



Title	酸化脂質の魚類脂質代謝に及ぼす影響：Ⅰ．酸化脂質投与によるコイ臓器脂質の変動
Author(s)	飯島, 憲章; IIJIMA, Noriaki; 座間, 宏一 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 29(3), 282-290
Issue Date	1978-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23655
Type	departmental bulletin paper
File Information	29(3)_P282-290.pdf



酸化脂質の魚類脂質代謝に及ぼす影響

I. 酸化脂質投与によるコイ臓器脂質の変動

飯島憲章*・座間宏一*

Influence of Oxidized Lipid on the Lipid Metabolism in the Fish

I. Changes of carp organo-lipids caused
by oxidized lipid ingestion

Noriaki IJIMA* and Kōichi ZAMA*

Abstract

Toxicity caused by a long term ingestion of oxidized lipid was investigated in carp. The fatty acid methylester prepared from soybean oil was autoxidized by air blowing at 10°C. An oxidized ester (POV 680 meq/Kg) was used for the test.

Young carps weighing about 30 g were divided into four groups: A group being fed on a casein-gelatin diet containing purified methylester (PSME) and α -tocopherol (I), B group on a diet containing oxidized soybean oil methylester (OSME) and α -tocopherol (II), C group on a diet (I) without α -tocopherol, and D group on a diet (II) without α -tocopherol. Each group was reared for 15 weeks.

The growth rate in the fish ingested with OSME (B and D groups) began to slow down after 10 weeks.

The non-phospholipid contents of the intestine of these groups (B and D) showed a decrease in contrast to A group. On the other hand, phospholipid contents of hepatopancreas of B, C and D groups were slightly higher than that of A group. A decrease in docosahexaenoic acid in the phospholipid of the intestine and hepatopancreas was observed in B, C and D groups.

In the blood plasma, the total lipid and phospholipid in B and D groups showed lower quantities as compared to A group. However, the levels of GOT and GPT of B and D groups were higher than those of A group.

In conclusion, the long term ingestion of the oxidized lipid favorably influenced the lipid metabolism in the organ of carp.

緒 言

近年、養魚餌料の変質と魚類の疾病ならびにへい死との関係が重視され、なかでも餌料中に含まれる脂質の酸化は、これを摂取する養魚の成長および生存率の低下をきたし、直接的に養魚の商品価値ならびに生産性の低下を誘発する原因となっている。

橋本ら¹⁾は、コイに酸化脂質を投与すると背こけ病と称される筋ジストロフィーが発症するが、DL- α -トコフェロール投与によって防止できることを報告している。しかしながら、BHA や BHT²⁾³⁾

* 北海道大学水産学部食品化学第一講座
(Laboratory of Food chemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

などの合成抗酸化剤あるいは β - γ - δ -トコフェロール⁴⁾ ではその効果が認められない。

さらに、渡辺ら⁹⁾ は、コイの筋ジストロフィーが酸化イワシ油中のパーオキシドとは別のある種の酸化生成物によっても引き起こされることを推定し、酸化サンマ油を酸化モノマー、ダイマーとポリマーおよび二次生成物の三区分に分別し、それぞれの作用について検討した結果、筋ジストロフィーはこれら三種の異なった毒性成分の総合した作用の結果引き起こされると推察している。また、秦⁶⁾ らは、リノール酸メチルエステルから調製したヒドロパーオキシドならびに二次生成物をコイに投与することによって、成長率の低下、背こけ病の発症、さらに TBA 価の増大することをみている。

コイの筋ジストロフィーはビタミン E 欠乏によっても誘発され、成長率の低下やアトロフィーなどの症状を呈し、血清たん白質量の増大、体油脂肪酸組成の変動などがみられる⁷⁾。さらに、筋肉では総たん白質濃度および筋原繊維たん白質の著減、特にミオシンとアクトミオシンが著しく減少することが明らかにされている⁸⁾。また、渡辺ら⁹⁾¹⁰⁾ は、コイ成魚におけるビタミン E 欠乏症について検討した結果、ビタミン E 欠乏によって脂質代謝に異常をきたすことを示唆している。

横手¹¹⁾¹²⁾¹³⁾ は、コイの筋ジストロフィーの発症機構を検討し、背こけ病のコイでは血糖量が増大し、ブドウ糖耐性が低下し、さらに糖尿がみられることから、背こけ病魚においては糖代謝に異常が起ることを認めている。

