

## **Parte IV**

### **Composición de ácidos grasos y contenido de triglicéridos y fosfolípidos de la porción H&G de merluza negra irradiada y almacenada a $-18^{\circ}\text{C}$**

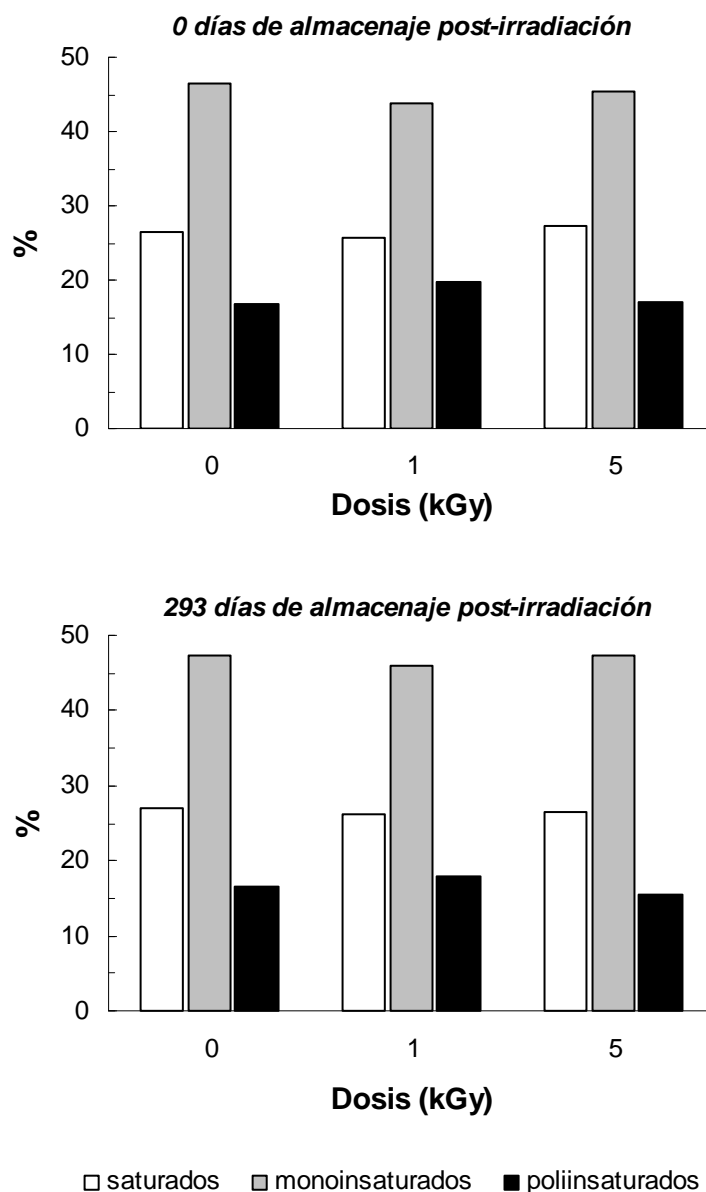
#### **IV.1. Objetivo**

Conocer la composición de ácidos grasos totales y el contenido de triglicéridos y fosfolípidos presentes en la parte anterior y media de la porción H&G de merluza negra congelada, e investigar los cambios en estos parámetros como resultado de la irradiación con 1 y 5 kGy de rayos gamma a los 0 y 293 días de almacenaje a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### **IV.2. Resultados y Discusión**

##### **IV.2.1 Lípidos y ácidos grasos de la porción H&G almacenada a $-18^{\circ}\text{C}$**

La composición de ácidos grasos del músculo de ejemplares juveniles de merluza negra, agrupados según su grado de instauración se presenta en la Figura 31. Al comienzo del almacenaje a  $-18^{\circ}\text{C}$  (0 días de almacenaje post-irradiación) los lípidos totales de las muestras control (0 kGy) mostraron un predominio de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), los que contribuyeron con un 46,6 % al total de los ácidos grasos presentes en las muestras. Los ácidos grasos saturados (AGS) siguieron en importancia, representando un 26,4 % del total, mientras que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) fueron minoritarios (16,7 %). Las proporciones de estos ácidos grasos dieron como resultado una relación insaturados/saturados igual a 2,4.



**Figura 31.** Distribución porcentual de los principales grupos de ácidos grasos en lípidos totales de músculo de merluza negra almacenada a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Un detalle de los ácidos grasos que constituyen los grupos de AGS, AGMI y AGPI se presenta en la Tabla 12, donde el contenido relativo de cada ácido graso es expresado como por ciento del total de ácidos grasos. Se identificaron 27 ácidos grasos, los que aportaron un 89,3% al total de ácidos grasos detectados. El ácido graso predominante fue el linoleico (18:1 n-9), seguido por el palmítico (16:0) y palmitoleico (16:1). Estos tres ácidos grasos comprenden más de la mitad del total de ácidos grasos (56,3%). Con relación a los ácidos grasos n-3, de particular interés fisiológico, se observaron importantes

proporciones de los ácidos eicosapentaenoico (20:5 n-3, 6,2 %) y docosahexaenoico (22:6 n-3, 6,0 %), mientras que el ácido graso esencial alfa-linolénico (18:3 n-3) fue minoritario (0,7 %) (Tabla 12). Los ácidos grasos n-3 prevalecieron sobre los ácidos grasos n-6, observándose una relación n-3/n-6 de 3,38 para el músculo de merluza negra.

