

## 아마인유와 해바라기 종자유의 혼합 급이가 식이성 고지혈증 흰쥐의 간장 지질성분 및 지방산 조성에 미치는 영향

최운정 · 김한수\* · 김성희\* · 이호신\* · 서인숙\* · 정승용\*<sup>†</sup>

서강전문대학 식품영양과

\*경상대학교 식품영양학과

## Effects of Feeding the Mixture of Linseed and Sunflower Seed Oil on the Lipid Components and Fatty Acid Compositions of Liver in Dietary Hyperlipidemic Rats

Woon-jeong Choi, Han-soo Kim\*, Sung-hee Kim\*, Ho-sin Yi\*,  
In-sook Su\* and Seung-yong Chung\*<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Seogang Junior College, Kwangju 500-742, Korea

\*Dept. of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

### Abstract

This study was carried out to investigate the effect of the feeding mixture of linseed oil, rich in n-3 PUFA and the sunflower seed oil, rich in n-6 PUFA on the lipid metabolism in the dietary hyperlipidemic rats. After male Sprague-Dawley rats were induced hyperlipidemia by feeding the diet containing lard, butter, and cholesterol for 3 weeks, then they were fed with the diet containing lard 3.0% and butter 12.0% for control, the mixture in different proportion of both linseed oil and sunflower seed oil, and antihyperlipidemic drugs for 2 weeks. Analysis of the lipid component and the fatty acid composition of the liver showed following results. Concentrations of total cholesterol and phospholipid in liver were significantly higher in group 2 (olive oil 12.0%) and lower in the other groups than in the control group, especially lower in groups 3 (cholestyramine 2.0%) and 9 (sunflower seed oil 12.0%). Concentration of triglyceride was lower in the other groups except group 4 (liparoid), especially lower in group 9 than in the control group. In the fatty acid composition of liver lipids, C<sub>18</sub>:2 was the major fatty acid. Contents of n-6 PUFA increased, while those of n-3 PUFA decreased in groups 5 (linseed oil 12.0%) to 9 as n-3P/n-6P ratio of the test lipid decreased and were affected by the fatty acid composition of the test lipids. From the data on concentrations of total cholesterol, phospholipid and triglyceride in liver, we concluded that the feeding mixed with 3.0% lard and 12.0% sunflower seed oil were most effective for the improvement of the liver lipids. The fatty acid composition in liver lipids were affected by the fatty acid composition of the test lipids.

**Key words** : hyperlipidemia, linseed oil, sunflower oil, cholestyramine, liparoid

### 서론

다불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)은 간장에서 중성지질로 전환되기 보다는 우선적으로 케톤체로 전환됨으로써 PUFA 식이는 혈장 very low density lipoprotein (VLDL)과 low density lipoprotein (LDL) 농도를 저하시키고<sup>1)</sup>, 포화지방산 (saturated fatty acid,

SFA)보다 간장에서 VLDL을 형성하는 중성지질에 비효율적으로 결합되므로 혈장 VLDL과 LDL 농도를 저하시킨다고 한다<sup>2)</sup>. Kinsella 등<sup>3)</sup>은 n-3계 PUFA는 혈장지질 특히 간장 중성지질과 apoprotein의 합성을 저해함으로써 혈장 중성지질 농도를 감소시키고 혈소판, 단핵세포와 식세포 등에서 eicosanoid 대사를 억제하여 동맥경화증의 발현과 진행을 지연시키는 한편, 혈압저하 및 blood viscosity 저하, 막 유동성 조절 및 효소와 receptor의 기능에 관련된다고 하였다. 또한 Boudreau 등<sup>4)</sup>

