

## Efecto de la dieta sobre la composición en ácidos grasos de la trucha (*Salmo gairdnerii*)

M. de la Higuera,\* A. Murillo †, G. Varela\* y S. Zamora

Departamento Interfacultativo de Fisiología Animal  
Universidad de Granada  
Granada

(Recibido el 7 de abril de 1976)

M. DE LA HIGUERA, A. MURILLO (†), G. VARELA and S. ZAMORA. *Diet Effect on Fatty Acids Composition in Trout (Salmo gairdnerii)*. *Rev. esp. Fisiol.*, 32, 317-322. 1976.

The effect of diets with different fatty acids composition on muscular and hepatic fatty acids of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) was studied. The effect was higher on muscular fatty acids than on hepatic ones. The lack of correlation between dietary and liver fatty acids in diets with a high level of linoleic acid, showed a better utilization of this acid by the liver. The change in muscular fatty acids pattern was observed within a week of diet change, showing a significant tendency to approach the new dietary fatty acids pattern.

El factor que mayoritariamente afecta a la composición de los ácidos grasos tisulares de los peces es la dieta. Hecho importante ya que peces mantenidos con dietas pobres en grasa presentan deficiencias en ácidos poliénoicos, lo que indica que estos animales no pueden sintetizar estos ácidos. Estudios bioquímicos directos confirman estas conclusiones al demostrar que los peces no pueden sintetizar ácidos grasos *de novo* a partir de acetato (7, 8); sin embargo, pueden convertirlos en ácidos grasos poliinsaturados

de cadena más larga. Un esquema completo sobre interconversiones entre ácidos grasos poliinsaturados ha sido propuesto por KAYAMA y TSUCHIYA (5); pero el problema de la existencia de inhibiciones competitivas entre familias de ácidos grasos poliinsaturados, bien documentadas en mamíferos (4), es de esperar que se intensifique, en el caso de los peces, por la existencia de una más amplia gama de ácidos grasos poliinsaturados.

En el presente trabajo se estudian las posibles interrelaciones y dependencias, que podrían producirse por el uso de dietas diferentes en cuanto a su composición lipídica y que podrían causar acúmulos lipídicos importantes y/o modificar la composición en ácidos grasos tisulares.

\* Dirección actual: Departamento de Fisiología, Facultad de Veterinaria, Ciudad Universitaria. Madrid - 3.

### Material y métodos

Truchas arco-iris (*Salmo gairdnerii*), de peso medio de 45 g, fueron obtenidas de una piscifactoría local (Riofrío, Granada) y distribuidas en cubas de polietileno (100 × 50 × 60 cm) en número de diez por cuba. La instalación (2) resuelve a un tiempo la fácil evacuación, aireación y termorregulación (15 ± 1° C) del agua.

El período experimental fue de dos meses, excepto en el ensayo de cambio de dieta que fue de una semana. Durante estos períodos se les suministró alimento *ad libitum*.

Las dietas utilizadas fueron preparadas, a partir de una dieta comercial tomada como control (dieta 1), por adición de aceite de algodón (dieta 2), aceite de girasol (dieta 3), aceite de maíz (dieta 4), aceite de oliva (dieta 5) o aceite de tocino\* (dieta 6), hasta obtener el nivel graso y la composición en ácidos grasos deseada. La composición de dichas dietas empleadas viene dada en la tabla I.

El nitrógeno total fue determinado según el método de Kjeldahl. El factor utilizado para la conversión de nitrógeno en proteína fue 6,25.

La grasa total fue determinada gravimétricamente por extracción según el método de Soxhlet, con la variante de que el

\* El aceite de tocino utilizado fue suministrado por el Departamento de Lipoquímica del Patronato Juan de la Cierva del C.S.I.C., al que se agradece la colaboración prestada.