このように、酸化脂質の投与あるいはビタミン E 欠乏餌料の投与によって、コイでは筋ジストロフィーなどの障害が起るのみならず代謝系に異常の起る可能性も考えられるが、さらに酸化脂質投与とビタミン E 欠乏餌料投与の場合では各臓器に対して異なった障害を起す可能性も推定される。

そこで本研究では、養魚臓器における脂質代謝に及ぼす酸化脂質投与の影響を明らかにすることを目的とし、本報では、酸化脂質を投与した場合のコイ臓器脂質の変動について、ビタミン E 欠乏餌料を投与した時の影響とともに比較検討した。

試料および実験方法

大豆油脂脂肪酸メチルエステルの調製ならびに酸化エステルの調製

抗酸化剤無添加の大豆油 (旭油脂 KK) をケン化して得た脂肪酸を 3% 硫酸メタノールによってエステル化を行ない、脂肪酸メチルエステルを調製した。

このメチルエステルを三角フラスコ中、50°C で乾燥空気吹き込みにより POV が約 100meq/kg に達するまで酸化させたのち、さらに 10°C で酸化を続け POV が約 700meq/kg の酸化エステルを得た。これを試料酸化脂質とし N₂ ガスを充填後、-20°C に保存した。投与エステルの性状は表 1、脂肪酸組成は表 2 に示す。

飼育試験

本学部七飯養魚実習施設より入手した平均体重約 30g のコイ幼魚を表 3-1、表 3-2 に示す A~D の餌料投与群 (各群 15 尾) に分け、本学部内に設置した 50l の実験水槽 (水温 20~25°C) で 15 週間飼育した。なお、各群とも A 群の餌料で試験前 1 週間予備飼育を行なった。投餌量 (湿重量) はいずれの群とも体重の 5% とした。

Table 1. Property of dietary methyl ester

Dietary oil	IV	POV	COV	n_D^{20}
Methyl ester	129.5	8.0	13.0	1.4590
Oxidized methyl ester	128.0	680.0	198.0	1.4606

Note: Methyl ester was prepared from soybean oil.

Table 2. *Fatty acid composition of dietary methyl ester (weight %)*

C _n :m*	Methyl ester	Oxidized methyl ester
16:0	11.35	11.11
:1	0.29	0.36
17:0	-	-
:1	-	-
18:0	2.69	3.49
:1	22.73	22.30
:2	55.80	54.61
:3	7.14	8.13

Note: HITACHI 063 gas chromatograph; DEGS column (1 m×3 mm i.d.); column temp. 205°C, injection temp. 255°C, N₂ gas flow rate 40 ml/min.

* n; Number of carbon atom m; Number of double bond

Table 3-1. *Composition of basal diet (g)*

Casein (Vitamin free)	54	DL-Methionine	1
Gelatin	15	L-Tryptophan	0.5
White dextrin	8	Mineral mix.	4
Cellulose powder	8	Vitamin mix.	1*

* DL- α -tocopherol was eliminated from the formula of Halver et al.

Table 3-2. *Compositions of administered methyl ester and Vitamin E*

Composition	A group	B group	C group	D group
Basal diet (g)	91.5	91.5	91.5	91.5
Methyl ester (g)	10	-	10	-
Oxidized methyl ester (g)	-	10	-	10
DL- α -tocopherol (mg)	20	20	-	-

試験餌料は Halver¹⁴⁾ の処方にて若干の修正を加えて行なった。

腸, 肝すい臓ならびに筋肉脂質の分析

飼育試験開始 15 週後に, 各群より 5 尾ずつ取り出し, 血液採取, 内臓摘出後以下の分析に供した。腸, 肝すい臓ならびに筋肉からの脂質抽出は Bligh-Dyer 法に準じて行ない, 全脂質量は重量法により測定した。またリン脂質量は Fiske-Subbarow 法によって分析した脂質リン量に 25 を乗じることによって算出した。

全脂質の薄層クロマトグラフィー (TLC)

腸, 肝すい臓ならびに筋肉の全脂質を調製 TLC (吸着剤: Silicagel G (MERCK), 展開剤: エーテル) によって非リン脂質区分ならびにリン脂質区分に分画した。さらに, 非リン脂質区分についてはヘキサン・エーテル・酢酸 (85:15:1, V/V) を, リン脂質区分についてはクロロホルム・メタノール・酢酸・水 (25:15:4:2, V/V) を展開剤とする TLC (吸着剤: Silicagel G (MERCK)) を行ない,

