

도라지 및 더덕 첨가식이 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 조성에 미치는 영향

김소영 · 김한수 · 김성희 · 김희숙* · 서인숙 · 정승용†

경상대학교 식품영양학과

*진주전문대학 식품영양과

Effects of the Feeding *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata* on the Fatty Acid Composition of Serum and Liver in Rats

So-Young Kim, Han-Soo Kim, Sung-Hee Kim, Hee-Sook Kim*, In-Sook Su and Seung-Yong Chung†

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

*Dept. of Food and Nutrition, Jinju Junior College, Jinyang 663-840, Korea

Abstract

This study was designed to observe the effects of the feeding *Platycodon grandiflorum*, *Codonopsis lanceolata*, perilla oil and safflower oil on the fatty acid composition in serum and liver of dietary hypercholesterolemic rats. Experimental groups mixed with 5% cellulose + 10% lard (group 1, control group), 2% cholestyramine + 10% lard (group 2), 5% *C. lanceolata* + 10% perilla oil (group 3), 5% *P. grandiflorum* + 10% perilla oil (group 4), 5% *C. lanceolata* + 10% safflower oil (group 5) and 5% *P. grandiflorum* + 10% safflower oil (group 6) were administered to the male rats of the Sprague Dawley for 3 weeks. In the fatty acid compositions of serum total fatty acid, phospholipid, triglyceride and cholesteryl ester, the linoleic acid content was most in the PUFA and it was major fatty acid. Particularly, the other components except the phospholipid fraction in serum lipids were influenced by the fatty acid composition of the test lipids from the fact that linoleic acid content was remarkably more in the groups 5 and 6. In the fatty acid compositions of liver total fatty acid, phospholipid, triglyceride and cholesteryl ester, the linoleic acid content was more in the PUFA and so it was major fatty acid. Particularly, the arachidonic and eicosapentaenoic acid contents of phospholipid fraction in liver lipids were rather more. From the above research, fatty acid composition of serum and liver lipid components were influenced by the fatty acid composition of the test lipids from the fact that linoleic acid takes up the highest percentage.

Key words : *Platycodon grandiflorum*, *Codonopsis lanceolata*, perilla oil, safflower oil, hypercholesterolemia, fatty acid composition

서 론

도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)와 더덕(*Codonopsis lanceolata* Traut)은 초롱꽃과(Campanulaceae)에 속하는 다년생초로서 triterpenoid계 사포닌과 당질, 섬유질을 함유하고 있으며 거담, 최유, 항궤양, 해열, 진정, 항염, 혈압강하, 편도선염 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁻³⁾. 일반적으로 야채, 식물유,

어유 및 식물성단백질 등은 항콜레스테롤 효과가 있다고 알려져 있으며⁴⁾ 항콜레스테롤인자로서는 식물성유, 아미노산 조성(lysine과 arginine의 비율), 클로로필 a, 사포닌, 식물성 sterol 및 다불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA) 등을 들 수 있다. 식이 PUFA는 혈청 콜레스테롤, 중성지질 및 LDL-콜레스테롤 농도를 저하시켜 고지혈증 및 심장순환기계 질환을 예방한다고 알려져 있는데^{5,6)} 이것은 PUFA가 간장에서 지방산의 합성을 억제하고 장관내에서 콜레스테롤 흡수를 저해하며 조직 세포로부터 콜레스테롤을 제거하고

† To whom all correspondence should be addressed

또한 분변으로의 담즙산 배설을 증가시키기 때문이라고 하였다⁷⁻⁹. Flier 등¹⁰과 Lokesh 등¹¹은 식이 중의 포화 지방산에 대한 다불포화지방산의 비율 (PUFA/SFA, P/S)과 n-6계 PUFA에 대한 n-3계 PUFA의 비율 (n-3 P/n-6 P) 등 식이 지질의 지방산 조성은 체내 콜레스테롤 농도와 지방산 대사에 영향을 미치는 인자로서 세포막 인지질의 물리적 성질에 변화를 일으켜 막효소와 수용체의 기능에 영향을 준다고 보고 하였으며, 또한 P/S 비율이 높은 지질식은 산성 및 중성 steroid의 배설을 촉진시켜 체내 콜레스테롤 농도를 저하시킨다는 보고도 있다^{6,12}. 이상과 같이 도라지 및 더덕의 약리작용과 식물섬유, PUFA 및 식물 sterol 등의 지질 개선작용에 관한 연구는 많으나, 도라지와 더덕 및 식물성 유지 혼합식이의 지방산 조성에 관한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구는 당질, 섬유질 및 saponin의 함량이 많은 도라지 및 더덕과 n-3계 PUFA의 함유비가 높은 들깨유 및 n-6계 PUFA 함유비가 높은 홍화유의 혼합급여가 흰쥐 혈청 및 간장의 지방산 조성에 미치는 영향을 구명하기 위해 실험을 행하였다.

