JOURNAL OF AQUACULTURE 5(2) : 157~165(1992) 韓國養殖學會誌 5(2) : 157~165(1992)

脂質 종류에 따른 나일틸라피아의 성장 효과

강석중 · 최병대* · 정우건

통영수산전문대학 양식학과 · *식품영양학과

Effect of Dietary Lipids on Growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*

Seok-Joong KANG, Byeong-Dae CHOI* and Woo-Geon JEONG

Department of Aquaculture, and *Department of Food Science and Nutrition
National Tong-Yeong Fisheries Technical College, Chungmu 650-160, Korea

ABSTRACT

Experiments were conducted to find out suitable dietary lipids in the practical feed for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Soybean oil, corn oil, fish oil or cuttlefish liver oil was mixed in the diet and tested. The best weight gain and feed efficiency were obtained from the fish fed soybean oil or corn oil, both rich in 18 : 2n-6. But the growth rate of fish fed diet with fish oil or cuttlefish liver oil were inferior. The levels of 20 : 3n-9 in the total lipid were not different in all tested lipids, but that in the polar lipid of the fish oil or cuttlefish liver oil were lower than that in the soybean oil or corn oil. Thus, vegetable oil such as soybean oil or corn oil, rich in 18 : 2 n-6, were suitable as dietary lipid for Nile tilapia. Unlike other fish species, fish oil or cuttlefish liver oil showed no essential dietary value for this species.

서 론

양어 사료에 피드오일을 첨가하면 사료 효율이 향상되기 때문에 양어 현장에서는 n-3 계열이 풍부한 피드오일을 많이 사용하고 있다. 그러나 최근 참돔과 같은 해산어가 요구하는 필수 지방산과 담수어가 요구하는 지방산이 서로 다르다는 보고가 있다 (Yone 1978). 특히 담수어에 대한 필수 지방산 요구량에 관한 연구에서 어종에 따라 필수 지방산의 종류가 각각 다르다는 결과가 발표되었다. 예를들면, 무지개송어 (Cartell et al. 1972)는 linolenic acid (18 : 3n-3)를 필수로 요구하며, 잉어 (Watanabe et al. 1975), 뱀장어 (竹内 1980), 백련 (竹内 1979) 등은 linoleic acid (18 : 2n-6)와 linolenic acid를 함께 요구한다. 그러나 *Tilapia zilli*의 필수 지방산 요구량에 관한 실험 결과 다른 어류와는 달리 18 : 2n-6나 20 : 4n-6가 18 : 3n-3보다 더 성장 효과가 높다고 하였고, 이는 틸라피아가 담수 및 해수에서도 생육 가능한 열대성 어류이기 때문이라고 하였다 (Kanazawa et al. 1980).

따라서 본 연구는 우리 나라에서 널리 양식되고 있는 나일틸라피아, *Oreochromis niloticus*를 대상으로 하여, 일반적으로 널리 사용되는 n-3 계열의 어유와 n-6 계열이 풍부한 식물유를 첨가한 사료를 공급하였을 때의 성장을 비교하고, 이 때 이들 지질이 어체에 미치는 영향에 대하여 비교 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험어

일본 계통의 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)를 2주간 예비 사육한 후 평균 15 g 되는 치어 30 마리씩을 각각 수용하였다.

2. 사육 장치

통영수산전문대학 어류양식 실험실 내에 설치한 60 cm × 30 cm × 35 cm (depth)의 유리 수조를 사용하였다. 사육 장치는 유수식을 겸한 순환여과식 사육 장치로서 보충수의 첨가에 의해서 배설물이 즉시 사육 수조 밖으로 유출될 수 있도록 사이펀 장치를 부착하였으며, 이 때 주수량은 100 ℓ/hr였다. 각 실험구는 2반복구로 하였다.

전 사육 기간 중 용존 산소량은 5 mg/ℓ 전후, 수온은 23.0~27.2℃ 범위로서 평균 26.7℃였다.