Investigaciones realizadas en Australia determinaron la composición de ácidos grasos en el músculo congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  de esta especie pero provenientes de otras zonas de captura. Nichols y col. (1994) informaron para ejemplares capturados alrededor de la Isla Heard (Zona FAO N° 58) que los principales ácidos grasos fueron el 22:6 n-3 (20,3 %), el 18:1 n-9 (17,7 %) y el 16:0 (16,2 %) con un predominio de AGMI y AGPI sobre los AGS, dando una relación insaturado/saturado de 3,5. En ejemplares capturados en la zona de pesca de la Isla Macquarie (Zona FAO N° 81) Wilson y Nichols (2001) determinaron que los porcentajes de ácidos grasos fueron: AGMI (61 %), AGS (23 %) y AGPI (15 %). Los ácidos grasos predominantes fueron el 18:1 (29,8 %) y el 16:0 (14,9 %).

El perfil de ácidos grasos presentado en este trabajo difiere del informado por estos autores. Las diferencias podrían ser debidas a variaciones en la edad y la dieta de los ejemplares, y en la temperatura del agua de las diferentes zonas de capturas (Sikorski, 1994).

El contenido de AG, TG y FL de la muestra control (0 kGy) permaneció constante ( $p > 0,05$ ) hasta los 293 días de almacenaje a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Es decir, los lípidos y ácidos grasos del músculo de ejemplares juveniles de merluza negra capturados en la Zona FAO N° 41 permanecieron estables durante el almacenaje prolongado en estado congelado. Esto concuerda con lo informado por Manthey y col. (1991) y Príncipe y col. (2003) en cuanto a que la especie en el estado congelado presenta estabilidad en términos de productos secundarios de oxidación lipídica.

De lo expuesto es evidente que la porción H&G de merluza negra congelada puede ser calificada como un producto de mar de alta calidad. Esto se explica sobre la base de que la captura, el procesamiento, el congelado y el almacenaje fueron llevados a cabo de acuerdo con el Código de Buenas Prácticas de Manufactura de la Unión Europea para la elaboración de productos de mar congelados (UE, 2004).

**Tabla 12.** Composición de ácidos grasos (% en peso) de lípidos totales del músculo de merluza negra almacenado a  $-18^{\circ}\text{C}$ . <sup>(a)</sup>

Días Post irradiación	0			293		
	0	1	5	0	1	5
12:0	tr	tr	tr	tr	tr	tr
14:0	$4,9 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,1$	$5,2 \pm 0,8$	$4,8 \pm 0,8$	$4,8 \pm 1,0$	$5,4 \pm 1,4$
14:1	$0,3 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
15:0	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,0$
16:0	$15,4 \pm 0,9$	$15,7 \pm 0,9$	$16,7 \pm 0,8$	$14,7 \pm 0,8$	$16,5 \pm 2,5$	$15,7 \pm 0,9$
16:1	$8,8 \pm 0,3$	$8,6 \pm 0,1$	$9,4 \pm 0,6$	$8,5 \pm 0,1$	$9,5 \pm 1,3$	$9,7 \pm 1,3$
17:0	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,0$
17:1	$0,2 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$
18:0	$5,2 \pm 0,8$	$5,0 \pm 0,7$	$5,2 \pm 0,8$	$5,2 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,8$	$4,8 \pm 0,1$
18:1 n-9trans	$0,7 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,3$	$0,2 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,4$
18:1 n-9cis	$32,1 \pm 3,0$	$30,1 \pm 3,6$	$31,5 \pm 2,0$	$32,6 \pm 3,7$	$31,6 \pm 7,1$	$32,0 \pm 5,4$
18:2 n-6cis	$1,8 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,7$
18:2 n-6trans	tr	tr	tr	tr	tr	tr
18:3 n-6	tr	tr	tr	tr	tr	tr
18:3 n-3	$0,7 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,0$	$0,7 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,0$
20:0	$0,2 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,0$	tr	$0,1 \pm 0,0$	$0,1 \pm 0,0$	tr
20:1	$3,2 \pm 0,8$	$3,2 \pm 0,6$	$3,0 \pm 0,7$	$2,6 \pm 1,7$	$2,9 \pm 1,5$	$3,0 \pm 1,5$
20:2 n-6cis	$0,9 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,0$	$0,9 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,5$	$1,4 \pm 0,6$	$1,3 \pm 0,6$
20:3 n-6cis	tr	tr	nd	tr	tr	nd
20:3 n-3cis	tr	tr	tr	tr	tr	tr
20:4 n-6	$0,7 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,0$	$0,7 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,0$	$0,6 \pm 0,1$
20:5 n-3	$6,2 \pm 0,6$	$7,2 \pm 0,8$	$6,5 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,6$	$6,1 \pm 1,2$	$5,5 \pm 1,4$
22:0	tr	tr	nd	tr	tr	nd
22:1n-9	$0,8 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,3$
22:2 n-6cis	$0,5 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,0$
22:6 n-3	$6,0 \pm 1,1$	$9,0 \pm 2,0$	$6,9 \pm 0,0$	$6,0 \pm 1,5$	$7,5 \pm 3,0$	$5,6 \pm 1,6$
24:1	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
No identificado	$10,7 \pm 1,4$	$10,8 \pm 1,3$	$10,2 \pm 1,1$	$10,8 \pm 0,8$	$10,0 \pm 0,2$	$11,2 \pm 0,4$