éter sulfúrico utilizado se destila previamente sobre sodio metálico con el objeto de eliminar los posibles peróxidos y se guarda en botella oscura, con atmósfera de nitrógeno y una espiral de cobre reducido. Estas precauciones tienen por objeto evitar, en último término, la oxidación de la grasa.

Los ácidos grasos fueron metilados según la técnica de STOFFEL (10) y determinados por cromatografía gaseosa usando una columna de etilen-glicol-succinato (1,676 × 0,317 m) a 180° C; temperatura del inyector, 240° C; nitrógeno como gas vector (40 ml/min) y detector de llama de hidrógeno.

Se han estudiado las correlaciones existentes sobre los ácidos grasos de 14:0 a 18:2 $\omega$ 6 átomos de carbono de la dieta con los correspondientes en músculo e hígado.

### Resultados y discusión

En las tablas II y III se expresa el contenido lipídico total así como la composición en ácidos grasos de la grasa muscular y hepática, que presentan los animales que ingirieron las distintas dietas.

En lo que respecta al contenido de grasa total, se observa que hay una tendencia al aumento en el caso del músculo (tabla II) en aquellos animales que ingieren una dieta enriquecida en lípidos. Esta tendencia no es observable en hígado (tabla III) a excepción de los animales alimentados con la dieta 6, que presentan un contenido porcentual de casi cuatro veces

Tabla I. Composición (%) en proteína, grasa y ácidos grasos mayoritarios de la grasa de las dietas experimentales.

Dieta	Proteína	Grasa	14:0	16:0	16:1 $\omega$ 7	18:0	18:1 $\omega$ 9	18:2 $\omega$ 6
1	50,4	6,5	4,2	25,9	4,3	12,2	35,3	18,1
2	45,0	16,2	2,2	18,4	2,2	7,2	26,6	43,4
3	44,9	16,1	1,9	14,2	1,9	8,3	29,4	44,3
4	44,8	15,9	1,9	18,2	1,8	6,4	35,3	36,4
5	45,1	16,1	1,9	16,0	1,8	6,9	61,0	12,4
6	48,1	18,0	2,3	16,8	3,8	7,3	57,6	12,3

Tabla II. Composición (%) en ácidos grasos de la grasa muscular según la dieta ingerida.\*  
Valores medios de 10 animales.

Dieta	Grasa muscular	14:0	16:0	16:1 $\omega$ 7	18:0	18:1 $\omega$ 9	18:2 $\omega$ 6	18:3 $\omega$ 3	20:0
1	4,4	2,9	18,2	7,0	9,1	39,1	19,9	—	3,8
2	4,8	2,1	17,9	4,0	6,3	31,1	34,3	2,7	1,7
3	6,0	1,8	14,5	3,9	6,1	32,9	34,2	3,5	3,2
4	5,9	2,1	17,8	3,9	6,2	39,3	26,9	1,9	1,9
5	6,4	1,8	16,2	4,8	6,1	53,3	12,0	2,1	3,5
6	6,5	1,9	16,1	4,7	6,8	59,4	8,3	—	—

\* Existe una correlación positiva ( $p < 0,001$ ) entre los ácidos grasos musculares con respecto a los de la dieta.

el valor de los animales control (15,5 % frente a 3,9 %). Este hecho podría atribuirse a que la grasa animal es poco o nada utilizable por la trucha, lo que coincide con FOWLER y WOOD (3), quienes encontraron en salmón «chinook» grandes acúmulos de complejos lipoproteicos en hepatocitos, con degeneraciones subsiguientes, por ingestión de dietas suplementadas con grasa animal. Sin embargo, una dieta similar suplementada con aceite vegetal no producía estos efectos.

Las correlaciones existentes entre los ácidos grasos de la dieta (tabla I) y los correspondientes ácidos grasos musculares de los animales de todos los lotes considerados (tabla II) son altamente significativas ( $p < 0,001$ ), justificado, en parte, por una acumulación de ácidos grasos de la dieta en el músculo, como queda de

manifiesto al considerar los valores de la columna de grasa muscular en la tabla II. También hay que considerar que existe una estrecha dependencia respecto de la dieta ingerida, y los animales metabolizarían los ácidos grasos de modo proporcional a su contenido porcentual, no existiendo ninguna selectividad metabólica para un determinado ácido graso.