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

에 의하면 n-3계 PUFA의 절대량 보다는 식이 중 n-3P/n-6P 비율이 arachidonic acid(AA)로 부터의 eicosanoid 생합성 저해작용에 관여하는 인자라고 하였으며, 식이 지질중의 n-3P/n-6P 비율이 증가함에 따라 혈청, 간장 및 고환에서 linoleic acid와 arachidonic acid의 함유비율이 감소되는 반면 eicosapentaenoic acid(EPA)와 docosahexaenoic acid(DHA) 비율은 증가되었으며, 식이 지질의 n-3P/n-6P 비율이 5.1이 될 때까지 혈청, 혈소판, 간장 및 고환의 EPA/AA 비율이 급격히 상승되었으며, EPA/AA 비율이 상승됨에 따라 혈소판 응집능은 저하하고 이때 혈소판 응집 촉진작용을 하는 thromboxane A<sub>2</sub>(TXA<sub>2</sub>)의 생성량이 감소되었다고 Takita 등<sup>5)</sup>은 보고하였다. Kuroda 등<sup>6)</sup>은 혈청 및 간장 지질의 지방산 조성은 식이 지질의 지방산 조성이 강하게 반영되고 있는 바, 올리브유 급여군은 oleic acid의 함유비율이 높았으며, krill-PL 급여군은 EPA, DHA 함유비율이 많았고, egg-PL 급여군에서는 arachidonic acid의 함유비율이 높았다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구는 전보<sup>7)</sup>에 이어 버터, 돈지 및 콜레스테롤을 첨가 조제한 고지질식이 흰쥐에게 3주간 급여하여 고지혈증을 유발시킨 후 n-3계인 α-linolenic acid의 함유비가 높은 아마인유와 n-6계인 linoleic acid의 함유비가 높은 해바라기종자유를 사용하여 그 혼합비율을 달리한 식이 및 시판 항고지혈증 약제의 급여가 고지혈증 흰쥐의 간장 지질 성분 및 지방산 조성에 미치는 영향을 알아보고자 실험을 행하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험동물

평균 체중이 60±10g인 Sprague-Dawley계 숫 흰쥐를 20% casein 및 5% 옥수수유를 함유하는 기초식이로서 1주일간 예비사육하여 적응시킨 후 체중이 비슷한 것끼리 6마리씩 9군으로 나누어 사육상자에 한 마리씩 넣어 고지질식이(Table 1)로서 3주간 사육, 고지혈증을 유발시킨 후 실험식이(Table 1)로서 2주간 사육하였다. 예비사육 및 실험사육 기간 중 물은 자유로이 섭취시켰으며 명암은 12시간 (07 : 00-19 : 00) 주기로 조명하였다.

#### 식이

기초식이, 고지질식이, 실험식이의 조성 및 실험군은 Table 1과 같으며, 고지질식은 버터 12.0%, 돈지 3.0%, 콜레스테롤 0.75%를 첨가 조제한 고지

혈증약제는 cholestyramine(Dowex 1-X 2c1)과 시판 약제(liparoid, LR)를 사용하였다.

#### 시험유지의 지방산 조성

시험유지의 지방산 조성은 저자 등<sup>8)</sup>이 앞서 보고한 바와 같다.

#### 실험동물의 처리

실험사육 기간 중 격일로 오전 중에 체중을 측정하고 사료 섭취량은 매일 사료 잔량을 측정하여 산출하였다. 실험사육 2주의 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 간장 등을 적출한 후 냉동고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다.

#### 간장중 총콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 농도의 정량

간조직 0.5g을 chloroform : methanol혼액 (C : M= 2 : 1, v/v)으로 지질을 추출하여 50ml로 정용한 후 일

**Table 1. Composition of basal, hyperlipidemic and the experimental diet (g/100g)**

Ingredient	Basal diet	HL**diet	Experimental diet
Casein	20.0	20.0	20.0
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Corn starch	15.0	15.0	15.0
Sucrose	50.0	39.0	40.0
Cellulose powder	5.0	5.0	5.0
Mineral mix*	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix*	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
Corn oil	5.0	-	-
Butter	-	12.0	-
Lard	-	3.0	-
Cholesterol <sup>†</sup>	-	0.75	-
Na-choilate	-	0.25	-
Test lipid***	-	-	15.0

