

## Fritura de filetes de sardinas congeladas en aceite de oliva. Influencia de diferentes métodos de descongelación sobre el contenido graso y la composición en ácidos grasos

Por M.<sup>a</sup> E. Alvarez-Pontes, J. M. Viejo, F. J. Sánchez-Muniz y A. M.<sup>a</sup> Castrillón\*

Instituto de Nutrición y Bromatología (CSIC-UCM).

Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. 28040-Madrid

### RESUMEN

**Fritura de filetes de sardinas congeladas en aceite de oliva. Influencia de diferentes métodos de descongelación sobre el contenido graso y la composición en ácidos grasos.**

Filetes de sardinas frescas, congeladas y descongeladas en frigorífico a 4°C o en microondas se analizaron en crudo y después de freírlos en aceite de oliva, con objeto de conocer si la congelación y descongelación, previa a la fritura, alteraba los cambios en humedad, grasa y composición en ácidos grasos que introdujera la fritura. El contenido graso (g/100g de filetes de sardinas) se incrementó durante el proceso de fritura, debido, sobre todo, a las pérdidas de agua. Dicho efecto aumentó principalmente en la descongelación en frigorífico. Con la fritura, la sardina fresca y la congelada sin previa descongelación se enriquecieron en ácido oleico, ascendiendo el contenido de ácidos grasos monoinsaturados en (AGM) del 21 al 55-56%. La descongelación, anterior a la fritura, influyó de forma diferente, según se efectuase en frigorífico o con microondas. En el primer caso, se favoreció la absorción de ácido oleico, llegando el contenido en AGM hasta un 61,8%; en la descongelación con microondas el contenido en AGM fue sólo del 47%. Los porcentajes de ácidos grasos saturados y poliinsaturados disminuyeron en los filetes fritos frente a sus basales crudos como consecuencia del aumento de AGM. El cociente C22:6/C16:0 descendió por efecto de la fritura en los filetes de sardina congelada y descongelada en frigorífico ambiente, pero no en los descongelados en microondas.

**PALABRAS-CLAVE:** *Aceite de oliva - Acido graso (composición) - Descongelación en frigorífico - Descongelación en microonda - Fritura - Grasa (contenido) - Sardina congelada.*

### SUMMARY

**The frying of frozen sardine fillets in olive oil. Effects of different thawing methods on the fat content and fatty acid composition.**

To study the effect of freezing and different thawing methods on the moisture, fat and fatty acid content of fried sardines, fresh sardine fillets were first frozen and then some were thawed either in a refrigerator at 4°C or in a microwave oven prior to frying. These fillets were then analyzed both before and after being fried in olive oil. Frying increased the fat content of the fillets, mainly due to water losses, especially in those thawed in the refrigerator. Mono-unsaturated fatty acid (MUFA) content increased in fresh and frozen fillets after frying from 21% to 55% and 56%, respectively. However, thawing prior to frying had a different effect depending on the method because oleic acid absorption was facilitated by refrigerator-thawing, the MUFA content increased to 61.8%, whereas after microwave-thawing the MUFA content reached 47%. Saturated and polyunsaturated fatty acids decreased in fried fillets compared to uncooked ones as a consequence of the increase in MUFA. Frying decreased the C22:6/C16:0 ratio with respect to fresh fillets in frozen fillets and in those thawed in the refrigerator but not in those thawed in a microwave.

**KEY-WORDS:** *Fat (content) - Fatty acid (composition) - Frozen sardine - Frying - Microwave thawing - Olive oil - Refrigerator thawing.*

### 1. INTRODUCCION

El descubrimiento del papel de los ácidos grasos insaturados, y en especial los de la serie n-3 característicos del pescado, en las enfermedades cardiovasculares (12,15,17,18,22,25) ha hecho que este alimento haya adquirido en los últimos años un especial interés en la alimentación humana (1,18,21). Desde 1980 las capturas se han incrementado en un 25%, siendo los países desarrollados los responsables de este fenómeno. Las pequeñas especies pelágicas han supuesto, en 1985, el 40% de las capturas de todas las especies (3). El grupo más importante de ellas lo constituyen la anchoa, el arenque y la sardina. Sin embargo, este incremento masivo en las capturas no ha dado como resultado un incremento paralelo de productos manufacturados que sean bien aceptados por el consumidor. Una gran cantidad de estas pequeñas especies se emplean en la fabricación de alimentos para animales (3). En España, la sardina alcanza el 36% de los desembarcos de pescado (2). En la Consulta Técnica, habida en Madrid en 1981, referente a la utilidad de estas pequeñas especies se concluyó que las principales causas de esta infrutilización eran la dificultad de conservación y la falta de imaginación en la comercialización (2). Problemas parecidos presentan otros pescados grasos como el jurel, la caballa o el chicharro. Pero no sólo son las razones económicas las que aconsejan una mejor utilización de estos pescados, aún más importante es el valor que tiene la grasa de pescado para la alimentación humana. Sin embargo, precisamente la composición de esa grasa, con una importante proporción de ácidos grasos poliinsaturados (AGP), es la que hace del pescado un producto muy perecedero (16, 21). En consecuencia, será necesario encontrar formas de presentación que lo hagan atractivo al consumidor y que puedan conservarlo durante un espacio suficiente de tiempo sin menoscabar su calidad nutritiva. En la literatura hay algún intento en este sentido (29), pero referido solamente como sardina cruda. Las dos formas de conservación más extendidas en el momento actual son el enlatado y la congelación. El enlatado de sardina y de atún ha sido ampliamente estudiado (10, 23, 24, 31). Tejada y col. (29) han trabajado en la preparación de pasta de sardina que se almacenaba en congelación, pero se trataba únicamente de sardina cruda. La congelación también ha sido objeto

de atención por otros autores (5), así como la fritura de pescado fresco (5, 28, 30-32) pero no se ha tenido en cuenta, como ha visto Beamonte (5) y Beamonte y col. (6) estudiando las variaciones en el contenido de triptófano durante los procesos culinarios, que la congelación previa puede cambiar la conducta del alimento frente a los procesos culinarios y no hemos encontrado en la literatura información suficiente sobre estos temas.

