

버터, 정어리유 및 홍화유를 혼합 급이한 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 대사에 미치는 영향

김한수 · 김성희 · 정승용[†]

경상대학교 식품영양학과

Effects of the Feeding Mixed Oils of the Butter, Sardine and Safflower Oils on Fatty Acid Metabolism of Serum and Liver in Rats

Han-Soo Kim, Sung-Hee Kim and Seung-Yong Chung[†]

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

Abstract

This study was designed to observe the effects of the feeding mixed oils of the sardine oil containing n-3 EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid) and the safflower oil in which were plenty of n-6 linoleic acid, on the fatty acid metabolism of serum and liver in the dietary hyperlipidemic rats. Experimental oils mixed with 16% butter (control group), 8% butter + 8% olive oil and 8% butter with various level of sardine and safflower oils were administered to the male rats of the Sprague Dawley for 4 weeks. In the fatty acid compositions of serum phospholipid, triglyceride and cholesteryl ester, according as the contents of mixed safflower oil increased, n-3 PUFA (polyunsaturated fatty acid) contents and ratio of EPA/AA (arachidonic acid) tended to be decreased, but n-6 PUFA contents and ratio of AA/PUFA tended to be increased. In the fatty acid composition of triglyceride component in liver lipid, DHA contents were most in the liver lipid. And components of cholesteryl ester, n-6 linoleic acid contents were high percentage. Fatty acid compositions of serum and liver lipids were influenced from the fatty acid composition of the test lipids.

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

서 론

식이 다불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)은 혈청 콜레스테롤, 중성지질 및 LDL-콜레스테롤 농도를 저하시켜 고지혈증 및 심장순환기계 질환을 예방한다고 알려져 있는데¹⁻⁷⁾ 이것은 PUFA가 간장에서 지방산의 합성을 억제하고 장관내에서 콜레스테롤의 흡수를 저해하며 조직세포로부터 콜레스테롤을 제거

하고 분변으로의 담즙산 배설을 증가시키기 때문이라고 하였다⁸⁻¹⁰⁾. PUFA 중에서도 n-3계인 α -linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA)와 n-6계 linoleic acid 등이 고지혈증 예방에 유효하다는 것이 밝혀짐으로서¹¹⁾ n-3계 EPA 및 DHA 함량이 많은 정어리유와 n-6계 linoleic acid를 많이 함유한 홍화유 등의 섭취를 증가시키는 것은 고지혈증의 예방적차원에서 바람직하다고 생각된다.

Herold 등¹²⁾에 의하면 어유는 thromboxane A₃(TXA₃) 및 prostacyclin (PG I₃)을 생성하여 혈소판의 응집

[†]To whom all correspondence should be addressed

을 억제하므로써 허혈성심질환 (coronary heart disease, CHD)을 예방한다고 보고하였으며, Kobatake 등¹³⁾과 Kuroda 등¹⁴⁾은 EPA는 혈청 중성지질 농도를 저하시켰고, DHA는 혈청 총콜레스테롤 농도를 감소시켰으며, EPA 및 DHA 모두 혈청 인지질 농도를 감소시켰다고 하였다. Ney 등¹⁵⁾은 홍화유를 흰쥐에게 급여한 결과, 혈장 중성지질 농도가 저하되었다고 보고한 바 있다.

한편, Kobatake¹⁶⁾는 n-3계 α -linolenic acid 및 EPA와 n-6계 linoleic acid는 각 계열의 대표적인 지방산이며 이들 3자 간의 균형이 적절하지 못할 때 혈소판응집, 염증, 혈압 등에 악영향을 미칠 것이라고 하였다.

따라서 본 연구는 n-3계 EPA와 DHA의 함유비율이 높은 정어리유와 n-6계 linoleic acid의 함유비율이 높은 홍화유의 함유 수준을 달리한 혼합유지의 섭취가 고지질식이 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 대사에 미치는 영향을 구명하고자 실험을 행하였다.

재료 및 방법

실험동물

평균 체중이 60 ± 5 g인 Sprague Dawley계 숫 흰쥐를 5% 옥수수유를 함유하는 기초식으로 10일간 예비사육하여 적응시킨후 난괴법(randomized complete block design)에 의해서 6마리씩 7군으로 나누어 사육상자에 한마리씩 넣어 4주간 실험사육하였다. 예비사육 및 실험사육 기간 중 물은 자유로이 섭취시켰으며, 사육실의 온도($20 \pm 1^\circ\text{C}$) 및 습도($50 \pm 10\%$)는 최적조건으로 유지시켰고 명암은 12시간(07:00~19:00) 주기로 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 Foods Co.製를 사용하였으며, 비타민 및 무기질 혼합물은 AIN-76 정제사료 조제법에 따랐다.