OZUMOR 自動記録式濃度計により脂質組成を検討した。

脂肪酸組成

脂質成分の脂肪酸組成は塩酸メタノール法により脂肪酸メチルエステルを調製後、日立 063 型ガスクロマトグラフ (DEGS 3mm×1m, 205°C, N₂ 40ml/min) により測定した。

血液性状

血液の採取はコイの心臓ならびに背大動脈より行ない、2000rpm, 5分間の遠心分離後、血しょうを採取し、表4に示す試験項目の分析に供した。なお、総脂質量は分析した脂質成分の総計として表示した。

Table 4. Analytical methods of chemical composition and enzyme activity of blood plasma

Item	Methods
Total protein	Biuret
Albumin	BCG
Phospholipid	Ernster (Lipid P×25)
Total cholesterol	Zak-Henly's
Triglyceride	Acetyl Acetone
Free fatty acid	Itaya-Ui's
Glutamic oxalacetic transaminase (GOT)	Reitman-Frankel's
Glutamic pyruvic transaminase (GPT)	Reitman-Frankel's

実験結果

15週間の飼育期間におけるコイの平均体重増加率は図1に示すごとく、各試験群間の増加率の差異は飼育10週目で明らかとなり、試験終了時の15週目では、酸化脂質投与のB,D群は他の2群に比し、増加率が明らかに劣っていた。

腸、肝すい臓ならびに筋肉の体重比、全脂質量、非リン脂質量およびリン脂質量を表5に示す。臓器一体重比はB,D群の肝すい臓でわずかながら低下する傾向がみられ、腸ならびに筋肉では4群の間で顕著な差は認められない。脂質量についてみると、腸では、対照のA群に比べB,D群でリン脂質量がわずかに増大しているが、非リン脂質量の減少が著しく、このためにB,D群における全脂質量の顕著な減少となってあらわれている。これに対し、肝すい臓では非リン脂質量に各試験群間で有意な差異は認められないが、リン脂質量ではB,C,D群で増大することが認められる。筋肉では、リン脂質量に変動はみられないが、

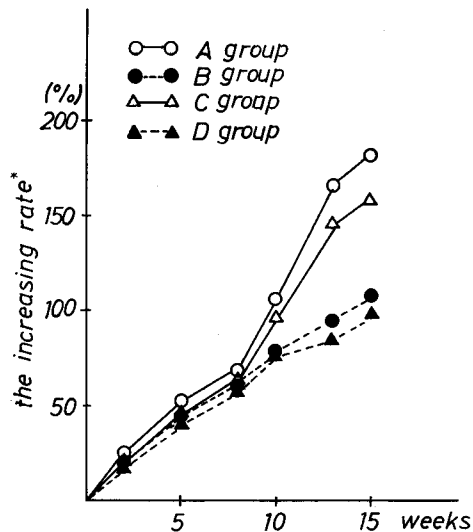


Fig. 1 Growth curve of carp.

* The increasing rate: $A-B/B \times 100$
A: Body weight, B: Initial body weight

Table 5. Contents of total lipid and phospholipid in the carp

	Group	(O.W/B.W)×100	Total lipid (mg/g)	Phospholipid (mg/g)	Non-phospholipid* (mg/g)
Intestine	A	2.26 ±0.57	36.70 ± 3.15	11.76 ±1.45	24.94 ±3.79
	B	2.38 ±0.26	32.28 ^{a)} ± 2.07	14.50 ±3.12	17.78 ^{b)} ±4.61
	C	2.09 ±0.10	35.21 ± 2.25	14.24 ±2.02	21.07 ±2.50
	D	2.02 ±0.20	30.70 ^{a)} ± 4.66	14.91 ^{b)} ±1.48	15.79 ^{b)} ±3.54
Hepato-pancreas	A	1.92 ±0.25	37.99 ± 8.88	11.12 ±1.92	26.87 ±3.60
	B	1.26 ^{b)} ±0.26	41.96 ±10.27	16.84 ^{a)} ±2.65	25.12 ±7.96
	C	1.45 ^{a)} ±0.14	40.35 ± 4.67	15.30 ^{b)} ±3.31	25.05 ±5.22
	D	1.20 ^{b)} ±0.14	42.30 ± 7.61	15.09 ^{a)} ±2.21	27.21 ±6.49
Muscle	A	38.24 ±2.63	15.54 ± 1.98	5.77 ±0.77	9.77 ±2.69
	B	36.90 ±1.81	10.02 ^{b)} ± 0.59	5.31 ±0.25	4.71 ^{b)} ±0.50
	C	37.13 ±0.60	10.17 ^{b)} ± 1.12	5.55 ±0.86	4.62 ^{b)} ±1.00
	D	36.72 ±1.67	10.90 ^{a)} ± 1.36	4.47 ±0.42	6.43 ^{b)} ±1.14

