

ω-3계와 ω-6계 고도 불포화 지방산의 혼합 비율이

다른 유지가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향(II)

—혈청과 간 조직을 중심으로—

강 정 옥

동의대학교 가정대학 식품영양학과

The Effect of Fat and Oil Differently Composed of ω-3 and ω-6 Polyunsaturated Fatty Acids on Lipid Metabolism of Rats

—Centered on Serum and Liver Tissues—

Kang Jeong-ock

Dept. of Food and Nutrition, Dongeui University, Pusan, 614-010, Korea

Abstract

This study aims at revealing the effect of ω-3 and ω-6 polyunsaturated fatty acids on serum and lipid metabolism of liver in rats. Various diets were fed to 5 groups of rats differently composed of red pepper oil with about 64% of ω-6 linoleic acid and perilla oil with 60% or so of ω-3 linolenic acid: group 1, 10% perilla oil; group 2, 7.5% perilla oil and 2.5% red pepper oil; group 3, 5% perilla oil and 5% red pepper oil; group 4, 2.5% perilla oil and 7.5% red pepper oil; group 5, 10% red pepper oil. The following shows the results.

1. As for cholesterol concentration in serum, group 1 was significantly lower than groups 4 and 5.
2. HDL-cholesterol concentration tended to grow gradually with the increase of ω-6 linoleic acid and to decrease with the increase of ω-3 linolenic acid.
3. Group 5 was the highest in HDL concentration of cholesterol.
4. About concentration of triglyceride and phospholipid in serum, group 2 was significantly lower than group 4.
5. In cholesterol level of liver, group 5 was the highest and groups 2, 3 and 4 were relatively lower.
6. Triglyceride concentration of liver was higher than others in groups 1 and 5.

서 론

동맥경화로 인한 순환기계 질환은 지난 세기 동안 계속 증가되어 왔으며 그 발병원인으로는 유전적인

본 연구는 1988년도 문교부 학술 연구 조성비로 이루어졌음

요인, 고혈압, hypercholesterolemia, 흡연, 당뇨병, 비만, 과음, caffein음료, stress등이다.¹⁻⁴⁾ 그 중에서도 hypercholesterolemia, hypertriglyceridemia 및 hyperlipoproteinemia와 같은 비정상적인 지질

대사는 동맥경화증(atherosclerosis)과 관상동맥성 심장질환(Coronary Heart Disease(CHD)을 발생시키는 위험인자로 지적되고 있다.⁵⁻⁹⁾

일반적으로 야채, 식물유, 어유 및 식물성 단백질등은 항 cholesterol효과가 있다고 알려져 있으며,¹⁰⁾ 이들이 함유하고 있는 항 cholesterol인자는 식물섬유, chlorophyll a, saponin, 식물성 sterol 및 고도 불포화지방산(polyunsaturated fatty acid)등이다.

Spritz등¹¹⁾과 Anderson등¹²⁾은 polyunsaturated fatty acid/saturated fatty acid(P/S) 비율이 높은식이일수록 조직 cholesterol과 혈청 cholesterol을 감소시킨다고 하였다.

이러한 hypolipidemic한 효과는 혈청 및 간장지질로서 cholesterol, 중성지방, 인지질등의 양적 측면의 감소로 나타난다.

식물유의 hypocholesterolemic 요소는 식물성 sterol인바, Ikeda 등¹³⁾은 β -sitosterol과 cycloartenal을 5%수준으로 첨가하여 흰쥐에게 급여한 결과, cholesterol이 간장에 침착되는 것을 감소시켰다고 하였다.

식이 PUFA의 이러한 효과는 ω -3계 linolenic acid와 eicosapentaenoic acid(EPA), docosahexaenoic acid(DHA) 및 ω -6계 linoleic acid가 주요작용을 하는 때문이다.

따라서 본 연구는 ω -3계와 ω -6계 고도 불포화 지방산의 함유비율을 달리했을 때 흰쥐 혈청 및 주요 장기의 지질대사에 미치는 영향을 규명하고자 ω -3계 linolenic acid를 약 60% 함유하고 있는 들깨기름과 ω -6계 linoleic acid 함유비가 약 64% 인 고추종자유를 몇가지 비율로 혼합하여 흰쥐에게 급여한 후 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험동물

평균체중 64.5 ± 2.39 인 3주령 된 sprague dawley종 숫쥐 30마리를 20% casein을 함유하는 기초 사료로서 1주일간 예비사육한 후 평균체중이 비슷한 것끼리 6마리씩 5군으로 하여 apartment식 사육상자에 넣어 3주간 실험사육하였으며 사료와 물은 자

유로이 섭취시켰다.