Table 1. Compositions of basal and experimental diet

Ingredient	(g/kg diet)	
	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 mixing ratio of test lipids (diet %)

Experimental group*	Butter	Olive oil	Sardine oil	Safflower oil
1) Basal diet + 16% BT	16.0	-	-	-
2) Basal +8% BT + 8% OL	8.0	8.0	-	-
3) Basal +8% BT + 8% SDO	8.0	-	8.0	-
4) Basal +8% BT + 6% SDO + 2% SO	8.0	-	6.0	2.0
5) Basal +8% BT + 4% SDO + 4% SO	8.0	-	4.0	4.0
6) Basal +8% BT + 2% SDO + 6% SO	8.0	-	2.0	6.0
7) Basal +8% BT + 8% SO	8.0	-	-	8.0

* BT, butter; OL, olive oil; SDO, sardine oil; SO, safflower oil

시험유지의 지방산조성

실험사육에 사용된 시험유지의 지방산조성 (Table 3)은 대조군(1군)인 16% 버터 급여군이 palmitic acid 30.08%, stearic acid 14.59%, myristic acid 11.83% 등으로 포화지방산이 65.93%로서 대부분을 차지하고 있으며, 단일불포화지방산으로는 oleic acid가 24.74%이고, 다불포화지방산은 6.80 이었으며 P/S비 0.10, n-6/n-3P 비는 2.86이었다. 2군에 급여한 혼합유지는

Table 3. Fatty acid composition of test lipids used in the experiment

Fatty acid \ Group*	(peak area %)										
	OL	SDO	SO	BT	2	3	4	5	6	7	
6 : 0	-	-	-	0.26	0.45	0.54	0.83	0.41	0.31	0.52	
8 : 0	-	-	-	0.75	0.52	0.63	0.86	0.52	0.49	0.57	
10 : 0	-	0.03	-	2.63	1.39	1.70	2.01	1.43	1.33	1.40	
12 : 0	-	0.11	-	3.55	1.75	2.14	2.24	1.82	1.65	1.63	
14 : 0	-	6.83	0.10	11.83	5.68	10.24	9.29	7.77	6.37	5.17	
15 : 0	-	-	-	1.31	0.63	0.98	0.90	0.79	0.66	0.57	
16 : 0	9.84	16.99	6.87	30.08	19.45	20.50	22.61	20.95	18.66	16.78	
17 : 0	-	-	-	0.71	0.36	0.53	0.53	0.43	0.38	0.32	
18 : 0	-	2.66	2.45	14.59	8.66	8.76	8.26	8.21	7.31	7.12	
20 : 0	-	1.16	-	0.22	0.34	0.56	0.41	0.33	0.20	-	
Saturates	9.84	27.78	9.42	65.93	39.23	50.58	47.94	42.66	37.36	34.08	
14 : 1	-	0.14	-	1.01	0.45	0.58	0.55	0.50	0.44	0.43	
16 : 1	0.72	7.10	0.11	1.52	1.11	3.92	3.51	2.59	1.79	0.78	
18 : 1	85.86	11.23	10.71	24.74	54.58	18.20	17.87	18.17	17.59	17.57	
24 : 1(n-9)	-	0.87	-	-	-	-	-	-	-	-	
Monoens	86.58	19.34	10.82	27.27	56.14	22.70	21.93	21.26	19.82	18.78	
16 : 2	-	1.11	-	-	-	0.69	0.57	0.44	-	-	
18 : 2(n-6)	3.58	3.31	79.76	5.04	2.40	2.30	12.04	23.11	35.92	47.14	
18 : 3(n-3)	-	3.67	-	1.76	2.23	1.98	1.29	1.02	0.45	-	
18 : 4(n-3)	-	1.79	-	-	-	-	-	-	-	-	
20 : 4(n-6)	-	7.92	-	-	-	4.95	3.73	2.64	1.63	-	
20 : 5(n-3)	-	-	13.28	-	-	6.43	4.69	3.38	1.84	-	
22 : 4(n-6)	-	0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	
22 : 5(n-6)	-	-	1.98	-	-	1.01	0.71	0.64	0.29	-	
22 : 5(n-3)	-	7.95	-	-	-	3.97	3.16	1.98	1.17	-	
22 : 6(n-3)	-	11.25	-	-	-	5.39	3.92	2.87	1.52	-	
Polyenes	3.58	52.87	79.76	6.80	4.63	26.72	30.11	36.08	42.82	47.14	
P/S ratio	0.36	1.90	8.47	0.10	0.12	0.53	0.63	0.85	1.15	1.38	
n-3/n-6P	-	2.75	-	0.35	0.93	2.15	0.79	0.35	0.13	-	
n-6/n-3P	-	0.36	-	2.86	1.08	0.46	1.26	2.85	7.60	-	

* See the legend of Table 2

palmitic acid가 19.45%, stearic acid가 8.66% 등 포화 지방산이 39.23%로 나타났고 oleic acid는 54.58%이며, 다불포화지방산은 4.63%로 그 함유비율이 낮았다. 그리고 P/S비는 0.12, n-6/n-3P 비는 1.08 이었다. 3군에 급여한 혼합유지는 palmitic acid 20.50%, myristic acid 10.24%를 비롯하여 oleic acid 18.20%, arachidonic acid(n-6) 4.95%, EPA 6.43%, docosapentaenoic acid(DPA, n-3) 3.97% 및 DHA가 5.39%로 나타났고 P/S비 0.53, n-6/n-3P 비가 0.46 이었다. 4군의 혼합유지는 palmitic acid가 22.61%, myristic acid 9.29%를 비롯하여 linoleic acid 12.04%, arachidonic acid 3.73%, EPA 4.69%, DPA(n-3) 3.16%, DHA 3.92% 등으로서, P/S비는 0.63, n-6/n-3P 비는 1.26이었다. 버터 8%, 정어리유와 홍화유를 각각 4%씩 혼합 급여한 5군은 palmitic acid 20.95%를 비롯하여 총포