Mean value±SD O.W.: Organ weight,B.W.: Body weight

Each group consists of five pieces of carp

** Non-phospholipid = Total lipid - Phospholipid

a) In comparison with the control, P=<0.5

b) In comparison with the control, P=<0.1

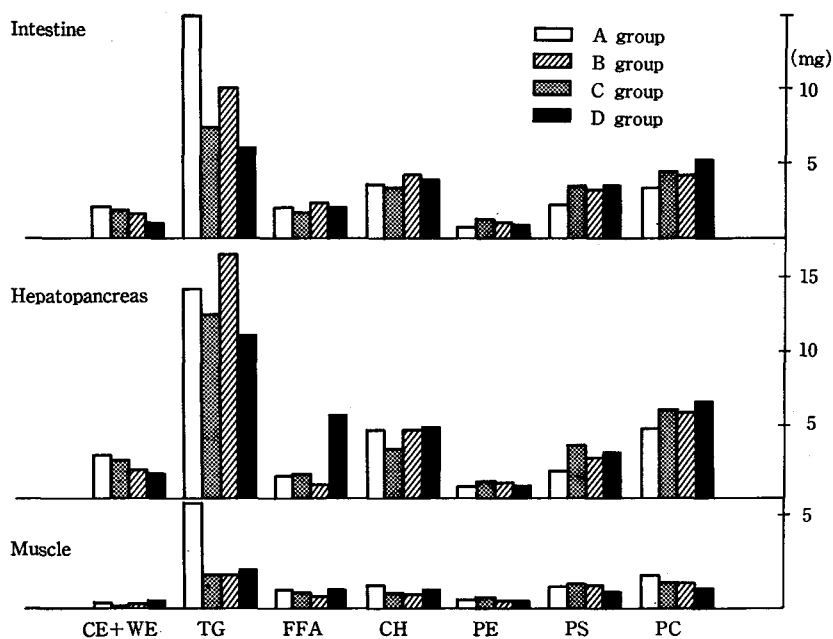


Fig. 2 Lipid compositions of intestine, hepatopancreas and muscle (mg/g organ). WE; Wax ester CE; Cholesterol ester TG; Triglyceride FFA; Free fatty acid CH; Cholesterol PE; Phosphatidyl ethanolamine PS; Phosphatidyl serine PC; Phosphatidyl choline

Table 6. *Fatty acid compositions of non-phospholipid and phospholipid in the intestine of carp (weight %)*

C _n :m	Non-phospholipid				Phospholipid			
	A group	B group	C group	D group	A group	B group	C group	D group
14:0	1.1±0.8	1.0±0.2	0.9±0.1	1.2±0.2	— —	— —	— —	— —
:1	— —	0.4±0.1	— —	— —	0.7±0.2	0.5±0.1	— —	0.6±0.1
16:0	13.6±1.9	16.2±1.6	19.1±0.4	17.3±0.6	18.3±3.9	19.1±3.7	21.3±0.6	24.1±4.7
:1	1.2±0.9	1.1±0.4	0.8±0.1	1.3±0.3	— —	— —	— —	— —
18:0	3.8±0.6	7.3±1.3	8.1±0.5	6.9±0.3	17.0±3.5	18.5±3.1	17.4±1.4	21.3±5.2
:1	25.1±2.7	26.9±4.0	24.8±0.5	26.5±1.9	10.6±1.1	12.4±1.8	12.8±0.3	14.1±1.3
:2	40.4±6.2	29.7±5.0	28.4±0.5	31.5±4.6	13.1±2.5	12.5±2.5	9.6±0.4	10.2±3.0
20:1	6.3±1.4	5.4±1.8	4.3±0.4	5.7±0.8	2.5±0.1	2.2±0.4	2.2±0.1	2.2±0.2
:2	1.0±0.2	0.9±0.2	1.3±0.3	0.8±0.4	2.5±0.7	2.0±0.6	2.1±0.1	1.7±0.2
:3	0.9±0.2	1.9±0.7	1.6±0.6	1.2±0.5	2.5±0.8	3.8±0.6	3.1±0.2	2.8±1.0
:5	— —	— —	— —	— —	0.9±0.2	— —	— —	0.4±0.4
22:1	3.6±0.4	4.5±1.2	6.0±0.8	4.7±0.8	8.8±1.2	11.4±2.4	13.4±0.1	8.9±3.3
:3	— —	0.7±0.2	— —	— —	1.0±0.2	1.2±0.2	1.7±0.1	0.7±0.6
:4	— —	— —	— —	— —	2.3±0.4	2.6±0.7	3.3±0.1	1.8±0.5
:5	0.5±0.2	1.0±0.3	1.5±0.1	0.6±0.5	0.7±0.1	0.6±0.1	0.7±0.1	0.6±1.1
:6	2.5±0.6	3.0±0.7	3.2±0.8	2.3±0.6	19.1±3.9	13.2±3.6	12.4±0.5	10.6±2.9

