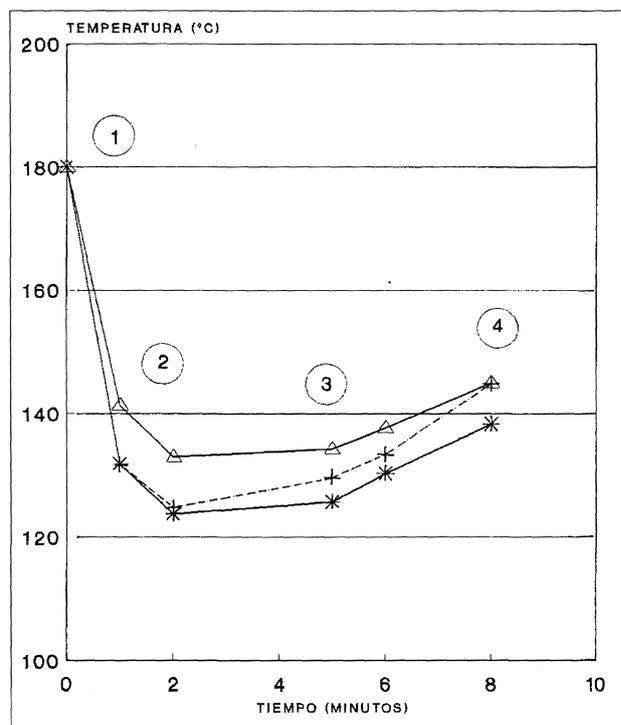


Figura 1

Evolución de la temperatura del aceite del baño de frituras de patatas de aproximadamente 2 mm de espesor, en aceite de girasol a 180°C.

- 1.- Introducción de las patatas.
- 2.- Disminución de la temperatura por evaporación del agua.
- 3.- Incremento de la temperatura debido a la absorción del aceite y a una menor evaporación de agua.
- 4.- Fin del proceso de fritura. * 1ª fritura, + 8ª fritura, Δ 15ª fritura.

Según Blumenthal (3) con las frituras se va produciendo la carbonización de una capa de aceite sobre las superficies de las resistencias que conduce a su aislamiento térmico. Dicho aislamiento provoca una mayor producción de calor por las resistencias de la freidora.

Esta variación en la temperatura, creemos, debe "acelerar" la alteración del aceite del baño y condicionar la absorción de aceite por las patatas.

El contenido graso de las patatas fritas fue próximo al 30% (p/p) incrementándose el porcentaje de grasa con el número de frituras (Tabla I).

Este incremento graso ha sido previamente descrito tanto en fritura de patatas (12) (14) (30) como en otros alimentos (30). Muchos factores, p.e. humedad, porosidad, cambios en la viscosidad, pueden afectar la absorción del aceite por el alimento al freirse (33). Blumenthal (3) señala que cuanto más alterada está la grasa culinaria mayor es la transferencia de masa y producción de surfactantes, incrementándose por tanto el contenido graso del alimento frito. Como se discutirá más adelante el grado de alteración del aceite aumenta con el número de frituras, lo cual podría explicar el incremento del contenido graso de las patatas.

Tabla I. Peso de patatas fritas y contenido de grasa de las mismas en función del número de frituras

Número de frituras	Peso de las patatas fritas (g)	(n)	Grasa de las patatas fritas ^a (% ss)	(n)
0-4	179,4±1,4 ^a	(24)	26,7±0,9 ^a	(3)
5-8	207,3±4,7 ^b	(20)	26,8±0,5 ^a	(3)
9-12	201,2±12,8 ^b	(16)	29,9±1,1 ^b	(3)
13-15	212,8±3,5 ^c	(9)	29,5±1,2 ^b	(3)

Valores (medias±SD) en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$, test de múltiples comparaciones de Knewman-Keuls).

^a El contenido graso en las patatas se midió después de las frituras cuarta, octava, duodécima y decimoquinta.

n = número de muestras analizadas.

El índice de refracción del aceite no usado (Tabla II) se encuentra dentro de lo señalado por la legislación (28) para un aceite de buena calidad. Este índice no experimentó modificaciones significativas en el aceite de la freidora de acuerdo con otros autores (26), sin embargo en el aceite extraído de las patatas se observaron modificaciones a lo largo de las frituras. La comparación entre el aceite del baño y el extraído señala que éste último está más alterado. De acuerdo con Gutiérrez González-Quijano y Dobarganes (15) las variaciones del índice de refracción son paralelas a la formación de polímeros en la grasa calentada.

