

## n-3 및 n-6계 다불포화 지방산의 함유비율이 다른 유지가 식이성 고지혈증 흰쥐의 뇌, 심장 및 비장의 지방산 대사에 미치는 영향

김한수 · 정효숙\* · 강정옥\*\* · 김희숙 · 이수정 · 정승용†

경상대학교 식품영양학과

\*경남대학교 가정교육과

\*\*동의대학교 식품영양학과

### Effects of the Feeding Mixed Oils with Various Level of n-3 and n-6 Polyunsaturated Fatty Acid on the Fatty Acid Metabolism of Brain, Heart and Spleen in Dietary Hyperlipidemic Rats

Han-Soo Kim, Hyo-Sook Cheong\*, Jeong-Ock Kang\*\*, Hee-Sook Kim, Soo-Jung Lee and Seung-Yong Chung†

Dept. of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 601-701, Korea

\*Dept. of Home Economics, Kyungnam University, Masan 630-260, Korea

\*\*Dept. of Food and Nutrition, Donggeui University, Pusan 614-010, Korea

#### Abstract

This study was designed to examine effects of the various levels of sardine and safflower oil mix on lipid contents of several tissues in dietary hyperlipidemic rats. Experimental oils were 16% butter (control group), 8% butter + 8% olive oil (group 2), 8% butter + 8% sardine oil (group 3), 8% butter + 6% sardine oil + 2% safflower oil (group 4), 8% butter + 4% sardine oil + 4% safflower oil (group 5), 8% butter + 2% sardine oil + 6% safflower oil (group 6) and 8% butter + 8% safflower oil (group 7). The diet administered to the male rats of Sprague-Dawley were fed for 4 weeks. In the fatty acid composition of brain phospholipid, n-3 EPA and DHA contents were increased, and DHA content was remarkably high in the phosphatidylethanolamine (PE) component. Arachidonic acid content were high in the cardiolipin component. In the fatty acid composition of heart phospholipid, PUFA contents were highest in the group 5 and DHA content was higher in the groups 4 and 5, particularly. Fatty acid composition of spleen lipid showed that n-3 EPA and DHA contents were higher in the group 3 than in the other groups.

**Key words :** hyperlipidemia, sardine oil, safflower oil, fatty acid, n-3 PUFA, n-6 PUFA

#### 서 론

다불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)은 혈청 콜레스테롤, 중성지질 및 LDL-콜레스테롤 농도를 저하시켜 허혈성심질환 (coronary heart disease, CHD)을 예방한다고 알려져 있는데<sup>1-3)</sup>, PUFA중에서도 n-3계  $\alpha$ -linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA)와 n-6계 linoleic acid 등이 CHD 예방에 유효하다는 것이 밝혀 졌으며<sup>4)</sup>, 小淵<sup>5)</sup>

n-6계 linoleic acid, n-3계  $\alpha$ -linolenic acid 및 EPA는 각 계열의 대표적인 지방산으로 이들 3자간의 균형이 적절하지 못할때 혈소판 응집, 염증, 혈압 등에 악영향을 미친다고 보고 하였다. Takita 등<sup>6)</sup>에 의하면 생체내 지질대사는 식이 지질중의 n-3/n-6비에 따라 영향을 받으므로 n-3P와 n-6P의 섭취 균형을 적절히 유지하는 것이 중요하다고 보고한 바 있다. 그러나 n-3 및 n-6계 PUFA의 함유 수준을 달리한 지질 혼합 식이가 뇌, 심장 및 비장의 지방산 대사에 관한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구는 전보<sup>11-14)</sup>에 이어 n-3계 EPA와 DHA의 함유비율이 높은 정어리유와 n-6계 linoleic

†To whom all correspondence should be addressed

acid의 함유비율이 높은 홍화유의 함유수준을 달리한 혼합 유지의 섭취가 고지질식이 흰쥐의 뇌, 심장 및 비장의 지방산 대사에 미치는 영향을 구명하고자 실험을 행하였다.

**재료 및 방법**

**실험동물**

평균 체중이 60±5g인 Sprague Dawley계 숫 흰쥐를 5% 옥수수유를 함유하는 기초식으로 10일간 예비 사육하여 적응시킨 후 난괴법(randomized complete block design)에 의해서 한군을 6마리씩, 7군으로 나누어 사육상자에 한마리씩 넣어 4주간 실험사육하였다. 예비사육 및 실험사육 기간중 물과 식이는 자유로이 섭취시켰으며, 사육실의 온도(20±1°C) 및 습도(50±10%)는 최적조건으로 유지시켰고 명암은 12시간(07:00~19:00)주간으로 조절하였다.

**식이**

기초식이 및 실험식이의 조성은 Table 1과 같으며, 실험식이는 콜레스테롤 식이로서 콜레스테롤 7.5g/kg diet와 sodium cholate 2.5g/kg diet를 첨가 조제하였으며, 시험유지 및 실험군은 Table 2와 같다. 시험유지로서 옥수수유는 동방유량(株)製, 버터는 日本雪印乳業(株)製, 올리브유는 日本純正化學(株)製 및 정어리유는 日本油脂製, 홍화유는 日本 Benibana 食品會社製를 사용하였으며, 비타민 및 무기질 혼합물은 AIN-76™ 정제 사료 조제법에 따랐다.

**시험유지의 지방산 조성**

시험유지 및 시험 유지의 지방산 조성은 저자 등<sup>11)</sup>이 앞서 보고한 바와 같다.

**실험동물의 처리**

실험사육 4주간의 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 개복하여, 뇌, 심장 및 비장 등을 적출하여 그 무게를 측정 한 후 본 실험에 사용하였다.