재료 및 방법

실험동물

평균 체중이 60±5g의 4주령된 Sprague-Dawley계 숫 흰쥐를 20% 카제인과 10% 돈지를 함유하는 기초 식이로서 1주일간 예비 사육하여 적응시킨 후 난괴법 (Randomized Complete Block Design)에 의해서 6마리씩 6군으로 나누어 사육상자에 한마리씩 넣어 3주간 실험사육 하였다. 예비사육 및 실험사육 기간중 물과

식은 자유로이 섭취시켰으며, 사육실의 온도는 20±1°C, 습도는 50±10%로 유지시켰고 명암은 12시간 (07:00~19:00)주기로 조명하였다.

식이

기초식이의 조성은 Table 1과 같으며, 실험식은 콜레스테롤식이로서 콜레스테롤 0.75%와 sodium cholate 0.25%를 첨가 조제하였고, 기초식이, 실험식이 및 실험군은 Table 1과 같다. 실험식에 사용된 도라지는 4년근이고 더덕은 6년근으로 경남 진양군 명석에서 구입하여 껍질을 벗긴 후 동결건조한 후 분말 (60mesh)로 만들어 사용하였으며, 항고지혈증제로서는 시판 cholestyramine (Dowex 1-X 2-Cl)을 사용하였다. 시험유지로서 돈지는 日本 雪印乳業(株)製, 홍화유는 日本 Beniana 食品會社製, 들깨유는 그 종자를 시중에서 구입한 후 착유하여 사용하였고 시험유지의 지방산 조성은 Table 2와 같다. 돈지(1, 2군)의 지방산 조성을 살펴보면 palmitic acid, oleic acid 및 stearic acid의 함유비율이 다른 시험유지에 비해 월등히 높았으며, n-6계 linoleic acid의 함유비율은 11.6%였다. 한편 n-3계 다불포화지방산 함유비율이 높은 들깨유(3, 4군)의 지방산 조성은 다불포화지방산이 76.1%로서 전 지방산의 대부분을 차지하며 그중 n-3계 α-linolenic acid가 62.0% 함유되어 있었다. 또한 n-6계 다불포화 지방산 함유비율이 높은 홍화유(5, 6군)의 지방산 조성에 있어서는 n-6계 linoleic acid가 79.6%로서 다불포화 지방산 전부를 차지하고 있었다. P/S 비율은 돈지가 가장 낮았으며 들깨유에서 가장 높았고, n-3/n-6 PUFA 비율 또한 들깨유에서 가장 높게 나타났다.

Table 1. Compositions of basal and experimental diets

Ingredient/Group	Basal diet	1	2	3	4	5	6
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Mineral mixture*	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cholesterol	-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Sodium cholate	-	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Sucrose	60.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
Cellulose powder	5.0	5.0	3.0	-	-	-	-
Cholestyramine	-	-	2.0	-	-	-	-
Lard	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
Perilla oil	-	-	-	10.0	10.0	-	-
Safflower oil	-	-	-	-	-	10.0	10.0
Codonopsis lanceolata	-	-	-	5.0	-	5.0	-
Platycodon grandiflorum	-	-	-	-	5.0	-	5.0

*AIN-76™

실험동물의 처리

실험사육 3주간의 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 심장 채혈법으로 채혈하였고, 간장은 0.9% 생리식염수로서 문맥을 통해 관류 탈혈한 후 여과지로서 물기를 제거하였으며, 혈액은 약 1시간 정도 빙수중에 방치한 후 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 취하여 실험에 사용하였다.

일반성분

본 실험에 사용된 도라지와 더덕의 일반성분은 저자 등¹³⁾이 앞서 보고한 바와 같다.

지질성분의 분리

혈청은 1.0ml, 간장은 1.0g을 취하여 chloroform : methanol (C : M=2 : 1, v/v)혼액 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.