La medida espectrofotométrica tanto a 232 nm como a 270 nm (Tabla II) señala que el aceite inicial está dentro de los aceptados por el B.O.E. (28) para un aceite de girasol de buena calidad. Mientras que en el aceite del baño no se encontraron diferencias significativas para K_{232} o K_{270} respecto al basal hasta la fritura 15, en el extraído de patatas estos índices aparecen elevados significativamente ya desde la cuarta fritura. Las diferencias entre el aceite del baño y el extraído fueron mucho más marcadas para el K_{232} que para el K_{270} , lo que concuerda con los resultados de Permanger y col (26) en el curso del calentamiento de aceite refinado de soja a 200°C durante 10 horas.

Según Gere (13), la absorbancia a 232 nm indica la presencia de dienos conjugados y de hidroperóxidos linoleicos. Sanelli (32) indica que este aumento es debido a que en la oxidación de la materia grasa se forman hidroperóxidos que absorben en la zona próxima a 232 nm. En su oxidación posterior se originan una serie de productos secundarios que absorben a 270 nm aproximadamente.

En la Tabla II se señalan las variaciones de color según el método de Perevalov modificado que sufren los aceites durante las frituras. En el aceite de la freidora se observaron cambios a partir de la octava fritura, mientras que en el extraído fue a partir de la cuarta. En todas las frituras la coloración del aceite extraído fue más elevada que en el correspondiente aceite del baño.

Dado que las recomendaciones americanas establecen rechazar la grasa de fritura cuando ésta adquiere un valor superior a 3, parece claro, que el aceite extraído de las patatas no sería apto para el consumo ya antes de la octava fritura, mientras que el del baño aún lo es después de la decimoquinta. Estos datos corroboran de nuevo la idea de que el aceite extraído de las patatas fritas está más alterado que el aceite de la freidora.

Tabla II. Variaciones de los índices analizados en el aceite de girasol y en el aceite extraído de patatas a lo largo de 15 frituras repetidas

Número de frituras	Tipo de aceite	Índice de refracción	Prueba de Perevalov	K232	K270	Triglicéridos no alterados (%)	Ésteres metílicos no alterados (%)
0	Freidora	1,4715±6,1x10 ^{-5a}	1±0	4,18±0,00 ^a	3,63±0,03 ^a	93,77±0,35 ^a	96,10±0,72 ^a
4	Freidora	1,4709±3,1x10 ^{-5a}	1±0	4,31±0,76 ^{ab}	3,74±0,64 ^{ab}	89,31±0,72 ^b	93,96±1,11 ^{bc}
4	Patatas fritas	1,4720±5,8x10 ^{-5a}	3±0	14,75±2,36 ^c	5,07±0,20 ^c	87,57±1,58 ^{bc}	94,93±0,10 ^b
8	Freidora	1,4714±6,1x10 ^{-5a}	2±0	4,61±0,41 ^{ab}	4,04±0,36 ^{ab}	85,56±0,80 ^c	93,45±0,87 ^{bc}
8	Patatas fritas	1,4730±0,6x10 ^{-5b}	4±0	17,87±2,03 ^{cd}	5,64±0,58 ^{cd}	83,46±0,60 ^d	92,55±1,06 ^c
12	Freidora	1,4719±6,1x10 ^{-5a}	3±0	4,36±0,34 ^{ab}	3,90±0,27 ^{ab}	83,59±0,81 ^d	93,07±0,70 ^{bc}
12	Patatas fritas	1,4731±1,2x10 ^{-4b}	5±0	18,94±1,49 ^d	6,04±0,18 ^{de}	81,70±0,32 ^e	92,08±0,22 ^c
15	Freidora	1,4720±5,1x10 ^{-5a}	3±0	4,68±0,19 ^b	4,15±0,18 ^b	81,27±0,83 ^e	90,04±0,15 ^d
15	Patatas fritas	1,4736±4,2x10 ^{-4c}	6±0	24,37±1,35 ^e	7,57±0,77 ^e	78,80±0,92 ^f	91,01±0,88 ^{cd}

Los valores son las medias ±SD de tres determinaciones, excepto para la fracción de triglicéridos no alterados y de ésteres metílicos no alterados en los que se realizaron 2 determinaciones.