**지질 성분의 분리**

뇌 및 심장은 각각 1.0g씩 취하여 chloroform : methanol(C : M=2 : 1, v/v)혼액 약 25ml를 가하여 지질을 추출한 후 건고시켜 적당량의 hexane에 녹여 kie-

**Table 1. Compositions of basal and experimental diet (g/kg diet)**

Ingredient	Basal diet	Experimental diet
Casein	200	200
DL-methionine	3	3
Corn starch	150	150
Sucrose	500	380
Cellulose powder	50	50
Mineral mixture*	35	35
Vitamin mixture*	10	10
Choline bitartrate	2	2
Corn oil	50	-
Cholesterol	-	7.5
Sodium cholate	-	2.5
Test lipid**	-	160

\*AIN-76™

\*\*See the legend of Table 2

**Table 2. Experimental groups and P/S, n-6/n-3P and mixing ratio of test lipids**

Experimental Group*	Butter	Olive oil	Sardine oil	Safflower oil	P/S ratio	n-6/n-3P ratio
1) Basal diet + 16% BT	16.0	-	-	-	0.10	2.86
2) Basal + 8% BT + 8% OL	8.0	8.0	-	-	0.12	1.08
3) Basal + 8% BT + 8% SDO	8.0	-	8.0	-	0.53	0.46
4) Basal + 8% BT + 6% SDO + 2% SO	8.0	-	6.0	2.0	0.63	1.26
5) Basal + 8% BT + 4% SDO + 4% SO	8.0	-	4.0	4.0	0.85	2.85
6) Basal + 8% BT + 2% SDO + 6% SO	8.0	-	2.0	6.0	1.15	7.60
7) Basal + 8% BT + 8% SO	8.0	-	-	8.0	1.38	-

\* BT, butter ; OL, olive oil ; SDO, Sardine oil ; SO, safflower oil

selgel 60G를 사용한 박층에 spot한 다음, 전개액(petroleum ether : ethyl ether : acetic acid=82 : 18 : 1, v/v)으로 전개, 풍건하여 요오드 증기로서 발색시켜 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 3지질 성분으로 분리하였다.

#### 인지질 성분의 분리

인지질 성분에 C : M혼액 일정량을 가하여 다시 지질을 추출한 후 건조시켜 적당량의 C : M혼액에 녹여 kieselgel 60H를 사용한 박층에 spot한 다음, 전개액(chloroform : methanol : water=65 : 25 : 1, v/v)으로 전개후 풍건하여 rhodamine 6G ethanol용액으로 발색

시켜 phosphatidylcholine(PC), phosphatidylethanolamine(PE) 및 cardiolipin(CL)의 3성분을 UV-lamp를 사용하여 파장 254nm에서 확인, 분리하였다(Fig. 1).

#### 지방산 조성의 분석

시험유지 및 각 조직의 지질성분을 C : M혼액으로 지질을 추출한 후 14% BF<sub>3</sub>-MeOH 시약으로 methyl-ester화시켜 gas chromatography(Hewlett Packard 5890 series II)로서 분석하였으며, 기기 분석 조건은 column ; ultra 2(crosslinked 5% Ph Me Silicone) 25 × 0.32mm × 0.52μm film thickness, FID detector temp. 300°C, split ratio 65 : 1, flow rate(carrier gas) 1.4ml/min.(N<sub>2</sub>), column temp. 160~250°C이었다.

#### 결과 및 고찰

##### 뇌 인지질의 지방산 조성

Table 3은 뇌지질중 인지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산은 20.4~22.4% 범위로 각 실험군 간에 차이는 별로 없었으며, 단일포화지방산은 19.8~22.5% 범위로 각 군간에 함유 비율의 차이는 적었고 포화지방산과 비슷한 수준이었다. 다불포화지방산은 55.1~58.5% 범위로 전 지방산의 50%이상을 차지하고 있

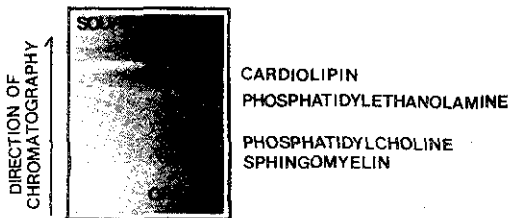


Fig. 1. Thin layer chromatogram of brain phospholipid.  
Plate ; kieselgel 60H  
Development system ; chloroform : methanol : water  
(65 : 25 : 1, v/v)

Table 3. Fatty acid composition in phospholipid fractionated by TLC from brain lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)

Fatty acid\Group*	1	2	3	4	5	6	7
14 : 0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
16 : 0	17.5	16.4	16.1	16.7	16.2	17.1	17.3
18 : 0	4.2	4.1	4.1	4.2	3.4	3.7	4.1
20 : 0	0.5	0.4	1.1	0.7	0.6	0.3	0.2
Saturates	22.4	21.1	21.5	21.9	20.4	21.3	21.7
16 : 1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6	0.5
18 : 1	21.8	21.9	20.5	19.2	20.6	21.1	21.6
Monoenes	22.4	22.5	21.1	19.8	21.0	21.7	22.1
18 : 2 (n-6)	22.1	21.5	22.0	23.3	23.1	23.7	24.0
18 : 3 (n-3)	0.5	0.6	1.3	1.2	1.1	0.5	0.3
20 : 4 (n-6)	3.1	2.8	2.2	2.4	2.6	3.1	3.7
20 : 5 (n-3)	8.9	9.7	10.6	10.4	10.2	9.8	9.8
22 : 5 (n-6)	4.0	3.8	0.8	0.7	1.6	3.1	4.0
22 : 5 (n-3)	3.3	3.6	4.1	3.8	3.7	1.2	0.6
22 : 6 (n-3)	13.2	14.3	16.3	16.4	16.2	15.5	13.6
Polyenes	55.1	56.3	57.3	58.2	58.5	56.9	56.0
n-3/n-6P	0.89	1.00	1.29	1.20	1.14	0.90	0.76
AA <sup>1)</sup> /PUFA <sup>2)</sup>	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07
EPA <sup>3)</sup> /AA	2.87	3.46	4.82	4.33	3.92	3.16	2.65