Teniendo en cuenta que el pescado normalmente se cocina antes de su consumo, sería necesario, antes de plantear nuevas formas de comercialización, conocer cómo influiría la tecnología de conservación y los tratamientos previos sobre los cambios producidos por los procesos culinarios.

El objetivo de este trabajo es estudiar las posibles diferencias existentes en el contenido en grasa y humedad, así como en la composición en ácidos grasos de filetes de sardina fresca, congelada, descongelada en frigorífico y en microondas cuando se someten a un proceso culinario de fritura.

## 2. MATERIAL Y METODOS.

### 2.1. Preparación de la muestra.

Se emplearon sardinas (*Clupea pilchardus*) de tamaños comprendidos entre 21 y 23 cm de largo y 84,7 y 105,1 g de peso. Fueron adquiridas a finales del mes de Noviembre en un mercado minorista de Madrid. Como se pudo comprobar habían sido capturadas en la etapa previa al desove. Se utilizaron 10 Kg de sardinas para el estudio, que se descabezaron, evisceraron y se separaron escamas, cabeza y cola. En este proceso perdieron un 53,9% en peso. Las sardinas ya limpias se abrieron en abanico separándolas en dos mitades, y se agruparon aleatoriamente en ocho lotes de un peso aproximado de 0,5 Kg por lote, que correspondía a 10 medias sardinas. Dos lotes se estudiaron en fresco y otros seis se envolvieron por separado en papel de aluminio y se congelaron a  $-50^{\circ}\text{C}$ , manteniéndolos después a  $20^{\circ}\text{C}$  durante 4 meses. Al final del período de congelación, dos lotes se descongelaron en frigorífico a una temperatura aproximada de  $4^{\circ}\text{C}$  durante unas 12 horas hasta alcanzar aproximadamente unos  $4^{\circ}\text{C}$ , otros dos en horno microondas (durante 4 minutos), modelo GOLDSTAR ER 4350E, con una frecuencia de microondas de 2.450 MHz con el mando selector de potencia en DEFROST (40% de la potencia del horno) y otros dos no se descongelaron. En cada modalidad experimental se analizó un lote en crudo y otro después de frito.

### 2.2 Método de fritura.

El proceso de fritura se realizó en sartén con fondo antiadherente. La temperatura inicial del aceite (Oliva, 1° de acidez, marca KOIPE) fue de  $180^{\circ}\text{C}$ . El tiempo de proceso se alargó, en cada caso, hasta que el pescado alcanzó una temperatura interna entre  $60-70^{\circ}\text{C}$ , que fue cuando había adquirido las condiciones de palatabilidad normales, lo que supuso sobre 4 minutos para los filetes en fresco y

descongelados, y de 10 minutos para los congelados. La proporción filetes de sardinas/ aceite de oliva se mantuvo en 250 g/1 l. La grasa superficial adherida a los filetes se eliminó escurriéndolos suavemente sobre papel de filtro. La composición de los ácidos grasos mayoritarios del aceite de oliva utilizado fue: ácido palmítico 10,5 %, ácido esteárico 3,3 %, ácido oleico 77,9 % y ácido linoleico 6,6 %.

### 2.3. Análisis de las muestras.

*Humedad:* Se determinó por el método de la A.O.A.C. (4), secando la muestra en estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante.

*Grasa total:* Se determinó mediante cuantificación del extracto etéreo. Se utilizó la unidad de extracción Soxhlab U-6 (Kilab, Suecia). Como disolvente de extracción se utilizó éter de petróleo (fracción  $40-60^{\circ}\text{C}$ ).

*Ácidos grasos:* El total de lípidos se extrajo por el método de Bligh y Dyer (8). La grasa extraída se saponificó con hidróxido sódico 0,5N en metanol, y una vez liberados los ácidos grasos se metilaron siguiendo la técnica de Metcalfe y col. (20), modificada por Higón (14). El análisis de los ésteres metílicos se hizo por cromatografía gaseosa, con un cromatógrafo Hewlett-Packard 5890 serie II, con detector de ionización de llama. La inyección, automática, fue de  $0,5\ \mu\text{l}$  de muestra. Se utilizó una columna de acero inoxidable de 2 metros de longitud y  $1/8''$  de diámetro interno. La temperatura de trabajo fue de  $120^{\circ}\text{C}$  durante 5 minutos, incrementándose después a razón de  $10^{\circ}\text{C}$  por minuto hasta llegar a  $210^{\circ}\text{C}$  que se mantuvo hasta completar el análisis. La fase estacionaria fue Supelcoport 2330 al 10% sobre Chromosorb WAW 100-120 (Supelco, Barcelona). El flujo del gas portador fue 30 ml/min y el de hidrógeno y aire 30 y 300 ml/min respectivamente. El análisis cualitativo se hizo por comparación con los tiempos de retención absolutos y relativos de ésteres metílicos de patrones comerciales (Sigma, St. Louis. USA). El análisis cuantitativo se basó en el cálculo de las áreas de los picos con un integrador (Hewlett-Packard 3396 serie II).

