養殖マダイの生理学的研究-III

酸化油の消化率ならびに酸化油摂取後の血漿および
肝すい臓成分の経時変化

坂口 宏海・浜口 章

(1978年11月20日受理)

Physiological Studies on Cultured Red Sea Bream-III
Digestibility and Changes of Chemical Constituents in Plasma
and Hepatopancreas after Feeding of Oxidized Oil.Hiromi SAKAGUCHI*¹ and Akira HAMAGUCHI*²

Red sea bream, *Chrysophrys major*, were kept on diets containing 11% of fresh (POV 5) or oxidized pollack residual oil (POV 1,550) for 40 days.

After 20 days of feeding, the digestibility of fat was measured on 20 fish. The rest of the fish were kept for another 20 days on the experimental diets. After 2, 6, 24, 48 and 72 hours following the last feeding, the fish were sacrificed for the measurement of chemical components in the plasma and hepatopancreas.

The digestibility of the fresh oil was 91%, whereas that of the oxidized oil was as low as 77%.

Hyperglycemia was observed in 2 to 24 hours following the administration of the oxidized oil, but elevation of blood glucose level was not significant in fish fed the fresh oil. Intake of the fresh oil was followed by a rise of triglyceride level in the plasma 2 to 6 hours later, but in the case of the oxidized oil its level remained almost unchanged.

Fat content of the hepatopancreas of fish fed the oxidized oil decreased sharply between 2 and 6 hours and then showed a tendency to increase. The administration of the oxidized oil induced remarkable decrease of glycogen in the hepatopancreas.

前報¹⁾では、酸化油を含む飼料で飼育したマダイの血漿中の脂質含量が、正常油を与えた魚のそれより低いことを報告した。竹内²⁾はコイに標識リノール酸メチルエステル過酸化物を投与した実験で、過酸化物はほとんど吸収されないと報告している。また NISHIDA ら³⁾は、過酸化物を含む脂肪はネズミにおける脂肪の吸収を著しく阻害することを認めており、マダイにおいても酸化油はその毒性とともに脂質の吸収を抑制するものと考えられる。

本報では上記の推測を確かめるために、マダイ若年魚に前報¹⁾の7および10区の試験飼料に類似した飼料を投与し、添加油の消化率ならびに飼料摂取後の血漿および肝すい臓中の糖および脂質成分の変化を経時的に調べた。その結果、脂肪の消化率や血漿、肝すい臓中の諸成分は添加油の性状によって強く影響されることを認めたので、ここに報告する。

実験方法

供試魚および飼育法 供試マダイ, *Chrysophrys major*, は兵庫県立水産試験場でふ化、飼育した生後約5か月の若年魚(平均体重42g)で、試験開始の前日まで市販の配合飼料を給餌した。

試験飼料は前報¹⁾の7および10区の飼料を多少改良したもの(11および12区)である。すなわち米ら⁴⁾のマダイ試験飼料 YR-1 のビタミン混合物中のビタミン B₂ および E を同量のセルロース粉末で置き換え、また添加油を9gから11gに増やしてセルロース2gを除いた。添加油の過酸化物価は11区(前報¹⁾7区の改良型)5, 12区(10区の改良型)1,550であつた。

各区の供試魚数は60尾とし、20尾ずつを前報¹⁾と同じ施設で飼育した。

飼料は2時間ごとに1日5回与え、毎回飽食させた。

*¹ 長崎大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki 852)

*² 兵庫県立水産試験場 (Fisheries Experimental Station of Hyogo Prefecture, Akashi, Hyogo Pref. 673)

Table 1. Body conditions and digestibility of fat in the red sea bream fed fresh or oxidized oil

Days	Group*1 No.	Body*1 weight (g)	Fatness*2	Digestibility*3 of fat (%)
0	11	40±4	23.0±1.1	91.4
	12	41±6	22.7±1.3	
22	11	46±8	23.7±1.0	
	12	44±9	23.1±1.4	
40	11	48±7	22.4±2.0	77.2
	12	43±6	21.5±1.2	

*1 The compositions of test diet for groups No. 11 and 12 were the same as those of test diet for groups No. 7 and 10 in the previous paper, respectively, except that the amounts of fresh and oxidized pollack residual oils were increased to 11% of the basal diet and that cellulose powders were omitted instead.

*2 mean±S.D. (n=20-35)

*3 pooled sample of 20 fish.