\*See the legend of Table 2

<sup>1)</sup> Arachidonic acid

<sup>2)</sup> Polyunsaturated fatty acid

<sup>3)</sup> Eicosapentaenoic acid

었으며, 이중 n-6계 PUFA로는 linoleic acid가 21.5~24.0% 범위로서 함유비율이 가장 높았으며 실험군 간에 있어서 비슷한 수준이었다. Arachidonic acid는 2.2~3.7% 범위로 함유 비율은 낮았으나 각 군간의 차이는 크지 않았다. Docosapentaenoic acid(DPA, n-6)는 0.7~4.0% 범위인데 3군(8% BT+8% SDO), 4군(8% BT+6% SDO+2% SO), 5군(8% BT+4% SDO+4% SO)에서는

0.7~1.6%로 그 비율이 낮았다.

한편 n-3계 PUFA로는  $\alpha$ -linolenic acid가 0.3~1.3% 수준으로 함유 비율이 아주 낮으며, EPA는 8.9~10.6%로 그 비율이 비교적 높고 각 군간의 차이는 크지 않았으며, DPA(n-3)는 0.6~4.1% 범위인데 6군(8% BT+2% SDO+6% SO), 7군(8% BT+8% SO)은 1.2% 미만으로 아주 낮았다. DHA는 13.2~16.4% 수준으로 그 함유 비

**Table 4. Fatty acid composition of phosphatidylcholine fractionated by TLC from brain phospholipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)**

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
14 : 0	8.2	6.5	7.8	7.1	7.1	7.5	7.3
16 : 0	30.7	28.4	23.5	28.0	27.6	29.4	27.9
18 : 0	14.2	16.3	5.2	5.2	6.4	7.8	8.1
Saturates	53.1	51.2	36.5	40.3	41.1	44.7	43.3
16 : 1	1.5	2.6	2.7	3.5	1.2	1.7	1.3
18 : 1	9.5	9.7	8.4	8.6	15.4	13.0	13.6
Monoenes	11.0	12.3	11.1	12.1	16.6	14.7	14.9
18 : 2 (n-6)	19.8	18.7	15.8	16.8	19.5	21.6	23.4
18 : 3 (n-3)	0.6	0.8	2.1	1.9	1.7	1.6	1.6
20 : 4 (n-6)	3.1	2.7	2.2	2.2	2.5	3.9	4.4
20 : 5 (n-3)	2.4	2.6	8.0	6.0	4.6	2.7	2.4
22 : 5 (n-3)	5.2	6.1	10.5	7.4	4.5	4.2	4.0
22 : 6 (n-3)	4.8	5.5	13.7	13.3	9.4	6.5	5.9
Polyenes	35.9	36.4	52.3	47.6	42.2	40.5	41.7
n-3/n-6P	0.57	0.70	1.91	1.51	0.92	0.59	0.50
AA <sup>1)</sup> /PUFA <sup>2)</sup>	0.09	0.07	0.04	0.05	0.06	0.10	0.11
EPA <sup>3)</sup> /AA	0.77	0.96	3.64	2.73	1.84	0.69	0.55

\* See the legend of Table 2

<sup>1)</sup> Arachidonic acid    <sup>2)</sup> Polyunsaturated fatty acid    <sup>3)</sup> Eicosapentaenoic acid

**Table 5. Fatty acid composition in phosphatidylethanolamine fractionated by TLC from brain phospholipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)**

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
14 : 0	9.5	7.4	7.9	8.5	8.6	9.0	8.7
16 : 0	20.6	19.4	18.7	19.0	18.8	20.1	18.9
18 : 0	20.1	21.3	6.2	6.1	9.7	9.4	7.5
Saturates	50.2	48.1	32.8	33.6	37.1	38.5	35.1
16 : 1	3.5	4.8	5.9	5.8	7.2	6.4	6.7
18 : 1	5.4	5.5	5.7	4.8	8.2	7.1	7.6
Monoenes	8.9	10.3	11.6	10.6	15.4	13.5	14.3
18 : 2 (n-6)	14.2	13.8	11.2	12.5	14.7	16.5	20.4
20 : 4 (n-6)	3.3	2.6	2.4	2.3	2.6	4.5	5.1
20 : 5 (n-3)	1.2	1.5	6.6	5.7	3.8	2.0	1.1
22 : 5 (n-3)	9.4	10.2	14.6	14.5	9.7	9.6	8.5
22 : 6 (n-3)	12.6	13.4	20.8	20.8	16.5	15.3	15.4
Polyenes	40.7	41.5	55.6	55.8	47.3	47.9	50.5
n-3/n-6P	1.32	1.53	3.09	2.77	1.73	1.28	0.98
AA <sup>1)</sup> /PUFA <sup>2)</sup>	0.08	0.06	0.04	0.04	0.05	0.09	0.10
EPA <sup>3)</sup> /AA	0.36	0.58	2.75	2.48	1.46	0.44	0.22

\* See the legend of Table 2

<sup>1)</sup> Arachidonic acid    <sup>2)</sup> Polyunsaturated fatty acid    <sup>3)</sup> Eicosapentaenoic acid

율이 높은 편이며 이중 3군, 4군, 5군이 다소 높았다.