화지방산은 42.66%이고, 단일불포화지방산은 21.26%, 다불포화지방산으로는 linoleic acid가 23.11%로 함유비율이 높고 n-3계 PUFA는 9.25%로서 총 36.08%이었으며, P/S비는 0.85, n-6/n-3P 비는 2.85이었다. 6군에 급여한 버터 8%, 정어리유 2%와 홍화유 6%의 혼합유지는 총포화지방산이 37.36%, 단일불포화지방산은 19.82%이었고, 다불포화지방산으로는 linoleic acid가 35.92%로서 함유비율이 가장 높고 총 다불포화지방산은 42.82%이었으며 P/S비는 1.15, n-6/n-3P 비는 7.60이었다. 버터 8%와 홍화유 8%를 혼합 급여한 7군은 총포화지방산이 34.08%, 총단일불포화지방산은 18.78%이었고, 다불포화지방산으로는 n-6계 linoleic acid만 47.14%이었으며 P/S 비는 1.38이었다.

실험동물의 처리

실험사육 기간중 격일로 오전중에 체중을 측정하고 사료섭취량은 매일 사료 잔량을 측정하여 산출하였다. 실험사육 4주간의 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 심장채혈법으로 채혈하여 약 1시간 빙수중에 방치한 후 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 취하였고, 간장은 생리식염수로써 문맥을 통해 관류 탈혈한 후 실험에 사용하였다.

지질성분의 분리

혈청은 1.0ml, 간장은 1.0g을 취하여 chloroform : methanol(C : M=2 : 1, v/v) 혼합액 약 25ml를 가하여 지질을 추출한 후 건조시켜 적당량의 hexane에 녹여 Kieselgel 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.

지방산조성의 분석

시험유지, 혈청 및 간장의 지질성분을 C : M 혼합액으로 지질을 추출한 후 14% BF₃ - MeOH로 methylester

화시켜 gas chromatography (Hewlett Packard 5890 series) 로서 분석하였으며, 기기분석 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. (N₂), column temp. 160~250°C이었다.

결과 및 고찰

혈청 중 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성

Table 4는 혈청중 인지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로 모든 급여군에서 다불포화지방산중 n-6계 linoleic acid(LA)가 11.8~32.8% 범위로서 함유비율이 가장 높았고 arachidonic acid(AA)는 0.9~3.9%, EPA는 0.8~4.2% 범위였으며, DHA는 대조군과 2군 및 7군에서는 검출되지 않았으나 8% 정어리유 첨가 급여군인 3군은 1.3% 였으며 4군(1.0%), 5군(1.2%), 6군(0.2%)은 함유비율이 낮았다. AA에 대한 EPA 비율 및 n-3/n-6P 비는 n-3계 PUFA의 함유비율이 높은 시험유지 급여군(3군)에서 n-6계 PUFA의 함유비율이 높은 시험유지 급여군(7군)으로 갈수록, 또한 시험유지의 P/S 비가

Table 4. Fatty acid composition in phospholipid fractionated by TLC from serum lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	1.1	0.5	2.3	2.3	1.8	1.8	1.7
14 : 0	6.1	5.7	3.3	3.2	3.8	3.7	2.7
16 : 0	32.7	28.9	32.3	31.7	29.5	30.2	28.5
18 : 0	29.5	25.4	21.9	21.7	20.1	21.6	19.8
Saturates	69.4	60.5	59.8	58.9	55.2	57.3	52.7
16 : 1	1.7	1.6	4.2	1.9	2.4	1.7	1.6
18 : 1	16.1	23.8	10.9	11.0	10.5	9.8	8.5
Monoenes	17.8	25.4	15.1	12.9	12.9	11.5	10.1
18 : 2 (n-6)	11.8	12.4	14.9	18.7	22.7	24.5	32.8
18 : 3 (n-3)	-	0.4	1.3	2.2	2.0	1.9	0.5
20 : 4 (n-6)	0.9	1.2	2.7	2.5	3.2	3.7	3.9
20 : 5 (n-3)	tr	-	4.2	3.1	2.5	0.8	-
22 : 5 (n-3)	-	-	0.7	0.6	0.2	tr	-
22 : 6 (n-3)	-	-	1.3	1.0	1.2	0.2	-
Polyenes	12.7	14.0	25.1	28.1	31.8	31.1	37.2
n-3/n-6P	-	0.03	0.42	0.33	0.23	0.10	0.01
AA ¹⁾ /PUFA ²⁾	0.07	0.09	0.11	0.09	0.10	0.12	0.10
EPA ³⁾ /AA	-	-	1.56	1.24	0.78	0.22	-

