

해수사육 틸라피아 근육의 식품성분 연구*¹ 2. 담수 및 해수사육한 틸라피아 근육의 지질성분

전중균 · 김진수* · 박철원 · 한명수 · 허형택 · 이응호*
한국해양연구소 생물생산연구실, *부산수산대학교 식품공학과

Studies on the Food Components of *Tilapia Oreochromis niloticus* Cultured in Seawater

2. Comparison of Lipid Components of Tilapia with Freshwater Cultured Tilapia

Joong-Kyun JEON, Jin-Soo KIM*, Chul-Won PARK, Myung-Soo HAN,
Hyung-Tack HUH, and Eung-Ho LEE*

Lab. of Aquaculture, KORDI, Ansan P.O.Box 29, Seoul 425-600, Korea

**Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea*

The composition of muscle lipids and their fatty acid composition of two groups of tilapia, cultured in fresh and seawaters, were investigated. The total lipid(TL) of seawater culture group is a little richer than that of freshwater culture. The neutral lipid(NL) is the most abundant in muscle lipids of two groups, followed by the phospholipid(PL) and glycolipid(GL). The increment of TL content seemed to depend upon triglyceride(TG) fraction, because large portions of lipids are consisted of TG. Phosphatidyl choline(PC), phosphatidyl ethanolamine and sphingomyelin were identified in PL, and the content of PC was the highest. The principal fatty acids of muscle lipids were 14 : 0, 16 : 0 and 18 : 0 as for saturated fatty acids, and 16 : 1, 18 : 1, 18 : 2 and 22 : 6 as for unsaturated fatty acids. In particular, high contents of 16 : 0 and 18 : 1 were observed in TL, NL and GL. However, low contents of 18 : 1 and 18 : 2 were observed in PL, while they were high in polyunsaturated fatty acids with 20 : 4, 20 : 5 and 22 : 6. In the meantime, no significant difference was observed in the composition of muscle lipids and their fatty acids between two groups cultured in seawater and freshwater.

서 론

틸라피아는 본래 담수성어종이나 저항력이 강하여 해수에서도 생육이 가능하며 육질의 맛도 좋아,

우리나라에서도 유망한 양식어종으로 각광받고 있으며 매년 생산량이 증가하는 추세에 있다. 최근에는 담수종인 틸라피아를 해수에서도 양식할 수 있게 되어(박 등, 1990), 그 생산량은 더욱 증대할

*¹ 본 연구는 1990년도 한국해양연구소의 기본연구사업비의 일부로 수행되었습니다.

것으로 추정되고 있다. 더우기 양식업자와 판매업자들은 틸라피어를 해수로 사육하면 담수사육한 것보다 육질의 식감이 좋다고 하여 출하에 앞서 해수에서 순치하여 판매하고 있는 경우도 있다. 따라서, 전보(전 등, 1990)에서는 이러한 식감의 차이가 유리아미노산, 핵산관련물질 등의 정미성분에 의한 차이인지를 조사한 바 있으나, 해수와 담수에서 사육한 틸라피어간에는 일반성분, 유리아미노산, 핵산관련물질, 베타인 등의 각 성분의 조성이나 함량에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 없어, 맛에는 차이가 거의 없는 것으로 밝혀졌다. 본 연구는 담수와 해수에서 사육한 틸라피어의 근육의 지질성분과 지방산조성을 분석·비교한 것이다.

재료 및 방법

1. 시 료

전보(전 등, 1990)와 같이 담수에서 부화한 후, 담수(freshwater, F)에서 사육한 틸라피어 *Oreochromis niloticus*와 해수(seawater, S)에서 사육한 틸라피어를 공시하여 이하의 분석에 사용하였다. 각 시료군에서 체중 200g 전후의 성어 5마리를 선별하고 배육(背肉)과 복육(腹肉)으로 나누어 지질분석에 사용하였다. 사육중 수온은 25℃로 조절하였고, 시판 잉어성어용 사료(무지개사료)를 먹이로 하여 사육하였다.