\* AIN-76<sup>TM</sup>

\*\* Hyperlipidemic diet

\*\*\* Group 1 : Lard 3.0% + butter 12.0%

Group 2 : Lard 3.0% + olive oil 12.0%

Group 3 : Lard 3.0% + olive oil 12.0% + cholestyramine 2.0%

Group 4 : Lard 3.0% + olive oil 12.0% + liparoid 120mg Kg diet

Group 5 : Lard 3.0% + linseed oil 12.0%

Group 6 : Lard 3.0% + linseed oil 9.0% + sunflower seed oil 3.0%

Group 7 : Lard 3.0% + linseed oil 6.0% + sunflower seed oil 6.0%

Group 8 : Lard 3.0% + linseed oil 3.0% + sunflower seed oil 9.0%

Group 9 : Lard 3.0% + sunflower seed oil 12.0%

정량을 건고시켜 총콜레스테롤 측정용 kit시약(Cholestezyme-V 'Eiken')으로 간장중 총콜레스테롤 농도를 분석하였으며, 인지질 및 중성지질 농도는 C : M혼액을 일정량 취하여 건고시킨 후 인지질 측정용 kit시약(PLzyme 'Eiken'), 중성지질 측정용 kit시약(Triglyzime-V 'Eiken')으로 각각 측정하여 산출하였다.

#### 지질 성분의 분리 및 지방산 조성의 분석

간장 지질 성분의 분리는 간장 1.0g을 취하여 C : M혼액 약 25ml를 가하여 지질을 추출한 후 건고시켜 적당량의 hexane에 녹여 kiesel gel 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 3성분으로 분리하였다. 간장의 각 지질 성분은 C : M혼액으로 지질을 추출한 후 3분화붕소메타놀 시약으로 메칠에스테르화시켜 gas chromatography로서 분석하였으며 그 분석 조건은 전보<sup>7)</sup>에서와 같다.

#### 통계처리

분석 결과의 통계처리는 실험군 당 평균치와 표준오차를 계산하였고 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 하였다.

### 결과 및 고찰

#### 간장중 총콜레스테롤, 인지질 및 중성지질의 함량

실험식이를 2주간 급여 사육한 흰쥐의 간장 총콜레스테롤, 인지질 및 중성지질 함량은 Table 2와 같다. 간

Table 2. Concentrations of total cholesterol, phospholipid and triglyceride in liver of the rats fed the experimental diets for 2 weeks

Group*	(mg/g)		
	Total cholesterol	Phospholipid	Triglyceride
1	11.6±0.58 <sup>***</sup>	61.6±2.5 <sup>d</sup>	23.7±2.0 <sup>d</sup>
2	20.9±0.80 <sup>b</sup>	71.0±2.4 <sup>c</sup>	19.6±0.7 <sup>c</sup>
3	3.0±0.17 <sup>a</sup>	31.5±1.0 <sup>a</sup>	20.5±0.8 <sup>c</sup>
4	4.6±0.29 <sup>b</sup>	64.1±2.5 <sup>d</sup>	25.1±0.5 <sup>d</sup>
5	8.2±0.45 <sup>c</sup>	42.4±1.2 <sup>b</sup>	18.7±0.8 <sup>c</sup>
6	8.1±0.66 <sup>c</sup>	52.0±0.7 <sup>c</sup>	17.8±0.8 <sup>c</sup>
7	8.9±0.64 <sup>c</sup>	40.4±1.5 <sup>b</sup>	14.0±0.8 <sup>b</sup>
8	9.1±0.23 <sup>c</sup>	66.1±1.6 <sup>d</sup>	20.3±0.8 <sup>c</sup>
9	4.0±0.28 <sup>ab</sup>	38.6±0.4 <sup>b</sup>	10.9±0.4 <sup>a</sup>

\*See the legend of Table 1

\*\*Mean±S.E. (n=6) Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different (p<0.05)

장의 총콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 올리브유 급여군(2군)에서 유의적으로 높은 수준이었고, 여타 실험군에서는 유의적으로 낮은 수준이었으며, 특히 cholestyramine 2% 급여군(3군) 및 돈지 3.0%와 해바라기 종자유 12.0%를 급여한 9군에서 낮았다. 간장의 인지질 함량은 대조군에 비해 올리브유 급여군은 유의적으로 높은 수준이었으며, cholestyramine 급여군은 현저히 낮은 값을 나타내었다. 간장의 중성지질 함량은 대조군에 비해 약제(LR) 급여군인 4군을 제외한 여타 실험군에서 유의적으로 낮았으며, 특히 9군은 현저히 낮았다.

