

ニジマスおよびコイにおける硬化油の消化率

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	竹内, 俊郎 渡辺, 武 荻野, 珍吉
巻/号	45巻12号
掲載ページ	p. 1521-1525
発行年月	1979年12月

ニジマスおよびコイにおける硬化油の消化率^{*1}

竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉

(1979年7月10日受理)

Digestibility of Hydrogenated Fish Oils in Carp and Rainbow Trout

Toshio TAKEUCHI^{*2}, Takeshi WATANABE^{*2}, and Chinkichi OGINO^{*2}

The digestibility of beef tallow and various hydrogenated fish oils with different melting points (mp.) was determined with carp and rainbow trout. The experiment was also conducted to see the effects of fish size and water temperature on the digestibility of these lipids.

The digestibility of hydrogenated fish oils was found to be affected by their mp. and increased as mp. decreased. Whereas the digestibility of dietary protein was as high as 98% without regard to that of lipids. The hydrogenated oils of mp. 53°C was significantly low in digestibility in both carp and rainbow trout, especially in the fish weighting less than 10 g. On the other hand, the beef tallow and the hydrogenated fish oil of mp. 38°C were effectively utilized by both the fish, more than 70% in digestibility regardless of the fish size and water temperature, indicating that these lipids are available as a dietary energy source without any adverse effects on fish growth, feed conversion, or survival, when they are used with some marine lipids to provide the necessary level of essential fatty acids.

先に、硬化油のような固体脂も必須脂肪酸 (EFA) を含む肝油等と併用すれば、ニジマスおよびコイ用飼料のエネルギー源としてある程度利用できることを報告した¹⁾。しかし、実用に際しては硬化油の融点 (mp.) と消化率との関係を明らかにする必要がある。そこで、今回は mp. の異なる硬化魚油、牛脂および肝油の消化率を、魚の大小および飼育水温との関連において調べた。さらに、飼料脂質とふんへ排泄された脂質の脂肪酸組成の關係についても検討した。

実験方法

試験飼料の組成は Table 1 に示した。コイおよびニジマスとも飼料のタンパク質 (カゼイン) および脂質の含量はそれぞれ 40% および 10% とした。

供試魚のニジマス、*Salmo gairdneri*, およびコイ、*Cyprinus carpio*, は試験開始前にカゼイン飼料に十分に慣らしたものをを用いた。

今回の試験では先づ、硬化油 (mp. 53°C) と肝油あるいは EFA とを種々の割合で混合した場合の脂質およびタンパク質の消化率を測定し、硬化油の消化率に対する肝油や EFA の影響および脂質の消化率がタンパク質の消化率に及ぼす影響を調べた。次いで mp. が異なる 3

Table 1. Composition of the basal diet for rainbow trout and carp

Ingredient	%
Casein	40
α -Starch	15
Dextrin	20
Cellulose	10
Lipid	10
Mineral mix.	4
Vitamin mix.	1
Chromic oxide	0.5

種の硬化魚油 (mp. 38, 45 および 53°C) および牛脂を用い、これら脂質の消化率に及ぼす水温の影響および魚の大小の影響を調べた。最後に、飼料脂質がふんへ排泄される脂質の脂肪酸組成に与える影響を調べた。

採ふん方法および間接法による消化率の測定は既報^{2,3)}に準じて行つた。ふん中脂質は FOLCH らの方法⁴⁾で抽出した後、総脂質の脂肪酸組成を GLC で分析した。GLC の分析条件は既報⁵⁾に準じた。

なお、実験に用いた脂質は理研ビタミン油 (株) より入手したもので、各脂質の脂肪酸組成は Table 2 および 6 に示した。

*1 Studies on Nutritive Value of Dietary Lipids in Fish—XX.

*2 東京水産大学水族栄養学講座 (Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato-ku, Tokyo 108).

