

Alteración termoxidativa en un aceite de girasol utilizado en 75 frituras de patatas. Efectos de su inclusión en dietas sobre crecimiento e ingesta en ratas

Por C. Cuesta ^{*}(1), F.J. Sánchez-Muniz (2), S. López-Varela (2), M^a C. Garrido-Polonio (2) y L. García Diz (2)

1. Instituto de Nutrición y Bromatología (CSIC).

2. Departamento de Nutrición y Bromatología I (Sección Lípidos).
Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. 28040 Madrid. Spain.

RESUMEN

Alteración termoxidativa en un aceite de girasol utilizado en 75 frituras de patatas. Efectos de su inclusión en dietas sobre crecimiento e ingesta en ratas.

Se evalúa la alteración de un aceite de girasol utilizado en 75 frituras repetidas de patatas, efectuadas con adición de aceite sin usar cada 4-5 frituras con la finalidad de mantener constante la proporción alimento/aceite en 500 g / 3 litros, mediante cromatografías en columna y de alta eficacia por exclusión de tamaño de partícula. El contenido de los compuestos polares se incrementó de 5.09 ± 0.21 (aceite sin usar) a 19.11 ± 0.40 mg/100 mg de aceite, predominando los polímeros y dímeros de triacilglicéridos y los triacilglicéridos oxidados. Dichos aceites, sin usar y utilizado en 75 frituras, se incluyeron en la proporción del 15% en las dietas del lote basal y del lote fritura 75, respectivamente. La ingesta de ambas dietas fue similar, pero la ganancia de peso resultó ser un 22,3% menor en el lote fritura 75. Los coeficientes de digestibilidad aparente de grasa y proteína fueron similares en ambos lotes, pero la utilización nutritiva en términos de coeficientes de Eficacia Alimentaria y Proteica fue menor en el lote fritura 75.

PALABRAS-CLAVE: Aceite de fritura - Crecimiento - Dieta - Girasol - Ingesta - Rata.

SUMMARY

Therioxidation in a sunflower oil used in 75 deep fat frying of potatoes. Effects of its inclusion in rat-diet upon growth and food intake.

The alteration of a sunflower oil used in 75 repeated deep fat frying of potatoes performed with addition of unused oil every 4-5 fryings with the aim to keep constant the proportion food/oil in 500 g / 3 liters, was evaluated by column and high performance size exclusion chromatographies. The polar components increased from 5.09 ± 0.21 (unused oil) to 19.11 ± 0.40 mg/100 mg oil mainly due to the formation of polymers and dimers of triacylglycerides, and to oxidized triacylglycerides. Oils, unused and from the 75 frying, were included at a rate of 15% on rat-diets. Dietary food intakes were similar, however body weight gain was a 22.3% lower in rat fed with the used oil-diet. Apparent digestibility ratios of fat and protein were similar in both groups of rats, however both, Alimentary and Protein Efficiency ratios decreased on the 75 frying oil fed rats.

KEY-WORDS: Diet - Food intake - Frying oil - Growth - Rat - Sunflower.

1. INTRODUCCION

En los últimos años, la fritura ha llegado a ser una

forma habitual en la preparación de ciertos alimentos como pescado y patatas incluso en zonas del mundo donde con anterioridad no era utilizada (1).

Durante la fritura tienen lugar reacciones de polimerización, hidrólisis, ciclación e isomerización, las cuales conducen a la formación de mezclas complejas de productos volátiles y no volátiles (2) (3) (4). Por otra parte, algunos trabajos han indicado la posible toxicidad de ciertos aceites empleados en frituras (5) (6). Otros autores han estudiado los efectos sobre el metabolismo lipoproteico del consumo de dietas conteniendo aceites o grasas utilizadas en frituras de alimentos (7) (8). Con respecto a la incidencia de los aceites de fritura sobre crecimiento en animales de experimentación, hay investigaciones que señalan efectos depresores sobre el incremento de peso en ratas en crecimiento (9) (10), mientras que otros no encuentran efectos significativos e incluso se ha señalado un efecto favorable sobre el parámetro peso (11).

Es evidente que múltiples factores pueden haber condicionado estos resultados tan dispares, siendo el modo de realizar la fritura uno de los más importantes.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Estudiar la alteración de un aceite de girasol usado en 75 frituras de patatas realizadas de forma sucesiva y discontinua, con una frecuente reposición de aceite de girasol no usado.

2. Investigar en ratas los efectos sobre crecimiento, ingesta y otros parámetros nutricionales del consumo de dieta conteniendo dicho aceite utilizado en 75 frituras.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Materiales y condiciones de fritura

Se utilizó para la realización de las frituras aceite refinado de girasol de una acidez máxima de 0.2 y patatas nuevas, los cuales se adquirieron en una tienda local. Una vez peladas, limpias y secas, las patatas se cortaron en rodajas de aproximadamente 2 mm de grosor.