3. 사료 제조 및 공급

기본 사료 조성은 Table 1에 나타낸 바와 같이 지금까지 틸라피아의 영양 요구에 관한 결과 (Teshima et al. 1978 ; Mazid et al. 1979 ; Jauncey 1982)에 준하여 어분 60%, 탄수화물 25%, 지질 10%를 첨가하였다. 어분 및 전분은 내재하는 지용성 물질을 제거하기 위하여 chloroform/methanol (2 : 1) 용액으로 2회 추출하였다. 여기에 각각 10% 대두유, 옥수수유, 어유 혹은 오징어 간유를 첨가하고 (Table 2) 각각의 원료를 사료 혼합기로 혼합하여 펠렛으로 제조하여 10 g 단위로 질소 충진, 비닐 포장을 하여 실험어에 공급시까지 −20 ℃ 냉동고에 보관하였으며, 체중의 3%에 해당하는 양을 하루 3회 공급하였다.

Table 1. Composition of basal diets for the test of four different dietary lipids on the growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

Ingredients	%
Fish meal (defatted)	60
Flour (defatted)	25
Yeast	1
Vitamin mix.	2
Choline HCl	1
Mineral mix.	1
Dietary lipid*	10

*See the compositions of dietary lipid in Table 2.

Table 2. Composition of test diets for the test of four different dietary lipids on the growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

Diet No.	Dietary lipid
1	Basal diet + 10% Soybean oil
2	Basal diet + 10% Corn oil
3	Basal diet + 10% Fish oil
4	Basal diet + 10% Cuttlefish liver oil

4. 성장도 조사

성장의 결과는 2주 간격으로 측정한 체중 변화와 사료 효율, 일간 성장율로서 비교하였으며, 각 실험구 간의 성장차는 Duncan의 new multiple range test (Duncan 1955)를 사용하여 유의차를 검정하였다.

5. 지질의 추출 및 분획

지질의 추출은 Folch 법 (1957)에 준하였다.

지질의 분획은 총지질 (total lipid, TL)로 부터 극성 (polar lipid, PL) 및 비극성 지질 (nonpolar lipid, NPL)의 분획은 Fig. 1과 같이 Juaneda and Rocquelin 방법 (1985)에 준하여 sep-pak silica cartridge (Waters Associates, Milford, Massachusettes)를 사용하였다. 즉 추출한 TL 70~80 ㎎을 칼럼에 채운 다음 1차 용매인 chloroform 20 ㎖를 용출시켜 플라스크에 받고, 2차 용매인 chloroform/methanol (49 : 1) 30 ㎖를 가하여 재차 용출시켜 비극성 지질을 얻었다. 여기에 methanol 30 ㎖를 넣어 용출되는 획분을 극성 지질로 하였다.

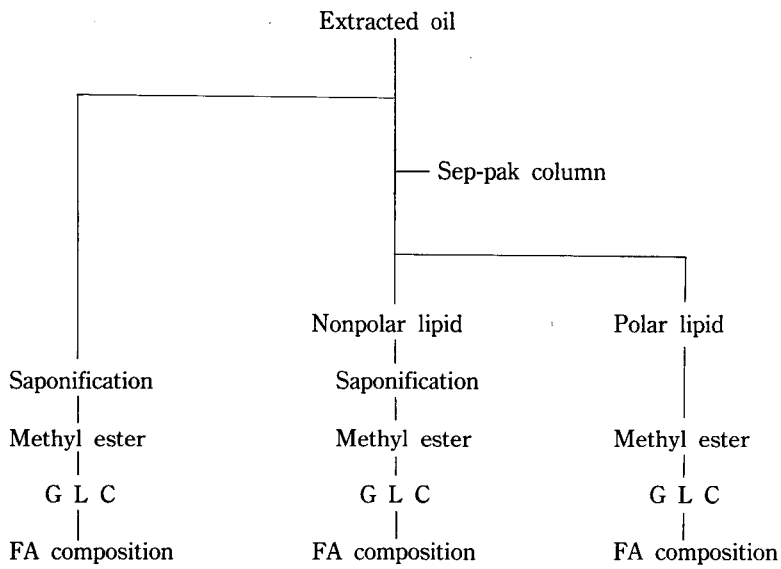

Fig. 1. Schematic representation of experimental procedure for lipid analyses for the test of 4 different dietary lipids in the diets for the growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*.