Los valores para el mismo parámetro seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$, test de múltiples comparaciones de Knewman-Keuls).

Según Pérez-Camino y col. (24) la prueba de Perevalov sería de utilidad para controlar la grasa utilizada en freidoras domésticas, dada su alta correlación con los glicéridos polares ($>0,890$). En este estudio las diferencias encontradas para el índice de Perevalov entre el aceite del baño y el extraído de patatas son importantes y mucho más marcadas que para la alteración de triglicéridos (Tabla II). Este último aspecto se discutirá más adelante.

También en la Tabla II se presentan los valores de la fracción de triglicéridos no polares, que en el aceite de girasol sin usar representó el 93,77% (Tabla II). Según Lumley (17) el contenido de componentes polares en un aceite no usado debe oscilar entre el 0,4% y el 6,4%, por tanto el aceite utilizado en el estudio estaría dentro de estos límites, pero cercano al nivel superior. Los resultados señalan que el contenido de la fracción no polar disminuye claramente con el número de frituras, tanto en el aceite del baño como en el extraído de las patatas. Sin embargo, la comparación entre ambos aceites señala una diferencia del 2-3% de triglicéridos, que indica una mayor alteración del aceite extraído de las patatas respecto al de la freidora. Estos resultados concuerdan con los estudios de Morton y Alim (21) que indican que el alimento durante la fritura "limpia" al aceite.

Guillaumin (14) señala que existen sólo ligeras diferencias entre la composición química de la grasa del baño de fritura y la de la grasa absorbida por el alimento frito. Este mismo autor indica que la grasa extraída de la superficie de las patatas tenía una proporción más elevada de triglicéridos modificados y sus derivados que la grasa del baño de fritura. Pokorni (27) estudiando el efecto de diferentes alimentos sobre los cambios de las grasas o los aceites durante fritura indica que la grasa retenida en el alimento está más oxidada que en la sartén, probablemente debido, al menos en parte, a la absorción de productos de oxidación en las capas superficiales del sustrato frito.

Pérez-Camino y col. (25) encontraron que los triglicéridos alterados de los lípidos de las patatas no difirieron de los del aceite de girasol utilizado en la preparación final de patatas prefritas.

Billek (2) señaló que el olor y sabor de grasas que contenían más del 25% de material polar eran aún aceptables, pero cuando tal contenido alcanzó el 30% de los triglicéridos la grasa debería ser considerada inapetible (impalatable) y por tanto deteriorada. Estos datos son indicativos de una aceptable calidad del aceite del baño de fritura y del producto frito, ya que el nivel de alteración fue respectivamente un 18% y un 21%.

Cuando se extrapoló el contenido de componentes polares del aceite del baño o del aceite extraído de las patatas a una curva de regresión realizada entre el porcentaje de componentes polares y el número de frituras, se encontró que el valor crítico del 25% de glicéridos polares se alcanzaría en el aceite de la freidora en la fritura número 22, mientras que para el extraído de las patatas se alcanzaría en la fritura 18 (Fig. 2).

El valor de la fracción de ésteres metílicos no alterados en el aceite sin usar (Tabla II) fue similar al de un estudio previo (31). En concordancia con otros trabajos (5-7, 16) el porcentaje de ésteres metílicos no alterados también disminuyó con el número de frituras tanto en el aceite del baño de fritura como en el aceite extraído de

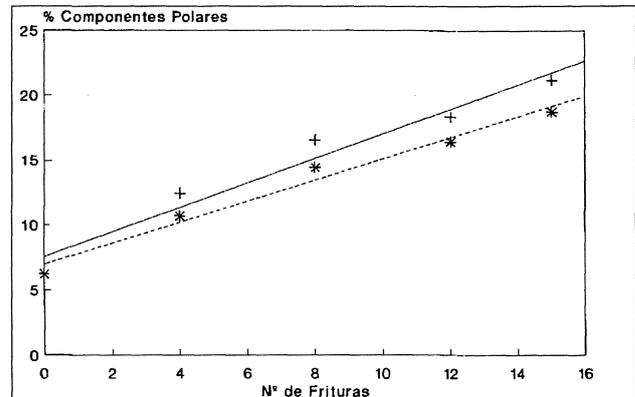


Figura 2

Curvas de regresión entre el porcentaje de componentes polares en el aceite de la fritura y el número de frituras [(+,-); $Y=6,97+0,811 X$, $r=0,990$, $p<0,01$]; y entre el porcentaje de componentes polares en el aceite extraído de las patatas y el número de frituras [(*,----); $Y=7,56+0,946 X$, $r=0,979$, $p<0,01$]. Y=Concentración de componentes polares, X=nº de frituras.