Table 7. *Fatty acid compositions of non-phospholipid and phospholipid in the hepatopancreas of carp (weight %)*

C _n :m	Non-phospholipid				Phospholipid			
	A group	B group	C group	D group	A group	B group	C group	D group
12:0	— —	— —	— —	— —	0.5±0.4	0.5± 0.4	0.5± 0.4	0.3±0.3
14:0	1.2±0.2	1.3±0.2	1.7±0.8	1.4±0.4	— —	— —	— —	— —
16:0	15.9±2.6	17.0±2.6	15.6±0.6	15.5±2.7	22.9±1.8	36.9±10.3	29.3±10.3	31.7±7.2
:1	7.8±2.2	6.9±1.1	7.7±1.9	6.6±1.5	1.0±0.4	— —	— —	— —
17:0	0.3±0.1	0.2±0.2	— —	0.5±0.3	— —	— —	— —	— —
18:0	2.6±0.6	3.9±0.4	2.4±0.5	3.1±0.9	12.8±3.6	18.8± 3.2	12.7± 3.2	15.9±3.0
:1	33.9±1.9	40.1±0.9	36.7±3.0	40.1±3.0	14.9±3.1	16.8± 1.6	16.6± 1.6	16.6±3.4
:2	26.8±7.6	20.1±4.2	24.2±3.2	21.4±4.0	7.6±1.6	5.3± 2.6	8.6± 2.6	8.0±2.4
20:1	5.1±2.0	5.2±0.5	7.3±1.2	6.0±1.6	3.4±0.8	3.4± 0.7	3.3± 0.7	3.1±0.7
:2	1.4±0.5	0.9±0.4	1.5±0.4	1.3±0.2	2.1±0.5	1.4± 0.4	2.4± 0.4	1.6±0.4
:3	1.0±0.2	1.0±0.3	0.8±0.5	1.0±0.4	1.9±0.5	1.2± 0.6	1.9± 0.6	1.5±0.6
22:1	2.0±0.8	1.8±0.9	1.1±0.7	1.7±0.4	11.5±3.7	6.6± 5.2	8.0± 5.2	8.5±3.5
:2	0.2±0.2	— —	— —	— —	0.7±0.1	0.8± 0.3	0.7± 0.3	0.6±0.5
:5	0.6±0.3	0.5±0.3	0.3±0.2	0.3±0.1	3.9±2.1	2.5± 1.7	1.9± 1.7	2.6±1.4
:6	1.2±0.5	1.1±0.5	0.7±0.3	1.1±0.5	16.8±2.5	5.8± 5.2	14.1± 5.2	9.6±7.1

B, C, D 群で非リン脂質量が明らかに減少し、それが全脂質量減少の原因になっている。

腸、肝すい臓ならびに筋肉の脂質組成は図2に示してある。腸では B, D 群、筋肉では B, C, D 群のいずれにおいてもトリグリセライド (TG) が主な減少成分である。一方、肝すい臓では非リン脂質量に変動がみられないにもかかわらず、B, D 群、特に D 群において TG の減少ならびに遊離脂肪酸 (FFA) の増大がみられ、その他の脂質成分ではフォスファチジルコリン (PC) が B, C, D 群において増大している。