뇌인지질을 재크로마토그래피하여 얻은 phosphatidylcholine(PC)의 지방산 조성은 Table 4에서와 같이 포화지방산은 36.5~53.1% 범위이고 이중 palmitic acid가 23.5~30.7%로 주요 지방산이었으며, 단불포화지방산은 11.0~16.6% 수준으로서 그 함유비율은 낮았다. 다불포화지방산은 35.9~52.3% 범위인데 이중 1군(16% BT)과 2군(8% BT+8% OL)은 36.4% 미만으로서 함유 비율이 비교적 낮은 편이었다. n-6계 PUFA로서 linoleic acid는 15.8~23.4% 범위였는데 이중 3군과 4군이 약간 낮았으며, arachidonic acid는 2.2~4.4% 범위인데 3, 4, 5군에서 다소 비율이 낮았다. 한편 n-3계 PUFA로서  $\alpha$ -linolenic acid는 2.1%미만으로서 그 함유 비율이 낮은 편이고, EPA는 2.4~8.0% 범위인데 특히 3, 4, 5군에서 높았고, DPA는 4.0~10.5% 수준으로서 그 함유비율이 비교적 높았으며 이중 3군 10.5%, 4군 7.4%로서 더욱 높았다. DHA는 3군 13.7%, 4군 13.3%, 5군 9.4%로 여타 실험군보다 더욱 높았으며 대체로 PUFA중 linoleic acid 다음으로 함유비율이 높은 지방산이었다.

Table 5는 뇌 인지질 중 phosphatidylethanolamine(PE)의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산은 32.8~50.2% 범위인데 1군, 2군은 50% 수준이었으나 3~7군은 모두 40% 미만으로서 함유비율이 다소 낮았으며, 단불포화지방산은 8.9~15.4% 범위로 대체로 함유 비율이 낮은 편이었다.

다불포화지방산에 있어 n-6계 linoleic acid는 11.2~20.4% 범위이고 arachidonic acid는 2.3~5.1% 범위이며 양자 모두 3군에서 7군으로 갈수록 증가되는 경향이었다. 한편 n-3계 PUFA중 EPA는 1.1~6.6% 범위, DPA는 8.5~14.6%, DHA는 12.6~20.8% 범위로서 3자 모두 3군과 4군에서 그 함유비율이 높았고 특히 DPA와 DHA는 PC 및 cardiolipin(CL)성분에 비해 월등히 높은 비율을 나타내었다.

뇌 인지질중 cardiolipin의 지방산 조성은 Table 6과 같이 포화지방산의 함유비율은 38.9~52.4% 범위이고 이중 1군과 2군은 각각 52.4%, 46.6%로 높고 3군~7군은 모두 40.0% 미만으로서 비교적 낮으며 각 군간의 차이도 거의 없었다. 단불포화지방산은 15.0~23.0% 범위인데 이중 1군이 15.0%로 비교적 낮고, 여타 실험군은 20.0~23.0% 수준으로서 다소 높은 편이었으며, 각 군간의 비율차이는 크지 않았다. 다불포화지방산은 32.2~39.9% 범위이며 이중 n-6계 linoleic acid가 19.1~26.6% 범위로 주요 지방산을 이루고 있고 arachidonic acid는 3.3~6.3% 수준이며 양자 모두 3군에서 7군으로 갈수록 점차 증가되는 경향이었다. n-3계 PUFA로는 EPA가 2.8~8.6%, DHA는 0.9~4.8% 범위였는데 이중 3군, 4군 및 5군에서 비교적 함유비율이 높게 나타났다.

뇌 지질중 인지질, PC, PE 및 CL성분의 다불포화지방산의 함유비율을 비교해 보면, n-6계 PUFA중 linoleic acid는 4성분 모두 그 함유 비율이 높아 주요 지방산을

Table 6. Fatty acid composition in cardiolipin fractionated by TLC from brain phospholipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
14 : 0	9.7	7.5	7.0	6.7	5.2	6.2	6.9
16 : 0	32.8	30.6	27.8	27.4	26.9	26.3	25.4
18 : 0	9.9	8.5	5.5	5.0	7.1	8.4	6.6
Saturates	52.4	46.6	40.3	39.1	39.2	40.9	38.9
16 : 1	2.6	3.5	4.7	6.5	6.0	5.8	5.4
18 : 1	12.4	17.5	15.3	16.5	16.7	15.4	15.8
Monoenes	15.0	21.0	20.0	23.0	22.7	21.2	21.2
18 : 2 (n-6)	23.6	22.8	19.1	19.9	21.4	23.6	26.6
18 : 3 (n-3)	1.2	1.4	3.7	2.8	2.5	2.6	2.4
20 : 4 (n-6)	4.0	3.8	3.3	3.4	4.7	5.8	6.3
20 : 5 (n-3)	2.8	3.1	8.6	7.4	5.8	4.0	3.1
22 : 6 (n-3)	0.9	1.1	4.8	3.6	3.7	1.9	1.5
Polyenes	32.5	32.2	39.5	37.1	38.1	37.9	39.9
n-3/n-6P	0.18	0.21	0.76	0.59	0.46	0.29	0.21
AA <sup>1)</sup> /PUFA <sup>2)</sup>	0.12	0.12	0.08	0.09	0.12	0.15	0.16
EPA <sup>3)</sup> /AA	0.70	0.82	2.60	2.18	1.23	0.69	0.49

\* See the legend of Table 2

<sup>1)</sup> Arachidonic acid

<sup>2)</sup> Polyunsaturated fatty acid

<sup>3)</sup> Eicosapentaenoic acid

이루고 있었으며, 이중 PL 및 CL 성분이 PC 및 PE성분에 비해 비교적 높은 편이었고 arachidonic acid는 4성분 모두 비슷한 수준이었으나 CL성분에서 약간 높았으며 n-6계 DPA는 PL 성분에서만 동정되었는데 이중 1, 2, 6 및 7군이 3.1~4.0% 수준으로 비교적 높았다.

n-3계 PUFA중  $\alpha$ -linolenic acid는 PL 및 PC CL성분에서 검출되었으나 대체로 3.7%미만으로 낮으며 PE 성분에서는 검출되지 않았다. EPA는 PL성분에서 9.0~11.0% 수준으로 다른 성분에 비해 높았으며, n-3계 DPA는 PL, PC 및 PE 성분에 함유되어 있었는데, 특히 PE성분에는 9.0~15.0% 수준으로 그 함유비율이 높았다. DHA는 4성분 모두 함유하고 있었으나 PL성분에 13.2~16.4%, PE성분에 13.0~21.0%수준으로 그 비율이 높은 것이 특징이었다.