Table 2. Fatty acid compositions of dietary lipids(%)

Fatty acid	Pollock liver oil	Beef tallow	Hydrogenated fish oil		
			mp.*38	mp.*45	mp.*53
14:0	5.8	3.2	4.9	7.9	5.4
16:0	10.8	24.6	18.7	24.0	19.7
16:1	7.7	3.2	7.4	5.4	2.4
18:0	3.3	19.2	8.9	9.3	25.1
18:1	13.7	38.7	21.5	7.8	6.4
18:2 ω 6	0.8	1.3	0.9	0.8	-
18:3 ω 3	0.3				
18:4 ω 3	2.1				
20:0	-		3.5	6.9	11.7
20:1	20.1	0.6	11.0	8.8	5.7
20:2 ω 9			5.0	3.7	1.1
20:5 ω 3	9.7				
22:0			2.4		10.9
22:1	14.6		9.2		7.1
22:5 ω 3	0.7				
22:6 ω 3	3.7				
24:0			0.5	2.6	0.7
24:1			0.8	1.0	0.4

* mp.: melting point (°C)

結果および考察

硬化油の消化率に及ぼす肝油および EFA 添加の影響 mp. 53°C の硬化油を用いた場合の試験結果を Table 3 に示した。硬化油 (mp. 53) 単用区はニジマスおよびコイとも脂質の消化率が著しく低いが、硬化油の一部をタラ肝油で置き換えると消化率が改善され、タラ肝油添加量に比例して消化率も高くなり、タラ肝油単用区が最も

優れていた。しかし、タンパク質の消化率は各区とも 98% 以上の値を示し、脂質の種類や消化率に影響されないことがわかった。一方、硬化油の一部をリノール酸、リノレン酸あるいは ω 3 HUFA などの EFA で置換しても、同量の肝油で置換したときと同程度の消化率しか得られず、特に EFA が硬化油の消化率を改善することはなかつた (Fig. 1)。次に、mp. が 53, 45 および 38°C の硬化魚油 および 牛脂を用いてニジマスで同様の実験を行つたところ、Fig. 2 に示すように、53°C の硬化油を用いた試験結果と同様、肝油の添加量の増加にともない消化率は直線的に改善された。このように、脂質の消化率と硬化油の添加量との間に相関関係が得られたところから、硬化油そのものの消化率は肝油を添加しても改善されないことがわかった。すなわち、肝油の添加量が増加すると脂質の消化率が改善されるのは、単に消化率の高い脂質が増加したためと考えられる。

硬化油の消化率と融点および飼育水温 各種脂質の消化率に及ぼす飼育水温の影響をコイを用いて調べた結果を Table 4 に示す。飼育水温が 12.0~27.5°C の範囲では、肝油の消化率が最も優れ、90% 前後の値を示した。肝油に比べ牛脂および mp. 38°C の硬化魚油は多少劣り、71.2~89.7% であつた。硬化油の mp. が 45°C になると水温の影響を大きく受け、水温が低下すると脂質の消化率も著しく低下した。mp. 53°C の硬化油の消化率はいずれの水温においても低く、30~40% であつた。竹内・石井* はコイを用いてラード、大豆油およびヤシ油の消化率を測定し、飼育水温が 15°C と 25°C では消化率に大きな差はないと報告している。コイの結果および水温 18°C で測定したニジマスの結果を

Table 3. Effect of dietary levels of hydrogenated fish oil on the apparent digestibility of protein and lipid in rainbow trout and carp

Dietary lipid	Rainbow trout* ¹		Carp* ²
	Lipid	Protein	Lipid
10% Hydrogenated fish oil* ³	14.5(%)	98.0(%)	39.3(%)
7% Hydrogenated fish oil + 3% Pollock liver oil	44.5	98.1	54.1
5% Hydrogenated fish oil + 5% Pollock liver oil	59.0	98.3	69.2
3% Hydrogenated fish oil + 7% Pollock liver oil	82.6	98.5	73.7
9% Hydrogenated fish oil + 1% 18:3 ω 3	31.8	-	-
9% Hydrogenated fish oil + 1% ω 3HUFA	28.7	-	-
7% Hydrogenated fish oil + { 1.5% 18:2 ω 6 1.5% 18:3 ω 3	-	-	58.7
5% Hydrogenated fish oil + 5% ω 3HUFA	59.3	-	-
10% Pollock liver oil	96.0	98.9	89.2

*¹ Water temperature: 17.5°C, Body weight: 54-78 g, 6 fish/lot*² Water temperature: 27.5°C, Body weight: 14.5-16.5 g, 15 fish/lot.*³ Melting point: 53°C.