사육실의 온도는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도는 50% 전후로 조절하였고 명암은 12시간 cycle로 조정하였다.

2. 사료

기초식이 조성은 Table 1과 같으며 Table 2는 3주간 급여한 실험식이의 조성을 나타낸 것으로서 시험유지인 들깨기름과 고추씨기름의 혼합비율에 따라 5개군으로 나누었다.

3. 시험유지

들깨기름 및 고추씨기름은 들깨와 고추씨를 각각 진주 중앙시장에서 구입하여 직접 착유한 후 활성탄으로 처리 80°C 로 가온하면서 여과 정제하여 사용하였다.

Table 1. Composition of basal diets (%)

Casein	20.0
DL-methionine	0.3
Corn starch	60.0
Cellulose powder	5.0
Mineral mixture*	3.5
Vitamin mixture*	1.0
Choline bitartrate	0.2
Lipid	10.0

TM

* AIN-76 (J. Nutr., 107 : 1340, 1977)

Table 2. Composition of experimental diets (%)

Casein	20.0
DL-methionine	0.3
Corn starch	60.0
Cellulose powder	5.0
Mineral mixture*	3.5
Vitamin mixture*	1.0
Choline bitartrate	0.2
Test-lipid**	10.0

TM

* AIN-76 (J. Nutr., 107 : 1340, 1977)

** Group 1 : 10.0% perilla oil

Group 2 : 7.5% perilla oil + 2.5% red pepper oil

Group 3 : 5.0% perilla oil + 5.0% red pepper oil

Group 4 : 2.5% perilla oil + 7.5% red pepper oil

Group 5 : 10.0% red pepper oil

4. 동물 처리법

실험사료 급여 기간중 격일로 오전중에 체중을 측정하고 사료 섭취량은 매일 사료 잔량을 측정함으로써 산출하였다. 실험사육 3주간의 최종일은 7시간 절식 시킨후 ether로 마취시켜 heart puncture로 채혈하고 즉시 간장을 적출하여 무게를 측정하였다. 장기는 중량 측정후 0.9% 생리식염수로 탈혈하여 여과지로 물기를 제거하여 중량을 측정하였으며 혈액은 약 1시간 빙수중에 방치한후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다.

5. 분석방법

시험유지의 지방산 조성은 3불화붕소메타놀법으로 methylation하여 gas-chromatography(Shimadzu GC-4BM)로서 분석하였으며, 그 분석 조건은 Table

3과 같다.

Table 4는 시험유지의 지방산 조성을 나타낸 것으로서 1군은 10% 들깨유 식이군으로서 ω -3계 linolenic acid가 62%인데 비하여 10% 고추씨기름 식이군은 ω -6계 linoleic acid가 64.4%였다.

또한 P/S비율은 고추씨기름의 비율이 증가함에 따라 낮아지는 경향이였다.

혈청 총 cholesterol, HDL-cholesterol, 인지질 및 중성지방은 효소법(V-cholestatase ; nissui, High-cholestat ; 국제시약 iatron, PL-E(OM) ; iatron, cleantech TG-S, iatron)으로 측정하였다. 간의 총 콜레스테롤은 Zak법¹⁴⁾으로, 간장중의 인지질은 molybdenum blue 비색법¹⁵⁾으로 그리고 중성지방은 acetyl acetone 비색법¹⁵⁾으로 측정하였다.

분석결과와 통계처리는 student's t-test로 하였다.

Table 3. GLC conditions for fatty acid analysis

Items	Conditions
Column	15% DEGS, glass 2m×3mm ID
Detector	Flame ionization detector
Column temperature	164°C
Detector temperature	180°C
Carrier gas(N ₂)	60ml/min.
Chart speed	5mm/min.