腸、肝すい臓および筋肉の非リン脂質ならびにリン脂質区分の脂肪酸組成を表6、表7および表8

Table 8. *Fatty acid compositions of non-phospholipid and phospholipid in the muscle of carp (weight %)*

C _n :m	Non-phospholipid				Phospholipid			
	A group	B group	C group	D group	A group	B group	C group	D group
12:0	— —	— —	— —	— —	1.0±0.3	0.8±0.1	0.7±0.6	0.7±0.03
14:0	1.8±0.6	2.0±0.3	1.8±0.03	1.1±0.2	1.3±0.2	1.2±0.1	1.0±0.6	1.2±0.1
:1	— —	— —	0.7±0.07	— —	1.0±0.3	0.4±0.8	0.5±0.4	1.0±1.0
16:0	16.5±1.5	17.8±2.4	17.3±0.5	17.8±0.4	13.8±2.3	22.8±3.8	20.8±5.8	21.8±4.5
:1	1.1±0.5	1.7±0.3	1.7±0.9	1.6±0.3	— —	— —	— —	— —
18:0	3.1±0.3	5.3±0.4	3.9±0.3	5.7±0.5	14.1±1.9	10.7±1.6	10.4±0.8	15.4±3.3
:1	30.3±1.8	28.4±2.2	28.6±0.3	31.0±2.2	14.3±1.4	16.0±1.6	13.9±0.7	22.1±1.8
:2	36.5±1.6	32.4±1.5	35.0±1.7	32.4±2.0	15.2±1.2	13.2±0.9	12.8±5.4	10.9±3.1
20:1	6.7±0.7	5.8±1.0	5.7±0.4	6.4±0.2	2.9±0.3	2.0±0.3	2.1±0.4	3.0±0.4
:2	0.9±0.1	1.1±0.3	1.0±0.1	0.9±0.1	1.8±0.2	1.0±0.1	1.6±0.5	1.4±0.1
:3	— —	0.8±0.2	0.8±0.03	— —	2.4±0.6	2.3±1.3	3.2±1.0	1.4±0.2
:5	— —	— —	— —	— —	1.0±0.03	1.0±0.4	1.1±0.6	— —
22:1	1.2±0.5	2.5±0.9	1.8±0.3	1.9±0.07	8.7±0.8	10.4±0.4	10.7±0.7	7.2±1.0
:3	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.7±0.4
:4	— —	— —	— —	— —	5.2±0.2	4.9±0.5	4.0±1.6	2.0±0.5
:5	0.6±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1	0.3±0.01	0.6±0.03	0.6±0.1	0.5±0.3	— —
:6	1.3±0.3	1.8±1.4	1.2±0.1	1.0±0.2	15.4±1.9	11.9±2.8	15.6±3.9	10.8±1.7

Table 9. *Chemical composition and enzyme activity of blood plasma*

Item	A group	B group	C group	D group
Total protein (g/dl)	2.8 ±0.4	2.7 ±0.1	2.9 ±0.2	2.9 ±0.1
Albumin/Globulin (ratio)	0.65±0.13	0.67±0.03	0.61±0.03	0.69±0.07
Total lipid (mg/dl)	659±81	517±48	572±67	506±31
Phospholipid (mg/dl)	380±55	295±15	323±27	294±22
Total cholesterol (mg/dl)	107±15	93±17	103±9	87±6
Triglyceride (mg/dl)	172±28	129±17	146±5	125±5
Free fatty acid (meq/l)	0.12±0.07	0.15±0.06	0.16±0.03	0.29±0.06
GOT (Karmen)	48±4	87±15	69±25	96±5
GPT (Karmen)	35±6	58±10	46±11	64±16

Mean value±SD

に示す。非リン脂質区分では、腸、肝すい臓、筋肉とも B, C, D 群でわずかながらリノール酸が減少する傾向が認められる。一方、リン脂質区分では、腸、肝すい臓、筋肉とも B, D 群でドコサヘキサエン酸の減少がみられる。

血液性状については、表 9 に示すように血しょう総たん白質量およびアルブミン/グロブリン (A/G 比) には各試験群間で差異はないが、全脂質量およびリン脂質量が B, C, D 群、特に酸化脂質を投与した B, D 群で明らかに減少し、一方 FFA 量が D 群で増大した。また、B, D 群ではグルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT)、グルタミン酸ピルビン酸トランスアミナーゼ (GPT) 活性の上昇が認められた。