patatas, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre ambos tipos de aceite (Tabla II). Cuesta y col. (5) encontraron una correlación significativa ($p<0,05$) y negativa entre el número de frituras de patatas en aceite de oliva y el porcentaje de ésteres metílicos no polares.

Sin embargo, la mayor alteración del aceite extraído de las patatas observada con otros índices no se encontró para el porcentaje de ésteres metílicos no alterados (Tabla II).

Durante las frituras el contenido de ácidos grasos saturados, tanto en el aceite del baño como en el extraído de patatas permanece casi constante, mientras la concentración de ácidos grasos con dos y tres dobles enlaces decrece (Tabla III). Sin embargo en la misma Tabla se observa que las patatas fritas de una fritura dada tienden a contener más ácido esteárico y menos ácido palmítico que el aceite del baño. Sin embargo, dicha absorción "selectiva" no parece ocurrir para los ácidos oleico y linoleico. Estos datos sugieren que deben producirse cinéticas de penetración diferentes para triglicéridos conteniendo ácido esteárico y/o palmítico.

En un experimento previo con frituras de patatas en aceite de oliva (30) también se sugirió la posibilidad de cinéticas diferentes para los ácidos palmítico y esteárico.

Como consecuencia del proceso termooxidativo el contenido de ácido linoleico decrece, mientras que el de oleico permanece relativamente sin cambios. El contenido de linoleico y oleico fue similar en las patatas y en el aceite del baño.

Cuesta y col. (6) han señalado que durante las frituras repetidas se inducen modificaciones significativas de los ácidos grasos poliinsaturados, pero no de los monoinsaturados.

Por tanto, atendiendo a los resultados obtenidos en este estudio vemos que para los distintos índices utilizados, el aceite del baño aún puede considerarse válido para su utilización y consumo, sin embargo, el extraído de las patatas está más alterado y debería ser desechado según unos índices, o estaría cerca de ello según otros. Estos datos señalan la necesidad de contrastar la validez de métodos que se utilizan para desechar aceites de fritura.

Tabla III. Composición en ácidos grasos (g/100 g aceite) del aceite del baño y de las patatas fritas en función del número de frituras realizadas

Número de frituras	n	Tipo de aceite	ÁCIDOS GRASOS				COCIENTES	
			C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C16:0/C18:0	C18:1/C18:2
0	3	Freidora	7,0±0,1 ^a	3,9±0,1 ^a	30,1±0,3 ^a	53,8±0,2 ^a	1,79	0,56
4	3	Freidora	7,1±0,2 ^a	3,7±0,1 ^a	29,8±0,3 ^a	51,3±0,4 ^a	1,92	0,58
4	3	Patatas fritas	6,8±0,1 ^a	4,0±0,4 ^a	30,2±0,1 ^a	52,3±0,9 ^a	1,70	0,58
8	3	Freidora	7,1±0,1 ^a	3,7±0,2 ^a	30,0±0,6 ^a	50,7±0,6 ^{ab}	1,94	0,59
8	3	Patatas fritas	6,7±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	29,8±0,3 ^a	50,4±0,7 ^b	1,68	0,59
12	3	Freidora	7,2±0,1 ^a	3,7±0,1 ^a	29,9±0,6 ^a	48,4±0,7 ^c	1,95	0,62
12	3	Patatas fritas	6,8±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	29,8±0,5 ^a	49,7±0,1 ^{bc}	1,70	0,60
15	2	Freidora	7,2±0,5 ^a	3,6±0,1 ^a	30,3±1,3 ^a	48,1±0,8 ^c	2,00	0,63
15	2	Patatas fritas	6,8±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	29,6±0,2 ^a	48,8±0,5 ^c	1,70	0,61

Valores (medias±SD) en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05, test de múltiples comparaciones de Knewman-Keuls).
n = número de muestras analizadas.