2. 지질조성 및 지방산조성의 분석

시료유의 분획: Bligh와 Dyer법(1959)에 준하여 시료유를 추출한 다음 Rouser 등의 방법(1967)에 따라 규산칼륨크로마토그래피법으로 중성지질, 당지질 및 인지질로 분획하였다.

지질의 조성: 분획된 중성지질 및 인지질의 조성은 TLC에 의하여 분리, 동정하였다. TLC plate로는 Kieselgel 60F 254(Merck)를 사용하였으며, 전개용매는 중성지질의 경우 petroleum ether: ethyl ether: acetic acid(80:20:1, v/v) 혼합용매

(Mongold, 1969a), 인지질은 chloroform: acetone: methanol: acetic acid: water(65:20:10:10, v/v)의 혼합용매(Mongold, 1969b)를 사용하였다. 전개후에는 황산-중크롬산염 용액을 발색제로 사용하여 분무한 다음 120℃에서 탄화시켰다. 표준품의 Rf값과 비교하여 동정하였으며, 각 spot는 TLC scanner(Shimadzu CS-910)로써 각기 분획된 지질성분의 상대함량(%)으로 계산하였다. TLC scanner의 조건은 Lee 등(1985)이 우렁쟁이의 지질에 적용한 조건에 따랐다.

지방산조성: 총지질과 총지질을 TLC로 분획하여 얻은 중성지질, 당지질 및 인지질을 각각 1.0N KOH-95% ethanol로 검화한 후 14% BF₃-methanol 3ml를 가해 환류냉각하면서 가열하여 지방산 methyl ester로 만들어 GC(Shimadzu GC-7AG)로써 분석하였다. 이때의 GLC 분석조건은 오 등(1988)이 정어리지질에 적용한 조건으로 행하였다.

결과 및 고찰

지질조성: 담수와 해수에서 사육한 틸라피어의 총지질(TL) 및 이를 구성하는 중성지질(NL), 당지질(GL), 인지질(PL)의 조성비와 함량을 Table 1에 나타내었다. TL함량은 해수에서 사육한 시료(S)가 담수사육(F) 시료보다 근육부위에 상관없이 다소 많았고, NL의 조성비는 다소 적은 반면 PL은 다소 많은 경향을 보였으나, GL에서는 거의 변화가 없었다. 그러나 이를 절대함량으로 비교하면, S시료는 F시료보다 비록 적은 양이기는 하지만 PL함량과 NL함량이 많았다. 이는 *Tilapia nilotica*를 절식시키면 에너지원인 지질이 소모되는데 절식 초기에는 PL이 감소하며, 이후 NL이 감소한다는 佐藤 등(1984)의 보고에서 에너지원으로서의 소비와 축적에는 NL, 특히 TG가 관계하지만, PL도 다소 증가한 것은 이와 잘 일치하고 있다. NL은 TL의 78.0~85.0%를 차지하여, PL(13.4~19.3%)이나 GI

Table 1. Lipid contents of tilapia cultured in fresh(F) and seawater(S) (wt %)

Sample codes	Total lipids	Percentage in total lipid			
		NL	GL	PL	
Dorsal muscle	F	1.2	79.8(0.96)	2.8(0.03)	17.4(0.21)* ¹
	S	1.5	78.0(1.17)	2.7(0.04)	19.3(0.29)
Ventral muscle	F	3.5	85.0(2.81)	2.6(0.09)	12.4(0.41)
	S	4.0	83.6(3.34)	2.9(0.12)	13.4(0.54)

*¹ Parenthesis: Total lipids × %.

NL: neutral lipid, GL: glycolipid, PL: phospholipid

(2.6~2.9%)에 비해 많아, 틸라피아의 TL은 축적 지질인 중성지질로 대부분 이루어져 있음을 알 수 있었다. 이처럼 TL 중에서 NL의 구성비가 가장 많았을 뿐 아니라, 절대함량에서도 F시료와 S시료간의 NL함량의 차이는 TL의 증가분과 일치하므로 해수사육에 따른 TL함량의 증가는 NL의 증가에 의한 것임을 알 수 있었다.