Table 4. Fatty acid composition of test lipids used in the experiments(area %)

Fatty acid	G1	G2	G3	G4	G5
C16 : 0	7.1	8.3	9.5	10.7	11.9
C18 : 0	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2
C18 : 1	15.1	15.6	16.2	16.7	17.3
C18 : 2	14.1	26.7	39.2	51.8	64.4
C18 : 3	62.0	47.7	33.3	19.0	4.7
Others	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
Total	99.7	99.9	99.9	99.8	100.0
SFA	8.5	9.6	10.8	11.9	13.1
PUSFA	76.1	74.4	72.5	70.8	69.1
P/S	9.0	7.7	6.7	5.9	5.3
W-6 PUSFA	14.1	26.7	39.2	51.8	64.4
W-3 PUSFA	62.0	47.7	33.3	19.0	4.7

결과 및 고찰

1. 식이 섭취량과 증체량

3주간 실험사육한 흰쥐의 증체량과 식이 섭취량은 Table 5와 같다.

사료 섭취량에서 전체적인 유의성은 없으나 고추종자유의 함유비율이 높은 4군과 5군에서 약간 많았다. 증체량은 들깨유 함유율이 높은 1군이 높았다.

2. 혈청중 총 cholesterol 및 HDL-cholesterol 농도와 그 비율

Table 6은 혈청중의 총 cholesterol농도 및 HDL-cholesterol농도와 그의 비율을 나타낸 것으로서 총 cholesterol농도는 들깨기름 10%를 급여한 1군이

고추씨기름의 함량이 높은 4, 5군에 비하여 유의적으로 낮았다. 그리고 총 cholesterol에 대한 HDL-cholesterol 농도는 10% 고추종자유를 급여한 5군에서 가장 높고 5% 들깨유와 5% 고추종자유를 혼합 급여한 3군의 순이었다.

PUFA, 특히 ω -3 및 ω -6계 PUFA가 많은 식이 투여군에서 cholesterol농도가 낮아진다는 보고도 있으나^{16,17)} ω -3 PUFA의 종류 및 함량에 따라서는 총 cholesterol의 함량에 변화를 주지 못했다는 연구^{18,19)}도 있다. 그러나 일반적으로 linoleic acid를 다량 함유하는 식물성 유지를 섭취할때 혈장 cholesterol이 저하된다고 보고되어 있다.^{20,21)} 특히 Harris 등은^{17,22)} ω -3계와 ω -6계 PUFA의 hypocholesterolemic effect는 이들 지방산이 ω -3계나 혹은 ω -6계냐의 차이에 의한 것이 아니고 그 불포화도의 차에

Table 5. Feed intake and body weight gain of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Feed intake (g/3 weeks)	Body weight gain (g/3 weeks)
1	265.8 ± 12.8 ^{a*}	101.0 ± 4.7 ^{a*}
2	260.8 ± 15.6 ^a	73.5 ± 7.3 ^{bc}
3	265.0 ± 7.9 ^a	66.8 ± 7.3 ^b
4	291.0 ± 14.3 ^a	88.2 ± 6.5 ^{bc}
5	274.5 ± 6.6 ^a	78.5 ± 5.8 ^{bc}

* Values are given as mean ± SEM (n=6)
Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 6. Concentrations of total cholesterol and HDL-cholesterol in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Total cholesterol (mg/100ml)	HDL-cholesterol (mg/100ml)	HDL-chol. × 100/T-chol. (%)
1	71.8 ± 4.2 ^{a*}	24.9 ± 2.3 ^{a*}	34.7
2	84.4 ± 5.6 ^{ab}	27.9 ± 1.1 ^{ab}	33.1
3	78.1 ± 3.0 ^{ab}	29.0 ± 2.2 ^{ab}	37.1
4	98.5 ± 3.2 ^c	33.1 ± 1.3 ^{bc}	33.6
5	91.3 ± 7.0 ^{bc}	36.2 ± 2.1 ^c	39.6

* Values are given as mean ± SEM (n=6)
Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

기인된다고 하였다.

또한 Peifer 등²²⁾은 ω -3계 PUFA가 ω -6계 PUFA보다 hypocholesterolemic effect가 더 크다고 보고하였다. ω -3계 PUFA가 혈청 cholesterol 농도를 저하시키는 효과가 더 크다는 연구²³⁻²⁸⁾ 및 Peifer²²⁾의 발표와 본 결과와는 일치한다.

Beynen 등²⁹⁾은 그 이유를 PUFA가 간장에서 triglyceride로 전환되기 보다는 우선적으로 ketone body로 전환되기 때문이며 또한 cholesterol 운반형 lipoprotein의 합성이 감소되기 때문이라고 보고하였다.

HDL-cholesterol 농도는 ω -6계인 linoleic acid 비율이 많아짐에 따라 점차로 증가하는 경향이었으며 ω -3계인 linolenic acid 함유율이 높아짐에 따라 유의하게 저하하는 경향이였다.