Las patatas se frieron en dos freidoras domésticas de 3 litros de capacidad durante 75 frituras sucesivas, mante-

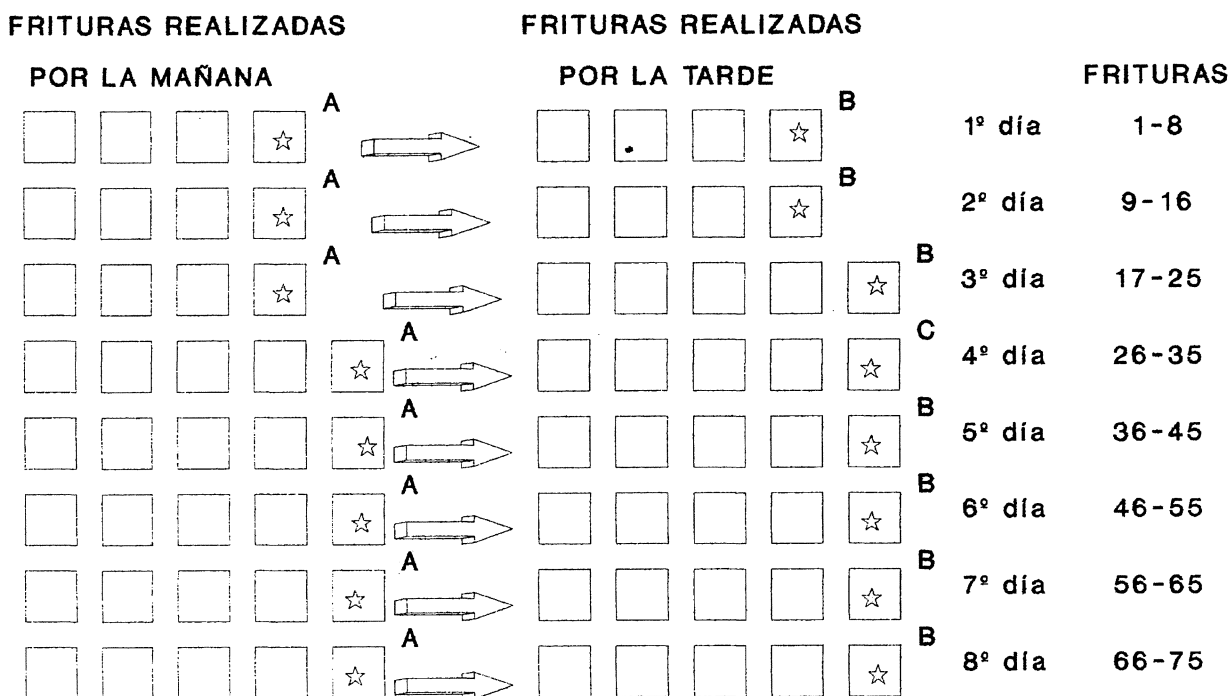


Fig. 1

Esquema del proceso de fritura realizado con cada freidora:

A. Se deja enfriar el aceite durante 4 horas.

B. Interrupción del proceso durante 18 horas.

C. Interrupción del proceso durante un fin de semana.

☆. Se completa el volumen de aceite en la freidora a 3 litros con aceite sin usar.

niendo constante el volumen de aceite (3 litros), y la proporción aceite/patatas a freír en 500 g/3 litros mediante la adición de aceite de girasol sin usar cada 4 frituras hasta la fritura 20. Después de la fritura 20 el volumen de cada freidora se completó cada 5 frituras, para conseguir 10 frituras por día y así acelerar el estudio (Fig. 1).

Como ya se ha comentado, hasta la fritura 20, se hicieron 8 frituras diarias, 4 frituras sucesivas por la mañana y tras dejar enfriar el aceite hasta una temperatura de $\sim 30^{\circ}\text{C}$ se realizaban por la tarde las 4 frituras restantes. Posteriormente se dejaba enfriar el aceite de las freidoras durante la noche (aproximadamente 18 horas) a temperatura ambiente ($\sim 28^{\circ}\text{C}$), realizando las frituras 9 a la 16 en el segundo día siguiendo el mismo esquema que para las frituras 1-8.

En el tercer día, durante la mañana se llevaron a cabo 4 frituras sucesivas (de la 17 a la 20) dejando enfriar el aceite hasta una temperatura de $\sim 30^{\circ}\text{C}$, y por la tarde 5 (de la 21 a la 25).

En el cuarto día se realizaron durante la mañana las frituras 26-30 dejando enfriar el aceite, y por la tarde las frituras 31-35.

El quinto día se repitió el mismo proceso que el cuarto día realizando las frituras 36-40 y 41-45. Tras un periodo de descanso de 2 días consecutivos se concluyó el proceso de fritura en los 3 días siguientes realizando en cada

uno de ellos las frituras 46-55, 56-65 y 66-75, respectivamente (Fig. 1).

Es decir, las 75 frituras repetidas se realizaron siguiendo un proceso discontinuo con adición frecuente de aceite de girasol sin usar.

Al comenzar cada tanda de frituras, el alimento se añadió cuando el aceite alcanzó una temperatura estable de 180°C , para lo cual se requirieron 20 minutos. Entre fritura y fritura el tiempo que se requería para alcanzar de nuevo 180°C fue de 10 minutos. La duración de cada fritura fue en todos los casos de 8 minutos (Fig. 2).

El tiempo total de calentamiento del aceite en cada freidora puede ser estimado en 25 horas y 10 minutos. Cada 5 frituras la pérdida de aceite fue de alrededor de un 10%, lo cual implicó la adición de 4,5 litros de aceite sin usar en las 75 frituras realizadas. Finalmente se tomaron alicuotas de 50 ml del aceite sin usar y del procedente de 75 frituras de ambas freidoras para ser analizadas.