* See the legend of Table 2

¹⁾ arachidonic acid ²⁾ polyunsaturated fatty acid ³⁾ eicosapentaenoic acid

Table 5. Fatty acid composition in triglyceride fractionated by TLC from serum lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
(peak area %)							
12 : 0	2.2	1.0	1.7	1.9	1.3	1.1	0.9
14 : 0	4.5	1.8	2.2	2.8	1.9	2.1	1.8
16 : 0	32.6	27.8	30.7	31.1	28.2	24.8	19.7
18 : 0	24.4	25.4	20.4	19.3	19.6	17.5	18.9
Saturates	63.7	56.0	55.0	55.1	51.0	45.5	41.3
16 : 1	3.1	1.8	1.9	1.5	2.4	1.7	1.2
18 : 1	18.3	24.5	21.5	20.3	19.3	18.1	19.0
Monoenes	21.4	26.3	23.4	21.8	21.7	19.8	20.2
18 : 2 (n-6)	13.5	16.9	14.9	16.6	20.9	28.3	33.1
18 : 3 (n-3)	-	-	2.2	2.0	1.1	0.3	-
20 : 4 (n-6)	1.4	0.8	1.3	2.2	3.4	4.8	5.4
20 : 5 (n-3)	-	-	3.1	2.3	1.8	1.2	-
Polyenes	14.9	17.7	21.5	23.1	27.2	34.6	38.5
n-3/n-6P	-	-	0.33	0.23	0.12	0.05	-
AA ¹⁾ /PUFA ²⁾	0.09	0.05	0.06	0.10	0.13	0.14	0.14
EPA ³⁾ /AA	-	-	2.38	1.05	0.53	0.25	-

* See the legend of Table 2

¹⁾ arachidonic acid ²⁾ polyunsaturated fatty acid ³⁾ eicosapentaenoic acid

높아질수록 감소되는 것으로 나타났다.

혈청중 중성지방질의 지방산조성(Table 5)에 있어 포화 지방산 함유비율은 41.3~63.7% 범위로서 전지방산의 약 50%를 차지하고 있으며, 단일불포화지방산(monoenes)은 19.8~26.3% 범위로 이중 oleic acid가 20% 전후로서 대부분을 차지하였다. 다불포화지방산의 함유비율은 14.9~38.5% 범위이며 이 중 LA가 13.5~33.1%로서 주요지방산이었고 시험유지의 P/S 비가 3군에서 7군으로 높아짐에 따라 n-3계 PUFA는 감소하는 반면 n-6계 PUFA는 증가하는 경향을 나타내었으며, 따라서 n-3/n-6P 비도 감소하였다.

혈청중 콜레스테롤 에스테르의 지방산조성은 Table 6에서와 같이 포화지방산의 함유 비율은 45.4~63.3% 범위이며 이 중 palmitic acid가 29.5~37.6% 범위로 대부분을 차지하였으며 다음으로 stearic acid가 13.6~21.7% 범위였다. 단일불포화지방산은 23.6~30.4% 범위이며 이중 oleic acid가 18.8~25.1% 수준으로 주요 지방산을 이루고 있으며 각 실험군 간의 차이는 별로 크지 않았다. 한편 다불포화지방산의 함유비율은 12.2~30.9% 범위이고 이중 LA가 11.7~25.3% 수준으로 가장 많았고, EPA는 3군이 5.4%, 4군이 3.9%, 5군이 4.2%, 6군이 1.3%였으며 1, 2군 및 7군에서는 검출되지 않았고, 시험유지의 P/S 비가 높아짐에 따라서 EPA/AA 비율 및 n-3/n-6P 비는 감소하는 경향을 보

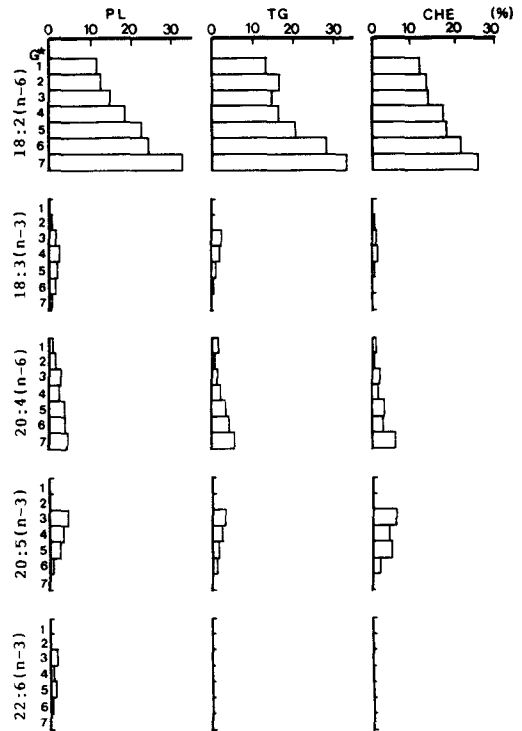


Fig. 1. Comparison of polyunsaturated fatty acid content of phospholipid, triglyceride and cholesteryl ester in serum lipid of rats.

G (1~7) ; group. See the legend of Table 2.