6. 지방산 조성의 분석

TL은 50% KOH로 검화한 후 불검화물은 ether를 추출제거하고 지방산 2~10 ㎎을 취하여 7% BF_3-methanol로 methyl ester 화하여 capillary column (SUPELCO WAX-10, 30 m × 0.25 ㎜ i. d.)을 장착한 GLC (Shimadzu 14A, carrier gas ; He, detector ; FID)로 분석하였다. 지방산의 동정은 표준 지방산 (Applied Science Lab. Co.)과의 retention time을 비교하여 동정하였다.

결과 및 고찰

1. 성 장

성장의 결과는 Table 3 및 Fig. 2와 같다. 틸라피아의 성장은 대두유 첨가구가 평균 체중 15.5 g에서 8 주 후에는 46.7 g으로 성장하였고, 사료 계수 1.02, 일간 성장율은 1.912%로써 어유 및 오징어 간유 첨가구 보다 양호하여 유의차 ($P<0.05$)가 있는 것으로 나타났다. 그러나 어유 및 오징어 간유 첨가구는 사료 계수 (1.16 및 1.19)도 떨어질 뿐 아니라 일간 성장율 (1.800% 및 1.783%)도 낮아 식물성유 첨가구보다 낮게 나타났다.

Table 3. Results of the rearing experiment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed 4 different dietary lipids from July 28 to September 21, 1990*

Division	Stocking(g)			Yield(g)		Gain (g)	Feed (g)	FCR**	Daily growth rate(%)
	No	Weight	Mean	Weight	Mean				
1	30	465.3	15.51	1400.1	46.67	934.8	950.0	1.02	1.91672[b]
2	30	464.6	15.59	1354.8	45.16	890.2	950.0	1.07	1.91111[b]
3	30	469.5	15.65	1286.4	42.88	816.9	950.0	1.16	1.79984[a]
4	30	465.0	15.50	1261.8	42.06	796.8	950.0	1.19	1.78252[a]

* Water temperature were maintained 23.0℃ to 27.2 ℃ (mean 26.7℃) during the 56 days.
** FCR : Feed comversion ratio.

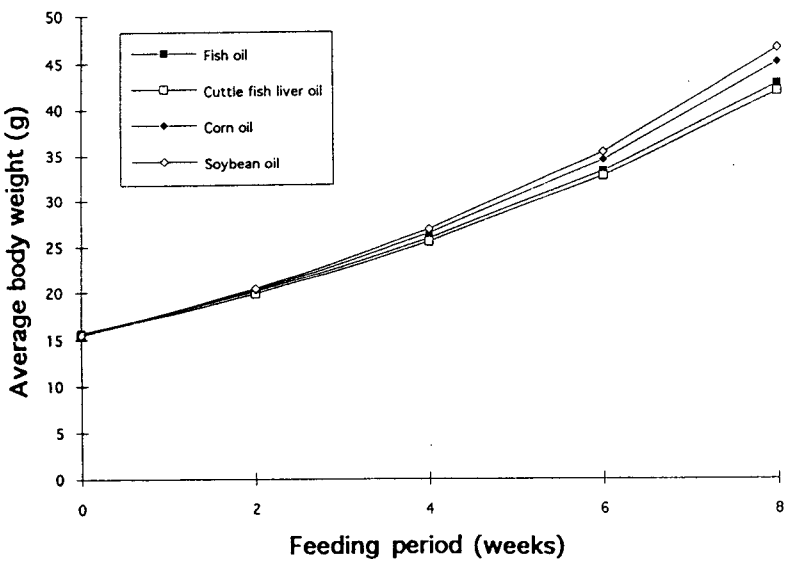

Fig 2. Effect of 4 different dietary lipids on the growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*.

일반적으로 어류나 갑각류의 필수 지방산은 n-3 계열의 지방산이 n-6 계열의 지방산 보다 효과적이라고 알려져 있다 (竹内 1978 ; 手島 1978 ; Teshima et al. 1978). 그러나 틸라피아의 경우는 Table 4에 나타낸 바와 같이 n-6 계열이 풍부한 대두유 (55.06%)와 옥수수유 (56.2%) 첨가구가 n-3 계열이 풍부한 어유 (25.0%) 및 오징어 간유 (21.8%) 보다 뛰어난 체중 증가와 사료 효율을 나타내어 18 : 2n-6 및 20 : 4n-6 지방산이 18 : 3n-3, 20 : 5n-3 및 22 : 6n-3 지방산 보다 필수 지방산으로서의 효력이 있다는 Teshima 등 (1982)의 보고와 잘 일치하고 있다.