PUFA 함량이 HDL-cholesterol에 미치는 영향에 대한 결과는 서로 상이한 보고가 많다. Lossanczy 등³⁰⁾은 사람에게 생선을 섭취시킨 후 HDL-cholesterol이 약간 증가되었다고 보고하였다. Kobadake²⁵⁾는 ω -3계 PUFA 농축물 투여군에서 HDL-cholesterol의 상승효과가 높았음을 발표하였다.

그리고 Oslo study³¹⁾에서는 4년 동안 hyperlipidemia를 가진 사람들에게 동일 calorie 섭취 조건에서 PUFA 비율을 높은 식이를 공급한 결과 HDL-cholesterol이 증가되었다고 하였다. 반면 Sanders와 Roshanai³²⁾의 보고에 의하면 사람에게 α -linolenic acid 공급원으로 linseed oil 9.38g을 2주간 투여하였을 때 plasma cholesterol이나 HDL-cholesterol에 미치는

영향은 볼 수 없었다고 하였다. 또한 Shepherd 등^{35, 36)}은 사람에게 총 열량의 40%를 corn oil로 구성된 식이로 섭취시켰을 때 혈청 cholesterol과 HDL-cholesterol이 현저히 감소함을, Park와 Rudel³⁷⁾은 원숭이에게 40% safflower oil 및 butter를 급여하였을 때 40% safflower oil 군에서 혈청 cholesterol이 유의적으로 낮았다고 하며, 그 이유를 HDL-cholesterol 농도 감소 때문이라고 하였다. 한편 Saml³⁸⁾은 PUFA를 다량 섭취하면 HDL phospholipid의 linoleate 함량이 높아져서 생긴 HDL의 유동성은 더욱 더 많은 양의 cholesterol ester를 수용할 수 있으므로 부차적으로 동맥벽에서 cholesterol을 HDL로 운반하게 된다고 하였다.

이렇듯이 아직 PUFA 함량이 HDL-cholesterol에 미치는 영향에 대하여는 확실히 규명된 기전이 없는 것 같다.

그러나 본 연구 결과는 혈청 cholesterol의 농도 감소가 LDL-cholesterol 및 HDL-cholesterol 농도 감소와 관련이 있다는 보고^{22, 33)} 및 PUFA가 HDL-cholesterol 농도를 저하시킨다는 Vega 등³⁴⁾의 보고와 유사한 경향을 보인다.

3. 혈청 중의 중성지방과 인지질 농도

Table 7은 혈청 중의 중성지방과 인지질의 농도를 나타낸 것이다.

혈청 중 중성지방 농도는 7.5% 들깨유와 2.5% 고추종자유의 혼합 투여군이 4군에 비하여 유의하게 낮았다. 이러한 결과는 혈청 TG 저하작용에 있어서

Table 7. Concentrations of triglyceride and phospholipid in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Triglyceride (mg/100ml)	Phospholipid (mg/100ml)
1	79.5 ± 7.5 ^{ac*}	123.3 ± 8.1 ^{*a}
2	56.7 ± 3.8 ^b	112.1 ± 4.5 ^a
3	98.0 ± 6.9 ^{cd}	180.0 ± 6.0 ^c
4	105.5 ± 7.8 ^d	168.8 ± 12.4 ^{bc}
5	61.3 ± 5.8 ^{ab}	153.9 ± 9.1 ^b

* Values are given as mean ± SEM (n=6)

Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P < 0.05)

ω -6 PUFA보다 ω -3 PUFA가 더욱 효과적이라는 Chung등³⁹⁾의 보고와 유사한 경향이었다.

ω -6계 linoleic acid나 ω -3계 α -linolenic acid를 급여했을때는 혈청 TG농도가 크게 감소하지 않는다.^{17, 18, 32, 40)} Nestel⁴¹⁾은 다량의 ω -3 PUFA섭취시 혈장 HDL-cholesterol이 감소되고 더욱 적은 양을 급여할 경우 증가되거나 변화를 일으키지 않는다고 하였다. 그리고 Goodnight등⁴²⁾은 ω -3 PUFA식이와 포화지방식을 각기 투여한후 plasma lipoprotein lipase의 활성을 측정한 결과 차이가 없었다고 하였다.