En la Fig. 2 aparece un esquema de los cambios de temperatura del aceite de las freidoras durante la realización de las frituras. Si bien la temperatura inicial fue de 180°C , debido principalmente a la salida y evaporación del agua de las patatas, la temperatura durante casi todo el proceso permanece entre 140 y 160°C . Por tanto, el daño térmico sufrido por el aceite debe ser menor que el que cabría esperar si la temperatura se mantuviera fija a 180°C

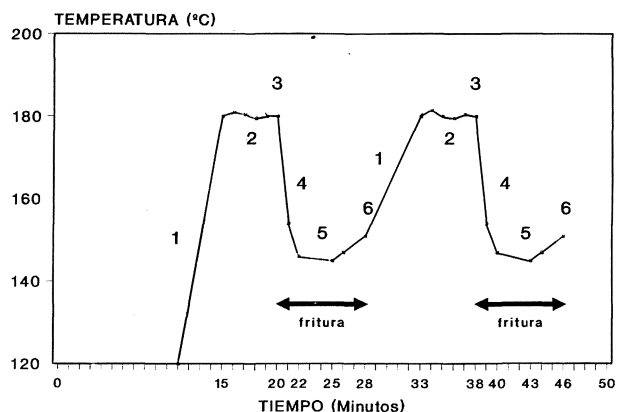


Fig. 2

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

- Fase 1. Calentamiento del aceite.
- Fase 2. Termostatación del aceite a 180°C.
- Fase 3. Adición de 500 g de patatas a 3 litros de aceite.
- Fase 4. Disminución de la temperatura por evaporación del agua de las patatas.
- Fase 5. Incremento de la temperatura debido a la absorción de aceite y menor evaporación del agua por las patatas.
- Fase 6. Fin de cada fritura.

durante los ocho minutos que dura el proceso. No obstante, los efectos hidrolíticos debidos al efecto del agua del alimento no deben desestimarse.

2.2. Determinación de los compuestos polares.

Se realizó mediante el método de Walkling y Wessels (13). El uso de éter de petróleo/éter dietílico 90:10 para eluir la fracción no polar en las muestras de aceite usado, permitió una separación mejor que la mezcla 87:13. Se pesó exactamente 1 ± 0.01 g de aceite de girasol, el cual se disolvió, cuando se trataba de analizar aceite de girasol no usado en 20 ml de éter de petróleo/éter dietílico en la proporción 87:13 (v/v) y cuando se analizaba aceite procedente de la fritura se disolvía en esta mezcla pero en la proporción 90:10 (v/v). La muestra así tratada se transfirió a una columna cromatográfica de silicagel siguiendo el método de Dobarganes y col. (14). Se realizó una elución final de la columna con cloroformo/metanol 1:1 (v/v) con el fin de mejorar la recuperación de las muestras.

La buena separación de la fracción polar de la no polar se controló mediante cromatografía en capa fina, usando placas de silicagel 60F₂₅₀ de 0,5 mm de espesor (20 x 20 cm de vidrio) siguiendo las indicaciones de un trabajo previo (15).

2.3. Cromatografía de alta eficacia por exclusión de tamaño de partícula.

Los componentes polares separados como se describió

previamente fueron analizados siguiendo el método de Dobarganes y col. (16) con el fin de obtener una información sobre las alteraciones termooxidativa e hidrolítica.

Se empleó un cromatógrafo Konic 500A (Barcelona, España) con un volumen de inyección de 10 μ l, y un detector de índice de refracción Hewlett Packard 1037 A (Palo Alto, CA). Se utilizaron 2 columnas conectadas en serie con las siguientes características: 300 mm x 7,5 mm i.d. tamaño de partícula (5 μ m), 10 μ m y 50 μ m pL gel (poliestireno-divinilbenceno). Las columnas se mantuvieron a 40°C. La fase móvil fue tetrahidrofurano, a un flujo de 1 ml/min. La concentración de la muestra en tetrahidrofurano fue de 10 a 15 mg/ml.

2.4. Animales y dietas

Los ensayos se llevaron a cabo en ratas Wistar machos en crecimiento con un peso inicial medio de 65 g, procedentes del criadero del Instituto de Nutrición y Bromatología (C.S.I.C.-U.C.M.) situado en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid (U.C.M.). Los animales se sometieron durante cuatro días a un proceso de adaptación a las nuevas condiciones del habitáculo.

Durante el ensayo, las ratas se alojaron en celdas metabólicas individuales mantenidas en una habitación termorregulada a $22,3 \pm 1,8$ °C con un fotoperiodo de 12 horas y humedad entre 50-70%, condiciones que se mantuvieron durante todo el experimento.

Se elaboraron dos dietas semisintéticas prácticamente isocalóricas, preparadas siguiendo las recomendaciones del National Research Council (17).

La composición teórica de las dietas fue: proteína (caseína + D,L-metionina) 14%, grasa 15%, corrector vitamínico 0,16%, corrector mineral 3%, fibra (celulosa microcristalina) 5%, sacarosa 30%, BHT y BHA 0,10% (0,05% BHT + 0,05% BHA) y almidón de trigo c.s.p. 100%. Las dietas difirieron únicamente en su fuente grasa. Las grasas utilizadas fueron aceite de girasol sin usar (Dieta A) y aceite procedente de 75 frituras de patatas (Dieta B).