NL 및 PL의 조성: 각 시료군에서의 GL함량은 매우 적었기 때문에 그 조성을 조사하지 못하였으나, NL과 PL의 조성은 Table 2와 같다. Table 2에서와 같이, NL의 구성성분중 TG획분은 NL의 33.5~93.2%를 차지하고 있으며, S시료와 F시료간의 TG조성비는 S시료가 다소 낮기는 했어도, 절대함량으로는 오히려 S시료가 배육(0.2g/100g)과 복육(0.5g/100g)에서 많았다. 이 함량차이는 두 시료간의 TL함량차이와도 잘 일치하고 있어, S시료가 F시료보다 TL함량이 많은 것은 주로 축적지질인 TG의 증가에 따른 것임을 알 수 있다. TG이외의 다른 획분의 조성비도 S시료와 F시료간에는 차이가 없었다.

한편 틸라피아의 PL성분으로서는 phosphatidyl ethanolamine(PE), phosphatidyl choline(PC) 및 sphingomyelin(SM) 등 3종이 동정되었다. 일반적으로 어류근육 인지질이 75% 이상은 PC와 PE이며, 이 중 절반이상이 PC인 것으로 알려지고 있는 채(豊水, 1974), 틸라피아에서도 어체부위에 관계없이 PC가 PL의 50.4~56.0%를 차지하여 가장 많았고, 다음으로 PE(34.8~39.8%), SM(6.8~9.0%)의 순이었으며, PC와 PE의 합은 PL의 90% 이상을 차지하여, 이들 두 획분이 PL의 대부분을 이루고 있어 상기의 보고와 대체로 같은 결과였다. 한편 PL의 각 획분의 절대함량은 0.2~0.5g/100g에 불과하기 때문에 F시료와 S시료의 PL함량 차이는 거의 없는 것으로 생각된다.

지방산조성: 담수(F)와 해수(S)에서 사육한 틸라피아의 TL과 사료의 지방산 조성을 Table 3에 나타내었다.

TL의 경우, F시료와 S시료 모두 근육부위에 상관없이 모노엔산(35.2~36.3%), 포화산(34.2~34.9

Table 3. Fatty acid composition of total lipid(TL) of diets and tilapia cultured in fresh(F) and seawater(S) (area %)

Fatty acids	Diets	Dorsal muscle		Ventral muscle	
		F	S	F	S
12:0	0.1	0.2	t*1	0.1	t
14:0	4.0	4.5	4.5	6.2	6.2
15:0	0.8	0.3	0.3	0.4	0.2
16:0	19.8	22.8	22.8	20.8	21.3
17:0	1.0	0.1	0.2	0.3	0.2
18:0	5.5	6.4	6.0	6.0	6.4
20:0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2
22:0	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2
Saturates	31.9	34.9	34.2	34.3	34.7
16:1	6.5	9.1	8.6	9.3	9.3
18:1	20.3	26.3	26.5	26.1	25.1
20:1	0.8	0.9	0.7	0.9	0.8
Monoenes	27.6	36.3	35.8	36.3	35.2
18:2	15.3	10.2	11.0	11.2	11.8
18:3	3.9	2.3	1.7	2.7	3.1
18:4	1.2	0.4	0.3	0.5	0.4
20:4	2.0	1.1	1.2	1.2	1.3
20:5	5.8	1.9	1.9	2.0	1.9
22:2	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4
22:4	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6
22:5	1.9	2.3	2.6	3.3	2.6
22:6	9.6	9.7	10.4	7.3	8.0
Polyenes	40.5	28.8	30.0	29.4	30.1

*1 <0.1% in fatty acid composition of TL.

Table 2. Composition of neutral lipid(NL) and phospholipid(PL) of tilapia cultured in fresh(F) and seawater(S) (g/100g)

Sample codes	% in NL						% in PL				
	ES&HC*	TG*	FFA*	DG*	FS*	MG*	PE*	PC*	SM*	Unknown	
Dorsal muscle	F	7.0	84.1	1.6	1.0	6.3	t*1	39.8	50.4	8.3	1.5
	S	7.5	83.5	1.6	0.9	6.5	t	37.2	52.3	9.0	1.5
Ventral muscle	F	1.2	93.2	0.8	0.4	4.4	t	35.2	55.9	6.8	2.1
	S	1.5	92.1	0.9	0.5	5.0	t	34.8	56.0	7.0	2.2

* <1% in composition of NL and PL.