Holman과 Peifer<sup>15)</sup>은 뇌조직에 있어서 n-6계 다불포화지방산의 함유비율은 식이지질중 linoleic acid의 함량에 따라 다르다고 하였고, Clandinin 등<sup>16)</sup>은 뇌조직은 다른 조직의 지방산 조성과는 달리 n-3계 DPA 및 DHA의 함유 비율이 높은 것이 특징이라고 보고하였다. 또한谷口 등<sup>17)</sup>에 의하면 버터 12%에 올리브유, 정제 EPA 및 정제 DHA를 각각 3%씩을 첨가한 혼합유지를 흰쥐에게 2주간 급여 하였던 바, PC 성분에 비하여 PE 성분에서 DHA의 함유 비율이 높은 것으로 나타

났고, 뇌 및 고환의 PC와 PE 지질 성분에서는 EPA 함유 비율이 현저히 낮았는데, 이는 DHA로 대사가 신속히 이루어졌기 때문이라고 추정하였다. 본 실험 결과, 뇌 인지질 각 성분의 다불포화지방산 조성에 있어 n-6계 linoleic acid를 제외한 여타 PUFA 중 대체로 n-3계 EPA, DPA 및 DHA의 함유 비율이 높게 나타난 바 이들 보고들과 유사한 경향을 나타내었다.

심장 지질의 지방산 조성

심장 지질중 인지질의 지방산 조성은 Table 7과 같다. 포화지방산의 함유 비율은 26.2~36.8% 수준으로 이중 palmitic acid가 16.6~23.3% 범위로 대부분을 차지하였으며, 심장 중성지질에서는 검출 안된 arachidonic acid가 0.7~2.4% 수준으로 함유되어 있었다. 다불포화지방산의 함유 비율은 18.4~24.9% 범위이며 이중 oleic acid가 17.4~23.4%로서 주요 지방산을 이루고 있었다. 다불포화지방산은 38.3~54.9% 범위로서 함유 비율이 비교적 높았으며, 이중 n-6계 linoleic acid가 20.9~29.3% 수준으로 주요 지방산을 이루고 있었고, n-3계 PUFA는 EPA가 2.1~8.3%, DHA가 4.4~11.5% 범위로 함유되어 있었는데 EPA는 1, 2군에 비해 3~7군은 6.7~8.3%로 그 함유 비율이 높았으며 실험군 간의 차이는 별로 크지 않았다. 특히, DHA는 4군, 5군에서

Table 7. Fatty acid composition in phospholipid fractionated by TLC from heart lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
14 : 0	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5
16 : 0	23.0	23.3	16.9	17.9	16.5	17.3	16.6
18 : 0	12.2	10.6	9.3	8.7	8.2	8.2	8.8
20 : 0	1.2	2.4	0.8	0.7	1.2	0.8	1.2
Saturates	36.8	36.7	27.5	27.6	26.2	26.7	27.1
16 : 1	2.2	1.5	1.8	1.4	1.5	1.3	1.0
18 : 1	21.9	23.4	17.9	19.0	17.4	17.5	17.4
Monoenes	24.1	24.9	19.7	20.4	18.9	18.8	18.4
18 : 2 (n-6)	22.5	20.9	22.0	23.4	25.5	27.4	29.3
18 : 3 (n-3)	4.0	4.1	4.1	3.6	3.0	3.3	2.8
20 : 4 (n-6)	3.2	3.3	2.9	3.2	3.7	4.3	4.6
20 : 5 (n-3)	2.1	2.7	8.3	7.1	7.3	6.7	6.9
22 : 5 (n-6)	0.8	0.9	0.8	1.0	1.6	2.0	2.4
22 : 5 (n-3)	2.1	1.7	4.0	2.1	2.3	0.9	0.2
22 : 6 (n-3)	4.4	4.7	10.7	11.5	11.5	9.8	8.3
Polyenes	39.1	8.3	52.8	51.9	54.9	54.4	54.5
n-3/n-6P	0.47	0.52	1.05	0.88	0.78	0.61	0.50
AA <sup>1)</sup> /PUFA <sup>2)</sup>	0.08	0.08	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
EPA <sup>3)</sup> /AA	0.66	0.82	2.86	2.22	1.97	1.56	1.50

\* See the legend of Table 2  
<sup>1)</sup> Arachidonic acid    <sup>2)</sup> Polyunsaturated fatty acid    <sup>3)</sup> Eicosapentaenoic acid

그 함유 비율이 가장 높게 나타났다.