El proceso de elaboración de las dietas fue el siguiente: Se pesaron los componentes en las proporciones indicadas anteriormente. Se añadió 0,2 g de D,L-metionina por cada 100 g de proteína. El BHT y BHA, se utilizaron como antioxidantes. Una vez preparadas se tomaron alícuotas por triplicado y se realizó en ellas las siguientes determinaciones:

Determinación de humedad.

La humedad de las dietas se evaluó por pérdida de peso en estufa a 100°C hasta peso constante (18).

Determinación de Nitrógeno.

Se determinó el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl, utilizando un autoanalizador Kjeldahl modelo

AUTO 1030 (Tecator, Suecia). El factor de conversión a proteína utilizado fue 6,25.

Determinación de grasa.

Mediante la técnica de Soxhlet en una unidad de extracción 1040, modelo SOXTEC SYSTEM (Tecator, Suecia). Como líquido de extracción se empleó éter de petróleo (40-60°C).

Determinación de cenizas.

Mediante incineración en mufla a 450-500°C hasta peso constante (18).

Todas las dietas se conservaron en atmósfera de nitrógeno a 4°C hasta su utilización.

Durante los días 3, 7, 10, 14, 17, 21, 25 y 27 de la experiencia se controló la ingesta dietaria, así como la variación ponderal de los animales. Durante la última semana del experimento se recogieron las heces de los lotes experimentales en las que se determinó su contenido en humedad, grasa y nitrógeno. Dichos datos se utilizaron para calcular los coeficientes de digestibilidad aparente de grasa y proteína de las dietas experimentales.

Tratamiento estadístico.

La comparación estadística se realizó utilizando el test estadístico de la *t* de Student. Se aceptaron como significativas las probabilidades $\leq 0,05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla I muestra el contenido en proteína, grasa, cenizas y humedad, así como el valor calórico de las dietas estudiadas. En la Tabla II están representados el contenido polar (mg/100 mg de aceite) que expresa la alteración global del aceite de fritura y los diferentes compuestos (mg/100 mg de aceite) que forman esta fracción polar. Los resultados indican un incremento muy significativo de los compuestos polares en el aceite de la fritura 75 respecto al aceite sin usar.

Recientemente, Hernández y col. (12) indicaron un incremento del 1,8% al 5,5% de ésteres metílicos alterados con el número de frituras al analizar las muestras de aceite de oliva empleado en frituras de patatas repetidas. Mientras que Cuesta y col. (15), en el mismo experimento, encontraron que los compuestos polares derivados de triglicéridos se incrementaron del 2% al 9%.

Con posterioridad, Arroyo y col. (4) también encontraron que durante frituras de patatas en aceite de girasol, esta vez sin adición de aceite fresco (para reponer el absorbido por las patatas), se incrementaba de forma continua la fracción polar, hasta alcanzar en la fritura 60 un nivel de 27, 3% de este material polar. Esto contrasta con los datos aquí aportados, donde la adición frecuente de aceite de

girasol evitó que, incluso, después de 75 frituras, se alcance el nivel crítico de un 25% de contenido polar, límite legislado de utilización de un aceite (19) (20).

Tabla I
Contenido en humedad, proteínas, grasas, cenizas y energía de las dietas conteniendo aceite de girasol no usado (Dieta A) y aceite de girasol usado en 75 frituras de patatas (Dieta B)

	Dieta A	Dieta B
Humedad (%)	6'84 ± 0'21	7'81 ± 0'10
Proteína (g ss)	13'82 ± 0'14	13'62 ± 0'18
Extracto etéreo (g ss)	14'54 ± 0'27	14'62 ± 0'28
Cenizas (g ss)	3'30 ± 0'11	3'30 ± 0'12
Energía Kcal/100 g (*)	420'62	421'04

Los valores son la media ± error estándar de 3 determinaciones.

(*) El valor calórico de las dietas se obtiene multiplicando los contenidos medios de proteína, grasa e hidratos de carbono por 4,0, 9,0 y 3,75, respectivamente.

Tabla II
Contenido polar total y diferentes compuestos de alteración en el aceite de girasol sin usar y en el procedente de 75 frituras de patatas (mg/100 mg aceite)

	Aceite de girasol sin usar	Aceite de girasol usado
Contenido polar total	5'09 ± 0'21 ^a	19'11 ± 0'40 ^b
Alteración termoxidativa total	3'55 ± 0'14 ^a	17'21 ± 0'47 ^b
Polímeros de triacilglicéridos	0'10 ± 0'01 ^a	3'44 ± 0'17 ^b
Dímeros de triacilglicéridos	0'75 ± 0'12 ^a	7,51 ± 0'34 ^b
Triacilglicéridos oxidados	2'70 ± 0'27 ^a	6'26 ± 0'30 ^b
Alteración hidrolítica total	1'54 ± 0'07 ^a	1'89 ± 0'07 ^b
Diacilglicéridos	1'11 ± 0'17 ^a	1'41 ± 0'02 ^a
Acidos grasos libres	0'43 ± 0'10 ^a	0'48 ± 0'05 ^a

Datos son la media de ± error estándar de 2 determinaciones

Los valores que llevan letras diferentes son significativamente diferentes.