<sup>(a)</sup> Los valores son promedio de 3 muestras individuales. Cada muestra se analizó por triplicado  $\pm$  ds, tr = trazas ( $< 0.1\%$ ), nd = no detectable.

**Tabla 13.** Contenido de triglicéridos (TG) y fosfolípidos (FL) en músculo de merluza negra almacenada a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Dosis (kGy)	Días de almacenaje post-irradiación			
	0		293	
	<i>TG (mg/mL de aceite)</i>		<i>FL (mg/mL de aceite)</i>	
0	563,07 ± 62,11	533,73 ± 72,53	11,21 ± 4,18	11,81 ± 8,13
1	611,23 ± 62,41	599,47 ± 67,38	17,68 ± 1,93	11,72 ± 6,02
5	648,02 ± 77,37	538,12 ± 71,42	12,97 ± 6,74	6,70 ± 2,89

#### IV.2.2 Efecto de la irradiación sobre los lípidos y ácidos grasos de la porción H&G almacenada a $-18^{\circ}\text{C}$ .

No se detectaron efectos significativos sobre el porcentaje de los AG presentes en el tejido muscular ni sobre el contenido de TG y FL inmediatamente después de la aplicación de 1 y 5 kGy de radiación gamma a la porción H&G de merluza negra congelada (Figura 31, Tablas 12 y 13). Por lo tanto el tratamiento no alteró la relación entre los ácidos grasos insaturados/saturados. Similares resultados fueron encontrados al final del período de almacenaje congelado.

Además, no se observaron cantidades detectables de nuevos ácidos grasos o “artefactos” producidos por la combinación del congelado y la irradiación. También cabe destacar que las dosis de radiación empleadas no indujeron la formación de ácidos grasos *trans* en merluza negra. Este hecho es de interés por cuanto estudios epidemiológicos han demostrado que un incremento en la dieta de ácidos grasos *trans*, está asociado a un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares (Yilmaz y Gecgel, 2007).

Es conocido que la radiación ionizante genera radicales libres los cuales, en alimentos con alto contenido graso, son capaces de causar daños oxidativos en lípidos altamente insaturados (Giroux y Lacroix, 1998). Sin embargo, en estado congelado, la movilidad y la capacidad de reacción de tales radicales libres está restringida (Diehl, 1990), lo que lleva a explicar en parte la ausencia de efectos de la radiación gamma sobre los lípidos y ácidos grasos de la especie aquí estudiada.

Desde el punto de vista de sus lípidos y ácidos grasos, los juveniles de merluza negra son estables frente al almacenaje en estado congelado.

El efecto de la radiación gamma sobre la composición de ácidos grasos ha sido también evaluada en otros pescados grasos almacenados a bajas temperaturas. Lakshmanan y col. (1999) encontraron que dosis de 1,5 y 2 kGy no tuvieron efectos adversos sobre los AGPI n-3 de caballa de la India almacenada entre 0 y 2°C durante 14 días. Sin embargo Al-Kahtani y col. (1996) observaron que en el caso de caballa española irradiada con dosis entre 1,5 y 10 kGy algunos ácidos grasos decrecieron (16:0 y 16:1) y otros incrementaron (18:0 y 18:1) inmediatamente luego de la irradiación. Estos cambios no fueron consistentes con los observados durante el almacenaje a  $2 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 20 días ya que las mayores variaciones las presentó el 18:2. En filetes de arenque envasados al vacío tratados con 50 kGy a 0°C no se observaron cambios significativos en las cantidades relativas de AGS, AGMI y AGPI (Adam y col., 1982). Específicamente, los ácidos grasos 20:5 y 22:6 no fueron afectados por la radiación aún después del almacenaje a 0°C durante 28 días. Además, en aceite de arenque tratado con dosis de 50 kGy no se observó ninguna modificación en los AGPI (Delincée, 1983b).

Globalmente estos resultados muestran que la irradiación de pescado congelado con alto contenido graso no tiene efectos detrimentales sobre los lípidos ni sobre los ácidos grasos, incluyendo aquellos de alto valor nutricional tal es el caso de los AGPI.