考 察

試験魚の飼育実験開始直後、酸化脂質投与の B, D 群で残餌が多くみられたが、飼育 1~2 週目以降より投与餌料にも慣れ、残餌がほとんどみられなくなった。したがって、飼育実験終了 15 週目に

B, D 群における体重増加率 (図 1) が未酸化脂質投与の A, C 群に比して劣っていたのは酸化脂質摂取によるものと考えられる。さらに, B, D 群では, 血しょう中の全脂質量とリン脂質量の減少, GOT ならびに GPT 活性の上昇も認められたことより, 臓器の脂質代謝異常が起るものと推定される。

また, 腸においては, A, C 群に比して B, D 群で TG の減少が著しく, 一方, 肝すい臓においては対照の A 群に比して B, D 群およびビタミン E 欠乏餌料投与の C 群でリン脂質量の増大が, また筋肉では B, C, D 群で TG の著しい減少が認められた (表 5, 図 2)。このことは, 腸では未酸化脂質投与群と酸化脂質投与群間での脂質組成の相違として, 一方肝すい臓ならびに筋肉では対照群とビタミン E 欠乏餌料投与あるいは酸化脂質投与群間における相違としてあらわれたものと考えられる。

衣巻¹⁵⁾, 竹内ら¹⁶⁾ はコイならびにラットに標識リノール酸メチル過酸化物を経口投与し, その体内分布を検討した結果, 両者とも過酸化物はそのまま吸収されるのではなく, 二次分解物として吸収されるものと述べている。また泰ら¹⁷⁾ はリノール酸メチル過酸化物をコイ腸管組織とインキュベーションすることにより, 過酸化物の約 40% が酵素的に分解されると報告し, 一方, Berganら¹⁸⁾ はリノール酸メチル過酸化物は吸収に際し腸細胞内で還元-脱水素反応による分解を受けると推察している。さらに Andrewsら¹⁹⁾ は POV 1200 meq/kg の酸化大豆油をラットに経口投与し, 経日的に腸のキサンチン酸化酵素活性を測定した結果, 投与日数の経過とともに酵素活性が低下することをみている。

これらの知見より, 本実験で得られた酸化脂質投与群における腸での TG の著しい減少は, 酸化脂質の長期間投与によって腸細胞が損傷され, それが原因となって脂質代謝に異常が起ったためと考えられる。

一方, 肝すい臓ならびに筋肉では, B, C, D 群で類似した脂質変動が観察されたことより, 肝すい臓ならびに筋肉では, ビタミン E 欠乏餌料投与あるいは酸化脂質の投与のいずれによっても同様な脂質代謝異常が起るものと考えられる。なお肝すい臓では, B, D 群, 特に D 群において TG の減少と FFA の増大が認められたことから, ビタミン E 欠乏のうえ, さらに酸化脂質を含む餌料の投与は, リン脂質のみならず非リン脂質代謝にも異常を起すことが推定される。

また, B 群と D 群の間で体重増加率, 血液成分ならびに脂質組成に大きな変動がみられなかったことは, 餌料中 20mg% の DL- α -トコフェロール添加では酸化脂質 (POV 680 meq/Kg) の投与による障害を防止することは困難であることが示唆される。

要 約

コイの脂質代謝に及ぼす酸化脂質投与の影響について検討し, さらにビタミン E 欠乏餌料投与の影響についても合わせて比較検討を行なった。まず, 試験魚を対照 (A 群), 酸化脂質投与 (B 群), ビタミン E 欠乏餌料投与 (C 群), ビタミン E 欠乏-酸化脂質投与 (D 群) の 4 群に分け, 15 週間飼育試験を行なった。飼育試験終了後, 腸, 肝すい臓, 筋肉の全脂質量とリン脂質量, 非リン脂質とリン脂質の脂質組成, 脂肪酸組成などを検討し, また血しょう中の総たん白質量, A/G 比, 脂質組成, GOT, GPT の各活性の測定を行なった。その結果, B, D 群では A, C 群に比し体重増加率が低下し, さらに血しょう中の全脂質量, リン脂質量の減少, GOT, GPT 活性の上昇が認められた。各臓器の脂質組成については, 腸では B, D 群, 筋肉では B, C, D 群のいずれも TG の減少が, 肝すい臓では B, C, D 群でリン脂質量の増大が, D 群で TG の減少と FFA の増大が認められた。また, 脂肪酸組成については, B, C, D 群で各臓器とも非リン脂質区分ではリノール酸が, リン脂質区分ではドコサヘキサエン酸が減少した。これらの結果より, 酸化脂質投与あるいはビタミン E 欠乏餌料投与のいずれによってもコイの各臓器に脂質代謝異常が起ることが示唆される。