また飼育期間中の水温は 18~20°C に保った。

消化率試験 試験魚を上記の条件で 19 日間飼育した後、酸化クロムを 1% 含む飼料を各区 20 尾の魚に 3 日間給餌した。最終給餌の 2.5 時間後に MS-222 で麻酔、開腹し腸内容物を採取して古川らの方法⁹⁾で消化率を測定した。

肝すい臓および血漿成分の経時変化 消化率試験に使用しなかつた両区の魚各 40 尾をさらに 20 日間試験飼料で飼育し、飼料摂餌後の血漿および肝すい臓成分の経時変化を調べた。供試魚には分析試料採取当日、2 時間ごとに 2 回給餌し、最終給餌の 2, 6, 24, 48 および 72 時間後に各区 8 尾ずつから前報¹⁾と同様の方法で血漿および肝すい臓を採取した。

分析は血漿のトリグリセライド、総コレステロール、遊離脂肪酸およびグルコース含量を市販の臨床検査用試薬キット(和光純薬工業(株))で、また肝すい臓のグリオゲンをアンスロン法¹⁰⁾で、水分および脂肪含量を常法で測定した。なお分析は血漿成分は個体別に、肝すい臓成分は 8 尾の混合試料を用いて行なった。

結 果

成長および消化率 正常油を摂取した 11 区のマダイの体重はわずかに増加したが、酸化油投与群(12 区)はほとんど増重しなかつた(Table 1)。肥満度は両区間に差はなかつた。なお飼育期間中にへい死魚はなかつた。

消化率は 11 区 91%, 12 区 77% で、酸化油投与群で多少低い結果が得られた(Table 1)。

肝すい臓の重量比および化学成分の経時変化 給餌直後の肝すい臓の重量比は両区とも 1.8 前後であつたが、12 区では 24 時間後まで減少し、その後安定した(Fig. 1)。一方正常油投与群では 24 時間後まではほとんど変化なく、その後に漸減し、終了時には両区の差はなくなつた。

摂食 2 時間後の 12 区の魚の肝すい臓の脂肪含量は約

Fig. 1. Effect of oxidized oil on the hepatosomatic index.

Vertical line indicates S.D.

—●— oxidized oil, —○— fresh oil.

Fig. 2. Effect of oxidized oil on fat in the hepatopancreas.

—●— oxidized oil, —○— fresh oil.

15%であつたが、6時間後までは急激に減少し、約10%となつた(Fig. 2)。24時間後まで同程度の値を維持するが、その後上昇し、終了時には2時間後とほとんど同じレベルまで回復した。11区では初期の変化はほとんどないが、24~48時間後に減少し、終了時の油含量は酸化油投与群の約77%であつた。

Fig. 3. Effect of oxidized oil on glycogen in the hepatopancreas.

—●— oxidized oil, —○— fresh oil.

Fig. 4. Effect of oxidized oil on fat/glycogene ratio in the hepatopancreas.

—●— oxidized oil, —○— fresh oil.

Fig. 5. Effect of oxidized oil on plasma triglyceride.

Symbols are the same as those in Fig. 1.

Fig. 6. Effect of oxidized oil on plasma free acid.

Symbols are the same as those in Fig. 1.

Fig. 7. Effect of oxidized oil on plasma total cholesterol.

Symbols are the same as those in Fig. 1.

正常油摂取魚のグリコーゲン含量は 48 時間以後にわずかに減少した (Fig. 3)。他方 12 区では時間の経過とともに激減し、終了時の含量は 2 mg/g にすぎなかった。脂肪とグリコーゲンの比は Fig. 4 に示したように正常油投与群では 2~3 であつたが、12 区では時間の経過とともに上昇し、72 時間後には約 73 に達した。

血漿成分の経時変化 正常油投与魚の血漿トリグリセライド含量は摂餌 2~6 時間後に 400~500 mg/100 ml と著しく上昇したが、その後減少し、24 時間以降はほぼ一定の含量を維持した (Fig. 5)。他方、酸化油を摂取したマダイでは 24 時間後まで漸減した後増加し、終了時には両区とも同程度の値を示した。

遊離脂肪酸量は 11 区では 6 時間以降わずかに減少したが、12 区では 48 時間後まで上昇し続けた (Fig. 6)。

コレステロール含量は両者の間にかなり大きな差がみられたが、摂餌後の変化の傾向は類似していた (Fig. 7)。

血糖値にも両者の間に大きな差異が認められた。すな

Fig. 8. Effect of oxidized oil on plasma glucose. Symbols are the same as those in Fig. 1.