### 2.4. Análisis estadístico.

Los valores dados para cada tratamiento y proceso fueron la media de 6 determinaciones. Se compararon entre sí las diferentes muestras crudas (frescas y descongeladas) y las fritas (frescas y descongeladas), así como cada muestra frita con su basal crudo.

Los valores medios se compararon estadísticamente por Análisis de Varianza ( $p < 0,05$ ). Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos las medias se compararon por el test de Duncan ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 3.1. Variaciones en grasa y humedad por la fritura

*Sardina fresca:* En la sardina fresca, el contenido graso fue del 15,44% y el porcentaje de humedad del 60,68% (Tabla I).

Tabla I

**Variaciones en el contenido de grasa y humedad en sardinas frescas, almacenadas en congelación 4 meses, descongeladas en frigorífico o con microondas; crudas o posteriormente sometidas a fritura en aceite de oliva (g/100 g de filetes)**

	Frescas		Congeladas		Descongeladas en frigorífico		Descongeladas con microondas	
	Humedad	Grasa	Humedad	Grasa	Humedad	Grasa	Humedad	Grasa
Crudas	60.68 <sup>Aa</sup> ±0.28	15.44 <sup>Aa</sup> ±0.12	— —	— —	56.55 <sup>Ab</sup> ±0.19	18.01 <sup>Ab</sup> ±0.06	62.87 <sup>Ac</sup> ±0.18	16.25 <sup>Ac</sup> ±0.09
Fritas	43.12 <sup>Ba</sup> ±0.81	21.23 <sup>Ba</sup> ±0.13	45.76 <sup>b</sup> ±0.08	22.29 <sup>b</sup> ±0.20	31.09 <sup>Bc</sup> ±0.24	26.80 <sup>Bc</sup> 0.23	50.81 <sup>Bd</sup> ±0.21	20.27 <sup>Bd</sup> ±0.07

Los valores son medias de 4 determinaciones ± desviación estándar.

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas crudas y fritas.

Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas frescas, congeladas y descongeladas sometidas al mismo tratamiento.

Durante la fritura este porcentaje descendió muy significativamente y el contenido en grasa aumentó. Estos resultados son concordantes con los de otros autores (9,19,28). Cuando los datos se refirieron a sustancia seca (Tabla II) se encontró, sin embargo, que se había perdido grasa durante la fritura. En opinión de Varela (30-32) en un alimento que se fríe, el agua evaporada se sustituye en parte por grasa. Sin embargo, cuando el alimento tiene un alto contenido en grasa, se produce también un intercambio entre la grasa del alimento y la del baño, que puede favorecerse por la evaporación del agua (32). Cuando la pérdida de agua es grande, como en el caso de la fritura, cuando se analiza su composición porcentual, se puede encontrar mayor cantidad de grasa en la sardina frita que en la fresca, aunque lo que realmente haya sucedido en el proceso sea que en el intercambio saliera más grasa que entrara, fenómeno que aclaró la determinación en sustancia seca (Tabla III).

Estos datos son aún más evidentes si se tiene en cuenta que durante el proceso de fritura el contenido de proteína en sustancia seca y las cenizas se incrementan como consecuencia de la pérdida de agua (Alvarez-Pontes, datos sin publicar). Por tanto, la mayor cantidad de grasa, expresada en materia fresca, en los filetes de sardina

frescas y fritas que en sus basales crudos se debió principalmente a la pérdida de agua.

*Sardina congelada:* En la sardina congelada cruda no pudo analizarse, como fácilmente se comprende, ni el contenido en humedad y grasa ni la composición en ácidos grasos, por la necesidad de descongelar previamente con el fin de poder realizar el análisis.

Cuando la sardina se fríó sin descongelar previamente retuvo algo más de agua y grasa que cuando el proceso se realizó en sardina fresca (Tabla I). El aumento de grasa se mantuvo también cuando los datos se expresaron sobre sustancia seca (Tabla II).

Este proceso disminuyó ligeramente el contenido en humedad de la sardina cruda congelada respecto a fresca cruda, incrementándose tanto el porcentaje de grasa, tanto referido a alimento completo como sobre sustancia seca (Tablas I y II). Este incremento en el porcentaje de grasa puede ser, además, consecuencia de un descenso en el contenido de proteína por solubilidad en el exudado (Alvarez-Pontes, datos sin publicar) o bien, como también opinan otros autores (7) a un debilitamiento de los enlaces lípido-proteína durante el almacenamiento en congelación, lo que facilitaría la extracción de la grasa por disolventes.

Tabla II

**Variaciones en el contenido de grasa en sardinas frescas, almacenadas en congelación 4 meses, descongeladas en frigorífico o con microondas; crudas o posteriormente sometidas a fritura en aceite de oliva (g/100 g de filetes)**

	Frescas	Congeladas	Descongeladas en frigorífico	Descongeladas con microondas
Crudas	39.25±0.33 <sup>Aa</sup>	—	41.45±0.15 <sup>Ab</sup>	43.76±0.25 <sup>Ac</sup>
Fritas	37.33±0.22 <sup>Ba</sup>	41.16±0.37 <sup>a</sup>	38.90±0.33 <sup>Bd</sup>	41.20±0.15 <sup>Bc</sup>

Los valores son medias de 4 determinaciones ± desviación estándar.