그러나 Iritani등⁴³⁾은 ω -3계 PUFA는 간에서 acetyl-coA carboxylase activity를 감소시켜 fatty acid 합성을 저하시킴으로서 TG 합성이 감소된다고 하였다.

ω -3 PUFA가 혈청 TG를 저하시키는 기작은 아마도 hepatic lipogenesis와 adipose tissue의 lipolysis를 감소시키고, lipoprotein의 유동화현상을 일으켜서 lipolytic enzyme에 의한 VLDL(very low density lipoprotein)의 보다 더 빠른 제거에 기인하는 것 같다.^{20, 44)}

혈청중 인지질의 농도 또한 혼합식이군(2군)이 3, 4군에 비하여 유의하게 낮았다.

이러한 결과는 혈청중의 TG농도 차이에서 처럼 ω -3 PUFA가 ω -6 PUFA보다 인지질에 대한 강한 저하작용이 있다는 Chung등³⁹⁾의 보고와 일치한다.

4. 간장중의 총 cholesterol 농도

간장중의 총 cholesterol 농도는 Table 8에서 보

듯이 고추종자유 10%를 단독 투여한 5군에서 가장 높았고, 그 다음이 들깨유 10% 단독 투여군이며, 유의성 있는 차이는 없으나 들깨유와 고추종자유를 혼합 투여한 식이군(2, 3, 4군)에서 낮았다.

ω -3 PUFA에 의한 cholesterol저하효과는 아직도 논란의 대상이 되고 있다.^{45, 46)}

Kobadake²⁵⁾는 혼합 PUFA 급여후 간장 총 cholesterol이 저하되었다고 하였고, long chain fatty acid 함량이 많은 shellfish는 24-methylene cholesterol과 β -sitosterol로 인하여 cholesterol 흡수를 경쟁적으로 방해하여 cholesterol 수준을 저하시키며,^{47, 48)} 간장에서의 lipogenic enzyme activity를 현저히 감소시킨다고 하였다.⁴⁹⁾

또한 Hirrai등⁵⁰⁾은 식물성 sterol양을 증가시키면 간장 cholesterol 농도가 낮아진다고 하였다. 또한 식물성 sterol과 PUFA의 hypolipidemic한 효과는 간장에서의 cholesterol 합성뿐아니라 sterol과 담즙산으로의 배설을 조절하는 cholesterol 대사작용에서 그 조정역할이 중요하다고 하였다.⁵¹⁾

Russell⁵²⁾은 corn oil과 lard를 급여한 결과 간 cholesterol 합성에 큰 차이가 없다고 보고하여 PUFA에 의한 간의 cholesterol함량에는 큰 영향을 주지 않는다고 하였다.

또한 PUFA식이를 한 동물에서는 포화지방식이의 동물에 비하여 plasma에서 주로 간조직으로 cholesterol의 재분포가 발생하여 간 조직내의 cholesterol양이 증가 되었다는 연구가 있어 일치되는 기작이 알려져 있지 않다.^{50, 54)}

Table 8. Concentrations of total cholesterol in liver of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Total cholesterol (mg/g)
1	2.9 ± 0.1 ^{ac*}
2	2.6 ± 0.1 ^{bc}
3	2.3 ± 0.2 ^{bc}
4	2.2 ± 0.2 ^b
5	3.3 ± 0.3 ^a

* Values are given as mean ± SEM (n=6)

Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

5. 간장중의 중성지질과 인지질 농도

Table 9는 간장중의 중성지질과 인지질의 농도를 나타낸 것으로서 10% 들깨유와 고추씨기름을 단독 투여한 식이군(1군, 5군)에서 높은 반면 혼합 투여군(2, 3, 4군)에서는 낮은 경향을 보였다. 인지질은 각 군간에 유의성이 없었다.

P/S ratio가 높은 PUFA 식이는 간장 TG를 저하시키며,⁵⁴⁾ 0.5% 혹은 1% shellfish 식이로 간장 TG를 저하시켰다는 보고가⁴⁹⁾ 있다.

혼합 PUFA는 간장 TG에는 영향을 미치지 않으나 인지질 농도를 저하시키며²⁵⁾ 정등⁵⁵⁾은 고 cholesterol 흰쥐에 들깨기름, 말쥐치기름등을 급여한 결과 ω -3계인 linolenic acid, EPA 및 DHA는 간장 인지질 농도에 영향을 미치지 못한다고 보고한 바 있다.