わち 11 区では 24 時間後まで漸増し、以後ほとんど変化しなかったが、12 区では 24 時間後まで高血糖が持続した (Fig. 8)。

考 察

コイ²⁾では投与した過酸化物はほとんど吸収されない。同様の結果がネズミ⁷⁾でも得られている。NISHIDA ら⁸⁾によると、ネズミに過酸化物を含む脂肪を与えると脂肪の消化率が大幅に阻害されるという。本実験条件下ではマダイにおける酸化油の消化率は 77% であり、正常油にくらべてかなり低下している (Table 1)。また正常油摂取魚では、給餌 2~6 時間後に食餌性脂血症を呈するが、酸化油投与魚にはそのような現象は認められなかった (Fig. 5)。これらの結果から、マダイにおいても過酸化物が脂肪の吸収を阻害していると考えられる。

ONO ら⁹⁾によると、酸化油を投与したニジマス⁹⁾の肝臓重量比は正常油摂取魚にくらべて高くなっているが、マダイではそのような結果は得られなかった (Fig. 1)。この相違が魚種の違いによるものか、あるいは用いた油の種類や性状など実験条件の違いによるものか明らかでない。

ニジマス⁹⁾では酸化油の投与により、肝臓中の脂肪の増加およびグリコーゲンの減少が認められている。マダイにおいても酸化油の投与により肝臓中のグリコーゲンが著しく減少した。他方脂肪量は 6~24 時間後に減少した後上昇し、48 時間以降は正常油投与群の含量を上回った。また酸化油投与 40~50 時間後に採取した前報¹⁾の 9 および 10 区のマダイの肝臓組織には脂肪変性が認められた (未発表)。したがってマダイにおいても酸化油の投与が脂肪変性の原因と考えられるが、酸化油摂取 6~24 時間後にみられた肝臓脂肪の一時的な減少がいかなる機構によるものか明らかでない。

SHIBATA ら⁹⁾は過酸化物を与えたネズミで肝臓グリコーゲンの減少と脂肪肝の発現を認め、その原因が過酸化物による解糖系酵素の活性上昇と、TCA 回路中の酵素の不活性化によるものであろうと推測している。酸化油を摂取したマダイにも同様の現象が認められたが、これが SHIBATA ら⁹⁾がネズミで推測したものと同様の機構によるものか否かは明らかでないので今後検討したい。

酸化油を投与したコイ¹⁰⁾あるいは自然発症セコケコイ^{11,12)}の血糖値は一般に高く、また糖耐性は低い。17 週間酸化油を投与したマダイ¹²⁾では血糖値に影響は見られていない。しかし本実験では酸化油を摂取したマダイの血糖値は摂餌後 2~24 時間は正常群のそれにくらべてかなり高くなっている (Fig. 8)。したがってマダイにおいてもコイの場合と同様に酸化油の投与によつて血糖値は上昇するといえる。また酸化油摂取魚の肝臓や腎臓の組織像に異常が認められている (未発表) ことなどから、本実験 12 区のマダイにもセコケコイの場合と同様に糖尿病様の症状を呈していたとも考えられる。これらの点についてはさらに酸化油投与魚の糖耐性などを調べることにより確かめたい。

終りにのぞみ、有益なご助言をいただいた淡水区水産研究所横手元義博士、長崎大学水産学部道津喜衛教授にお礼申し上げるとともに試験遂行に際し常にご鞭撻とご助言をいただいた兵庫県立水産試験場井沢康夫前場長に深謝します。

文 献

- 1) 坂口宏海・浜口 章: 日水誌, 45, 449-453 (1979).
- 2) 竹内昌昭: 日水誌, 38, 155-15 (1972).
- 3) T. NISHIDA and F.A. KUMMEROW: *J. Lipid Res.*, 1, 450-458 (1960).
- 4) 米 康夫・藤井正人: 九大水実研報, No. 2, 25-32 (1974).
- 5) 古川 厚・塚原宏子: 日水誌, 32, 502-506 (1966).
- 6) S. SEIFTER, S. DAYTON, B. NOVIC, and E. MUNTWYLER: *Arch. Biochem.*, 25, 191-200 (1950).
- 7) 衣巻豊輔・柴田 宣和・荒井 君枝: ビタミン, 35, 188-194 (1967).
- 8) T. ONO, F. NAGAYAMA, and T. MASUDA: *J. Tokyo Univ. Fish.*, 46, 97-109 (1960).
- 9) N. SHIBATA, T. KINUMAKI, H. OKUDA, and S. FUJII: *Agr. Biol. Chem.*, 37, 1899-1904 (1973).
- 10) 渡辺 武・土屋孝夫・橋本芳郎: 日水誌, 33, 843-847 (1967).
- 11) M. YOKOTE: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 36, 1214-1218 (1970).
- 12) M. YOKOTE: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 36, 1219-1223 (1970).