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas crudas y fritas.

Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas frescas, congeladas y descongeladas sometidas al mismo tratamiento.

Tabla III  
Cambios en la composición en ácidos grasos en sardinas frescas, almacenadas en congelación 4 meses, descongeladas en frigorífico o con microondas; crudas o posteriormente sometidas a fritura en aceite de oliva (g/100 g de ácidos grasos)

	Frescas		Congeladas Fritas	Descongeladas en frigorífico		Descongeladas con microondas	
	Crudas	Fritas		Crudas	Fritas	Crudas	Fritas
C14:0	6.09±0.04 <sup>Aa</sup>	2.33±0.04 <sup>Bb</sup>	2.35±0.04 <sup>Bb</sup>	6.21±0.19 <sup>Aa</sup>	1.66±0.03 <sup>Bc</sup>	6.07±0.19 <sup>Aa</sup>	3.16±0.04 <sup>Ba</sup>
C16:0	19.61±0.17 <sup>Aa</sup>	14.18±0.27 <sup>Bb</sup>	14.48±0.15 <sup>Bb</sup>	20.54±0.80 <sup>Aa</sup>	13.53±0.52 <sup>Bc</sup>	20.28±0.54 <sup>Aa</sup>	16.40±0.36 <sup>Ba</sup>
C16:1	6.80±0.06 <sup>Ab</sup>	2.81±0.31 <sup>Bb</sup>	3.40±0.07 <sup>Bb</sup>	7.20±0.20 <sup>Aa</sup>	2.59±0.15 <sup>Bc</sup>	6.77±0.47 <sup>Aab</sup>	4.14±0.04 <sup>Ba</sup>
C17:0	1.21±0.04 <sup>Aa</sup>	0.47±0.02 <sup>Ba</sup>	0.37±0.10 <sup>Bb</sup>	1.03±0.27 <sup>Aab</sup>	0.34±0.02 <sup>Bc</sup>	0.83±0.18 <sup>Ab</sup>	0.45±0.09 <sup>Bab</sup>
C18:0	3.98±0.06 <sup>A</sup>	3.57±0.09 <sup>Ba</sup>	3.54±0.12 <sup>Bab</sup>	3.86±0.32 <sup>A</sup>	3.23±0.47 <sup>Bb</sup>	3.85±0.11 <sup>A</sup>	3.71±0.17 <sup>Ba</sup>
C18:1	10.77±0.03 <sup>Bb</sup>	51.07±0.60 <sup>Ab</sup>	51.49±0.71 <sup>Aab</sup>	11.43±0.50 <sup>Ba</sup>	58.26±0.31 <sup>Aa</sup>	11.09±0.17 <sup>Ba</sup>	41.34±0.39 <sup>Ac</sup>
C19:0	1.41±0.00 <sup>Aa</sup>	0.40±0.12 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Bc</sup>	1.33±0.50 <sup>Aab</sup>	0.00±0.00 <sup>Bc</sup>	0.97±0.08 <sup>Ab</sup>	0.72±0.00 <sup>Ba</sup>
C18:2 w6	1.33±0.03 <sup>Ba</sup>	4.21±0.09 <sup>Ab</sup>	3.86±0.12 <sup>Ac</sup>	1.51±0.26 <sup>Ba</sup>	4.57±0.18 <sup>Aa</sup>	1.37±0.15 <sup>Ba</sup>	3.56±0.30 <sup>Ac</sup>
C20:0	1.57±0.04 <sup>Aa</sup>	0.82±0.03 <sup>Ba</sup>	1.01±0.23 <sup>Ba</sup>	1.43±0.42 <sup>Aa</sup>	1.00±0.08 <sup>Ba</sup>	1.35±0.10 <sup>Aa</sup>	1.05±0.19 <sup>Ba</sup>
C18:3 w3	4.97±0.03 <sup>Ac</sup>	2.26±0.04 <sup>Bb</sup>	2.18±0.02 <sup>Bb</sup>	5.08±0.07 <sup>Ab</sup>	1.50±0.14 <sup>Bc</sup>	5.33±0.07 <sup>Aa</sup>	2.76±0.03 <sup>Ba</sup>
C20:1	3.26±0.08 <sup>Aa</sup>	1.11±0.04 <sup>Bb</sup>	1.15±0.04 <sup>Bb</sup>	3.05±0.13 <sup>Aab</sup>	0.86±0.09 <sup>Bc</sup>	3.02±0.03 <sup>Ab</sup>	1.52±0.03 <sup>Ba</sup>
C18:4 w3	0.43±0.04 <sup>Aa</sup>	0.23±0.01 <sup>Ba</sup>	0.20±0.02 <sup>Bb</sup>	0.45±0.05 <sup>Aa</sup>	0.21±0.00 <sup>Bab</sup>	0.40±0.02 <sup>Aa</sup>	0.20±0.01 <sup>Bb</sup>
C20:4 w6	7.55±0.05 <sup>Ab</sup>	3.39±0.06 <sup>Bb</sup>	3.29±0.05 <sup>Bb</sup>	7.50±0.21 <sup>Ab</sup>	1.83±0.27 <sup>Bc</sup>	8.61±0.26 <sup>Aa</sup>	4.14±0.07 <sup>Ba</sup>
C20:5 w3	12.44±0.05 <sup>Aa</sup>	4.75±0.05 <sup>Bc</sup>	4.94±0.07 <sup>Bb</sup>	11.01±0.12 <sup>Ab</sup>	3.36±0.15 <sup>Bd</sup>	11.01±0.18 <sup>Ab</sup>	6.39±0.03 <sup>Ba</sup>
C22:5 w3	1.63±0.03 <sup>Aa</sup>	0.81±0.09 <sup>Ba</sup>	0.67±0.01 <sup>Bb</sup>	1.54±0.32 <sup>Aa</sup>	0.44±0.01 <sup>Bc</sup>	1.40±0.13 <sup>Aa</sup>	0.86±0.02 <sup>Ba</sup>
C22:6 w3	16.92±0.08 <sup>Aa</sup>	8.02±0.05 <sup>Bb</sup>	6.81±0.05 <sup>Bc</sup>	16.28±0.33 <sup>Ab</sup>	6.15±0.20 <sup>Bd</sup>	16.35±0.51 <sup>Ab</sup>	9.89±0.13 <sup>Ba</sup>