지방산 조성의 분석

시험유지, 혈청 및 간장의 지질 성분을 C : M 혼액으로 지질을 추출한 후 14% BF₃-MeOH로 methylester화 시켜 gas chromatography(Hewlett Packard 5890)로

Table 2. Fatty acid composition of test lipids used in the experiment (peak area %)

Fatty acid	Lard	Perilla oil	Safflower oil
12 : 0	0.2	-	-
14 : 0	1.6	-	0.1
16 : 0	25.0	7.1	6.9
18 : 0	13.4	1.4	2.6
20 : 0	0.3	-	-
Saturates	40.5	8.5	9.6
16 : 1	3.3	-	-
18 : 1	43.1	15.4	10.8
Monoenes	46.4	15.4	10.8
18 : 2 (n-6)	11.6	14.1	79.6
18 : 3 (n-3)	1.5	62.0	-
Polyenes	13.1	76.1	79.6
P ¹⁾ /S ²⁾	0.32	8.95	8.29
n-3/n-6P	0.13	4.40	-

¹⁾ Polyunsaturated fatty acid

²⁾ Saturated fatty acid

서 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

혈청지질의 지방산 조성

Table 3은 혈청 지질의 총지방산 조성을 나타낸 것으로 각 군 모두 11종의 지방산이 검출되었으며 포화 지방산은 20.0~34.0% 범위로서 각 군간에 큰 함유비의 차이는 없었다. 단불포화지방산은 1~4군에서는 약 50% 수준이었으나 홍화유 급여군(5, 6군)에서는 22.4~25.6% 범위로 낮았으며 주요 지방산은 oleic acid였고, 다불포화지방산은 단불포화지방산과는 달리 홍화유 급여군(5, 6군)이 52.8~54.4%로서 여타 실험군의 2배가 넘었으며 n-6계 linoleic acid(LA)가 대부분을 차지하고 있었고 다음으로 n-3계 eicosapentaenoic acid(EPA)가 3.4~8.1% 범위를 차지하고 있었다. Arachidonic acid(AA)는 혈소판에서 생성되어 혈액응고 방향으로 작용하는 thromboxane A₂(TXA₂)의 전구물질이며, 한편 EPA는 혈소판 및 혈관벽에서 생성되어 혈액응고

Table 3. Fatty acid composition of total lipid extracted from serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks (peak area %)

Fatty acid/Group*	1	2	3	4	5	6
14 : 0	0.6	0.8	0.3	0.5	0.4	0.5
16 : 0	19.6	24.4	15.5	18.3	14.2	17.3
18 : 0	7.8	8.8	6.2	6.7	5.4	7.0
Saturates	28.0	34.0	22.0	25.5	20.0	24.8
16 : 1	8.2	4.9	6.8	6.7	6.9	4.5
18 : 1	41.2	33.0	48.4	43.3	18.7	17.9
Monoenes	49.4	37.9	55.2	50.0	25.6	22.4
18 : 2 (n-6)	10.1	9.4	14.2	13.2	41.8	40.2
18 : 3 (n-3)	3.3	5.1	2.9	3.0	2.8	2.8
20 : 4 (n-6)	3.9	0.5	1.0	2.9	4.4	4.2
20 : 5 (n-3)	3.9	8.1	3.4	3.8	4.9	4.6
22 : 5 (n-3)	0.6	1.9	0.7	0.8	0.2	0.6
22 : 6 (n-3)	0.8	3.1	0.6	0.8	0.3	0.4
Polyenes	22.6	28.1	22.8	24.5	54.4	52.8
P ¹⁾ /S ²⁾	0.81	0.83	1.04	0.96	2.72	2.13
n-3/n-6P	0.61	1.84	0.50	0.52	0.18	0.19
EPA ³⁾ /AA ⁴⁾	1.00	16.20	3.40	1.31	1.11	1.10