ra, para su aplicación a alimentos fritos, así como definir los niveles de alteración máximos permitidos en la grasa contenida en los alimentos fritos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), Proyectos ALI 88-0696 y ALI 92-0289-C02-01. Nuestro agradecimiento más sincero a las Dras M^a Carmen Pérez Camino y M^a Carmen Dobarganes del Instituto de la Grasa y sus Derivados por su ayuda y sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, R.; Cuesta, C.; Garrido-Polonio, C.; López-Varela, S. y Sánchez-Muniz, F.J. (1992).- "High-performance size-exclusion chromatographic studies on polar components formed in sunflower oil used for frying"- *J. Am. Oil Chemists' Soc.* **69**, 557-563.
- Billek, G. (1985).- "Heated fats in diets" en "The role of fats in human nutrition", pp. 163-172.- Padley, F.B., Podmore J. in collaboration with Brun, J.P., Burt, J.P. y Nichols B.W. (Eds.). Ellis Horwood, Chichester, England.
- Blumenthal, M.M. (1991).- "A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying"- *Food Technol.* **45**, 68-94.
- Combe, N.; Constantín, M.J. y Entressangles, B. (1981).- "Lymphatic absorption of nonvolatile oxidation products of heated oils in the rats"- *Lipids* **16**, 8-14.
- Cuesta, C.; Sánchez-Muniz, F.J.; Hernández, I. y López-Varela, S. (1991).- "Modificaciones de un aceite de oliva durante las frituras sucesivas de patatas. Correlaciones entre distintos índices analíticos y de evaluación global de la degradación"- *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* **31**, 523-531.
- Cuesta, C.; Sánchez-Muniz, F.J. y Hernández, I. (1991).- "Evaluation of nonpolar methyl esters by column and gas chromatography for the assessment of used frying olive oils"- *J. Am. Oil Chemists' Soc.* **68**, 443-445.
- Dobarganes, M.C.; Pérez-Camino, M.C. y 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. y Márquez-Ruiz, G. (1988).- "High performance size exclusion chromatography of polar compounds in heated and non heated fats"- *Fat Sci. Technol.* **90**, 308-311.
- Dobarganes, M.C.; Pérez-Camino, M.C. y Márquez Ruiz, G. (1989).- "Determinación de compuestos polares en aceites y grasas de fritura"- *Grasas y Aceites* **40**, 35-38.
- Domenech, J.M. (Ed.) (1982).- "Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores"- 4ª edición, Herder. Barcelona.
- Fedeli, E. (1988).- "The behaviour of olive oil during cooking and frying" en "Frying of food. Principles, Changes, New Approaches"- pp. 52-81.- Varela, G.; Bender, I.D. y Morton, I.D. (Eds.) Ellis Horwood, Chichester, England.
- Friás Ruiz, L. y Ruano Ayuso, M.T. (1983).- "Comportamiento de diferentes aceites vegetales en la fritura de alimentos"- *Com. 1ª Pon. 1er Symp. Nal. Aceite de Oliva. Jaen.*
- Gere, A. (1982).- "Decrease in essential fatty acid content of edible fats during the frying process"- *Z. Ernährungswiss.* **21**, 191-201.
- Guillaumin, R. (1988).- "Kinetics of fat penetration in food" en "Frying of food. Principles, Changes, New approaches"- pp. 82-90.- Varela, G.; Bender, I.D. y Morton, I.D. (Eds.). Ellis Horwood, Chichester, England.
- Gutiérrez González-Quijano, R. y Dobarganes, M.C. (1988).- "Analytical procedures for the evaluation of used frying fats" en "Frying of Food. Principles, Changes, New Approaches"- pp. 141-154.- Varela, G.; Bender, A.E. y Morton, I.A. (Eds.) Ellis Horwood, Chichester, England.
- Hernández, I., Sánchez-Muniz, F.J. y Cuesta, C. (1989).- "Evaluación de la termoxidación de un aceite de oliva empleado en frituras de patatas. Correlación entre las fracciones no alteradas de triglicéridos y de ésteres metílicos"- *Grasas y Aceites* **40**, 257-263.
- Lumley, I.C. (1988).- "Polar compounds in heated oils" en "Frying of food. Principles, Changes, New Approaches"- pp. 66-173.- Varela, G.; Bender, A.E. y Morton, I.D. (Eds.). Ellis Horwood, Chichester, England.
- Metcalfe, L.D. y Schmitz, A.A. (1961).- "The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis"- *Anal. Chem.* **33**, 363-366.
- Meyer, H. (1979).- "Eine neue und einfache schenllmethode zur erfassung der oxidativen zersetzungsgrades thermisch belasteter fette"- *Fette Seifen Anstrichmittel.* **81**, 524-533.
- Moreiras-Tuni, O.; Carbajal Azcona, A. y Perea del Pino, I.M. (1990).- "Evolución de los hábitos alimentarios en España"- Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría General Técnica. Madrid.