Los valores son medias de 6 determinaciones ± desviación estándar.

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas crudas y fritas.

Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas frescas, congeladas y descongeladas sometidas al mismo tratamiento.

El proceso de fritura implicó un enriquecimiento del contenido graso expresado sobre sustancia fresca, como consecuencia de la pérdida de agua (Tabla I). Dado que la pérdida de agua producida por la fritura fue elevada, cuando el contenido graso se expresa sobre sustancia seca (Tabla II) se observa que tiene lugar una disminución significativa del contenido graso. Estos cambios son similares a los ya discutido para los filetes de sardina fresca.

*Sardina descongelada en frigorífico o con microondas:* En la sardina cruda no hubo diferencias relevantes entre la descongelación en frigorífico o con microondas, si bien la sardina descongelada con microondas retuvo algo más de agua que la descongelada en frigorífico (Tabla I). En consecuencia, tanto en alimento completo como sobre sustancia seca se detectó en la sardina descongelada con microondas un mayor contenido de grasa (Tabla II). El proceso de fritura implicó una menor pérdida de agua en estos filetes que en los de las otras modalidades, lo que condicionó un contenido relativo de grasa menor (Tabla I). Cuando el contenido de grasa se expresó sobre sustancia seca (Tabla II), encontramos que el proceso de fritura implicó como en las otras modalidades una ligera pérdida de grasa.

### 3.2. Variaciones en la composición en ácidos grasos por la fritura

*Sardina fresca cruda:* La grasa de la sardina fresca cruda tenía un alto contenido en ácido palmítico (C16:0), oleico (C18:1n-9), eicosapentaenoico (C20:5n-3) y docosahexaenoico (C22:6n-3) (Tabla III), lo que coincide con lo encontrado por otros autores en pescados con niveles de grasa superiores al 6% (9,19,31). El porcentaje de ácidos grasos insaturados fue casi el doble del de saturados (AGS) y el de AGP de la serie n-3 cuatro veces mayor que el de la serie n-6, lo que pone de relieve la excelente calidad de la grasa de la sardina bajo el punto de vista de las enfermedades cardiovasculares (16,25-27).

*Sardina fresca frita:* En la fritura se produjo un considerable aumento de oleico, el ácido graso mayoritario del aceite de oliva, y de linoleico (C18:2 n-6), disminuyendo la concentración relativa de todos los demás ácidos grasos y de forma más acentuada de los ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico entre los AGP n-3, araquidónico (C20:4n-6) entre los AGP n-6 y mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) entre los AGS. La concentración total de AGS descendió un 12%, la de AGM aumentó un 34% y la de AGP descendió un 22% (Tabla IV). Con el gran aumento

de oleico en la sardina frita se comprueba una vez más que, durante la fritura, la sardina comienza perdiendo humedad lo que favorece posteriormente la entrada de aceite de fritura. Sin embargo, como se trata de un pescado muy graso, alcanza muy pronto el nivel de saturación y a partir de ahí, cuando el contenido lipídico aumenta, se produce salida de lípidos hacia el aceite de fritura. Gall y col. (9) con pescados de diferente contenido lipídico, encontraron resultados que confirman esta hipótesis. Este intercambio de ácidos grasos parece ser bastante selectivo y tiende a igualar la composición de las dos grasas presentes (19,28,31). Debido también a la entrada de linoleico en los filetes de sardinas, hubo una mayor pérdida de AGP n-3 que de AGP n-6 que hizo que la relación n-6/n-3 aumentara (Tabla IV).

Dado que las diferencias en el contenido de grasa entre sardina fresca cruda y fresca frita no son relevantes, aunque sí significativas, parece que el contenido absoluto de AGS, AGM y AGP se mantendría sin diferencias con lo comentado para el contenido relativo (Tabla IV).

*Sardina cruda y posteriormente congelada y descongelada:* En la sardina congelada cruda y descongelada en frigorífico no se encontraron diferencias significativas para el contenido relativo de AGS respecto a sardina fresca y cruda. Hubo un pequeño aumento de AGM (ácidos palmi-

toleico y oleico) y una disminución de AGP de la serie n-3 (docosahexaenoico y eicosapentaenoico). La disminución de estos ácidos grasos n-3 indica que, durante la congelación y posterior descongelación en frigorífico, la grasa de sardina sufrió, probablemente, un proceso de oxidación puesto que estos ácidos grasos son los más insaturados y, por lo tanto, los más sensibles a la oxidación. La relación C22:6/C16:0, que para algunos autores (7) es un índice de oxidación lipídica, descendió de 0,86 a 0,79 durante el almacenaje en congelación y descongelación en frigorífico.