간장중의 총 cholesterol 및 TG저하 효과는 ω -6계보다 ω -3계 linolenic acid가 약간 높으며 또 단독 투여시보다 혼합투여시에 그 효과가 더욱 커지는 것으로 사료된다.

요 약

ω -3계와 ω -6계 PUFA가 혈청과 간장의 지질대사에 미치는 영향을 규명하기 위하여 ω -6계 linoleic acid를 약 64% 함유하고 있는 고추종자기름과 ω -3계 linolenic acid 함유비율이 약 60%인 들깨기름을 몇가지 비율로 혼합하여 흰쥐에게 급여하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

혈청중 총 cholesterol 농도는 들깨기름 10%를

급여받은 1군이 고추씨기름의 함량이 높은 4군과 5군에 비하여 유의적으로 낮았으며, HDL-cholesterol 농도는 ω -6계 linoleic acid의 비율이 높아짐에 따라 점차로 증가하는 경향이었고 ω -3계 linolenic acid 함유율이 높아짐에 따라 유의성있게 저하하는 경향이였다.

총 cholesterol에 대한 HDL-cholesterol농도는 10% 고추종자기름을 급여한 5군에서 가장 높았고 5% 들깨유와 5% 고추종자기름을 혼합 급여한 3군의 순이었다.

혈청중의 중성지질과 인지질 농도는 7.5% 들깨기름과 2.5% 고추종자기름의 혼합 식이군인 2군이 2.5% 들깨유와 7.5% 고추종자유 혼합 식이군인 4군에 비하여 유의적으로 낮았다.

간장중의 총 cholesterol 농도는 고추씨 기름 10% 단독 식이군에서 가장 높았으며 들깨유와 고추씨기름의 혼합 식이군(2, 3, 4군)에서 낮았다.

간장중의 중성지방 농도는 10% 들깨유군 및 10% 고추씨기름의 단독 식이군에서 높은 반면 혼합 투여군에서 감소하는 경향을 보였으며 인지질 농도는 각 군간에 유의적인 차이는 없었다.

문 헌

1. Goldstein, J. L., Schrott, H. G. and Hazzard, W. R. : Genetic analysis of lipid levels in 176 families and delineation of a new inherited disorder, combined hyperlipidemia, *J. Clin.*

Table 9. Concentrations of triglyceride and phospholipid in liver of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Triglyceride (mg/g)	Phospholipid (mg/g)
1	20.5 ± 1.3 ^{a*}	14.1 ± 0.6 ^{a*}
2	15.1 ± 0.8 ^b	13.6 ± 0.5 ^a
3	15.5 ± 0.8 ^b	14.0 ± 0.9 ^a
4	18.3 ± 1.7 ^{ab}	13.2 ± 0.9 ^a
5	21.6 ± 1.2 ^a	14.3 ± 0.6 ^a

* Values are given as mean ± SEM (n=6)
 Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