Table 8은 심장중 중성지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산의 함량은 36.9~45.7% 범위로 이중 palmitic acid가 25.8~28.6%의 함유 비율로 대부분을 차지하였으며, 단불포화지방산에서는 oleic acid가 19.3~25.6% 범위로 거의 전부를 차지하였다. 다불포화지방산은 24.0~39.1% 범위이고 이중 linoleic acid가 14.7~23.2% 수준으로 주요 지방산을 이루고 있었으며 7군에서 비교적 그 비율이 높았고 arachidonic acid는 2.6% 미만으로 함유비율이 낮았다. n-3계 PUFA중  $\alpha$ -linolenic acid는 3.0% 미만이고, EPA는 1.2~3.9% 수준이며, DPA는 2.4~5.8%, DHA는 1.8~7.9% 범위로 비교적 그 함유 비율이 높았는데 특히, 3군, 4군, 5군에서 높았다.

심장 인지질 및 중성지질의 다불포화지방산의 조성을 비교해 보면, 인지질 및 중성지질 성분 모두 linoleic acid의 함유 비율이 높아 주요 지방산을 이루고 있었으며, n-6계 DPA는 인지질 성분에 있어 전실험군에서 검출되었으나, 중성지질 성분에서는 검출되지 않았다. n-3계 PUFA는 EPA, DPA 및 DHA 모두 양 성분에 함유되어 있었는데 DHA의 비율이 약간 높았다. 그리고 3군에서 7군으로 시험유지 중의 홍화유의 혼합비율이 높아짐에 따라 n-6계 PUFA는 증가되는 반면, n-3계 PUFA는 다소 감소되는 경향을 보였으며, 따라서 시험

유지의 지방산 조성이 반영되는 것으로 나타났다.

Berger와 Geman<sup>10)</sup>에 의하면 2% 홍화유를 급여한 대조군과 1% 홍화유와 1% linolenate (n-3), 1% 홍화유 및 1% eicosatrienoate (n-3)를 각각 혼합하여 생쥐에게 급여한바, 심장등 각 조직에서 cardiolipin, phosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine 및 phosphatidylinositol 성분의 지방산 조성은 대체로 식이 지질에 함유된 다불포화지방산의 종류에 따라 대사되었다고 보고하였으며, Takita 등<sup>10)</sup>은 생체내의 지질대사는 시험유지의 n-3/n-6P 비율에 영향을 받기 때문에 n-3 및 n-6계 다불포화지방산의 섭취 균형을 적절히 유지시키는 것이 중요하다고 하였다.

본 실험 결과, 심장 인지질 및 중성지질의 지방산 조성에 있어 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타난 바 이들 보고들과 유사한 경향이였다.

#### 비장 지질의 지방산 조성

비장 지질의 총지방산 조성은 Table 9와 같이 포화지방산의 함유 비율은 39.4~47.4% 수준으로 이중 palmitic acid(21.9~25.3% 범위)와 stearic acid(11.3~17.1% 범위)가 대부분을 차지하였으며 pentadecanic acid(0.5~1.3% 범위), heptadecanic acid(0.4~0.9% 범위) 및 arachidic acid(2.5~3.6% 범위)등이 함유되어 있는 것이 특징이었다. 단불포화지방산중 oleic

Table 8. Fatty acid composition in triglyceride fractionated by TLC from heart lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	1.2	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7
14 : 0	2.6	0.8	1.7	1.9	1.8	1.1	0.9
16 : 0	28.6	27.0	25.8	26.9	27.5	28.0	27.7
18 : 0	13.3	13.4	8.8	9.6	9.8	9.7	8.1
Saturates	45.7	41.8	36.9	39.1	39.9	39.4	37.4
16 : 1	6.5	8.6	6.1	5.0	3.6	4.0	4.2
18 : 1	23.1	25.6	21.4	22.3	21.3	20.9	19.3
Monoenes	29.6	34.2	27.5	27.3	24.9	24.9	23.5
18 : 2 (n-6)	15.5	14.7	14.5	16.1	17.8	19.5	23.2
18 : 3 (n-3)	3.0	2.4	2.7	2.4	2.6	1.8	1.9
20 : 4 (n-6)	0.8	0.7	0.8	1.0	1.4	2.1	2.6
20 : 5 (n-3)	1.2	1.3	3.9	3.4	3.2	2.9	2.4
22 : 5 (n-3)	2.4	2.5	5.8	5.2	4.6	4.2	4.1
22 : 6 (n-3)	1.8	2.4	7.9	5.4	5.5	5.1	4.9
Polyenes	24.7	24.0	35.6	33.5	35.1	35.6	39.1
n-3/n-6P	0.51	0.56	1.33	0.96	0.83	0.65	0.52
AA <sup>b)</sup> /PUFA <sup>b)</sup>	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07
EPA <sup>b)</sup> /AA	1.50	1.86	4.87	3.40	2.28	1.38	0.92

\*See the legend of Table2

<sup>b)</sup>Arachidonic acid

<sup>c)</sup>Polyunsaturated fatty acid

<sup>d)</sup>Eicosapentaenoic acid

acid (16.1~22.7% 범위)가 거의 전부를 차지하였고, 다 불포화지방산의 함유 비율은 31.6%~41.3% 범위이며 이 중 n-6계 arachidonic acid (9.1~12.6% 범위)와 linoleic acid (8.7~15.7% 범위)의 함유 비율이 높았으며 do-

**Table 9. Fatty acid composition in total fatty acid from spleen of rats fed the experimental diets for 4 week (peak area %)**