*Sardina cruda congelada y descongelada con microondas:* El contenido relativo en ácidos grasos de estos filetes de sardina no difirió marcadamente de lo encontrado en filetes de sardina descongelada en frigorífico (Tabla IV). No obstante el total de AGP se retuvo mejor en la sardina descongelada con microondas (Tabla IV), debido al C18:3n-3 y al C20:4n-6, ya que en los demás AGP no hubo diferencias significativas entre las dos formas de descongelación (Tabla III). En los dos casos el contenido de C20:5n-3, C22:5n-3 y C22:6n-3 descendió frente a sardina fresca, no habiendo diferencias significativas entre los dos procesos (Tabla III).

Hearn y col. (13) señalan la estabilidad de los AGP de los pescados después de la utilización en hornos de microondas.

Tabla IV

**Contenido en ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP) de sardinas frescas, almacenadas en congelación 4 meses, descongeladas en frigorífico o con microondas; crudas o posteriormente sometidas a fritura en aceite de oliva (g/100 g de ácidos grasos)**

	Frescas		Congeladas Fritas	Descongeladas en frigorífico		Descongeladas con microondas	
	Crudas	Fritas		Crudas	Fritas	Crudas	Fritas
AGS	33.89 <sup>Ab</sup>	21.68 <sup>Bb</sup>	21.76 <sup>Bb</sup>	34.41 <sup>Aa</sup>	19.76 <sup>Bc</sup>	33.25 <sup>Ab</sup>	25.49 <sup>Ba</sup>
	±0.16	±0.32	±0.33	±0.23	±0.45	±0.58	±0.15
AGM	20.83 <sup>Bb</sup>	55.00 <sup>Ab</sup>	56.03 <sup>Ab</sup>	21.68 <sup>Ba</sup>	61.72 <sup>Aa</sup>	20.89 <sup>Bab</sup>	47.00 <sup>Ac</sup>
	±0.12	±0.49	±0.62	±0.63	±0.44	±0.31	±0.42
AGP	45.28 <sup>Aa</sup>	23.67 <sup>Bb</sup>	21.95 <sup>Bc</sup>	43.37 <sup>Ac</sup>	18.08 <sup>Bd</sup>	44.48 <sup>Ab</sup>	27.81 <sup>Ba</sup>
	±0.16	±0.15	±0.29	±0.15	±0.40	±0.41	±0.18
U/S <sup>1</sup>	1.95	3.63	3.58	1.89	4.04	1.97	2.93
n-6/n-3	0.24	0.47	0.48	0.26	0.55	0.29	0.38

Los valores son medias de 6 determinaciones ± desviación estándar.

<sup>1</sup>U/S: cociente ácidos grasos insaturados / ácidos grasos saturados.

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas crudas y fritas.

Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre filetes de sardinas frescas, congeladas y descongeladas sometidas al mismo tratamiento.

El contenido más elevado de grasa de esta modalidad de filetes supondría, a su vez, un contenido absoluto más elevado de todos los ácidos grasos.

**Sardina descongelada en frigorífico o con microondas y frita:** En la fritura, aunque se mantuvo el importante intercambio entre la grasa de fritura y el alimento, el comportamiento de la sardina descongelada fue diferente según la forma de descongelación. Cuando se descongeló en frigorífico, la entrada de ácido oleico fue un 16,9% mayor que en la descongelación con microondas y un 7% más que en la fresca frita y congelada frita sin previa descongelación (Tabla III). Este fenómeno no puede atribuirse a la congelación en sí, puesto que entre sardina fresca y congelada no hubo diferencia en el porcentaje de ácido oleico. Necesariamente la causa tuvo que ser la forma de descongelar. Como consecuencia de este distinto contenido en AGM, la sardina descongelada en frigorífico perdió más AGS y AGP que la descongelada con microondas y luego frita (Tabla IV). La relación C22:6/C16:0 fue 0,45 en la sardina descongelada en frigorífico y frita, mientras que en la descongelada con microondas y frita fue 0,60 y en la fresca frita 0,56 (Fig.1). Esto parece indicar que la descongelación en frigorífico aumentó la oxidación de la grasa, posiblemente debido a un mayor tiempo de contacto con el oxígeno atmosférico, aunque no debemos olvidar que el proceso de fritura, dependiendo de la composición original de ácidos grasos, puede modificar a su vez el cociente C22:6/C16:0. El contenido absoluto más elevado en grasa de los filetes de sardina descongelados con microondas y fritos implicaría que el contenido en AGS y AGP estaría muy incrementado respecto a la sardina fresca frita, siendo un poco menor el contenido en AGM.