El análisis de los compuestos polares (Tabla II) indica que los polímeros y dímeros de triacilglicéridos, así como los triacilglicéridos oxidados, los cuales se forman a consecuencia de la alteración termoxidativa de los aceites de fritura, se incrementan respecto a los valores del aceite sin usar, resultados que coinciden con los descritos por diferentes autores (4) (21) (22) (23) (24).

Los diacilglicéridos indicativos de la alteración hidrolítica como describió Dobarganes y col. (16), tienden a incrementarse aunque de forma no significativa (Tabla II).

La formación de este material polar y de los polímeros de triacilglicéridos, se debe a la ruptura de los dobles enlaces de los ácidos grasos poliinsaturados y posteriormente de los monoinsaturados, como se ha descrito en anteriores investigaciones (7) (8) (15) (25) con la consiguiente disminución de estos ácidos poliinsaturados en el medio de fritura. El contenido en ácido linoleico (18:2 n-6)

decreció desde un valor inicial en el aceite sin usar de $55,52 \pm 0,05\%$ ($X \pm ES$) a $43,20 \pm 0,23\%$ en el aceite usado de la fritura 75 (26), lo que supone que a pesar de que ambos lotes de animales consumen un 15% de grasa, como aceite de girasol, el lote que tomó este aceite de girasol sin usar ingirió 7,67 g de ácido linoleico/100 g de dieta, mientras que el que tomó en su dieta aceite de girasol empleado en frituras, sólo consumió 6,00 g/100 g de dieta de dicho ácido graso (26), pero éste ingirió una cantidad media más elevada de productos de degradación del ácido linoleico, como son los dímeros y polímeros de triacilglicéridos y los triacilglicéridos oxidados (Tabla II).

En la Tabla III y Figura 3, se expresan los efectos dietarios del aceite de fritura con respecto al aceite sin usar sobre el peso e ingesta y eficacia alimentaria en ratas. Globalmente se observa que no hay variación significativa en las ingestas acumuladas para la grasa y proteína, ni tampoco para los valores que expresan la ingesta total de ambas dietas. En un trabajo previo, Rodríguez y col. (27) encontraron que la ingesta de una dieta que contenía como fuente grasa aceite de oliva procedente de 30 frituras de patatas con respecto a otra con aceite de oliva crudo no variaba. Lo cual coincide con los resultados de este estudio.

Tabla III

Efectos de dietas que contienen aceite de girasol no usado (Dieta A) y aceite de girasol usado en 75 frituras de patatas (Dieta B) sobre el peso e ingesta y otros parámetros nutricionales.

	Dieta A	Dieta B
Ingesta total ss (g)	$328'74 \pm 7'06^a$	$337'35 \pm 7'06^a$
Ingesta grasa ss (g)	$47'80 \pm 1'43^a$	$49'32 \pm 1'03^a$
Ingesta proteica ss (g)	$45'43 \pm 1'35^a$	$45'95 \pm 0'96^a$
Coefficiente de eficacia alimentaria (1)	$0'33 \pm 0'01^a$	$0'25 \pm 0'01^b$
Coefficiente de eficacia proteica (2)	$2'35 \pm 0'03^a$	$1'81 \pm 0'04^b$
Peso inicial (g)	$73'82 \pm 2'15^a$	$74'36 \pm 1'08^b$
Peso final (g)	$180'88 \pm 7'70^a$	$157'52 \pm 6'07^b$
Incremento total del peso al final de la experiencia (g)	$107'06 \pm 2'10^a$	$83'16 \pm 1'96^b$

Los valores representan la media \pm el error estándar de diez animales.

Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas.

(1) 100 x incremento de peso (g)/alimento ingerido (g) durante toda la experiencia.

(2) 100 x incremento de peso (g)/proteína ingerida (g) durante toda la experiencia.

Naim y col. (28) indicaron que diferentes factores organolépticos de las dietas, tales como el sabor, olor o textura, podrían condicionar la ingesta de las mismas, a la vez que otros factores postingesta también pueden influir en la elección de la calidad y cantidad de dieta consumida. Dichos factores no parecen haber condicionado la elección ni la cantidad de dieta que contenía aceite de girasol procedente de fritura con alto contenido polar respecto a la dieta realizada con el mismo aceite, pero sin usar y, por tanto,

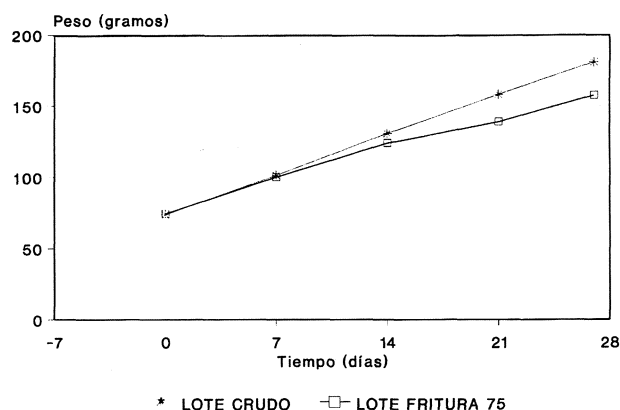


Fig. 3

Variación del peso en el período experimental.

con un nivel más bajo de material polar. Estos resultados parecen estar de acuerdo con lo señalado por Clark y Serbia (29), los cuales describen que aunque los compuestos oxidados son desagradables al gusto, los polímeros de origen térmico no son realmente palatables.