* See the legend of Table 1

¹⁾ Polyunsaturated fatty acid ²⁾ Saturated fatty acid

³⁾ Eicosapentaenoic acid ⁴⁾ Arachidonic acid

Table 4. Fatty acid composition in phospholipid fractionated by TLC from serum lipids of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Fatty acid/Group*	1	2	3	4	5	6
14 : 0	2.3	1.6	1.6	3.1	1.9	1.5
16 : 0	37.2	33.7	36.1	35.4	38.2	42.0
18 : 0	36.5	26.3	32.2	28.3	34.4	32.5
Saturates	76.0	61.6	69.9	66.8	74.5	76.0
16 : 1	-	-	-	-	-	-
18 : 1	13.3	19.3	9.9	9.8	6.4	6.3
Monoenes	13.3	19.3	9.9	9.8	6.4	6.3
18 : 2 (n-6)	6.3	10.0	13.3	12.8	12.9	12.7
18 : 3 (n-3)	2.5	6.1	4.3	4.7	2.6	2.1
20 : 4 (n-6)	0.9	1.0	0.7	1.9	1.6	1.2
20 : 5 (n-3)	1.0	2.0	1.9	4.0	2.0	1.7
Polyenes	10.7	19.1	20.2	23.4	19.1	17.7
P ¹ /S ²	0.14	0.31	0.29	0.35	0.26	0.23
n-3/n-6P	0.49	0.74	0.31	0.59	0.32	0.27
EPA ³ /AA ⁴	1.11	2.00	2.71	2.11	1.25	1.42

*See the legend of Table 1

¹Polyunsaturated fatty acid ²Saturated fatty acid

³Eicosapentaenoic acid ⁴Arachidonic acid

억제방향으로 작용하는 thromboxane A₃(TXA₃) 및 prostacycline I₃(PGI₃)의 전구물질로 알려져 있다^{14,15}.

Kuroda 등¹⁶에 의하면 혈청 및 간장의 지방산 조성은 시험유지의 지방산 조성이 강하게 반영된다고 하였는데, 본 실험결과는 홍화유 급여군에 있어 linoleic acid의 함유비가 현저히 높게 나타나 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 여겨지며 이는 Kuroda 등¹⁶의 보고와 유사한 경향이라고 생각된다. 그리고 EPA/AA 비율은 혈액응고와 밀접한 관계가 있으며 이의 비율이 높을수록 혈전의 생성 억제작용이 크다고 알려져 있다.

Table 4는 혈청중 인지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산의 함유 비율은 61.6~76.0% 범위로 전지방산의 60%이상을 차지하였고 각 실험군간의 함유비 차이는 크지 않았으며, 단일포화지방산의 함유 비율은 6.3~19.3% 범위로 현저히 낮았다. 다불포화지방산의 함유비율은 10.7~23.4% 수준으로 비교적 낮았으며, 그중 linoleic acid가 3~6군에서 13%부근으로 높아 주요 지방산을 이루고 있었고 각 군간의 함유비 차이는 거의 없었다.

Table 5는 중성지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산의 함유비율은 37.2~57.3% 범위이고, 단일포화지방산의 함유비율은 2군이 51.9%로서 여타 실험군에서보다 현저히 높았다. 한편 다불포화지방산의 함유비율은 1~4군에서는 10.9~16.2% 범위로 낮았으나, 5, 6군에서는 25.6~30.6% 범위로 그 함유비율이

Table 5. Fatty acid composition in triglyceride fractionated by TLC from serum lipids of rats fed experimental diets 3 weeks

Fatty acid/Group*	1	2	3	4	5	6
14 : 0	2.9	1.3	2.8	2.5	1.9	2.2
16 : 0	42.9	31.2	40.2	36.6	40.6	43.5
18 : 0	11.5	4.7	15.4	11.2	6.6	11.2
Saturates	57.3	37.2	58.4	50.3	49.1	56.9
16 : 1	3.1	5.8	3.1	3.2	3.5	4.2
18 : 1	26.9	46.1	24.6	30.3	16.8	13.3
Monoenes	30.0	51.9	27.7	33.5	20.3	17.5
18 : 2 (n-6)	7.5	4.0	8.4	9.6	24.8	21.9
18 : 3 (n-3)	2.2	6.3	3.0	3.2	2.6	1.8
20 : 4 (n-6)	2.0	0.2	1.4	1.2	2.1	1.1
20 : 5 (n-3)	1.0	0.4	1.1	2.2	1.1	0.8
Polyenes	12.7	10.9	13.9	16.2	30.6	25.6
P ¹ /S ²	0.22	0.29	0.24	0.32	0.62	0.25
n-3/n-6P	0.34	1.60	0.42	0.50	0.14	0.11
EPA ³ /AA ⁴	0.50	2.00	0.79	1.83	0.52	0.73

*See the legend of Table 1

¹Polyunsaturated fatty acid ²Saturated fatty acid

³Eicosapentaenoic acid ⁴Arachidonic acid

높았으며 이중 linoleic acid의 함유비가 21.9~24.8%로 현저히 높아 주요 지방산이었고, 시험유지 지방산 조성에 영향을 받은 것으로 나타났다.