ES&HC: esterified sterol and hydrocarbon, TG: triglyceride, FFA: free fatty acid, DG: diglyceride, FS: free sterol, MG: monoglyceride, PE: phosphatidyl ethanolamine, PC: phosphatidyl choline, SM: sphingomyelin.

%), 폴리엔산(28.8~30.1%)순의 조성을 이루었다. 주요 지방산으로는 14:0, 16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2와 22:6 등이었고, 특히 16:0(20.8~22.8%)과 18:1(25.1~26.5%)은 전체 지방산의 약 절반을 차지하였으며, 이러한 경향은 F시료나 S시료나 마찬가지로였다. 또한 두 시료간에는 탄소수에 따른 C16(16계열산), C18(18계열산), C20(20계열산) 및 C22(22계열산)의 조성에서도 거의 차이가 없이, 18계열산>16계열산>22계열산>20계열산의 순이었다. 한편, 이러한 TL의 지방산조성은 사료의 지방산조성과 매우 유사하였다. 일반적으로 해산 어류의 지질에는 20:5나 2:6과 같은 고도불포화 지방산의 조성비가 큰 반면, 담수어에서는 18:1과 18:2 등의 비율이 높다고 하지만(新聞·田口, 1964), 본 실험에서 S시료와 F시료의 근육지질을 이루는 지방산 조성에 차이가 없는 것은 동일한 사료를 사용하여 사육되었기 때문일 것이다. 이와

같이 어류의 구성지방산은 사료지질에 크게 영향을 받는다는 것을 大島(1985)도 수종의 어류에서 관찰하고 있다.

한편 NL에서도(Table 4), TL과 마찬가지로 14:0, 16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2, 22:6 등이 주요 지방산을 이루고 있으며, 구성순위로 TL과 마찬가지로 18:1을 주체로 하는 모노엔산의 구성비가 가장 높았고(38.2~41.1%), 다음으로 16:0을 주체로 하는 포화산(34.2~34.7%), 그리고 폴리엔산(24.3~27.1)이 순이었다. TL의 조성과 비교하여 포화산의 조성비는 같으며, 모노엔산의 조성비가 폴리엔산의 감소분만큼 많았고, 폴리엔산의 감소분 주로 22:6에 의한 것이었다. 그러나 NL의 지방산 조성, 즉 주요 지방산의 구성이나 포화산·모노엔산·폴리엔산의 구성, 그리고 16계열산·18계열산·20계열산·22계열산 등 계열산의 분포 등에서 S시료와 F시료간에 별다른 차이가 없었다.

Table 4. Fatty acid composition of neutral lipid(NL), glycolipid(GL) and phospholipid(PL) of tilapia cultured in fresh(F) and seawater(S) (area %)

Fatty acids	NL				GL				PL			
	Dorsal		Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal		Ventral	
	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S
12:0	0.2	0.1	0.1	*1	0.2	0.3	0.3	t	t	t	0.1	t
14:0	5.0	5.2	6.6	6.7	6.2	5.5	4.7	3.8	1.9	1.5	1.5	1.5
15:0	0.3	0.3	0.4	0.2	0.7	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3
16:0	22.6	22.5	20.8	21.0	31.6	31.0	34.5	34.0	23.3	22.7	24.5	23.2
17:0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.8	1.0	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
18:0	6.0	5.5	5.8	6.2	10.0	8.8	11.4	11.0	7.7	7.5	6.0	6.8
20:0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.9	0.9	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2
22:0	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Saturates	34.6	34.2	34.3	34.7	50.5	48.3	52.5	49.9	33.7	32.3	33.0	32.1
16:1	10.6	9.9	10.2	10.3	8.5	8.0	10.0	9.8	3.5	3.3	2.8	3.1
18:1	29.6	30.4	28.0	27.1	9.0	21.3	20.8	21.0	11.1	11.5	14.2	13.9
20:1	0.9	0.8	1.0	0.8	10.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.5	0.6	0.6
Monoens	41.1	41.1	39.2	38.2	28.4	30.1	31.6	31.5	15.4	15.3	17.6	17.6
18:2	11.4	12.5	12.0	12.9	8.0	8.2	6.8	8.0	5.2	5.2	6.2	6.2
18:3	2.7	2.0	3.0	3.5	3.2	3.7	2.4	2.5	0.5	0.4	0.9	1.0
18:4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3
20:4	0.4	0.2	0.6	0.6	2.5	2.3	1.6	1.8	4.9	5.0	5.5	5.4
20:5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.0	1.3	3.6	4.1	5.2	5.0
22:2	0.4	0.2	0.5	0.4	1.2	1.2	0.7	0.6	0.5	0.3	0.5	0.6
22:4	0.2	0.2	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	1.7	2.1	2.2	2.5
22:5	2.2	2.4	3.3	2.4	0.5	0.7	0.5	0.6	3.5	3.5	3.5	3.9
22:6	5.2	5.5	4.7	5.2	3.5	3.3	2.4	3.1	30.5	31.4	24.9	25.3
Polyenes	24.3	24.7	26.5	27.1	21.1	21.6	15.9	18.6	50.9	52.4	49.4	50.2