En hígado (tabla III) las correlaciones, ácido graso de la dieta-ácido graso hepático, son más dispares y parecen depender del contenido en ácido linoleico (18:2 $\omega$ 6) de las dietas. Por tanto, estas correlaciones significativas para las dietas 1, 5 y 6 podrían atribuirse al más bajo contenido en 18:2 $\omega$ 6 de las mismas y también, en el caso de la dieta 1, al bajo contenido graso o a la oxidación de la grasa en los procesos industriales de secado.

Tabla III. Composición (%) en ácidos grasos de la grasa hepática según la dieta ingerida.\*  
Valores medios de 10 animales.

Dieta	Grasa hepática	14:0	16:0	16:1 $\omega$ 7	18:0	18:1 $\omega$ 9	18:2 $\omega$ 6	18:3 $\omega$ 3	20:0	20:1 $\omega$ 9	20:2 $\omega$ 5	20:3 $\omega$ 6
1	3,9	2,7	19,9	5,2	9,7	40,5	18,8	—	3,2	—	—	—
2	4,2	1,5	23,8	2,3	13,3	22,0	21,4	0,8	1,2	3,0	6,4	4,3
3	4,1	1,4	27,7	2,4	11,5	25,4	21,6	1,5	1,7	1,0	2,8	3,0
4	4,2	1,5	25,6	2,7	10,3	25,2	17,5	3,1	3,6	2,3	2,8	5,4
5	4,5	2,0	25,5	3,5	10,0	39,3	8,0	2,7	2,6	—	—	6,5
6	15,5	1,9	28,1	5,8	9,8	46,5	7,9	—	—	—	—	—

\* Existe una correlación positiva entre los ácidos grasos hepáticos y los de las dietas 1, 5 y 6 ( $p < 0,01$ ).

Sin embargo, el hecho de que no exista correlación entre los ácidos grasos dietéticos y hepáticos para las dietas 2, 3 y 4, caracterizadas por un elevado contenido en linoleico, ayuda a afirmar la esencialidad de este ácido graso para la trucha. Al mismo tiempo, en hígado, existe una más amplia gama de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente para las dietas 2, 3 y 4 (tabla III), lo que indica la existencia de una síntesis activa de estos ácidos por el hígado (11).

Esta síntesis dependería en su mayoría del linoleico, como lo demuestra el hecho de que este ácido disminuye proporcionalmente más con respecto a la dieta en aquellos hígados de truchas alimentadas con dietas en que las disponibilidades de ácido linoleico son mayores. Estos ácidos grasos poliinsaturados (especialmente los de 20 átomos de carbono) son biosintetizados en los tejidos de los mamíferos por un sistema enzimático localizado en la fracción mitocondrial hepática a partir fundamentalmente de 18:2 $\omega$ 6 (y en menor proporción de 18:1 $\omega$ 9) por elongación de la cadena carbonada y la aparición de nuevos dobles enlaces (6), lo que hace probable la existencia de dicho sistema enzimático en la trucha. No es sorprendente, por tanto, encontrar en los lípidos hepáticos una amplia gama de ácidos grasos de cadena larga ausentes en la dieta.

En resumen, de la composición porcentual en ácidos grasos de las fracciones lipídicas muscular y hepática, en comparación a la de las dietas con que fueron

alimentados los animales de cada uno de los lotes estudiados, se puede observar una semejanza que es más estrecha en el caso de la grasa muscular que en el de la hepática. Esto podría explicarse, en parte, porque los ácidos grasos tienden a depositarse directamente en músculo, mientras que el hígado refleja interconversiones entre familias de ácidos grasos (9).