Table 4. Fatty acid compositions of dietary lipids (area %) in the 4 different test diets for the growth of Nile tilapia, *Oreochromis nilotitcus*

Fatty acid	Diet No.			
	1	2	3	4
16 : 0	11.4	10.6	22.1	24.8
16 : 1	0.1	0.2	6.1	5.7
16 : 2	0.1	0.1	1.4	1.1
18 : 0	3.8	2.4	2.9	9.6
18 : 1	22.7	28.8	15.5	17.1
18 : 2(n-6)	54.9	55.8	3.8	4.2
18 : 3(n-6)	0.1	0.4	–	–
18 : 3(n-3)	8.2	2.7	3.4	3.7
18 : 4(n-3)	–	–	0.8	0.4
20 : 0	0.6	0.6	–	–
20 : 1	0.4	0.6	9.2	6.8
20 : 4(n-6)	–	–	0.8	3.4
20 : 4(n-3)	–	–	0.2	0.4
20 : 5(n-3)	–	–	10.6	8.1
22 : 1	–	–	2.2	1.3
22 : 4(n-6)	–	–	0.2	0.2
22 : 5(n-6)	–	–	0.1	0.2
22 : 5(n-3)	–	–	1.1	2.4
22 : 6(n-3)	–	–	8.9	6.8
24 : 1	–	–	0.2	0.1
∑(n-6)	55.0	56.2	4.9	8.0
∑(n-3)	8.2	2.7	25.0	21.8

또한 잉어 (Watanabe et al. 1975)는 12 : 0가 필수 지방산의 효력을 증진시킨다고 하여 Takeuchi 등 (1983a)은 methyl laurate를 기본으로 하여 methyl linoleate, ethyl arachidonate 등을 혼합하여 틸라피아 (*Tilapia nilotica*)에 공급한 결과 성장율이 낮았으며, 이는 laurate가 냄새의 원인이 되어 섭취 효율이 낮아지기 때문이라 하였고, 18 : 2n-6 지방산 첨가는 최소한 1.5%, 18 : 3n-3 지방산 첨가는

최소한 1%는 되어야 정상적인 성장이 가능하다고 결론지었다. 또한 Takeuchi and Watanabae (1979)는 무지개송어에 과잉의 18 : 3n-3 지방산을 첨가하면 체중 증가율을 감소시킨다고 하였으나, 본 실험에서 틸라피아의 경우는 10% 정도를 첨가하더라도 성장 및 사료 효율은 양호하였다(Table 1).

2. 지방산 조성

간장의 TL 및 PL의 지방산 조성을 Table 5, 6에 각각 나타내었다. TL의 지방산 조성을 보면 대두유 및 옥수수유 (실험구 1 및 2) 첨가구에서 필수 지방산으로서의 역할은 n-6 계열의 지방산으로 사료 TL 중의 함량은 55.6% 및 56.2%였으나 시료어 간장 TL 중의 함량은 11.2% 및 11.5%로 현저히 낮아졌다. 그 중 사료 TL의 18 : 2n-6의 감소가 가장 현저하여 54.9% 및 55.8%에서 간장 TL 중 7.9% 및 7.8%로 낮아졌으며, 22 : 5n-6은 사료중에서는 검출되지 않았으나 간장 TL 중에서는 1.7% 및 2.5%로 각각 나타났다. 18 : 1n-9의 경우 사료 TL 중에서는 22.7% 및 29.8%였으나 간장 TL 중에서는 43.7% 및 42.8%로 나타나 n-9의 역할은 적은 것으로 나타났다. 그러나 어유와 오징어 간유 사료중의 n-6 계열 지방산은 4.9% 및 8.0%에서 간장 TL 중 함량은 2.7% 및 3.4%로 나타나 거의 변화가 없었고 n-3 계열은 25.0% 및 21.8%에서 9.7% 및 10.2%로 감소하여 어느 정도는 기여하는 것으로 나타났다.