PUFA는 장내 콜레스테롤의 흡수저하<sup>8)</sup>, 간장에서 콜레스테롤의 합성저하 또는 콜레스테롤을 담즙산으로서 소장으로 배설을 증가시킴으로써 혈청 및 간장의 콜레스테롤 함량을 저하시킨다고 알려졌으며<sup>10,11)</sup>, 본 실험결과에서도 대조군에 비하여 모든 PUFA급여군에서 간장 콜레스테롤 농도가 저하된 것으로 나타났다. Fernandez와 McNamara<sup>12)</sup>에 의하면 올리브유 급여시 간장 콜레스테롤 농도가 증가됨은 간장의 HMG-CoA reductase 활성저하 및 HDL에 의한 reverse cholesterol transport율의 저하에 기인된 것이며, 식이지질의 함량이 높을수록 간장 콜레스테롤 농도도 증가되었다고 하였는데, 본 실험결과에서도 올리브유 급여군에서 간장 총콜레스테롤 함량이 유의적으로 높게 나타났다. Lee 등<sup>13)</sup>은 간장 콜레스테롤 함량은 n-3P/n-6P비가 증가함에 따라 증가되었고 인지질 함량은 감소되었으며, 중성지질 함량은 영향을 받지 않았다고 보고하였고, Takita 등<sup>14)</sup>은 간장 인지질 함량은 n-3P/n-6P 비율의 증가에 따라 저하되는 한편 간장 콜레스테롤과 중성지질 함량은 별로 영향을 받지 않았다고 하였다. 또한 김<sup>15)</sup>에 의하면 간장의 모든 지질 함량은 시험유지의 P/S 비 0.85, n-6P/n-3P비가 2.85인 경우 가장 낮았다고 하였다. 본 실험결과에서는 간장 중의 콜레스테롤, 인지질 및 중성지질의 함량은 n-3P/n-6P비에 별로 영향 받지 않은 것으로 나타났으며, 돈지 3.0%와 n-6계 PUFA의 함유비율이 높은 해바라기종자유 12%를 급여한 n-3P/n-6P비 0.02인 9군에서 현저히 낮은 수준이었다. 저자 등<sup>7,8)</sup>이 앞서 보고한 바에 의하면 혈청 콜레스테롤 농도는 낮고 중성지질 농도가 높았던 cholestyramine 급여군에 있어 간장 콜레스테롤 함량 역시 현저히 낮은 수준이었으며, 또한 chylomicron, VLDL 및 LDL 중의 콜레스테롤 농도가 낮은 수준을 나타낸 것으로 미루어 보아 cholestyramine은 콜레스테롤의 장내 흡수저해 및 간장에서의 콜레스테롤 합성 저해효과가 있

는 것으로 사료된다.

간장지질의 지방산 조성

고지혈증 흰쥐에게 실험식이를 2주간 급여한 후 간장지질의 총 지방산 조성은 Table 3에서와 같이 포화지방산 (saturated fatty acid, SFA)이 21.5~34.0% 범위로 그 중 C<sub>16:0</sub>의 비율이 14.1~21.9%로서 주요 지방산이었다. 단불포화지방산 (monounsaturated fatty acid, MUFA)은 36.3~62.7% 범위로 그 함유비율이 높았으며 특히 2~4군에서 약 62%로 더욱 높게 나타났고 주요 지방산은 C<sub>18:1</sub>이었으며 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다. PUFA는 11.6~42.0% 범위로 해바라기 종자유의 배합비율이 증가하는 5군에서 9군으로 갈수록 그 함량이 높게 나타났고, 그 중 C<sub>18:2</sub>의 비율이 가장 높았으며 7~9군에서 더욱 높았다. 한편 5~9군으로 감에 따라 n-3계 PUFA는 감소되는 반면 n-6계 PUFA는 증가되는 경향이였다.