Las variaciones cualitativas de los ácidos grasos corporales, como consecuencia del cambio en la composición de los ácidos grasos dietarios, suelen aparecer muy prontamente (1) y, de hecho, al cabo de la primera semana la grasa muscular ha iniciado una tendencia significativa a asemejarse a la nueva grasa dietética. En la tabla IV se observa el efecto de la dieta sobre el contenido en ácidos grasos musculares de la trucha por ser ésta la fracción corporal más representativa y más interesante desde el punto de vista práctico. La composición en ácidos grasos se encuentra, en la mayoría de los casos, en valor intermedio entre las dos grasas dietéticas a pesar de la enorme diferencia entre la composición en ácidos grasos de las mismas.

Dada la estrecha dependencia que muestra la composición lipídica de la trucha con el contenido cuantitativo y cualitativo de la grasa de la dieta, es de gran importancia disponer de un mejor conocimiento de las necesidades energéticas en forma lipídica, tanto cuantitativa como cualitativa, para obtener una más completa formulación de dietas que permitan di-

Tabla IV. Composición (%) del músculo en ácidos grasos tras una semana del cambio de dieta.\*

Valores medios.

Dieta	Número de animales	14:0	16:0	16:1 $\omega$ 7	18:0	18:1 $\omega$ 9	18:2 $\omega$ 6	18:3 $\omega$ 3	20:0
5	4	1,6	14,9	3,1	5,7	40,0	30,1	2,7	1,9
2	5	1,6	16,4	3,7	6,6	36,9	29,2	3,2	2,5

\* Existe una correlación positiva ( $p < 0,05$ ) entre los ácidos grasos musculares y los de la dieta.

rigir el metabolismo de los lípidos hacia un mejor aprovechamiento de la grasa dietética.

### Resumen

Se estudia el efecto de dietas de distinto contenido en ácidos grasos sobre la composición en ácidos grasos musculares y hepáticos de la trucha (*Salmo gairdnerii*). Los resultados indican una mayor correlación entre ácidos grasos de la dieta y los ácidos grasos musculares que entre aquéllos y los ácidos grasos hepáticos. La falta de correlación dieta-hígado para aquellas dietas con un más alto nivel de ácido linoleico indica la gran utilización del mismo por el hígado de la trucha. A la semana del cambio de dieta, el patrón de ácidos grasos musculares inicia una tendencia significativa a asemejarse al patrón de ácidos grasos de la nueva grasa dietética.

### Bibliografía

1. BRAEKAN, O. R., LAMBERTSEN, G. y ANDERSSSEN, J.: *Fiskeridirektoratets Skriyester Teknologiske Undersokelser*, 5, 12-17, 1971.
2. CAMACHO, I., MURILLO, A., VARELA, G., MOREIRAS-VARELA, O. y ZAMORA, S.: *Cuad. C. Biol.*, 4, 57-70, 1975.
3. FOWLER, L. G. y WOOD, E. M.: *Prog. Fish. Cult.*, 28, 123-129, 1966.
4. HOLMAN, R. T.: *Fed. Proc.*, 23, 1062-1067, 1964.
5. KAYAMA, M. y TSUCHIYA, Y.: *Tohoku J. Agric. Res.*, 15, 259-267, 1962.
6. KLENK, E.: *Advances in Lipid Research*. Vol. 3 (R. Paoletti y D. Kritchevsky, eds.). Academic Press, New York, 1965, pág. 1.
7. KLENK, E. y KRAMER, G.: *Z. Physiol. Chem.*, 320, 218-232, 1960.
8. MEAD, J. F., KAYAMA, M. y REISER, R.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37, 438-440, 1960.
9. STICKNEY, R. R. y ANDREWS, J. W.: *J. Nutr.*, 102, 258-265, 1972.
10. STOFFEL, W.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 99, 238-244, 1958.
11. YU, T. C. y SINNHUBER, R. O.: *Lipids*, 10, 63-66, 1975.