En la Tabla III y Figura 3 se observa que el peso final de las ratas que consumieron aceite de girasol procedente de la fritura 75 fue, aproximadamente, un 13% menor que el de las ratas que ingirieron aceite de girasol crudo. Por otra parte se observa también que el incremento de peso total es un 22,3% menor en las ratas del lote de fritura con respecto a las ratas del lote que toma este aceite no usado.

Estos resultados apoyan los de un trabajo previo (27) en el que se encontró, después de administrar a ratas, dietas idénticas que sólo diferían en la fuente grasa, aceite de oliva crudo o bien aceite de oliva de 30 frituras, un efecto depresor del crecimiento en el lote que consumió el aceite de fritura.

Este efecto sobre el crecimiento podría producirse a través de diferentes mecanismos, uno de ellos inherente a los propios productos de degradación de la grasa de fritura o bien a la interferencia de estos productos con otros nutrientes de la dieta, lo cual impediría la correcta utilización de estos últimos. A este respecto, Hidalgo y col. (30), en una reciente revisión, indican que las modificaciones que se producen en las proteínas alimentarias por acción de lípidos peroxidados pueden ser a través de distintos mecanismos como interacciones hidrofóbicas, reacciones radicalarias y formación de productos covalentes con los productos secundarios de oxidación lipídica.

A pesar de que Lang (11) no encuentra efectos negativos al administrar grasas de frituras, aunque éstas tuvieran cantidades considerables de material oxidado y polimerizado, son mayoría los trabajos en los que se reportan efectos adversos. Con respecto al crecimiento y peso, Friedman y col. (31), y posteriormente Potteau y col. (32), indican que en los aceites de fritura se forman peróxidos y polímeros responsables de la ralentización del crecimiento y disminución de peso en los animales que ingieren estos aceites de fritura. Billek (33) encontró que

las grasas de fritura que contenían entre un 10% y 20% de compuestos polares no influían en el peso de los animales de experimentación, pero las dietas con una proporción de polares superiores al 20% inducían un marcado descenso en el peso. Por otra parte, Nielsen y col. (34) han descrito que casi todos los aminoácidos de la dieta reaccionan con casi todos los productos de oxidación primarios y secundarios de los lípidos. Estos hallazgos podrían explicar el efecto depresor que ejercen los aceites de fritura sobre el crecimiento, encontrado en este estudio y en otro previo (27).

La eficacia nutritiva de estas dietas se valoró mediante el coeficiente de eficacia alimentaria (CEA) y mediante el coeficiente de eficacia proteica (PER). Analizado el CEA y PER de las dietas (Tabla III) se comprobó que ambos parámetros disminuyeron en el lote de ratas que tomaron aceite de girasol procedente de la fritura 75, con respecto al lote de ratas que ingirieron aceite de girasol sin usar. Estos resultados indican en términos de crecimiento animal un menor rendimiento de la dieta B tanto globalmente (CEA) como de su componente proteico (PER). Higón y col. (35), Sánchez-Muniz y col. (36) encontraron en sus experimentos sobre la utilización nutricional de distintas grasas de fritura una disminución total al final del periodo experimental del CEA en los animales a los que se administraban las mismas, si bien esta reducción del CEA se limitaba a periodos intermedios de la experimentación, tendiendo a normalizarse en la etapa segunda y final del experimento.

Tabla IV
Efectos de dietas que contienen aceite de girasol no usado (Dieta A) y aceite de girasol usado en 75 frituras de patatas (Dieta B) sobre el contenido de humedad, grasa y nitrógeno de heces y sobre el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de grasa y proteína de los lotes experimentales.

	Dieta A	Dieta B
Peso (g/día sf)	1'01 ± 0'07	1'08 ± 0'07
Humedad (%)	5'39 ± 0'32	5'24 ± 0'27
Grasa (% sf)	4'19 ± 0'34	4'89 ± 0'34
Nitrógeno (% sf)	2'10 ± 0'11	2'07 ± 0'09
CDA grasa (1)	0'94 ± 0'02	0'95 ± 0'02
CDA proteína (1,2)	0'92 ± 0'02	0'92 ± 0'02

Los valores representan la media ± el error estándar de las heces de diez animales recogidas durante los días 21-27 del experimento.

No se encontraron diferencias significativas entre los dos lotes experimentales para ningún parámetro.

$$(1) \text{ CDA} = \frac{\text{g ingeridas} - \text{g heces}}{\text{g ingeridas}} = \frac{\text{g absorbidos}}{\text{g ingeridos}}$$

$$(2) \text{ Proteína} = N \times 6'25$$

La excreción fecal total fue aproximadamente un 5% más elevada, aunque de forma no significativa, en el lote que consumió la dieta B. El contenido en grasa de estas heces fue a su vez ligeramente superior, aunque también de forma no significativa (Tabla IV). La eficiencia digestiva

valorada en términos de coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para la grasa como para la proteína no señaló diferencias significativas entre ambos lotes de animales (Tabla IV).