Table 6. Fatty acid composition in cholesteryl estere fractionated by TLC from serum lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	0.7	0.3	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1
14 : 0	3.3	1.5	2.1	1.9	2.4	1.6	1.7
16 : 0	37.6	33.3	34.8	31.3	29.5	29.7	30.0
18 : 0	21.7	21.3	15.4	16.5	17.1	14.8	13.6
Saturates	63.3	56.4	52.8	49.9	49.1	46.3	45.4
16 : 1	5.7	5.3	4.4	4.6	4.1	4.0	3.2
18 : 1	18.8	25.1	21.7	22.3	21.5	24.2	20.4
Monoenes	24.5	30.4	26.1	26.9	25.6	28.2	23.6
18 : 2 (n-6)	11.7	13.0	13.6	17.2	18.0	21.5	25.3
18 : 3 (n-3)	-	0.1	0.5	0.8	0.3	-	-
20 : 4 (n-6)	0.5	0.1	1.6	1.2	2.8	2.7	5.6
20 : 5 (n-3)	-	-	5.4	3.9	4.2	1.3	-
Polyenes	12.2	13.2	21.1	23.1	25.3	25.5	30.9
n-3/n-6P	-	0.01	0.39	0.26	0.22	0.05	-
AA ¹⁾ /PUFA ²⁾	0.04	0.01	0.08	0.05	0.11	0.11	0.18
EPA ³⁾ /AA	-	-	3.38	3.25	1.50	0.48	-

* See the legend of Table 2

¹⁾ arachidonic acid

²⁾ polyunsaturated fatty acid

³⁾ eicosapentaenoic acid

였다.

혈청중 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 주요 다불포화지방산의 함유비율을 비교해 보면 Fig. 1에서와 같이 3성분 모두 주요지방산은 n-6계 PUFA인 LA이고 AA는 6% 미만, EPA는 5% 미만이며, DHA는 PL성분에서 3, 4, 5군에 약 1%정도 검출되었으나 TG 및 CHE성분에서는 검출되지 않았다. 그리고 시험유지의 P/S 비가 높아질수록, n-3/n-6P 비가 낮아 질수록 n-6계 PUFA는 증가되는 반면 n-3계 PUFA는 감소되는 경향을 나타내었으며 또한 3성분의 PUFA 조성은 시험유지 지방산조성의 영향을 받는 것으로 나타났다. Kuroda 등¹⁴⁾에 의하면 혈청 및 간장의 지방산조성은 시험유지의 지방산조성이 강하게 반영된다고 하였으며, Takita 등¹⁷⁾은 돈지 10%와 어유 10%를 혼합 비율 별로 3주간 흰쥐에게 급여하였을 때 혈소판의 지방산조성에서 시료지질의 n-3/n-6P 비가 높아질수록, n-6계 AA는 완만히 감소되는 반면 EPA는 상승되었다고 하였으며, 또한 생체내의 지질대사는 시험유지의 n-3/n-6P 비에 영향을 받기 때문에 n-3 및 n-6계 다불포화지방산의 섭취 균형을 적절히 유지 시키는 것이 중요하다고 시사한 바 있다.

간장 중 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성

Table 7은 간장 지질을 박층 크로마토그래피하여 얻은 인지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로 다불포화지방산중 n-6계 LA가 15.9~34.8%의 함유비율로 가장 많았으며 AA는 0.5~3.2%, EPA는 0.2~2.0%, n-3계 DPA는 0.2~1.3% 범위였으나 7군에서는 미량 검출되었다. DHA는 0.2~3.4%의 함유 범위로 3군과 4군에 각각 3.4%, 2.9%로 그 비율이 높았다. 총다불포화지방산의 함량 범위는 28.1~40.4%이며, 시험유지의 P/S 비가 3에서 7군으로 갈수록 증가되고, n-3/n-6P 비율이 감소됨에 따라 EPA/AA비 및 n-3/n-6P비는 낮아지는 경향이였다. 한편 포화지방산은 30.2~43.6% 범위이고, 주요 지방산은 palmitic acid와 stearic acid 였으며, 단일불포화지방산의 함유비율은 26.9~35.0% 범위로 주요 지방산은 oleic acid 였다.

간장 지질중, 중성지질의 지방산조성은 Table 8과 같다. 포화지방산의 함유비율은 23.7~39.0% 범위이고 이중 palmitic acid가 19.1~34.2% 수준으로 대부분을 차지하고 있었으며, 1군에서 7군으로 갈수록 감소하는 경향이였다. 단일불포화지방산은 23.3~46.3% 범위이고 이중 oleic acid가 21.5~43.8%로서 주요 지방산을 이루고 있으며 2군에서 7군으로 갈수록 점차 감소하는