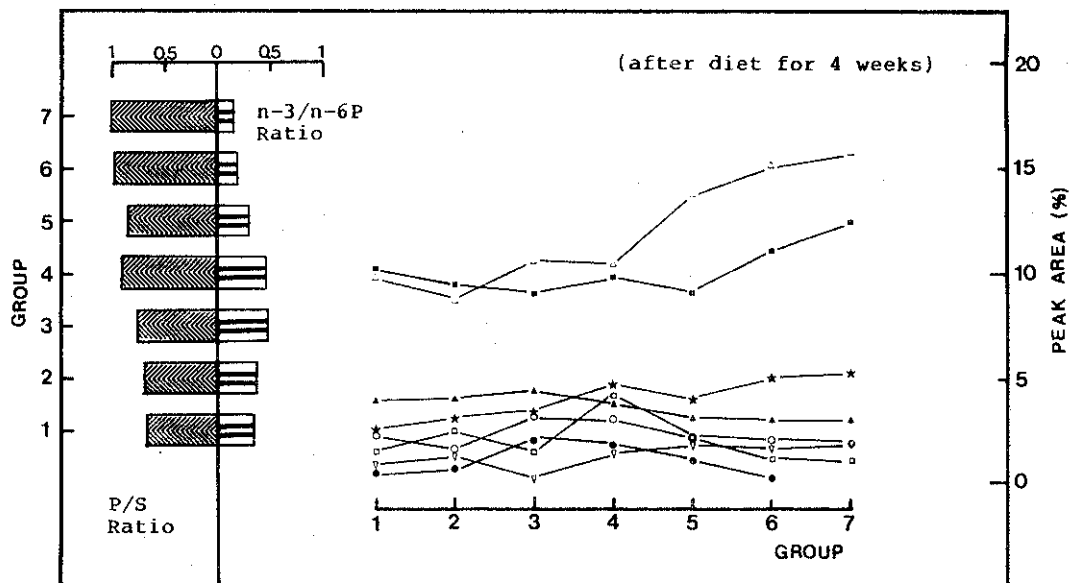
Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
14 : 0	1.5	1.0	1.3	0.9	1.6	0.7	0.6
15 : 0	0.6	0.5	0.6	0.5	1.1	0.5	1.3
16 : 0	25.1	23.3	25.2	25.3	25.2	24.1	21.9
17 : 0	0.5	0.4	0.7	0.6	0.7	0.5	0.9
18 : 0	17.1	16.3	13.8	11.3	12.2	12.3	11.7
20 : 0	2.6	2.5	3.6	3.5	3.4	2.7	3.0
Saturates	47.4	44.0	45.2	42.1	44.2	40.8	39.4
16 : 1	1.9	1.3	2.1	1.4	2.0	1.7	1.1
18 : 1	19.1	22.7	17.8	17.5	16.1	17.2	18.1
Monoenes	21.0	24.0	19.9	18.9	18.1	18.9	19.2
16 : 2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
18 : 2 (n-6)	9.9	8.7	10.6	10.3	13.7	15.1	15.7
18 : 3 (n-3)	4.0	4.1	4.5	3.8	3.2	3.1	3.1
20 : 4 (n-6)	10.2	9.5	9.2	9.8	9.1	11.3	12.6
20 : 5 (n-3)	2.3	1.7	3.2	3.1	2.3	2.1	1.9
22 : 4 (n-6)	0.8	1.6	0.2	1.4	1.9	1.8	1.9
22 : 5 (n-6)	2.4	3.2	3.4	4.8	4.2	5.1	5.2
22 : 5 (n-3)	1.5	2.5	1.5	3.9	2.3	1.3	0.8
22 : 6 (n-3)	0.3	0.4	2.0	1.6	0.8	0.2	tr
Polyenes	31.6	31.9	34.8	38.9	37.7	40.2	41.3
n-3/n-6P	0.35	0.38	0.48	0.47	0.30	0.20	0.16
AA <sup>1)</sup> /PUFA <sup>2)</sup>	0.32	0.30	0.26	0.25	0.24	0.28	0.31
EPA <sup>3)</sup> /AA	0.22	0.18	0.35	0.32	0.25	0.18	0.15

\* See the legend of Table 2

<sup>1)</sup>Arachidonic acid

<sup>2)</sup>Polyunsaturated fatty acid

<sup>3)</sup>Eicosapentaenoic acid



**Fig. 2. Comparison of n-3/n-6P ratio, P/S ratio and polyunsaturated fatty acid content of total fatty acid in spleen tissue of rats.**  
 △ 18 : 2 (n-6), ▲ 18 : 3 (n-3), ■ 20 : 4 (n-6), ○ 20 : 5 (n-3), ▽ 22 : 4 (n-6), ★ 22 : 5 (n-6), □ 22 : 5 (n-3), ● 22 : 6 (n-3)



cosatetraenoic acid가 0.2~1.9% 범위, DPA (n-6)가 2.4~5.2% 범위로 함유되어 있었으며 양자 모두 1~3군에 비해 4~7군에서 그 비율이 높은 경향이였다. 한편, n-3계 PUFA로는  $\alpha$ -linolenic acid가 3.1~4.5%, EPA가 1.7~3.2%, DPA (n-3)가 0.8~3.9% 범위이며 대체로 3군, 4군에서 그 함유 비율이 다소 높았으며, DHA는 0.2~2.0% 범위로 함유 비율이 낮았으나 3군, 4군은 비교적 높았다. 비장 지질의 지방산 조성에 있어서 PUFA의 조성이 9중으로서 다양한 것이 특징이었으며, 시험유지의 P/S 비율이 3군에서 7군으로 높아짐에 따라 n-3/n-6P비 및 EPA/AA 비율은 감소되는 경향(Fig. 2)을 나타내었다.

Berger와 German<sup>10)</sup>은 생쥐에게 2% 홍화유를 대조군으로 하여, 1% 홍화유 및 1% linolenate (n-3), 1% 홍화유와 1% eicosatrienoate (n-3)를 각각 혼합하여 2주간 급여하였을 때, 비장 등 각 조직에서의 인지질 성분들은 식이 유지의 지방산 종류에 따라 생체내에서 대사된다고 하였으며, 생체내의 지질대사는 시험유지 지질 중의 n-3/n-6P 비에 영향을 받는다고 보고한 바 있다.