Márquez-Ruiz y col. (37) encontraron en animales alimentados con dieta que contenía un 12% de grasa con bajo nivel de alteración, un contenido en grasa de ~2g/100 g de heces, mientras que se elevó a ~5g/100 g de heces en animales alimentados con dietas conteniendo aceite de girasol calentado 100 horas a 100°C con un contenido de compuestos polares muy elevado.

Respecto al efecto que el tipo de grasa dietaria puede ejercer sobre la eficacia digestiva no hemos encontrado en la bibliografía unanimidad de criterios, aunque en líneas generales toda grasa cuyo punto de fusión esté por debajo de la temperatura corporal presenta coeficientes de digestibilidad muy satisfactorios (Deuel, 1938).

Potteau y col. (6) (32) encontraron que la utilización digestiva de los aceites sobrecalentados, disminuía al incrementar el grado de polimerización de los mismos. No obstante, Márquez-Ruiz y col. (37) han señalado la elevada digestibilidad de los compuestos de oxidación, monómeros, dímeros y polímeros de origen térmico.

De estos resultados parece que puede surgir la hipótesis de que las posibles interacciones entre aminoácidos y grasas alteradas ya comentadas, que podrían explicar la depresión del crecimiento encontrado en este estudio, no parecen producirse en gran escala a nivel digestivo, pudiendo muy posiblemente tener lugar esta interacción a nivel metabólico, es decir una vez absorbidos los componentes aminoácidos y grasos de la dieta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), Proyecto ALI 92-0289-C02-01. Nuestro agradecimiento más sincero a los doctores M.C. Pérez-Camino y M.C. Dobarganes, del Instituto de la Grasa y sus Derivados de Sevilla (España), por su inestimable ayuda, y I. Orvay y M.L. de Toro, por su colaboración.

BIBLIOGRAFIA

1. Bull. Lab. Coop., 95390 Saint Prix.-«Aimez vous les frites?»-149 (1983) 1-15.
2. Chang, S.S.; Peterson, R. J., y Ho, Chi-Tang (1978).-«Chemical reactions involved in the deep fat frying of foods».-J. Am. Oil Chemists' Soc. 55, 718-729.
3. 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» p. 141-154.-Varela, G; Bender, A.E., y Morton, I.A. (Eds).-Ellis Horwood, Chichester (England).
4. Arroyo, R.; Cuesta, C.; Garrido-Polonio, M.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.
5. Saito, M. y Kaneda, T. (1976).-«Studies on the relationship between the nutritive value and the structure of polymerized oils. X. Structures and toxicity of heat polymerized oils».-Yukagaku 25, 79-86.