- Invest.*, 52, 1544(1973)
2. Hjermann, I., VelveByre, K., Holme, I. and Leren, P. : Effect of diet and smoking intervention on the incidence of Coronary Heart Disease. *Lancet*, ii, 1303(1981)
 3. Mann, J. I. and Marr, J. W. : Coronary Heart Disease Prevention ; Trials of diets to control hyperlipidemia ; In lipoproteins atherosclerosis and coronary heart disease, Elsevier North Holland Biomedical Press, Amsterdam. 197 (1981)
 4. Phillips, N. R., Harvel, R. J. and Kane, J. P. : Levels and interrelationships of serum and lipoprotein cholesterol and triglycerides. Association with adiposity and the consumption of thanol, tobacco and beverages containing caffeine. *Arteriosclerosis*, 1, 13(1981)
 5. McGrandy, R. B. Hegsted, D. M. Stare, F. J. : Dietary fats, carbohydrates and atherosclerotic vascular disease. *New Engl. J. Med.*, 277, 186(1967)
 6. Bang, Ho and Dyerberg, J. : Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic west coast Eskimos. *Acta, Med. Scand.* 192. 85(1972)
 7. Dyerberg, J., Bang, Ho and Hjorne, N. : Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *Am. J. Clin. Nutr.*, 28, 958 (1975)
 8. Bang, Ho and Dyerberg, J. : Lipid metabolism and ischemic heart disease in Greenland Eskimos. *Adv. Nutr. Res.* 3, 1(1980)
 9. Kinsella, J. E. : Dietary fish oils. Possible effects of W-3 polyunsaturated fatty acids in reduction of thrombosis and heart disease. *Nutr. Today Nov/Dec*, 7(1986)
 10. 加藤敏光, 竹本和夫, 片山博雄, 柔原洋子, 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メ(*spirulina platenis*)の影響, 日本營養食糧學會誌, 37, 323(1984)
 11. Spritz, N. and Mishkel, M. A. : Effects of dietary fats on plasma lipid and lipoprotein ; An hypothesis for the lipidlowering effect of unsaturated fatty acid. *J. Clin. Invest.*, 48, 78 (1969)
 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. IKEDA, Katsuko NAKASHIMA-YOSHIDA, and Michihiro SUGANO. : Effects of cycloartenal on absorption and serum levels of cholesterol in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 31, 375 (1985)
 14. Seligson B. ; Standard method of clinical chemistry. *Academic press Inc., New York.*(1968)
 15. 奥田 清 ; 臨床化學検査マニュアル, 醫藥出版株式會社 96, 1972
 16. Green, M. H., Dohner, E. L. and Green, J. B. : Influence of dietary fat and cholesterol on milk lipids and on cholesterol metabolism in the rat. *J. Nutr.* III, 276(1981)
 17. Harris, W. S., Conner, W. E. and McMurry, M. P., : The comparative reductions of the plasma lipids and lipoproteins by dietary polyunsaturated fats : salmon oil versus vegetable oils, *Metabolism*, 32, 179(1983)
 18. Sanders T. A. B., Hochland M. C. ; A comparison of the influence on plasma lipids and platelet function of supplements of W-3 and W-6 Polyunsaturated fatty acids. *Bri. J. Nutr.* 50, 521(1983)
 19. Fehiy A. M., Burr M. C., Phillips K. M., Deadman N. M. ; The effect of fatty fish on plasma lipid and lipoprotein concentration. *Am. J. Clin. Nutr.* 38, 349(1983)
 20. Goodnight, S. H., Horris, W. S., Connor, W. E., Illingworth, D. R. ; Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis. *Atherosclerosis* 2, 78(1982)
 21. Shepherd, J., Packard, C. J., Patsch, J. R., Gotto, A. M., Taunton, O. I. ; Effects of dietary poly-

- unsaturated and saturated fat on the properties of high density lipoprotein and the metabolism of apolipoprotein A-I. *J. Clin. Invest.* **61**, 1582(1978)
22. Peifer, J. J. : Hypercholesterolemic effects induced in the rat by specific types of fatty acid unsaturation. *J. Nutr.* **88**, 351(1966)
 23. 小 義樹, 黒田 一, 鄭承鏞, 印南 敏; 過齡の異なる高コレステロール血症ラットの血清及び, 肝臓の脂質成分におよぼす 魚油投與の影響 國立栄養研究所報告(日本)第31號, 19(1982)
 24. 小 義樹, 齊藤衛郎, 平原文子, 池上幸江, 印南 敏; 高コレステロール血症ラットの血清, 肝臓の脂質濃度に及ぼす數種食品の組み合わせ投与の効果 營養學雜誌(日本), **40**, 311(1982)
 25. Kobatakes, Y., Fumiko Hirahara, Satooshi In-nami, and Eiichi Nishide : Dietary effect of W-3 type polyunsaturated fatty acids on serum and liver lipid level in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **29**, 11(1983)
 26. Peifer, J. J., Janssen, F., Ahn, P., Cox, W. and Lundberg, W. O. : Studies on the distribution of lipids in hypercholesterolemic rats. The effect of feeding Palmitate, oleate, linoleate, linolenate menhaden and tuna oils. *Arch. Biochem. Biophys.* **86**, 302(1960)
 27. Peifer, J. J., Janssen, F., Muesing, R. and Lundberg, W. O. : The lipid depressant activities of whole fish and their component oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **39**, 292(1965)
 28. Nicolaysen, R. and Ragard, R. : Effect of various oils and fats on serum cholesterol in experimental hypercholesterolemic rats. *J. Nutr.* **73**, 299(1961)
 29. Beynen, B. C. and Kantan, M. B. : Why do polyunsaturated fatty acids lower serum cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.* **42**, 560(1985)
 30. von Lossonczy, T. O., Ruiter, A., Bronsgeest-Schoute, H. C., van Gent, C. M. and Hermus, R. J. J. : The effect of a fish diet on serum lipids in healthy human subjects, *Am. J. Clin. Nutr.* **31**, 1340(1978)
 31. Hjermmann, I., Enger, C. H., Helgeland, A., Aolme, I., Leren, P. and Trygg, K. : The effect of dietary changes on high density lipoprotein cholesterol, *The oslo study. Am. J. M.* **66**, 106 (1979)
 32. Sanders, T. A. B. and Roshanai, F. : The influence of different type of W-3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet function in healthy volunteers, *Clin. Sci.*, **64**, 91(1983)
 33. Lewis, B., Katan, M., Merckx, I., Miller, N. E., Hammett, F., Kay, R. M., Nobels, A. and Swan, A. V. : Towards an improved lipid-lowering diet ; Additive effects of changes in nutrient intake. *Lancet*, ii, 1310(1981)
 34. Vega, G. L., E. Groszek, R., Wolf, R. and Grundy, S. M. : Influence of polyunsaturated fats on composition of plasma lipoproteins and apoproteins. *J. Lipid Res.* **23**, 811(1982)
 35. Shepherd, J., Packard, C. J., Patsch, J. R. Gotto, A. M. Jr. and Taunton, O. D. : Effects of dietary polyunsaturated and saturated fat on the properties of high density lipoproteins and the metabolism of apolipoproteins A-I. *J. Clin. Invest.* **61**, 1582(1978)
 36. Shepherd, J., Packard, C. J., Grundy, S. M., Yeshrun, D., Gotto, A. M. Jr. 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)
 37. Park, J. S. and Rudel, L. L. : Different kinetic fats of apolipoprotein A-I and A-II from lymph chylomicron of non-human primats. Effect of saturated versus polyunsaturated dietary fat. *J. Lipid Res.* **23**, 410(1982)
 38. Small, D. M. : Seminars in medicine of the both Isreal hospital, Boston. : Cellular mechanisms for lipid deposition in atherosclerosis. *N. Eng. J. Med.* **297**, 873(1977)