*1 < 0.1% in fatty acid composition.

GL에서는(Table 4), TL이나 NL과는 달리 16 : 0 을 주체로 하는 포화산의 비율이 가장 많아 절반 이상을 차지하였고(48.3~52.5%), 다음으로 모노엔 산(28.4~31.5%), 폴리엔산(15.9~21.6%)의 순이었다. 주요 구성지방산은 14 : 0, 16 : 0, 16 : 1, 18 : 0, 18 : 1, 18 : 2, 22 : 6으로 TL 및 NL과 같았으나, 포화산의 비율이 이들보다 높은 것은 16 : 0과 18 : 0 이 TL 및 NL에 비해 약 3~7% 정도 많기 때문이었다. 그러나 이러한 경향은 해수(S)시료나 담수(F)시료 모두에서 관찰되기때문에, GL의 지방산조성은 두 시료간에 차이가 없었다.

PL에서는, TL 및 NL(모노엔산 > 포화산)폴리엔 산), 또는 GL(포화산)모노엔산)폴리엔산)의 경향과는 달리 폴리엔산의 구성비가 가장 컸고(49.4~52.4%), 다음으로 포화산(32.1~33.7%), 모노엔산(15.3~17.6%)의 순이었다. 그러나 주요지방산의 구성은 TL, NL, GL 등과 거의 같았고, 18 : 1 과 18 : 2의 구성비가 다른 구성지질에 비해 수분의 1정도로 적음에도 불구하고 탄소수 20이상의 20 : 4, 20 : 5 및 22 : 6 등의 HUFAs의 조성비가 크며, 특히 22 : 6은 TL, NL, GL에 비해 약 3~10배가량 많은 비율로 분포하는 것이 특징이었다. 한편 담수 어인 잉어에서는 먹이중의 18 : 2와 18 : 3이 체내에 흡수되면 PL중의 20 : 4와 22 : 6의 조성이 증가하며, 축적지질인 TG에서는 18 : 2와 18 : 3만이 증가하는 것이 알려지고 있다(竹内·渡邊, 1977). 이러한 경향은 *T. zillii*(Kanazawa 등, 1980)나 *T. nilotica*(佐藤 등, 1983)에서도 확인되고 있으며, 본 실험의 *O. niloticus*에서도 TG가 주요 구성성분인 NL에서는 18 : 2와 18 : 3이 상당비율 존재하나, PL에서는 두 지방산 모두 1/2~1/4 정도로 줄어들고, 20 : 4와 22 : 6은 NL이나 GL에 비해 오히려 수배 많아지는 것이 확인되고 있어, 상기한 보고들과 결과가 일치하였다. 그러나 S시료와 F시료간에서는 폴리엔산의 조성비가 미미하나 S시료에서 많은 것 외에는 두 시료군간의 PL지방산조성의 차이는 확인할 수 없었다.