간장 인지질성분의 지방산 조성은 Table 4와 같으며, SFA는 37.6~47.3% 범위로 비교적 그 함유비가 높았으며 각 실험군 간에 큰 차이는 없었고 그 중 C<sub>16:0</sub> 및 C<sub>18:0</sub>의 비율이 각각 14.2~23.0%, 19.1~24.1%로 주요지방산을 이루고 있었다. MUFA는 9.2~21.7% 범

위로 올리브유 급여군에서 높은 수준이었으며 그 중 C<sub>18:1</sub>이 대부분을 차지하였다. PUFA는 32.7~49.7% 범위이며 그 중 C<sub>18:2</sub>가 5~9군에서 15.4~24.0%로 함유비가 가장 높았고 5군에서 9군으로 감에 따라 그 비율이 점차 증가하는 경향이였다. C<sub>20:4</sub>는 전 실험군을 통하여 12.9~17.8% 수준으로 비교적 높았는데 각 실험군 간에 큰 비율 차이는 없었다.

Table 5는 간장 중성지질 성분의 지방산 조성을 나타낸 것으로서 SFA가 23.7~41.3%, MUFA는 40.7~58.6%의 높은 함유비율을 보였으며 그 중 C<sub>18:1</sub>이 주요 지방산이었다. PUFA는 9.2~31.0% 범위로 특히 5~9군에서 25~31%로 높았으며 그 중 C<sub>18:2</sub>가 주요 지방산으로 해바라기종자유의 배합비율이 증가됨에 따라 그 함유비가 높아지는 경향을 나타내었다.

Table 6은 간장 콜레스테롤 에스테르 성분의 지방산 조성을 나타낸 것으로서 SFA는 12.4~24.2% 범위로 주요 지방산은 C<sub>16:0</sub>이며 1~4군에 있어 그 함유비가 높았다. MUFA는 54.2~71.6%로 높은 함유비율을 보였으며 올리브유 급여군에서 다소 높은 수준이었고 C<sub>18:1</sub>이 주요 지방산이었다. PUFA는 10.7~31.9% 범위로 PUFA 급여군인 5~9군에서 높은 수준이었으며 주요 지방산은 C<sub>18:2</sub>였고 5군에서 9군으로 해바라기종자유의

Table 3. Fatty acid composition of total fatty acid from liver lipids of the rats fed the experimental diets for 2 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 : 0	2.0	0.6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
16 : 0	21.0	16.9	17.8	20.3	16.4	14.8	15.0	14.8	14.1
17 : 0	0.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
18 : 0	7.8	5.9	6.0	5.2	5.5	5.4	5.4	5.2	6.2
20 : 0	1.6	0.5	1.1	1.2	2.3	2.3	2.3	0.8	0.8
Saturates	34.0	24.2	25.6	27.1	24.8	23.1	23.3	21.5	21.7
16 : 1	7.2	3.0	2.9	2.6	5.8	4.6	4.0	3.3	1.1
18 : 1	44.0	59.7	58.4	58.7	43.8	42.8	41.2	40.3	35.2
Monoenes	51.2	62.7	61.3	61.3	49.6	47.4	45.2	43.6	36.3
18 : 2 (n-6)	5.6	4.1	4.1	3.9	7.4	16.2	19.7	23.8	29.6
18 : 3 (n-3)	4.2	4.3	3.2	2.0	7.6	4.3	3.4	3.0	3.0
20 : 4 (n-6)	3.9	3.1	3.5	3.7	4.4	4.5	4.7	5.1	5.5
20 : 5 (n-3)	0.9	0.4	0.7	0.9	1.0	0.6	0.7	0.9	1.6
22 : 5 (n-3)	0.2	0.2	0.6	0.4	2.0	1.4	1.4	0.7	1.0
20 : 6 (n-3)	-	0.8	1.0	0.7	3.2	2.5	1.6	1.4	1.3
Polyenes	14.8	12.9	13.1	11.6	25.6	29.5	31.5	34.9	42.0
P/S	0.44	0.53	0.51	0.43	1.08	1.30	1.35	1.59	1.89
n-3P/n-6P	1.28	1.87	1.73	1.42	2.18	0.79	0.54	0.38	0.31
EPA <sup>1)</sup> /AA <sup>2)</sup>	0.23	0.13	0.20	0.24	0.23	0.13	0.15	0.18	1.66