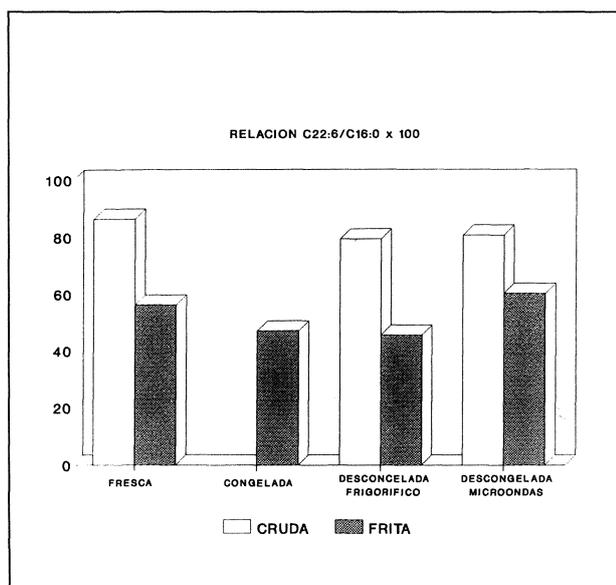


Figura 1

Índice C22:6/C16:0 en la grasa de sardinas frescas, almacenadas en congelación 4 meses, descongeladas en frigorífico o con microondas, crudas o posteriormente sometidas a fritura en aceite de oliva.

**Sardina congelada y frita sin previa descongelación:** La fritura de filetes de sardina congelada tuvo unas características similares a los de sardina fresca. Así, se produjo, con respecto a su basal crudo, un incremento excepcional de ácido oleico, aumento también del ácido linoleico y disminución de todos los demás ácidos grasos mayoritarios (Tabla III).

Cuando se comparan la sardina congelada y frita sin previa descongelación con la sardina fresca y frita se observó que aquéllas habían retenido más C16:1 y C20:5 y menos C18:2, C18:4, C22:5 y C22:6 (Tabla III), manteniéndose la proporción de AGS, incrementándose la de AGM en 1% y disminuyendo en 1,7% la de AGP. En la figura 1 se comprueba que la relación C22:6/C16:0 también está disminuida en las sardinas congeladas y fritas respecto a las frescas y fritas en una proporción equivalente o superior a la disminución observada en sus basales crudos.

Dado que el contenido absoluto en grasa de estos filetes fue casi idéntico al de los filetes descongelados con microondas se observa que el contenido en AGS y AGP de la modalidad congelada sin previa descongelación es menor, mientras que el de los AGM sería mayor.

De los resultados obtenidos se deduce que los tratamientos de congelación y descongelación no producen modificaciones relevantes en el contenido total de grasa ni en la composición de ácidos grasos de las sardinas. La fritura, en aceite de oliva, enriquece el contenido en ácido oleico y, en consecuencia, el contenido total de AGM, tanto en sardinas frescas como en las congeladas o descongeladas, si bien este aumento fue mucho menos marcado en sardinas descongeladas con microondas. El porcentaje de AGS y AGP disminuyó en sentido inverso. Teniendo en cuenta que en las enfermedades degenerativas, como por ejemplo las cardiovasculares, la composición de la grasa de la dieta es incluso más importante que la cantidad (11, 12, 15, 25), podría parecer que la importante pérdida de AGP que se produce en la fritura supondría una disminución de los efectos beneficiosos adscritos a estos ácidos grasos. Sin embargo, si se tiene en cuenta que los AGS juegan un papel negativo en el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares (11, 12, 15) mientras que los AGM reducen el colesterol en plasma (11,12), se puede pensar que tales sardinas fritas no han perdido su efecto beneficioso respecto a las enfermedades cardiovasculares. Tal hipótesis se apoya a su vez en los resultados obtenidos por Sánchez-Muniz y col. (26, 27). Los cocientes C22:6/C16:0 de las sardinas fritas en aceite de oliva, sugieren que el estado en fresco o la descongelación con microondas serían preferibles a la congelación previa o a la descongelación en frigorífico. Pero hay que tener en cuenta, como ya se ha comentado, que en el proceso de fritura hay un intercambio entre los componentes del alimento y la grasa culinaria y por ello podría dudarse de la validez de este cociente cuando se aplica a alimentos fritos.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser útiles a la hora de calcular el contenido lipídico de una dieta en la que se introduzca con frecuencia sardinas, así como una información necesaria para el tecnólogo de los alimentos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (Proyecto ALI 88-0255).