6. Potteau, B.; Lhuissier, M.; LeClerc, J.; Custot, F. y Mezonnet, B. (1978).-«Recherches sur la composition et les effets physiologiques de l'huile de soja chauffés et de différentes fractions obtenues à partir de cette huile».-Rev. Fr. Corps Gras **25**, 234-245.
7. Sánchez-Muniz, F.J.; Cuesta, C.; Rodríguez, A. y Varela, G. (1986).-«Influencia de la ingesta de una grasa tratada térmicamente sobre la lipidemia y lipoproteinemia de ratas».-Rev. Esp. Fisiol. **42**, 105-110.
8. Cuesta, C.; Sánchez-Muniz, F.J.; Rodríguez, A. y Varela, G. (1987).-«Alteraciones físico-químicas de un aceite de oliva empleado en frituras repetidas y su incidencia sobre la lipoproteinemia de ratas».-Rev. Esp. Fisiol. **43**, 51-56.
9. Cuesta, C.; Sánchez-Muniz, F.J. y Varela, G. (1983).-«Nutritive value of frying fats» en «Frying of food. Principles, changes, new approaches» p. 112-128.-Varalá, G.; Bender, A.E. y Morton, I.A. (Eds).-Ellis Horwood Ltd, Chichester (England).
10. Nolen, G.A.; Alexander, J.C. y Artman, N.R. (1967).-«Long-term rat feeding study with used frying fats».-J. Nutr. **93**, 337-348.
11. Lang, K. (1973).-«Die physiologischen wirkungen erhitzter fette, insbesondere der frittierfette».-Fette Seifen Anstrichmitte **75**, 73-76.
12. Hernández, I.; Sánchez-Muniz, F.J. y Cuesta, C. (1989).-«Evaluación de la termodioxidación de un aceite de oliva empleado en frituras de patatas. Correlación entre las fracciones no alteradas de triglicéridos y ésteres metílicos».-Grasas y Aceites **40**, 257-263.
13. Waliking, A.E. y Wessels, H. (1981).-«Chromatographic separation of polar and non polar components of frying fats».-J. Assoc. Offic. Anal. Chemists' **64**, 1329-1330.
14. Dobarganes, M.C.; Pérez-Camino, M.C. y Gutiérrez González-Quijano (1984).-«Métodos analíticos de aplicación en grasas calentadas. Determinación de ésteres metílicos no alterados».-Grasas y Aceites **35**, 172-177.
15. Cuesta, C.; Sánchez-Muniz, F.J. y Hernández, I. (1991).-«Evaluation of non polar methyl esters by column and gas chromatography for the assessment of used frying olive oils».-J. Am. Oil Chemists' Soc. **68**, 443-445.
16. 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».-Fett Wiss. Technol. **90**, 308-311.
17. National Research Council (1978).-«Nutrient requirements of Laboratory rats» en «Nutrient requirements of laboratory animals» p. 7-37.-3rd revised ed.-National Academy of Sciences, Washington DC.
18. AOAC (1980).-«Official methods of analysis».-9th Ed.-Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
19. Ministerio de Relaciones con las Cortes y Secretaría del Gobierno.-«Aceites y grasas. Norma de calidad para los calentados».-Orden del 26 de enero de 1989 (B.O.E. nº 26 del 3 de enero de 1989).
20. Blumenthal, M.M. (1991).-«A new look at the chemistry and physics of deep-fat-frying».-Food Technol. **45**, 68-71.
21. Gere, A. (1984).-«Degradation thermique de quelques corps gras Hongrois».-Rev. Fr. Corps Gras **31**, 437-442.
22. Perrin, J.L.; Perfetti, C.; Dimitriadis, C. y Naudet (1985).-«Etude analytique approfondie d'huiles chauffées I. Techniques analytiques et essais préliminaires».-Rev. Fr. Corps Gras **32**, 151-158.
23. Kupranycz, D.B.; Amer, M.A. y Baker, B.E. (1986).-«Effects of thermal oxidation on the constitution of butterfat, butterfat fractions and certain vegetable oils».-J. Am. Oil Chemists' Soc. **63**, 332-336.
24. Perkins, E.G. y Pinter, S. (1988).-«Studies on the concentrations of oxidized components of abused fats and the application of HPLC to their separation».-J. Am. Oil Chemists' Soc. **65**, 783-787.
25. Sebedio, J.L.; Bonpant, A.; Grangirard, A. y Prevost, J. (1990).-«Deep fat frying of frozen prefried French fries: Influence of the amount of linolenic acid in the frying medium».-J. Agric. Food Chem. **38**, 1862-1867.
26. López-Varela, S. (1993).-«Alteración de un aceite de girasol usado en frituras. Incidencia de su ingesta sobre diferentes parámetros nutricionales y del metabolismo lipoproteico en ratas».-Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
27. Rodríguez, A.; Cuesta, C.; Sánchez-Muniz, F.J. y Varela, G. (1984).-«Estudio de las alteraciones en grasas producidas por frituras e incidencia de su administración sobre el peso e ingesta».-Grasas y Aceites **35**, 22-28.
28. Naim, M.; Morley, R.; Kare, H. e Ingle, E.D. (1977).-«Sensory factors which affect the acceptance of raw and heated defatted soybeans by rats».-J. Nutr. **109**, 1653-1658.
29. Clark, W.L. y Serbia, G.W. (1991).-«Safety aspects of frying fats oils».-Food Technol. **45**, 84-89.
30. Hidalgo, F.J.; Zamora, R. y Alaiz, M. (1992).-«Modificaciones producidas en las proteínas alimentarias por su interacción con lípidos peroxidados. II. Mecanismos conocidos de la interacción lípido (oxidado)-proteína».-Grasas y Aceites **43**, 31-80.
31. Friedman, L.; Horwitz, W.; Shue, G.M. y Firestone, J.J. (1961).-«Heated fats. II. The nutritive properties of heated cotton seed oil and of heated cotton seed oil fraction obtained by distillation and urea adduct formation».-J. Nutr. **73**, 85-93.
32. Potteau, B.; Grangirard, A.; Lhuissier, M. y Causeret, J. (1977).-«Recherches recentes sur les effets physiopathologiques d'huiles vegetales chauffées».-Bibliotheca Nutr. Dieta **25**, 122-123.
33. Billek, G. (1985).-«Heated fats in the diet» en «The role of fats in human nutrition» p. 163-171.-Padley, F.B. and Podmore, V. (Eds).-Ellis Horwood Ltd., Chichester (England).
34. Nielsen, H.K.; Löfliger, J. y Hurrell, R.F. (1985).-«Reaction of protein with oxidizing lipids. I. Analytical measurements of lipid oxidation and of amino acid losses in a whey protein-methyl linolenate model system».-Br. J. Nutr. **53**, 61-73.
35. Higón, E.; Vaquero, M.P.; Navarro, M.P. y Sánchez-Muniz, F.J. (1988).-«Effects of consuming toxic oils and oleoanilides on fat digestibility and adipose tissue composition of rats».-Food Chem. Toxic. **26**, 453-457.
36. Sánchez-Muniz, F.J.; Higón, E.; Cava, F. y Viejo, J.M. (1991).-«Acceptability of diets containing olive oil fried sardines (*Sardina pilchardus*) in the prevention of dietary hypercholesterolaemia in rats».-J. Sci. Food Agric. **56**, 155-165.
37. Márquez-Ruiz, G.; Pérez-Camino, M.C. y Dobarganes, M.C. (1990).-«Evaluación nutricional de grasas termodioxidadas y de fritura».-Grasas y Aceites **46**, 432-439.
38. Deuel, H.J. Jr. (1955).-«The lipids. Their chemistry and biochemistry» en «VII Biochemistry» p. 227-240.-Interscience Publishers, New York.

(Recibido: Marzo 1993)