혈청중 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성은 Table 6에서와 같이 단일포화지방산의 함유비율은 45.4~64.0% 범위로서 전지방산의 약 50%를 차지하고 있었고, 이중 oleic acid가 주요 지방산을 이루고 있었으며 각 실험군 간의 차이는 별로 크지 않았다. 다불포화지방산의 함유비율은 5, 6군에서 31.4~34.9% 범위로 여타 실험군에 비해 현저히 높았고 이중 linoleic acid가 27.1~29.2% 수준으로 주요 지방산이었으며 중성지질의 지방산 조성과 유사하였다. 혈청중 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 주요 다불포화지방산의 함유비율을 비교해보면 3성분 모두 주요 지방산은 n-6계 다불포화지방산인 linoleic acid이고, AA는 2% 미만, EPA는 4% 미만이며, DHA는 검출되지 않았다. 이상의 결과, 혈청 인지질의 지방산 조성은 시험유지의 지방산 조성에 별로 영향을 받지 않은 것으로 나타났고, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성은 홍화유 급여군에 있어 linoleic acid는 시험유지의 지방산 조성이 강하게 반영된 것으로 나타났다.

간장 지질의 지방산 조성

간장 지질의 총지방산 조성은 Table 7과 같으며, 포화지방산의 함유비율은 19.9~38.6% 범위로서 주요

지방산은 palmitic acid였다. 단불포화지방산에서는 1군과 4군이 각각 54.9%, 58.9%로서 여타 실험군보다 2배 정도 높았고 oleic acid가 대부분을 차지하고 있었

Table 6. Fatty acid composition in cholesteryl ester fractionated by TLC from serum lipids of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Fatty acid/Group*	1	2	3	4	5	6
14 : 0	1.2	2.7	0.9	1.1	0.9	1.3
16 : 0	28.0	29.4	21.5	20.3	14.5	16.7
18 : 0	5.8	12.0	3.5	3.4	2.6	3.1
Saturates	35.0	44.1	25.9	24.8	18.0	21.1
16 : 1	11.1	17.4	14.6	14.6	11.2	12.7
18 : 1	45.6	28.0	48.1	49.4	35.9	34.8
Monoenes	56.7	45.4	62.7	64.0	47.1	47.5
18 : 2(n-6)	3.0	2.8	4.3	4.7	29.2	27.1
18 : 3(n-3)	3.6	4.4	4.4	4.0	3.1	2.5
20 : 4(n-6)	1.1	0.8	0.8	0.5	1.6	1.0
20 : 5(n-3)	0.6	2.5	1.9	2.0	1.0	0.8
Polyenes	8.3	10.5	11.4	11.3	34.9	31.4
P ¹⁾ /S ²⁾	0.24	0.24	0.44	0.45	1.94	1.49
n-3/n-6P	1.02	1.92	1.23	1.15	0.13	0.12
EPA ³⁾ /AA ⁴⁾	0.54	3.13	2.38	4.00	0.63	0.80

*See the legend of Table 1

¹⁾Polyunsaturated fatty acid ²⁾Saturated fatty acid

³⁾Eicosapentaenoic acid ⁴⁾Arachidonic acid

Table 7. Fatty acid composition of total lipid extracted liver of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Fatty acid/Group*	1	2	3	4	5	6
14 : 0	0.7	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5
16 : 0	22.9	22.2	24.3	16.7	15.6	16.2
18 : 0	5.4	16.0	9.0	5.2	3.8	4.2
Saturates	29.0	38.6	33.9	22.3	19.9	20.9
16 : 1	9.7	3.7	12.4	8.6	7.7	5.5
18 : 1	45.2	21.2	19.1	50.3	21.4	21.6
Monoenes	54.9	24.9	31.5	58.9	29.1	27.1
18 : 2(n-6)	5.4	10.0	19.1	10.3	38.9	41.3
18 : 3(n-3)	7.1	4.2	5.0	3.8	5.6	4.0
20 : 4(n-6)	0.5	1.4	2.1	0.9	1.6	1.8
20 : 5(n-3)	2.2	16.2	4.8	2.2	4.2	4.2
22 : 5(n-3)	-	0.6	1.9	0.7	0.2	0.2
22 : 6(n-3)	0.9	4.1	1.7	0.9	0.5	0.5
Polyenes	16.1	36.5	34.6	18.8	51.0	52.0
P ¹⁾ /S ²⁾	0.56	0.95	1.02	0.84	2.56	2.49
n-3/n-6P	1.73	2.20	0.63	0.68	0.26	0.21
EPA ³⁾ /AA ⁴⁾	4.40	11.57	2.29	2.44	2.63	2.33