\*See the legend of Table 1

<sup>1)</sup>Eicosapentaenoic acid

<sup>2)</sup>Arachidonic acid

Table 4. Fatty acid composition of phospholipid from liver lipids of the rats fed the experimental diets for 2 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 : 0	0.3	0.6	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-
16 : 0	20.3	17.9	19.5	23.0	14.2	14.7	14.3	14.8	14.2
17 : 0	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
18 : 0	23.4	24.1	23.1	19.1	23.4	23.0	22.7	21.2	19.8
20 : 0	2.9	1.7	1.7	4.0	3.1	4.0	2.8	3.0	3.2
Saturates	47.3	44.6	44.9	46.4	41.2	42.4	40.4	39.4	37.6
16 : 1	1.7	1.6	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8
18 : 1	13.3	20.0	20.7	20.0	14.4	11.1	11.1	10.0	8.4
Monoenes	15.0	21.6	21.7	20.9	15.3	11.9	11.9	10.9	9.2
18 : 2 (n-6)	10.5	8.4	9.4	11.8	15.4	18.8	21.4	21.6	24.0
18 : 3 (n-3)	2.8	2.7	2.9	2.1	3.1	2.8	2.8	2.9	2.7
20 : 4 (n-6)	15.9	15.5	14.2	12.9	14.0	14.6	15.4	15.2	17.8
20 : 5 (n-3)	2.6	2.0	1.6	1.9	1.9	2.0	2.4	4.1	1.7
22 : 5 (n-3)	1.1	0.7	0.7	0.3	0.6	2.7	1.7	1.4	1.7
22 : 6 (n-3)	4.7	4.5	4.6	3.7	4.7	4.8	4.0	4.5	4.2
Polyenes	37.6	33.8	33.4	32.7	39.7	45.7	47.7	49.7	53.1
P/S	0.79	0.76	0.74	0.70	1.06	1.08	1.18	1.26	1.19
n-3P/n-6P	0.42	0.41	0.42	0.32	0.35	0.37	0.30	0.35	0.27
EPA <sup>1)</sup> /AA <sup>2)</sup>	0.16	0.13	0.11	0.15	0.14	0.14	0.16	0.27	0.15

\*See the legend of Table 1

<sup>1)</sup>Eicosapentaenoic acid<sup>2)</sup>Arachidonic acid

Table 5. Fatty acid composition of triglyceride from liver lipids of the rats fed the experimental diets for 2 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 : 0	1.5	0.7	0.8	0.3	0.7	0.6	0.9	0.6	-
16 : 0	37.0	30.0	29.8	28.5	19.6	24.3	25.8	26.3	26.6
17 : 0	0.6	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-
18 : 0	2.2	1.4	2.0	1.6	3.4	2.6	3.0	3.7	1.7
Saturates	41.3	32.1	32.8	30.4	23.7	27.7	29.7	30.6	28.3
16 : 1	5.0	2.8	2.7	2.3	1.8	2.4	1.9	2.1	0.7
18 : 1	44.5	55.7	54.3	56.3	47.0	45.0	42.5	40.2	40.0
Monoenes	49.5	58.5	57.0	58.6	48.8	47.4	44.4	42.3	40.7
18 : 2 (n-6)	2.1	1.6	3.5	1.4	12.8	15.1	17.4	19.0	21.0
18 : 3 (n-3)	4.5	3.7	2.9	2.8	4.9	3.7	3.6	2.1	2.2
20 : 4 (n-6)	0.3	0.8	0.2	0.1	0.7	0.8	0.8	1.9	4.2
20 : 5 (n-3)	0.8	0.7	0.6	1.5	2.6	1.7	1.9	2.0	1.7
22 : 5 (n-3)	-	-	-	2.2	2.5	1.0	0.5	0.3	0.3
22 : 6 (n-3)	1.5	2.6	2.9	2.7	4.0	2.5	1.7	1.7	1.6
Polyenes	9.2	9.4	10.1	10.7	27.5	24.8	25.9	27.0	31.0
P/S	0.22	0.29	0.31	0.35	1.16	0.90	0.84	0.88	1.10
n-3P/n-6P	2.83	2.92	1.73	6.13	1.04	0.56	0.44	0.29	0.23
EPA <sup>1)</sup> /AA <sup>2)</sup>	2.67	0.88	3.00	15.00	3.71	2.13	6.33	1.05	0.40

\*See the legend of Table 1

<sup>1)</sup>Eicosapentaenoic acid<sup>2)</sup>Arachidonic acid

**Table 6. Fatty acid composition of cholesteryl ester from liver lipids of the rats fed the experimental diets for 2 weeks**