Table 5. Fatty acid compositions of the total lipid from the livers (area %) of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed different lipids in the diets

Fatty acid	Diet No.			
	1	2	3	4
14 : 0	2.8	2.7	3.3	3.6
16 : 0	19.7	19.6	19.1	19.8
16 : 1	6.8	8.6	9.7	10.5
18 : 0	8.8	8.4	7.1	7.6
18 : 1	43.7	42.8	39.6	38.5
18 : 2(n-6)	7.9	7.8	2.3	2.6
18 : 3(n-3)	tr	0.2	0.2	0.2
20 : 1	3.1	3.7	4.9	5.8
20 : 3(n-9)	1.1	1.3	1.3	1.3
20 : 4(n-6)	1.6	1.2	0.2	0.5
20 : 4(n-3)	—	—	0.1	0.1
20 : 5(n-3)	tr	tr	0.4	0.5
22 : 1	tr	tr	1.2	1.3
22 : 3(n-9)	0.4	0.3	0.2	0.2
22 : 5(n-6)	1.7	2.5	0.2	0.3
22 : 5(n-3)	tr	0.1	1.1	1.6
22 : 6(n-3)	0.4	0.2	7.9	7.8
24 : 1	0.1	0.1	0.3	0.2
$\sum$(n-6)	11.2	11.5	2.7	3.4
$\sum$(n-3)	0.4	0.5	9.7	10.2

Table 6. Fatty acid compositions of the polar lipid fraction from the livers (area %) of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed different lipids in the diets

Fatty acid	Diet No.			
	1	2	3	4
14 : 0	1.2	1.3	1.2	1.8
16 : 0	17.4	17.6	17.1	17.8
18 : 0	15.8	15.4	14.1	14.6
18 : 2(n-6)	17.1	16.2	25.1	22.7
18 : 3(n-3)	0.2	–	–	–
20 : 1	1.4	1.6	2.2	2.8
20 : 3(n-9)	2.6	2.8	4.6	4.7
20 : 2(n-6)				
20 : 3(n-6)	3.9	4.4	0.4	0.5
20 : 4(n-6)	11.6	11.2	2.2	2.5
20 : 4(n-3)	–	–	0.1	0.2
20 : 5(n-3)	0.1	tr	0.6	0.8
22 : 1	–	–	0.2	0.3
22 : 3(n-9)	0.3	0.4	0.2	0.2
22 : 4(n-6)	3.0	3.3	0.6	0.7
22 : 5(n-6)	12.2	17.0	1.2	1.6
22 : 5(n-3)	0.6	0.5	2.1	2.6
22 : 6(n-3)	4.8	2.0	25.9	26.8
$\sum$(n-6)	36.6	41.7	5.7	6.9
$\sum$(n-3)	5.7	2.5	28.7	30.4
20 : 3(n-9)/20 : 4(n-6)	0.22	0.25	2.09	1.88

따라서 사료 TL 중 n-6인 18 : 2의 변화가 가장 커 필수 지방산으로서의 역할을 한 것으로 생각된다.

PL중의 지방산 조성을 살펴보면 첨가유에 의한 영향이 더 명확하다는 것을 알 수 있다. 즉, 대두유와 옥수수유 첨가구 중의 n-6 계열의 지방산 함량은 36.6% 및 41.7%로 18 : 2n-6가 17.1% 및 16.2%, 20 : 4n-6가 11.6% 및 11.2%, 22 : 4n-6가 3.0% 및 3.3% 그리고 22 : 5n-6가 12.2% 및 17.0%로 n-6 계열 지방산 모두가 현저한 변화를 나타내었다. 그러나 어유 및 오징어 간유 첨가구에서는 그 함량이 같거나 감소하였으며, 22 : 6n-3의 변화가 가장 컸다. 이는 n-3 계열의 지방산은 최종적으로 22 : 6n-3로 되기 때문에 그 함량이 증가하기 때문이다 (Takeuchi et al. 1983 b). 그리고 어류와 오징어 간유 첨가구에서 20 : 3n-9의 함량이 증가하여 필수 지방산 결핍 증세를 나타내었다.

포유 동물에서 필수 지방산 충족도 지표로 20 : 3n-9/20 : 4n-6를 사용하고 있으나 Watanabe 등 (1974)과 Yu and Sinnhuber (1979)는 무지개송어류의 필수 지방산 지표는 20 : 3n-9/22 : 6n-3을 사용할 것을 주장하고 있으며 그 비가 0.4 이하가 되면 필수 지방산을 충족하는 것으로 보고 있다. 그러나 본 실험 결과 틸라피아는 포유 동물같이 n-6 계열과 같은 비율로 사용하여야 하며 대두유 및 옥수수유

첨가구는 0.22 및 0.25로 나타난 반면 어유나 오징어 간유 첨가구는 2.09 및 1.88로 나타나 필수 지방산의 충족이 부족한 것으로 나타났다.