*See the legend of Table 1

¹⁾Polyunsaturated fatty acid ²⁾Saturated fatty acid

³⁾Eicosapentaenoic acid ⁴⁾Arachidonic acid

다. 다불포화지방산의 함유비율은 대조군에 비해 전실험군에서 비교적 높았으며, 특히 홍화유 급여군(5, 6군)이 51.0~52.0%로서 여타 실험군보다 더욱 높았고 이중 linoleic acid가 주요 지방산이었으며, 혈청 지질의 총지방산 조성 과 유사한 경향을 나타낸 반면 α -linolenic acid(α -LNA, n-3)가 3.8~7.1% 범위로 혈청에서 보다 약간 높은 함유 비율을 나타내었다. Rizek 등¹⁷⁾에 의하면 간장은 AA합성의 주요 장기이며, 생체 내에 있는 대부분의 AA는 식이중의 LA로부터 대사된 것이라고 하였고, Takita^{18,19)}는 사료 지질의 P/S비율이 증가하면 간장 지질의 LA의 함유비율이 증가된다고 보고 한 바 있다.

간장지질을 박층 크로마토그래피하여 얻은 인지질의 지방산 조성은 Table 8과 같다.

포화지방산의 함유비율은 41.7~51.5% 수준으로 높았으며 palmitic acid와 stearic acid가 주요 지방산이었 고, 단불포화지방산은 6.5~15.5% 범위로 그 함유비율 이 아주 낮았다. 한편 다불포화지방산에서는 3~6군이 41.8~49.7% 범위로 여타 실험군에서보다 약간 높은 함유비율을 나타내었고 이중 linoleic acid가 15.5~23.9% 범위로 그 비율이 높았으며, 들깨유 급여군인 3, 4군에서는 n-3계 PUFA의 비율이 n-6계 PUFA보다 다 소 높았고 홍화유 급여군인 5, 6군에서는 n-6계 PUFA

Table 8. Fatty acid composition in phospholipid fractionated by TLC from liver lipids of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Fatty acid/Group*	1	2	3	4	5	6
14 : 0	0.2	-	0.2	0.4	0.3	0.2
16 : 0	22.6	20.7	20.6	19.2	21.2	19.7
18 : 0	28.7	30.1	22.2	22.1	23.7	23.9
Saturates	51.5	50.8	43.0	41.7	45.2	43.8
16 : 1	3.3	1.5	3.0	2.5	2.1	1.5
18 : 1	12.2	11.3	12.2	10.4	5.4	5.0
Monoenes	15.5	12.8	15.2	12.9	7.5	6.5
18 : 2(n-6)	10.9	11.3	15.5	16.6	23.9	23.3
18 : 3(n-3)	7.3	4.3	8.0	8.5	6.5	5.8
20 : 4(n-6)	2.7	4.2	4.6	5.9	9.0	11.2
20 : 5(n-3)	9.7	9.5	9.4	8.6	6.2	7.4
22 : 5(n-3)	0.2	2.2	1.5	2.3	0.3	0.4
20 : 6(n-3)	2.2	4.9	2.8	3.5	1.4	1.6
Polyenes	33.0	36.4	41.8	45.4	47.3	49.7
P ¹⁾ /S ²⁾	0.64	0.72	0.97	1.09	1.05	1.13
n-3/n-6P	1.43	1.35	1.09	1.02	0.44	0.44
EPA ³⁾ /AA ⁴⁾	3.59	2.26	2.04	1.46	0.69	0.66