Table 7. Fatty acid composition in phospholipid fractionated by TLC from liver lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1
14 : 0	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
16 : 0	22.5	19.2	20.2	24.4	21.7	21.2	19.9
18 : 0	18.0	23.0	13.4	12.4	8.1	9.2	9.4
20 : 0	0.3	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
Saturates	41.7	43.6	35.0	38.1	31.1	31.4	30.2
16 : 1	6.9	3.3	2.9	2.8	1.0	1.6	1.2
18 : 1	23.2	23.6	32.1	26.0	32.1	26.4	30.9
Monoenes	30.1	26.9	35.0	28.8	33.1	28.0	32.1
18 : 2 (n-6)	15.9	17.8	18.5	23.7	28.6	34.8	33.6
18 : 3 (n-3)	6.7	5.7	4.2	3.8	3.5	2.6	1.8
20 : 4 (n-6)	3.2	2.7	0.5	1.1	1.5	1.8	1.7
20 : 5 (n-3)	0.5	1.4	2.0	1.3	1.0	0.4	0.2
22 : 5 (n-3)	0.5	1.0	1.3	0.3	0.3	0.2	tr
22 : 6 (n-3)	1.3	0.7	3.4	2.9	0.8	0.6	0.2
Polyenes	28.1	29.3	29.9	33.1	35.7	40.4	37.5
n-3/n-6P	0.47	0.43	0.57	0.33	0.19	0.10	0.06
AA ¹⁾ /PUFA ²⁾	0.11	0.9	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05
EPA ³⁾ /AA	0.16	0.52	4.00	1.18	0.67	0.22	0.12

* See the legend of Table 2

¹⁾ arachidonic acid²⁾ polyunsaturated fatty acid³⁾ eicosapentaenoic acid**Table 8. Fatty acid composition in triglyceride fractionated by TLC from liver lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks**

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
14 : 0	2.1	1.1	2.6	1.3	1.3	1.4	0.9
16 : 0	32.2	34.2	21.8	24.3	21.7	19.8	19.1
18 : 0	3.9	3.5	2.9	3.4	3.5	3.6	3.6
20 : 0	0.1	1.0	1.3	1.2	0.2	-	tr
Saturates	38.5	39.0	28.8	30.3	26.8	25.0	23.7
16 : 1	6.6	2.5	3.8	3.7	1.9	2.7	1.8
18 : 1	38.3	43.8	26.9	30.1	25.1	22.3	21.5
Monoenes	44.9	46.3	30.7	33.8	27.0	25.0	23.3
18 : 2 (n-6)	11.8	12.7	14.5	16.8	31.3	38.6	41.9
18 : 3 (n-3)	1.8	1.2	4.3	3.3	3.2	2.1	2.2
20 : 4 (n-6)	0.9	0.1	0.9	0.8	1.1	2.6	3.1
20 : 5 (n-3)	2.1	0.3	3.5	2.9	3.2	1.5	0.8
22 : 5 (n-3)	-	tr	3.8	1.3	0.7	0.4	0.3
22 : 6 (n-3)	-	0.3	13.5	10.7	6.5	4.7	4.5
Polyenes	16.6	14.6	40.5	35.8	46.0	49.9	52.8
n-3/n-6P	0.31	0.14	1.63	1.03	0.42	0.21	0.17
AA ¹⁾ /PUFA ²⁾	0.05	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.06
EPA ³⁾ /AA	2.33	3.00	3.98	3.63	2.91	0.58	0.26

* See the legend of Table 2

¹⁾ arachidonic acid²⁾ polyunsaturated fatty acid³⁾ eicosapentaenoic acid

경향을 나타내었고 2군과 여타 실험군 간에는 함유비율의 차이가 컸다. 다불포화지방산에 있어 3군에서 7군까지의 함유비율은 35.8~52.8% 범위로서 비교적 많았으며 이중 linoleic acid가 14.5~41.9%로 함량이 많았고 홍화유의 혼합비율이 높아짐에 따라 현저히 증가되는 경향이였다. 3군에서 7군까지의 arachidonic acid는 0.9~3.1% 수준인데 6군과 7군에서 함유비율이 약간 높았으며, α -linolenic acid는 2.1~4.3% 범위로 대체로 각 구간에 큰 함량 차이는 없었다. EPA는 0.8~3.5% 범위였고, DHA는 4.5~13.5% 수준으로서 비교적 함유비율이 높았으며 EPA, DHA 모두 3군에서 7군으로 갈수록 감소되는 경향을 보였다. 또한 시험유지 P/S 비의 변동에 따른 EPA/AA 비 및 n-3/n-6P 비율의 변동은 인지질의 경우와 유사하였다.

Table 9는 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산은 12.7~27.5% 범위였고, 단일불포화지방산은 38.4~70.0% 수준으로서 그 함유비율이 전반적으로 높았으며 특히 1군과 2군이 각각 60.5%, 70.0%로서 아주 높았다. 다불포화지방산에 있어서는 n-6계 linoleic acid가 8.2~42.8%로서 함유비율이 높은 편이고, arachidonic acid는 0.3~2.6%로 함유비율이 낮았으며 3군에서 7군으로 홍화유의 혼합 비율

이 높아짐에 따라 현저히 증가되는 경향이였다. 한편 n-3계 linolenic acid는 0.7~3.3% 범위이고 EPA는 0.5~4.8% 범위였는데, 특히 3군과 4군에서 높았으며 DHA는 1.0~1.9% 수준으로 각 구간간의 큰 차이는 없었다. 그리고 n-3계 PUFA는 대체로 3군에서 7군으로 갈수록 점차 낮아지는 경향을 나타내었다. 또한 시험유지 P/S 비의 변동에 따른 EPA/AA비 및 n-3/n-6P 비율의 변동은 인지질의 경우와 유사하였다.