이상을 종합하면 해수사육 틸라피아는 담수사육한 것에 비해 지질량은 미미하나 많기는 하지만, 총지질(TL) 및 구성지질인 중성지질(NL), 인지질(PL) 등의 조성과 각 구성지질의 지방산조성에서 는 뚜렷한 차이를 확인할 수가 없었다.

요 약

해수사육한 틸라피아와 담수사육한 것의 근육지

질의 구성 및 그 지방산조성을 분석·비교하였다.

해수사육군은 담수사육군에 비해 총지질함량이 미미하지만 약간 많았고, 중성지질이 구성지질의 대부분을 이루고 있으며, 다음으로 인지질, 당지질의 순이었다. 중성지질 중에는 triglyceride(TG)의 조성이 가장 많았으며, 총지질 함량의 증가는 TG획분의 증가때문으로 생각되었다. 한편 인지질에서는 phosphatidyl choline, phosphatidyl ethanolamine, sphingomyelin이 동정되었으나, phosphatidyl choline이 가장 높은 조성비를 보였다. 각 구성지질을 이루는 주요지방산은 14 : 0, 16 : 0, 18 : 0 등의 포화산을 비롯하여 16 : 1, 18 : 1, 18 : 2, 22 : 6 등의 불포화산이었으며, 특히 16 : 0과 18 : 1의 구성비가 총지질, 중성지질, 당지질에서 높았으나, 인지질에서는 18 : 1, 18 : 2의 조성비가 적고 20 : 4, 20 : 5, 22 : 6 등의 고도불포화지방산이 많았다. 그러나 이러한 특징은 해수시료군에서나 담수시료군에서나 마찬가지로였으며, 두 시료군간에 차이는 확인할 수 없었다.

참 고 문 헌

박철원·김병기·명정구·김종만·이순길·허형택. 1990. 틸라피아의 해수양식에 관한 연구- 1. 해수순치 및 사육실험. 한국양식학회지(준비중).
 오광수·정부길·김명찬·성낙주·이용호. 1988. 정어리분말수우프의 가공. 한국영양식량학회지. 17, 149~157.
 李應昊·吳光秀·李泰憲·安昌範·鄭永勳·金敬三. 1985. 우렁쉥이 및 미더덕의 脂肪質成分. 한국식품과학회지. 17, 289~294.
 전중관·주동식·박철원·허형택·이용호. 1990. 해수사육 틸라피아근육의 식품성분 연구. 1. 담수 및 해수사육한 틸라피아근육의 정미성분. 한수지(투고중).
 大島敏明. 1985. 養殖及び天然魚の脂質. 水産動物の筋肉脂質. 水産學シリーズ 57. pp. 90~100.
 鹿山 光編. 恆星社厚生閣. 東京. 日本.
 新聞彌一郎·田口條子. 1964. 天然および養殖アユの脂肪酸組成について. 日水誌. 49, 1127~1134.
 佐藤秀一·竹内俊郎·渡邊 武. 1983. *Tilapia niloticus*의 必須脂肪酸要求. 日水誌. 49, 1127~1134.
 佐藤秀一·竹内俊郎·渡邊 武. 1984. *Tilapia nilotica*의 體組成及び脂肪酸組成に及ぼす絶食及び

- 水溫の影響. 日水誌. 50, 79~84.
- 竹内俊郎 · 渡邊 武. 1977. コイの必須脂肪酸要求量. 日水誌. 43, 541~551.
- 豊水正道. 1974. 魚類の脂質加水分解 · 酸化 · 油燒. 魚の品質. 水産學シリーズ 4. pp. 981~925. 日本水産學會編. 恒星社厚生閣. 東京. 日本.
- Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37, 911~917.
- Mangold, H. K. 1969a. Thin-layer chromatography. pp. 374~379. Inter. Student Ed.
- Mangold, H. K. 1969b. Thin-layer chromatography. pp. 414~415. Inter. Student Ed.
- Kanazawa, A., S. Teshima, M. Sakamoto and Md. A. Awal. 1980. Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. Nippon Suisan Gakkaishi. 46, 1353~1356.
- Rouser, G., G. Kritchevsky and A. Yamamoto. 1967. Lipid chromatographic analysis. p. 99. Dekker. New York.

1990년 6월 18일 접수

1990년 8월 23일 수리