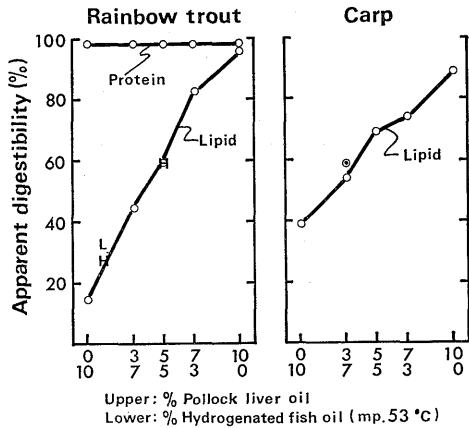


Fig. 1. Relationship between dietary levels of hydrogenated fish oils and the apparent digestibility of protein and lipid in rainbow trout and carp. The signs of L, H, and ● in the figures indicate those obtained from the fish fed hydrogenated fish oils containing respectively methyl linolenate, ω3 HUFA, and methyl linoleate plus methyl linolenate (1:1).

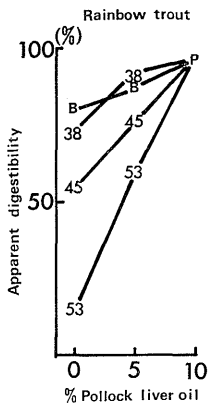


Fig. 2. Relationship between dietary levels of hydrogenated fish oils with different melting points and their apparent digestibility in rainbow trout. Curves with marks of P, B, 38, 45, and 53 indicate pollock liver oil, beef tallow, hydrogenated fish oils (mp. 38°C, 45°C, and 53°C) containing pollock liver oil.

Table 4. Effect of water temperature on the apparent digestibility of dietary lipid in carp (%)

Dietary lipid	Water temperature (°C)		
	12*1	24*1	27.5*2
Pollock liver oil	91.2	88.7	89.2
Beef tallow	72.3	89.7	81.5
Hydrogenated fish oil			
mp. 38°C	72.2	82.9	71.2
mp. 45°C	37.1	59.9	62.6
mp. 53°C	34.1	31.5	39.3

*1 Body weight: 32-36 g, 10-12 fish/lot.

*2 Body weight: 15-17 g, 15 fish/lot.

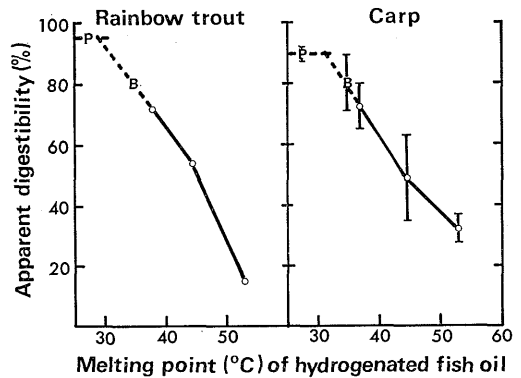


Fig. 3. Relationship between melting points of hydrogenated fish oils and their apparent digestibility in rainbow trout and carp. The signs of P and B in the figures indicate those obtained from pollock liver oil and beef tallow. Mean ± SD in the right figure was calculated from the values determined at different water temperatures.

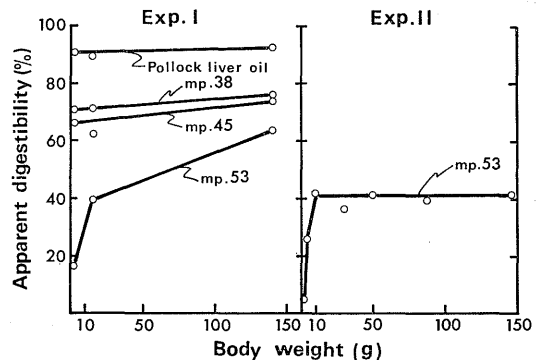


Fig. 4. Relationship between fish size and apparent digestibility of hydrogenated fish oils with different melting points in carp.