Fatty acid \ Group*	(peak area %)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 : 0	1.0	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
16 : 0	19.0	15.2	16.8	15.9	10.0	10.9	11.2	10.5	11.0
17 : 0	1.5	0.6	0.6	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1.2
18 : 0	2.7	1.4	3.2	3.0	1.7	1.5	1.6	1.6	1.4
Saturates	24.2	17.7	21.2	19.7	12.4	13.4	13.7	13.0	13.9
16 : 1	13.1	7.7	7.0	5.6	5.7	6.3	6.8	6.6	4.3
18 : 1	50.8	63.9	59.2	63.3	61.0	58.3	57.0	55.6	49.9
Monoenes	63.9	71.6	66.2	68.9	66.7	64.6	63.8	62.2	54.2
18 : 2 (n-6)	2.2	1.7	1.6	2.1	7.1	8.9	12.9	13.3	19.1
18 : 3 (n-3)	6.6	4.9	4.1	3.9	3.3	2.8	3.0	3.2	2.7
20 : 4 (n-6)	0.3	1.6	2.2	1.4	1.8	1.9	1.8	3.2	3.5
20 : 5 (n-3)	1.0	0.5	1.1	1.6	1.6	1.9	1.3	1.3	2.0
22 : 5 (n-3)	0.5	0.7	1.6	0.8	3.2	2.9	1.7	1.7	2.7
22 : 6 (n-3)	1.3	1.3	2.0	1.6	3.8	3.3	1.8	1.9	1.9
Polyenes	11.9	10.7	12.6	11.4	20.8	21.7	22.5	24.6	31.9
P/S	0.49	0.60	0.59	0.58	1.68	1.62	1.64	1.89	2.29
n-3P/n-6P	3.76	2.24	2.32	2.26	1.34	1.01	0.53	0.49	0.41
EPA <sup>1</sup> /AA <sup>2</sup>	3.33	0.31	0.50	1.14	0.89	1.00	0.72	0.41	0.57

\*See the legend of Table 1

<sup>1</sup>Eicosapentaenoic acid

<sup>2</sup>Arachidonic acid

배합비율이 높아짐에 따라 그 비율이 증가하는 경향이 었다.

간장지질의 총 지방산, 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르 성분의 지방산 조성에서 PUFA의 함유 비율을 비교해 보면 PUFA 함유비는 대체로 인지질 성분에서 높은 수준이었으며, 모든 성분에서 C18:2의 함유비율이 높아 주요지방산을 이루었고, C20:4(n-6)는 특히 인지질 성분에서 그 함유비가 높았다. 그리고 대체로 n-6계 PUFA는 5군에서 9군으로 갈수록 증가되는 반면 n-3계 PUFA는 감소되는 경향으로서 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다

### 요 약

n-3계 PUFA와 n-6계 PUFA의 배합비율을 달리한 혼합유지가 고지혈증 흰쥐의 지질개선 및 지방산 대사에 미치는 영향을 구명하기 위해 Sprague-Dawley계 수컷 쥐에게 돈지(3.0%), 버터(12.0%) 및 콜레스테롤(0.75%)를 첨가 조절한 식이를 3주간 급여하여 고지혈증을 유발시킨 후, 돈지 3.0%와 버터 12.0% 식이를 대조군으로 하고 아마인유와 해바라기종자유를 사용, 그 배합비율을 달리한 혼합유지 및 항고지혈증 약제를 급여하

여 2주간 실험사육한 후 간장의 지질성분 및 지방산 조성은 분석 검토한 결과, 간장의 총 콜레스테롤 및 인지질 농도는 대조군에 비해 2군(돈지 3.0% + 올리브유 12.0%)에서 유의적으로 높은 반면 여타 실험군에서는 낮았으며 특히 3군(cholestyramine 2.0%)과 9군(돈지 3.0% + 해바라기종자유 12.0%)에서 더욱 낮았다. 중성지질 농도는 대조군에 비해 4군(liparoid)을 제외한 여타 실험군에서 유의적으로 낮았으며 특히 9군에서 현저히 낮았다. 간장지질의 지방산 조성에서 각 성분 모두 C18:2의 함유비율이 높았으며, n-6계 PUFA의 함유비율은 5군(linseed oil 12.0%)에서 9군으로 갈수록 증가되는 반면 n-3계 PUFA는 감소되는 경향으로 대체로 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 간장의 총 콜레스테롤, 인지질 및 중성지질 함량 등으로 미루어 보아, 간장지질 개선효과는 돈지 3.0%와 해바라기 종자유 12.0%를 급여하였을 때 가장 높았으며, 간장지질의 지방산 조성은 대체로 시험유지의 지방산 조성에 영향을 받은 것으로 나타났다.