謝 辞

本研究にあたり種々有益な御助言、御援助をいただいた食品化学第一講座 羽田野六男助教授、高間浩蔵博士に感謝するとともに、コイを分与された本学部七飯養魚実習施設 久保達郎助教授、コイの飼育に際して御協力いただいた発生学遺伝学講座 中西照幸氏、精製大豆油を提供された旭油脂KK 樋口謙氏に謝意を表します。

文 献

- 1) 橋本芳郎・岡市友市・渡辺 武・古川 厚・梅津武司 (1966). 酸化脂肪によるコイのセコケ病の発生とビタミンの予防効果. 日本水誌 32, 64-69.
- 2) 渡辺 武・松浦康修・橋本芳郎 (1966). コイの背こけ病に対する数種抗酸化剤の予防効果. 同誌 32, 887-891.
- 3) 渡辺 武・土屋孝夫・橋本芳郎 (1967). コイの背こけ病に対する DPPD および ethoxyquin の予防効果. 同誌 33, 843-847.
- 4) Aoe, H., Abe, I., Saito, T., Fukawa, H and Koyama, H. (1972). Preventive effects of tococls on muscular dystrophy of young carp. *Bull. Jap. Soc. Fish.* 38, 845-851.
- 5) Watanabe, T. and Hashimoto, Y. (1968). Toxic components of oxidized saury oil inducing muscular dystrophy in carp. *ibid.* 34, 1131-1140.
- 6) 秦 和彦・金田尚志 (1977). 不飽和酸化物毒のコイにおよぼす影響. 日本水産学会秋季大会講演要旨. 8.
- 7) Watanabe T., Takashima, F. and Ogino, C. (1970). Effect of α -tocopherol deficiency on carp. *Bull. Jap. Soc. Fish.* 36, 623-630.
- 8) Watanabe, T., Takashima, F., Ogino, C. and Hibiya, T. (1970) Effects of α -tocopherol deficiency on carp-II Protein composition of the dystrophic muscle. *ibid.* 36, 1231-1235.
- 9) 隆島史夫・渡辺 武 (1974). コイ成魚におけるビタミン E 欠乏症-I 組織学的所見. 日本水産学会秋季大会講演要旨 14.
- 10) 渡辺 武, 竹内俊郎・松永富行・隆島史夫 (1974). コイ成魚におけるビタミン E 欠乏症-II 脂肪酸およびトリグリセライド組成 同誌 14.
- 11) Yokote, M. (1970). Sekoke disease; spontaneous diabetes in carp, *Cyprinus carpio*, found in fish farms-I Pathological study. *Bull. Fresh water Fish., Lab.* 20(1), 39-70.
- 12) Yokote, M. (1970). Sekoke disease, spontaneous diabetes in carp found in fish farms-II Some metabolic aspects. *Bull. Jap. Soc. Fish.* 36, 1214-1218.
- 13) Yokote, M. (1970). Sekoke disease, spontaneous diabetes in carp found in fish farms-III Response to mammalian insulin. *ibid.* 36, 1219-1223.
- 14) Halver, J.E. (1969). *Fish in Research*, 209, Academic Press, N.Y.
- 15) 衣巻豊輔 (1970). 8. 酸化脂質と栄養 8-1. 脂肪酸過酸化物の毒性とビタミン E の作用 日本水誌. 36, 854-859.
- 16) 竹内昌昭 (1972). コイの脂質過酸化物の吸収におよぼすビタミン E およびエトキシキンの影響について. 同誌. 38, 155-159.
- 17) 秦 和彦・金田尚志 (1978). 不飽和酸自動酸化物のコイにおよぼす影響 日本水産学会春季大会講演要旨 175.
- 18) Bergan, J.G. and Draper, H.H. (1970). Absorption and metabolism of 1-¹⁴C methyl-linoleate hydroperoxide. *Lipids*, 5, 976-982.
- 19) Andrews, J.S., Griffith, W.H., and Stein, R.A. (1960). Toxicity of air-oxidized soybean oil. *J. Nutr.* 70, 199-210.