Fig. 3 にまとめて示した。ニジマスおよびコイにおける脂質の消化率は脂質の mp. に大きく左右され、mp. の上昇にともない著しく低下した。

硬化油の消化率と魚の大小 コイおよびニジマスを用いて測定した各種脂質の消化率と魚の大小の関係を Table 5 に示した。なお、コイで2回行った試験を Exp. I および II, ニジマスの試験を Exp. III とした。

Exp. I では mp. が 45°C までの脂質の消化率はコイの大小に関係なくほぼ一定の値を示したが、mp. 53°C

Table 5. Effect of fish size on the apparent digestibility of pollock liver oil and hydrogenated fish oil with different melting points in Experiments I and II (carp) and Experiment III (rainbow trout)

Experiment I* ¹ Carp	Body weight (g)		
	1.5	11.2-17.2	123-146
Pollock liver oil	90.7(%)	89.2(%)	92.4(%)
Hydrogenated fish oil mp. 38°C	70.7	71.2	76.1
mp. 45°C	66.7	62.6	73.8
mp. 53°C	16.5	39.3	63.6

Experiment II* ² Carp	Body weight (g)						
	1.1	2.8	11.4	32.2	53.5	89.7	149.9
	(%)						
Hydrogenated fish oil mp. 53°C	4.8	25.7	42.2	35.8	40.9	38.9	41.4

Experiment III Rainbow trout	Body weight (g)	
	10.7* ³	54-78* ⁴
Pollock liver oil	93(%)	96(%)
Hydrogenated fish oil mp. 53°C	22	15

*¹ Water temperature: 27.5°C, 1.5 g: 60 fish/lot, 11.2-17.2 g: 15 fish/lot, 123-146 g: 5 fish/lot.*² Water temperature: 23°C, 1.1±0.3 g: 200 fish/lot, 2.8±0.4 g: 70 fish/lot, 11.4±0.9 g: 20 fish/lot, 32.2±2.6 g: 10 fish/lot, 53.5±5.1 g: 6 fish/lot, 89.7±2.7 g and 149.9±15.0 g: 5 fish/lot.*³ Water temperature: 18.0°C, 10.7 g: 20 fish/lot.*⁴ Water temperature: 17.5°C, 54-78 g: 6 fish/lot.**Table 6** Fatty acid compositions of the dietary and fecal lipids and the apparent digestibility of dietary lipids and energy in rainbow trout*¹

	Fat-free (feces)		3% SO* ² 2% PLO* ³		10% CFLO* ⁴		10% HFO* ⁵ (mp. 53°C)	
	1-2 weeks	3-4 weeks	diet	feces	diet	feces	diet	feces
Apparent digestibility (%)								
Lipid	-	-	89.9		92.5		21.8	
Energy	87.3	83.6	85.2		85.1		72.8	
Fatty acid	(area %)							
12:0	38.1	74.7	-	2.1	-	5.0	-	1.2
14:0	8.3	4.7	2.4	2.8	3.2	4.2	5.4	5.7
16:0	11.8	4.2	10.7	17.8	13.4	9.6	19.7	21.1
16:1	14.8	5.7	3.1	5.7	5.1	4.2	2.4	2.8
18:0	7.1	1.9	3.9	8.1	2.9	6.5	25.1	21.3
18:1	7.6	4.0	20.1	19.2	16.5	14.2	6.4	8.3
18:2 ω 6	1.9	0.4	5.1	16.2	0.2	0.8	-	0.4
18:3 ω 3	1.0	0.4	0.1	2.0	0.9	0.5	-	-
20:0	0.3	0.1	-	-	-	0.8	11.7	11.0
20:1	0.4	0.2	8.0	10.0	9.1	13.4	5.7	5.8
20:5 ω 3	-	-	3.9	1.2	13.6	2.3	-	-
22:0	-	-	-	-	-	-	10.9	10.4
22:1	0.7	0.3	5.8	8.3	5.6	12.2	7.1	5.7
22:6 ω 3	1.0	0.3	1.5	1.6	14.7	6.3	-	1.1

*¹ Water temperature: 18°C, Body weight: 10.7 g, 20 fish/lot.*² Soybean oil.*³ Pollock liver oil.*⁴ Cuttlefish liver oil.*⁵ Hydrogenated fish oil (mp. 53°C).