요 약

양어 사료에 피드오일을 첨가하면 사료 효율이 향상된다. 나일틸라피아가 요구하는 필수 지방산의 종류를 알아보기 위하여 대두유 및 옥수수유 등의 식물유 및 오징어 간유, 어유를 사료에 첨가하고 사육하여 다음과 같은 결과를 얻었다. n-6 계열이 풍부한 식물유를 투여한 실험구가 n-3 계열의 어유를 투여한 실험구 보다 성장이 좋았으며 그 중에서도 대두유 첨가구가 가장 양호하였다. 총 지질중의 20 : 3n-9의 수준은 유지의 종류에 따라 현저한 차이는 없었으나 극성 지질중의 20 : 3n-9의 수준은 어유 및 오징어 간유 보다는 식물유구에서 낮게 나타났다. 틸라피아 사료에 첨가하는 지질로서는 n-6 계열을 많이 포함하는 것이 적당할 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

Castell, J. D., D. J. Lee and R. O. Sinnhuber. 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Lipid metabolism and fatty acid composition. J. Nutr. 102 : 93~100.

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11 : 1~42.

Folch, J., M. Lees and VG. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226 : 497~509.

Jauncey, K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, Protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). Aquaculture 27 : 43~54.

Juaneda, P. and G. Rocquelin. 1985. Rapid and convenient separation of phospholipids and nonphosphorous lipids from rat heart using silica cartridge. Lipids 20 : 40~41.

Kanazawa, A., S. Teshima, M. Sakamoto and Md. A. Awal. 1980. Requirement of *Tilapia zilli* for essential fatty acids. Nippon Suisan Gakkaishi 46(11) : 1353~1356.

Mazid, M. A., Y. Tanaka, T. Katayama, M. A. Rahman, K. C. Simpson and C. O. Chichester. 1979. Growth response of *Tilapia zilli* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture 18 : 115~122.

Takeuchi, T., S. Satoh and T. Watanabe. 1983a. Requirement of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. Nippon Suisan Gakkaishi 49 : 1127~1134.

_____, _____ and _____ 1983b. Dietary lipids suitable for the practical feed of *Tilapia nilotica*. Nippon Suisan Gakkaishi 49 : 1361~1365.

_____ and T. Watanabe. 1979. Effect of excess amounts of essential fatty acids on growth of rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi 45 : 1517~1519.

Teshima, S., A. Kanazawa and M. Sakamoto. 1982. Essential fatty acids of *Tilapia nilotica*. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. 31, 201~204.

_____. G. M. O. Gonzalez and A. Kanazawa. 1978. Nutritional requirements of *Tilapia* : Utilization of dietary protein by *Tilapia zilli*. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. 27 : 49~57.

Watanabe, T., I. Kobayashi, O. Utsue and C. Ogino. 1974. Effect of dietary methyl linolenate on fatty acid composition of lipids in rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi 40 : 387~392.

_____, T. Takeuchi and C. Ogino. 1975. Effect of dietary methyl *linoleate* and *linolenate* on growth of carp - II. Nippon Suisan Gakkaishi 41(2) : 263~269.

Yu, J. C. and R. O. Sinnhuber. 1979. Effect of dietary n-3 and n-6 fatty acids on growth and feed conversion efficiency of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Aquaculture 16 : 31~38.

竹内俊郎. 1978. 養魚と飼料脂質, 水産学シリーズ 22(日本水産学会編),恒星社厚生閣, 東京.

_____, 度邊武, 能勢健嗣. 1979. 淡水期間中におけるシロザケの必須脂肪酸要求量. 日水誌 45(10) : 1319~1323.

_____, 新井茂, 度邊武, 新間彌一郎. 1980. うなぎの必須脂肪酸要求量. 日水誌 46(3) : 345~353.

手島新 一. 1978. 養魚と飼料脂質, 水産学シリーズ 22(日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京.