*See the legend of Table 1

¹⁾Polyunsaturated fatty acid ²⁾Saturated fatty acid

³⁾Eicosapentaenoic acid ⁴⁾Arachidonic acid

Table 9. Fatty acid composition in triglyceride fractionated by TLC from liver lipids of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Fatty acid/Group*	(peak area %)					
	1	2	3	4	5	6
14 : 0	1.4	1.3	1.5	1.1	1.5	1.0
16 : 0	33.1	33.8	24.4	25.1	24.1	23.3
18 : 0	2.7	2.6	2.4	1.8	1.1	1.2
Saturates	37.2	37.7	28.3	28.0	26.7	25.5
16 : 1	8.2	6.7	5.8	7.6	5.7	4.0
18 : 1	39.9	42.6	48.9	50.1	41.1	43.3
Monoenes	48.1	49.3	54.7	57.7	46.8	47.3
18 : 2 (n-6)	8.6	6.8	7.8	8.8	18.8	21.1
18 : 3 (n-3)	5.5	5.1	6.1	4.4	5.2	4.1
20 : 4 (n-6)	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.8
20 : 5 (n-3)	0.3	0.7	2.7	0.8	2.1	1.2
Polyenes	14.7	13.0	17.0	14.3	26.5	27.2
P ¹⁾ /S ²⁾	0.40	0.34	0.60	0.51	0.99	1.07
n-3/n-6P	0.65	0.81	1.07	0.57	0.38	0.24
EPA ³⁾ /AA ⁴⁾	1.00	1.75	6.75	2.67	5.25	1.50

*See the legend of Table 1

¹⁾Polyunsaturated fatty acid ²⁾Saturated fatty acid

³⁾Eicosapentaenoic acid ⁴⁾Arachidonic acid

의 비율이 높게 나타나 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다.

간장중 중성지질의 지방산 조성은 Table 9와 같다. 포화지방산이 25.5~37.7% 범위로 각 군간에 큰 비율 차이는 없었고, 단불포화지방산의 함유비율은 46.8~57.7% 범위로 전지방산의 약 50%를 차지하고 있었으며 oleic acid가 39.9~50.1%로서 주요 지방산이었다. 다불포화지방산의 함유비율은 5군과 6군이 각각 26.5%, 27.2%로서 여타 실험군에 비해 다소 높았고 주요 지방산은 linoleic acid였다.

Table 10은 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산의 함유비율은 13.8~23.1% 범위로 그 함유비는 낮았으며, 단불포화지방산에서는 49.0~75.3% 수준으로 포화지방산 및 다불포화지방산의 함유비율에 비해 현저히 높았고 1~4군에서는 64.4~75.3%, 5, 6군에서는 49.0~49.2% 수준이었고 주요 지방산은 oleic acid이었다. 다불포화지방산 함유비율에 있어서 5군과 6군은 각각 37.1%, 36.7%로서 1~4군의 10.3~12.5%에 비해 월등히 높았으며, 이중 linoleic acid가 30.8~32.1%로서 주요 지방산이었고 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다. 간장중 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성중 주요 다불포화지방산의 함유비율을 비교해 보면 3성분 모두 n-6계 linoleic acid가 주요 지방산으로 그

Table 10. Fatty acid composition in cholesteryl ester fractionated by TLC from liver lipids of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Fatty acid/Group*	(peak area %)					
	1	2	3	4	5	6
14 : 0	0.5	3.0	0.3	0.4	0.5	0.6
16 : 0	18.3	17.8	12.3	13.7	11.7	12.3
18 : 0	2.4	2.3	1.2	1.0	1.7	1.2
Saturates	21.2	23.1	13.8	15.1	13.9	14.1
16 : 1	13.8	13.8	12.2	14.5	15.0	11.6
18 : 1	53.5	50.6	63.1	60.1	34.0	37.6
Monoenes	67.3	64.4	75.3	74.6	49.0	49.2
18 : 2 (n-6)	2.9	2.5	5.1	5.5	30.8	32.1
18 : 3 (n-3)	8.0	4.6	3.6	3.4	5.6	4.1
20 : 4 (n-6)	0.3	2.4	1.0	0.6	0.3	0.2
20 : 5 (n-3)	0.3	3.0	1.2	0.8	0.4	0.3
Polyenes	11.5	12.5	10.9	10.3	37.1	36.7
P ¹⁾ /S ²⁾	0.54	0.23	0.79	0.68	2.67	2.60
n-3/n-6P	2.59	1.55	0.79	0.69	0.19	0.14
EPA ³⁾ /AA ⁴⁾	1.00	1.25	1.20	1.33	1.33	1.50

*See the legend of Table 1

¹⁾Polyunsaturated fatty acid ²⁾Saturated fatty acid

³⁾Eicosapentaenoic acid ⁴⁾Arachidonic acid

함유비율이 월등히 높았고, 시험유지의 지방산 조성에 영향을 받은 것으로 나타났다.