## 요 약

n-3계 EPA와 DHA의 함유 비율이 높은 정어리유와 n-6계 linoleic acid의 함유 비율이 높은 홍화유의 혼합 급여가 고지질식이 흰쥐의 뇌, 심장 및 비장의 지방산 대사에 미치는 영향을 구명하기 위해 Sprague Dawley 계 숫 흰쥐에게 버터 식이를 대조군으로 하고 정어리유 및 홍화유의 혼합 비율을 달리한 유지를 급여하여 4주간 실험 사육한 후 지방산 조성을 분석 검토한 결과, 뇌 지질중 인지질의 지방산 조성은 EPA 및 DHA의 함유 비율이 높았으며, 특히 phosphatidylethanolamine에서는 DHA의 함유 비율이 월등히 높았고, cardiolipin에서는 arachidonic acid의 함유 비율이 높았다. 심장 인지질의 지방산 조성에서 PUFA의 함유 비율은 5군(4% 정어리유+4% 홍화유)에서 가장 높았고, 특히 DHA 함유 비율은 4군(6% 정어리유+2% 홍화유), 5군에서 높았으며, 비장 지질의 조성 지방산중 EPA 및 DHA의 함유 비율은 3군(8% 정어리유)에서 높았다.

## 문 헌

1. Applebaum-Bowden, D., Haffner, S. M., Hartsook, E., Luk, K. H., Albers, J. J. and Hazzard, W. R. : Down regulation of the low density lipoprotein receptor by

2. dietary cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 360(1984)
2. Balasubramian, S., Simons, L. A., Chang, S. and Hickie, J. B. : Reduction in plasma cholesterol and increase in biliary cholesterol by a diet rich in n-3 fatty acids in the rat. *J. Lipid Res.*, **26**, 284(1985)
3. Oh, S. Y. and Monaco, P. A. : Effect of dietary cholesterol and degree of fat unsaturation on plasma lipid levels, lipoprotein composition and fecal steroid excretion in normal young adult men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**, 399(1985)
4. Ramesh, C. S., Paul, R. and Garguly, J. : Effect of dietary unsaturated oil on the biosynthesis of cholesterol and on biliary and fecal excretion of cholesterol and bile acid in rat. *J. Nutr.*, **110**, 2149(1980)
5. Reiser, R., Probstfield, J. L. and Silver, A. : Plasma lipid and lipoprotein response of humans to beef fat, coconut oil and safflower oil. *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**, 190(1985)
6. Shepherd, J., Packard, C. J., Grundy, S. M., Yeshrun, D., Gotto, A. M. and Taunton, O. D. : Effects of saturated fat diets on the chemical composition and metabolism of low density lipoproteins in man. *J. Lipid Res.*, **21**, 91(1980)
7. Spritz, N. and Mishkel, M. A. : Effects of dietary fats on plasma lipid and lipoprotein : An hypothesis for the lipid lowering effect of unsaturated acid. *J. Clin. Invest.*, **48**, 78(1969)
8. Simopoulos, A. T. :  $\omega$ -3 Fatty acids in growth and development and in health and disease : The role of  $\omega$ -3 fatty acids in growth and development. *Nutrition today*, p.10(1988)
9. 小島義樹 : 脂肪酸構成の違いと生理効果. *臨床營養*, **77**(1), 37(1990)
10. Takita, T., Nakamura, K., Hayakawa, T., Fukutomi, A. and Innami, S. : Effects of dietary fats with different n-3 polyunsaturated fatty acid and n-6 polyunsaturated fatty acid on lipid metabolism in rats. *Jpn. J. Nutr.*, **47**(3), 141(1989)
11. 김한수, 정승용 : 버터, 정어리유 및 홍화유의 혼합 급여가 흰쥐의 혈청지질성분 및 간기능 효소 활성에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **21**(6), 608(1992)
12. 김한수, 김성희, 정승용 : 버터, 정어리유 및 홍화유를 혼합급여한 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 대사에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **21**(6), 617(1991)
13. 김한수, 김성희, 정효숙, 강정옥, 정승용 : n-3 및 n-6계 다불포화지방산의 함유 비율이 다른 유지가 고지혈증 흰쥐의 혈청지단백 지질성분 및 지방산 대사에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **22**(5), 534(1993)
14. 김한수, 김성희, 김군자, 최운정, 정승용 : n-3 및 n-6계 다불포화 지방산의 함유비율이 다른 유지가 식이성 고지혈증 흰쥐의 간장, 뇌, 고환 및 신장의 지질 성분에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **22**(6), 685(1993)
15. Holman, R. T. and Peifer, J. J. : The ratio of trienoic, tetraenoic acid in tissue lipids as a measure of EPA requirement. *J. Nutr.*, **70**, 411(1960)
16. Clandinin, M. T., Chappell, J. E., Leong, S., Heim, T., Swyer, P. R. and Chance, G. W. : Extruterine fatty

- acid accretion in infant brain. *Ibid*, 4 (2), 131 (1980)
17. 谷口裕言, 瀧田聖親, 中村カホル, 早川亨志, 福富麻子, 印南 敏: 食餌性高トリグリセイド血症 ラットの血清リポタンパク質および臓器リン脂質割合の脂肪酸組成に及ぼす n-3系 多価不飽和脂肪酸の影響. 第 43回 日本營養食糧總會講演要旨集, 2D-16a, 54 (1989)
18. Berger, A. and German, J. B. : Phospholipid fatty acid composition of various mouse tissues after feeding  $\alpha$ -linolenate (18 : 3, n-3) or eicosatrienoate (20 : 3, n-3). *Lipids*, 25, 473 (1990)

(1993년 8월 23일 접수)