Fig. 2는 간장중 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산조성중 주요 다불포화지방산의 함유비율을 나타낸 것으로, 3성분 모두 n-6계 linoleic acid가 주요 지방산으로 그 함유비율이 월등히 높았으며, arachidonic acid는 3% 미만으로 낮았다. n-3계 α -linolenic acid는 PL과 TG성분에서 그 비율이 약간 높았으나 6% 미만이고, EPA는 CHE와 TG성분에서 그 비율이 다소 높았으나 5%미만이며, DHA는 TG성분에서 5.2~14.0% 수준으로 다른 2성분에 비해 현저히 높았다. 또한 시험유지의 P/S 비가 3군에서 7군으로 높아짐에 따라, n-3/n-6P 비가 낮아질수록 n-6계 PUFA의 함유비율은 높아지는 반면, n-3계 PUFA 비율은 낮아지는 경향을 나타내었으며, 대체로 시험유지의 지방산 조성이 반영되는 것으로 나타났다.

Table 9. Fatty acid composition in cholesteryl ester fractionated by TLC from liver lipids of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2
14 : 0	1.5	0.7	1.1	0.9	0.7	0.7	0.5
16 : 0	17.6	12.6	16.5	16.8	13.2	9.8	8.0
18 : 0	8.1	5.0	4.6	4.3	3.1	3.8	2.9
20 : 0	0.2	0.2	0.9	1.0	0.8	0.6	1.1
Saturates	27.5	18.6	23.3	23.1	17.9	15.0	12.7
16 : 1	14.7	8.1	11.4	12.1	6.5	9.1	5.6
18 : 1	45.8	61.9	42.7	41.4	38.7	36.8	32.8
Monoenes	60.5	70.0	54.1	53.5	45.2	45.9	38.4
18 : 2 (n-6)	8.2	8.6	10.1	12.6	29.9	32.5	42.8
18 : 3 (n-3)	2.5	1.6	3.3	2.2	0.7	1.0	1.1
20 : 4 (n-6)	0.5	0.3	0.4	1.3	1.5	2.2	2.6
20 : 5 (n-3)	0.5	0.6	4.8	4.1	2.4	1.6	1.2
22 : 5 (n-3)	0.1	0.1	2.1	1.5	1.1	0.4	0.1
22 : 6 (n-3)	tr	tr	1.9	1.6	1.3	1.2	1.0
Polyenes	11.8	11.2	22.6	23.3	36.9	38.9	48.8
n-3/n-6P	0.36	0.26	1.15	0.68	0.18	0.12	0.07
AA ¹⁾ /PUFA ²⁾	0.04	0.03	0.02	0.06	0.04	0.06	0.05
EPA ³⁾ /AA	1.00	2.00	12.00	3.15	1.60	0.73	0.46

* See the legend of Table 2

¹⁾ arachidonic acid

²⁾ polyunsaturated fatty acid

³⁾ eicosapentaenoic acid

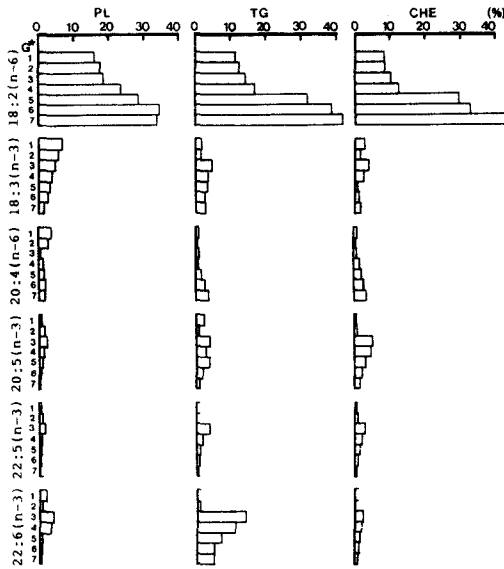


Fig. 2. Comparison of polyunsaturated fatty acid content of phospholipid, triglyceride and cholesteryl ester in liver lipid of rats.

G (1~7) ; group, See the legend of Table 2.

Rizek 등¹⁸⁾에 의하면 간조직은 arachidonic acid 합성의 주요 장기로, 생체 중에 있는 대부분의 arachidonic acid는 식이 중의 linoleic acid로부터 대사된 것이라고 하였으며, Tinoco 등¹⁹⁾은 α -linolenic acid가 결핍된 흰쥐에 있어서 n-3계 다불포화지방산의 함유비율은 감소되었다고 하였으며, n-3계 및 n-6계 다불포화지방산의 균형이 α -linolenic acid에서 EPA와 DHA에로의 전환에 관여하는 desaturase의 활성을 조절하는 중요한 요인이라는 보고도 있다²⁰⁾. Hwang 등²¹⁾은 간장 지질의 지방산 중 EPA 및 DHA의 수준은 식이 지질 중의 α -linolenic acid의 함량에 비례하여 대사되기 때문에 증가된다고 하였다. Takita 등^{17,22)}은 사료 지질의 P/S 비율이 증가하면 간장 지질의 linoleic acid의 함유 비율이 증가된다고 하였으며, 또한 n-3/n-6P 비율이 증가하면 n-6계 linoleic acid와 arachidonic acid는 감소되는 반면 n-3계 EPA 및 DHA, 그리고 EPA/AA 비율은 증가된다고 보고 하였다. Taussant 등²³⁾에 의하면 다불포화지방산이 심장 순환기계 질환의 발생을 억제하는 기작은 PUFA가 간장에서 지방산의 합성을 저해하기 때문이라고 보고한 바 있다. 본 실험 결과, 간장 지질성분의 지방산 조성은 식이 지질의 P/S비 및 n-3/n-6P 비율의 영향을 받는 것으로 나타난 바, 이들 보고들과 유사한 경향이였다.