요 약

도라지 및 더덕과 들깨유 및 홍화유의 혼합 급여가식이성 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 조성을 구명하기 위해 Sprague-Dawley계 수 흰쥐에게 cellulose 5%와 돈지 10%를 대조군으로 하고 도라지 및 더덕 5%씩, 그리고 들깨유 및 홍화유 10%씩을 혼합한 식이를 급여하여 3주간 실험사육한 후 혈청 및 간장의 지방산 조성을 분석 검토한 결과, 혈청 지질의 총지방산, 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성에 있어 PUFA중 linoleic acid의 함유비가 가장 높아 주요 지방산을 이루었고, 특히 인지질 성분을 제외한 여타 성분에서는 홍화유를 급여한 5, 6군에서 linoleic acid의 함유비가 현저히 높았으며, 시험유지의 지방산 조성이 크게 반영된 것으로 나타났다. 간장의 총지방산, 인지질, 중성지질 및 콜레스테롤 에스테르의 지방산 조성에서 PUFA중 모두 linoleic acid의 함유비가 높아 주요 지방산을 이루었고, 특히 인지질 성분에서는 arachidonic acid와 eicosapentaenoic acid(EPA)의 함유비가 비교적 높았다. 이상의 결과, 혈청 및 간장 지질의 지방산 조성에서는 linoleic

acid의 비율이 가장 높아 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다.

문헌

1. 李尙仁 : 本草學. 修書院, p.129(1981)
2. 李時珍 : 本草綱目. 高文社, 서울, p.412(1978)
3. 李樹猷 : 現代中藥學. 正中書局, 臺灣, p.673(1970)
4. 藤敏光症, 竹本和夫, 片山博雄, 疑原洋子 : ラットの食餌性高コレステロール血症に及ぼすスピルリナ (*Spirulina platensis*)의 影響. 日本營養食糧學會誌, **37** (4), 323(1984)
5. Illingworth, D. R., Harris, W. S. and Connor, W. E. : Inhibition of low density lipoprotein synthesis by dietary ω -3 fatty acids in humans. *Atherosclerosis*, **4**, 270(1984)
6. 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)
7. Bergmeyer, H. U. : *Methods of enzymatic analysis*, 2nd. ed., Academic Press, New York, p.860(1974)
8. Connor, W. E. and Connor, S. L. : The dietary treatment of hyperlipidemia. *Med. Clin. Nutr. Am.*, **66**, 485(1982)
9. Ranazit, P., Ramesha, C. S. and Garguly, J. : On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids. *Adv. Lipid Res.*, **17**, 155(1980)
10. Flier, J., Lokesh, B. R. and Kinsella, J. E. : Enrichment of n-3 fatty acids in rats liver plasma membranes following ingestion of menhaden oil : increased 5' nucleotidase activity. *Nutr. Res.*, **5**, 277(1985)
11. Lokesh, B. R., Bruckner, G. G. and Kinsella, J. E. : Reduction in thromboxane formation by n-3 fatty acids enriched lung microsomes from rat and Guinea pig following the ingestion of dietary menhaden oil. *Prostaglandins Leukotrienes Med.*, **15**, 337(1984)
12. Anderson, J. T., Grande, R. and Keys, A. : Independence of the effects of cholesterol and degree of saturation of the fat in the diet on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 1184(1976)
13. 김소영, 김한수, 서인숙, 이호신, 정승용 : 도라지 및 더덕 첨가 식이가 흰쥐의 혈청 및 지질성분에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **22** (5), 517(1993)
14. Siess, W., Scherer, B., Bohling, B., Roth, P., Kurzmam, I. and Weber, P. C. : Platelet membrane fatty acids, platelet aggregation, and thromboxane formation during a mackerel diet. *Lancet*, **1**, 441(1980)
15. Ten Hoor, F., De Deckere, E. A. M., Haddeman, E., Hornstra, G. and Quadt, J. F. A. : Dietary manipulation of prostaglandin and thromboxane synthesis in heart, aorta and blood platelets of the rat. *Advances Prostaglandin Thromboxane Research*, **8**, 1771(1980)
16. 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)
17. 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.), American Oil Chemists Society, Champaign, p.13(1983)
18. 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. *J. Jpn. Home Economics*, **40** (2), 99(1989)
19. 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)

(1993년 4월 9일 접수)