の硬化油では 1.5 g のコイで著しく低下した。そこで、mp. 53°C の硬化油について追試を行つた (Exp. II)。その結果、Fig. 4 に示したように Exp. I と同様 10 g 以下のコイでは消化率が著しく低下した。しかし、10 g 以上 150 g までのコイでは消化率に大きな変動はなかつた。

ニジマスは体重 10 g および 60 g 前後のものをを用いて試験を行つたが、タラ肝油あるいは mp. 53°C の硬化魚油でも魚の大小による消化率の差は認められなかつた。北御門ら⁹⁾は、ニジマスの飼料タンパク質の消化率を検討し、体重 5~6 g 程度までの稚魚では、タンパク質の消化率が成魚よりもかなり低いところから飼料タンパク質の消化機能は未だ十分に具っていないが、10 g 程度にまで成長すると一応成魚に劣らない位飼料タンパク質を消化できるのではないかと報告している。今回の脂質の場合は、10 g 以下の魚では mp. の高い硬化油の消化率が低いので、仔稚魚の飼料に硬化油を使用する場合には、mp. に十分注意する必要があると考えられた。また、タンパク質と同様脂質の消化能も 10 g 以下では劣るものと推察された。

飼料脂質とふん脂質の脂肪酸組成 飼料脂質とニジマスのふん中に排泄された脂質の脂肪酸組成を Table 6 に示した。まず、無脂肪飼料で飼育した時、排泄されるふん脂質の脂肪酸組成を 1・2 週目と 3・4 週目とにわけて調べた。その結果、1・2 週目では C₁₄、C₁₆ および C₁₈ の飽和酸とモノエン酸の割合が多かつたが、3・4 週目になると C₁₂ のラウリン酸が 74.5% と極めて高い割合を占めた。また、無脂肪飼料で飼育すると ω3 系列の脂肪酸はほとんど排泄されないことがわかつた。そこで、4 週間無脂肪飼料で飼育後のニジマスに、種々の飼料脂質を給餌し、ふん脂質の脂肪酸組成を調べた。大豆油と肝油の混合油およびイカ肝油添加区では、飼料脂質に比べふん脂質の脂肪酸は飽和酸および C₂₀、C₂₂ のモノエン酸の割合が高く、ω3 系列酸の割合がかなり少なかつた。なお、リノール酸含量の高い大豆油を含む混合油添加区でふん中にリノール酸の割合が多くなつた。白ネズミ⁷⁾ および子羊⁸⁾ においてもリノール酸含量の高い大豆油やベニバナ油を与えるとふん脂質脂肪酸中のリノール酸の割合が高くなることが知られている。魚油硬

化油区では、添加脂質の脂肪酸がそのままふん脂質に反映されていた。これは、mp. 53°C の硬化魚油の消化率が低いため、未消化の脂質がそのまま排泄されたためと考えられる。

以上、牛脂や mp. 38°C の硬化魚油は飼育水温や魚の大小による影響を受けにくく、いずれも 70% 以上の消化率を示すことから、飼料のエネルギー源としてかなり有効であると判断された。MURRAY ら⁹⁾ および YU ら¹⁰⁾ もそれぞれ Channel catfish およびニジマスでラードや牛脂がエネルギー源として使えることを報告している。しかし、mp. 53°C の硬化魚油はコイ、ニジマスいずれにおいても消化率が低く、さらに 10 g 以下の魚では消化率が著しく低下するので、飼料脂質としては不適当であろう。今回は 10% の脂質含量で試験を行つたが、脂質含量の違いにより消化率が異なる¹¹⁾ という報告もあるため、この点に関してはさらに検討する必要がある。

文 献

- 1) 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉：日水誌，44，875-881 (1978)。
- 2) 荻野珍吉・柿野 純・陳 茂松：日水誌，39，519-523 (1973)。
- 3) 古川 厚・塚原 宏子：日水誌，32，502-506 (1966)。
- 4) J. FOLCH, M. LEE, and G. H. S. STANLEY: *J. Biol. Chem.*, 226, 497-507 (1957)。
- 5) T. WATANABE and T. TAKEUCHI: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 42, 893-906 (1976)。
- 6) 北御門 学・森下達雄・立野新光：日水誌，30，50-54 (1964)。
- 7) 石原源次・河野寿子・長谷川忠男：栄養と食糧，31，610-615 (1978)。
- 8) D. M. WALKER and G. B. STOKES: *Br. J. Nutrition*, 24, 425-433 (1970)。
- 9) M. W. MURRAY, J. W. ANDREWS, and H. L. DELOACH: *J. Nutrition*, 107, 272-280 (1977)。
- 10) T. C. YU, R. O. SHINNHUBER, and G. B. PUTNAM: *Prog. Fish-Cult.*, 39, 95-97 (1977)。
- 11) A. M. PHILLIPS, JR: in "Fish physiology" (ed. by W. S. HOAR and D. J. RANDALL), Vol. I, Academic Press, New York, 1969, pp. 391-432。