### 문 헌

1. Beynen, A. C. and Katan, M. B. : Why do polyunsaturated

- turated fatty acids lower serum cholesterol? . *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**, 560 (1985)
2. Lewis, B., Chait, A., Onitiri, A., Nicoll, A. and Robaya, E. : Reduction of serum triglyceride levels by polyunsaturated fat. *Atherosclerosis*, **20**, 347 (1974)
  3. Kinsella, J. E., Lokesh, B. and Stone, R. A. : Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease : possible mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr.*, **52**, 1 (1990)
  4. Boudreau, M. D., Chanmugam, P. S., Hart, S. B., Lee, S. H. and Hwang, D. H. : Lack of dose response by dietary n-3 fatty acids at a constant ratio of n-3 to n-6 fatty acids in suppressing eicosanoid biosynthesis from arachidonic acid. *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 111 (1991)
  5. Takita, T., Nakamura, K., Suzuki, K. and Innami, S. : Effects of dietary fats with different n-3 polyunsaturated fatty acid and n-6 polyunsaturated fatty acid ratios on the fatty acid compositions of serum and liver lipid fractions and serum lipoprotein fractions in rats. *Jpn. J. Nutr.*, **48** (4), 165 (1990)
  6. Kuroda, K., Kobatake, Y., Kubota, M., Nishide, E. and Innami, S. : Effects of polyunsaturated fatty acid concentrates on lipids in the serum and liver of rats. *Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **38**, 291 (1985)
  7. 최운정, 김한수, 강정숙, 김성희, 서인숙, 정승용 : 아마인유와 해바라기 종자유의 혼합 급이가 식이성 고지혈증 흰쥐의 혈청 지질 성분에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **23**, 23 (1994)
  8. 최운정, 김한수, 정효숙, 김군자, 서인숙, 정승용 : 아마인유와 해바라기 종자유의 혼합 급이가 식이성 고지혈증 흰쥐 혈청 지단백의 지방산 조성에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **23**, 31 (1994)
  9. Wood, P. D. S., Shioda, R. and Kinsell, L. W. : Dietary regulation of cholesterol metabolism. *Lancet*, **2**, 604 (1966)
  10. Conner, W. E., Witiak, D. T., Stone, D. B. and Armstrong, M. L. : Cholesterol balance and fecal neutral steroid and bile acid excretion in normal men fed dietary fats of different fatty acid composition. *J. Clin. Invest.*, **48**, 1363 (1969)
  11. Goldsmith, G. A., Hamilton, J. G. and Miller, O. N. : Lowering of serum lipid concentrations. *Arch. Int. Med.*, **105**, 512 (1960)
  12. Fernandez, M. L. and McNamara, D. J. : Characterization of high density lipoprotein binding to guinea pig hepatic membranes. *Metabolism*, **40**, 127 (1991)
  13. Lee, J. H., Fukumoto, M., Nishida, H., Ikeda, I. and Sugano, M. : The interrelated effects of n-6/n-3 and polyunsaturated/saturated ratios of dietary fats on the regulation of lipid metabolism in rats. *J. Nutr.*, **119**, 1893 (1989)
  14. Takita, T., Nakamura, K., Suzuki, K., Yamanashi, N. and Innami, S. : Effect of n-3/n-6 polyunsaturated fatty acid ratios on lipid metabolism in rats fed on hypercholesterolemic diets. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **45**, 317 (1992)
  15. 김한수 : n-3 및 n-6계 다불포화 지방산의 함유 수준을 달리한 혼합유지의 급이가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. *경상대학교 대학원 박사학위 청구논문* (1992)

(1993년 8월 27일 접수)