Nuestro agradecimiento más sincero al Instituto del Frío por su colaboración y ayuda en los procesos de congelación.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Anon, P. (1974).- "The effects of food processing on nutritional value."- Inst. of Food Technologists. Experts Panel of Food Safety and Nutrition and the Committee on Public Information.- *Food Technol.* **28**, 77.
- 2.- Anónimo. (1982).- "Consulta Técnica de las Pequeñas Especies Pelágicas en el Area Mediterránea".- 11-14 mayo 1981. Dirección General de Ordenación Pesquera. M.A.P.A.
- 3.- Anónimo. (1988).- "Recent trends in world fish harvest".- *Marine Fish. Rev.* **50**, 57-70.
- 4.- A.O.A.C. (1975).- "Official Methods of Analysis".- 12th Ed.- W. Horwitz, (Ed.).- Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- 5.- Beamonte, A. (1988).- "Estabilidad del triptófano durante los procesos térmicos culinarios de preparación de un pescado graso. Influencia del almacenamiento al estado congelado".- Tesina de Licenciatura. Instituto de Nutrición y Bromatología (CSIC-UCM). Facultad de Farmacia. Madrid.
- 6.- Beamonte, A. y Castrillón, A. M. (1989).- "Variaciones en el contenido de triptófano en sardina (*pilchardus*) originadas por los procesos térmicos culinarios. Papel de la grasa".- *Grasas y Aceites* **40**, 194-198.
- 7.- Beltrán, A. y Moral, A. (1990).- "Gas chromatographic estimation oxidative deterioration in sardine during frozen storage".- *Lebensm. Wiss. Technol.* **23**, 499-504.
- 8.- Bligh, E. G. y Dyer, W. I. ( 1959 ).- "A rapid method of total lipid extraction and purification".- *Can. J. Biochem . Physiol.* **37**, 911-917.
- 9.- Gall, K. L., Otwell, W. S., Koburger, J. A., y Appledorff, H. ( 1983 ).- "Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish filets".- *J. Food Sci.* **48**, 1068-1074.
- 10.- García-Arias, M. T., Sánchez-Muniz, F. J., Castrillón, A. M. y Navarro, M. P. (1994).- "White tuna canning: Total fat and fatty acid changes during processing and storage".- *J. Food Comp. Anal.* (pendiente de aceptación).
- 11.- Grundy, S. M. ( 1987 ).- "Monounsaturated fatty acids, plasma cholesterol, and coronary heart disease".- *Am. J. Clin. Nutr.* **45**, 1168-1175.
- 12.- Grundy, S. M. y Denke, M. A. (1990).- "Dietary influences on serum lipids and lipoproteins".- *J. Lipid Res.* **31**, 1149-1172 .
- 13.- Hearn, T. L., Sgoutas, D. S. y Hearn, J. A. (1987).- "Stability of polyunsaturated fatty acids after microwave cooking of fish".- *J. Food Sci.* **52**, 1430-1431.
- 14.- Higón, E. (1985).- "Consumo de Aceites y Oleoanilidas. Influencia Sobre la Composición del Tejido Adiposo de Rata".- Tesina de Licenciatura. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid.
- 15.- Keys, A., Anderson, J. T. y Grande, F. (1965).- "Serum cholesterol response to changes in the diet. IV. Particular saturated fatty acids in the diet".- *Metabolism* **14**, 776-787.
- 16.- Kinsella, J. E. (1987).- "Seafoods and Fish Oils in Human Health Disease".- Dekker, New York.
- 17.- Kinsella, J. E., Lokesh, B. y Stone, R. A. (1990).- "Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms".- *Am. J. Clin. Nutr.* **52**, 1-28.
- 18.- Kromhout, D., Boschietter, E. B. y Coulander, C. D. (1985).- "The inverse relationship between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease".- *N. Engl. J. Med.* **312**, 1205-1209.
- 19.- Mai, J., Shimp, J., Weihrauch, J. y Kinsella, J. E. (1978).- "Lipids of fish filets: changes following cooking by different methods".- *J. Food Sci.* **43**, 1669-1674.
- 20.- Metcalfe, L. V., Schmitz, A. A., y Pelka, J. R. (1966) .- "Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis".- *Anal. Chem.* **38**, 514-515.
- 21.- Navarro, M. P. (1991).- "Valor nutritivo del pescado. I. Pescado fresco".- *Rev. Agroquím. Tecnol. Alim.* **31**, 330-341.
- 22.- Nestel, P. J. (1990).- "Effects of n-3 fatty acids lipid metabolism".- *Annu. Rev. Nutr.* **10**, 149-167.
- 23.- Pascual, C. (1986).- "Las conservas de atún. Vidrio y calidad.- "Alimentaria **174**, 33-42.
- 24.- Pérez Alvarez-Quifones, M. (1990).- "El Proceso de Enlatado de Sardinias, Repercusiones Nutricionales y Sensoriales de la Fritura y de las Diferentes Fases de Elaboración y Maduración".- Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid.
- 25.- Sánchez-Muniz, F. J. (1987).- "Prevención con dieta para una vida longeva. Relevancia del consumo del pescado".- *Rev. Clin. Esp.* **180**, 43-47 .
- 26.- 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 hypercholesterolemia in rats".- *J. Sci. Food Agric.* **56**, 155-165.
- 27.- Sánchez-Muniz, F. J., Viejo, J. M. y Medina, R. (1991).- "Consideraciones sobre el consumo de pescado azul y riesgo cardiovascular con especial referencia a la composición en ácidos grasos de las familias N-9, N-6 y N-3".- *Nutr. Clin.* **11**, 131-139.
- 28.- Sánchez-Muniz, F. J., Viejo, J. M. y Medina, R. (1992).- "Deep-frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats".- *J. Agríc. Food Chem.* **40**, 2252-2256.
- 29.- Tejada, M., Moral, A. y Borderías, A. J. (1985).- "Conservation de hachis de sardine en entreposage à l'état congelé à 20°C: hachis obtenus à partir de sardine entière, et de sardine étêtée et éviscérée".- *Int. J. Refrig.* **8**, 294-304.
- 30.- Varela, G. (1977).- "Les graisses chauffées: contribution à l'étude du processus de la friture des aliments".- *Bibli. Nutr. Dieta.* **25**, 112-118.
- 31.- Varela, G., Pérez, M. y Ruiz-Roso, B. (1990).- "Changes in the quantitative and qualitative composition of fat from fish, due to seasonality and industrial and culinary processing".- *Bibl. Nutr. Diet.* **46**, 104-109.
- 32.- Varela, G. y Ruiz-Roso, B. (1992).- "Some effects of deep frying on the dietary fat intake".- *Nutr. Rev.* **50**, 256-262.

(Recibido: Mayo 1993)