요 약

n-3계 EPA와 DHA의 함유 비율이 높은 정어리유와 n-6계 linoleic acid의 함유비율이 높은 홍화유의 혼합 급여가 고지질식이 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 대사에 미치는 영향을 구명하기 위해 Sprague Dawley계 숫 흰쥐에게 버터 식이를 대조군으로 하고 정어리유 및 홍화유의 혼합 비율을 달리한 유지를 급여하여 4주간 실험 사육한 후 혈청 및 간장의 지방산 조성을 분석 검토한 결과, 혈청 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성은 홍화유의 혼합 비율이 증가함에 따라 n-3계 지방산 및 EPA/AA 비율은 감소되는 반면, n-6계 지방산 및 AA/PUFA 비율은 증가되는 경향을 보였다. 간장 지질 중 중성지질의 조성 지방산 중 DHA 함유 비율이 가장 높았고, 콜레스테롤 에스테르에서는 linoleic acid의 함유 비율이 높았다. 혈청 및 간장 지질의 지방산 조성은 시험유지의 지방산 조성에 영향을 받는 것으로 나타났다.

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 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 fatty acid. *J. Clin. Invest.*, **48**, 78 (1969)
8. Bergmeyer, H. U. : *Methods of enzymatic analysis*. 2nd. ed., Academic Press, New York, p.860 (1974)
 9. Connor, W. E. and Connor, S. L. : The dietary treatment of hyperlipidemia. *Med. Clin. Nutr. Am.*, **66**, 485 (1982)
 10. Ranazit, P., Ramesha, C. S. and Garguly, J. : On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids. *Adv. Lipid Res.*, **17**, 155 (1980)
 11. Simopoulos, A. T. : ω -3 Fatty acids in growth and development and in health and disease : The role of ω -3 fatty acids in growth and development. *Nutrition Today*, **10**(1988)
 12. Herold, P. M. and Kinsella, J. E. : Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease : A comparison of findings from animal and human feeding trials. *Am. J. Clin. Nutr.*, **43**, 566 (1985)
 13. Kobatake, Y., Kuroda, K., Jinnouch, H., Nishide, E. and Innami, S. : Differential effects of dietary eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids on lowering of triglyceride and cholesterol levels in the serum of rats on hypercholesterolemic diet. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **30**, 357 (1984)
 14. 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. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **38**, 291 (1985)
 15. Ney, D. M., Lasekan, J. B. and Kim, J. H. : Relative effects of dietary oleic and linoleic rich oils on plasma lipoprotein composition in rats. *J. Nutr.*, **119**, 857 (1989)
 16. Kobatake, Y. : 脂肪酸構成の違いと生理効果. *臨床栄養*, **77**(1), 37 (1990)
 17. 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)
 18. Rizek, R. L., Welsh, S. O., Marston, R. M. and Jackson, E. M. : In "Dietary fats and health" Perkins, E. G. and Visek, W. J. (eds.), Am. Oil Chem. Sci. Champaign. p.13 (1983)
 19. Tinoco, J., Endemann, G., Hincenbergs, I., Medwadowski, B., Miljanich, P. and Williams, M. A. : Effects of linolenic acid deficiency on the fatty acid patterns in plasma and liver cholesteryl esters, triglycerides and phospholipids in female rats. *J. Nutr.*, **110**, 1497 (1980)
 20. Huang, Y. S., Manku, M. S. and Horrobin, D. F. : The effects of dietary cholesterol on blood and liver polyunsaturated fatty acid on plasma cholesterol in rats fed various types of fatty acid diet. *Lipids*, **19**, 664 (1984)
 21. Hwang, D. H., Boudreau, M. and Chanmugam, P. : Dietary linolenic acid and longer chain n-3 fatty acids : Comparison of effects on arachidonic acid metabolism in rats. *J. Nutr.*, **118**, 427 (1988)
 22. Takita, T., Nakamura, K., Hayakawa, T., Fukutomi, A., Saigo, M. and Innami, S. : Changes of lipid metabolism in the plasma, liver, testes and epididymal adipose tissues of rats fed on oils being different in mixing proportion of corn oil and lard. *日本家政學會誌*, **40** (2), 99 (1989)
 23. Taussant, M. J., Wilson, M. D. and Clarks, S. D. : Coordinate suppression of liver acetyl Co-A carboxylase and fatty acid synthetase by polyunsaturated fat. *J. Nutr.*, **111**, 146 (1981)

(1992년 8월 5일 접수)