21. Morton, I.D. y Alim, H. (1974).- "Oxidation in foodstuffs fried in edible oils"- vol. I, p. 345. Proceedings of the IV Congress of Food Science and Technology. Madrid.
22. Pérez-Camino, M.C. (1986).- "Alteración termooxidativa en aceites y grasas comestibles. Formación de nuevos compuestos y métodos para su evaluación".- Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
23. Pérez-Camino, M.C.; Márquez-Ruiz, G. y Dobarganes, M.C. (1988).- "Alteración de grasas usadas en frituras. I. Comportamiento de aceites de oliva y girasol en freidoras domésticas"- *Grasas y Aceites* **39**, 72-76.
24. Pérez-Camino, M.C.; Márquez-Ruiz, G.; Salgado Raposo, A. y Dobarganes, M.C. (1988).- "Alteración de grasas utilizadas en frituras. III. Correlación entre índices analíticos y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación"- *Grasas y Aceites* **39**, 72-76.
25. Pérez-Camino, M.C.; Márquez-Ruiz, G.; Ruiz-Mendez, M.V. y Dobarganes, M.C. (1991).- "Lipid changes during frying of frozen prefried foods"- *J. Food Sci.* **56**, 1644-1650.
26. Permanyer, J.J.; Boatella, J. y De la Torre, M.C. (1985).- "Modificaciones químicas de los aceites calentados"- *Grasas y Aceites* **36**, 217-222.
27. Pokorny J. (1980).- "Effect of substrates on changes of fats and oils during frying"- *Riv. Ital. Sostanze Grasse* **57**, 222-225.
28. Presidencia del Gobierno. (1983).- Real Decreto 308/1983 de 25 de Enero, B.O.E. nº 44 de 21 de Febrero de 1983.
29. Presidencia del Gobierno. (1989).- "Norma de calidad para los aceites y grasas calentadas".- Boletín Oficial del Estado. Madrid, 31 de enero de 1989.
30. Sánchez-Muniz, F.J.; Hernández, I. y Cuesta, C. (1989).- "Estudio de la calidad del aceite extraído de patatas fritas en aceite de oliva"- *Grasas y Aceites* **40**, 399-405.
31. Sánchez-Muniz, F.J.; Medina, R.; Higón, E. y Viejo, J.M. (1990).- "Aceites de oliva y girasol y manteca de cerdo en frituras repetidas de sardinas. Valoración del rendimiento y grado de alteración"- *Grasas y Aceites* **41**, 256-262.
32. Sanelli, B. (1979).- "Variazioni di alcune caratteristiche chimiche e chimicofisiche nell'olio extra vergine di oliva col riscaldamento"- *Riv. Ital. Sostanze Grasse* **56**, 223-234.
33. Sebedio, J.L.; Grandgirard, A.; Septier, Ch. y Prevost, J. (1987).- "Chemical analyse of some frying oils obtained from restaurants"- *Rev. Fr. Corps Gras* **34**, 15-18.
34. Selman, J.D. y Hopkins, M. (1989).- "Factors affecting oil uptake during the production of fried potato products"- *Tech. Memorandum 475. Campden Food and Drink Res. Assoc. Chipping Campden, Gloucestershire, England.*
35. UNE 55015. (1958).- "Materias grasas. Índice de refracción".- Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid.
36. UNE 55-047-73. (1973).- "Materias grasas. Medida espectrofotométrica de la absorción en la región ultravioleta".- Instituto Nacional de Racionalización y Normalización. Madrid.
37. Waliking, A.E. y Wessels, H. (1981).- "Chromatographic separation of polar and nonpolar components of frying fats"- *Assoc. Off. Anal. Chem.* **64**, 1329-1330

(Recibido: Noviembre 1993)