39. Chung, Seung-Yong, Takita, Toshichika, Nakamura, Kaoru, Hayakawa, Takashi, Fukutomi, Asako, Saigo, Mitsuhiko and Innami, Satoshi : Effect of dietary fats containing each fatty acid of the ω -3, ω -6 and ω -9 series on lipid metabolism in hypercholesterolemic rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* **47**, 279(1988)
40. Mortensen, J. Z., Schmidt, E. B., Nielsen, A. H. and Dyerberg, J. : The effect of ω -6 and ω -3 polyunsaturated fatty acids on hemostasis, blood lipids and blood pressure, *Thromb. Haemostasis* **50**, 543(1983)
41. Nestel, P. J. : Polyunsaturated fatty acids, *Am. J. Clin. Nutr.* **45**, 1161(1987)
42. Goodnight, S. H., Harris, W., Connor, W. and Illingworth, D. R. : Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis, *Atherosclerosis* **2**, 875(1982)
43. Iritani, N., Inoguchi, K., Endo, M., Fukuda, E. and Moreta, M. : Identification of shellfish fatty acids and their effects on lipogenic enzymes, *Biochem. biophys. Acta.* **618**, 378(1980)
44. Sanders, T. A. B. : Influence of fish oil supplements on man, *Proc. Nutr. Soc.* **44**, 391(1985).
45. Gent, C. M., Luten, J. B., Bronsgeest-Schoute, H. C. and Ruiters, A. : Effect on serum lipid levels of ω -3 fatty acids of ingesting fish-oil concentrates, *Lancet.*, 1249(1979)
46. Nestel, P. J., Barter, P. J. : Triglyceride clearance during diets rich in carbohydrate or fats, *Am. J. Clin. Nutr.* **26**, 241(1973)
47. Mattson, F. H., Volpenhein, R. A. and Erickson, B. A. : Effect of plant sterol esters on the absorption of dietary cholesterol, *J. Nutr.* **107**, 1139(1977)
48. Teshima, S., Kanazawa, A., Yoshioka, M. and Kitahara, K. : Hypocholesterolemic effect of 24-methylenecholesterol and 7-cholesterol in the rat, *J. steroid Biochem.* **5**, 69(1974)
49. Iritani, N., Fukuda, E., Inoguchi, K., Tsubosaka M. and Tashiro S. : Reduction of lipogenic enzymes by shellfish triglycerides in rat liver, *J. Nutr.* **110**, 1664(1980)
50. Kazuko Hirai, Takayo Nakano, Yoshiho Katayama and Shizuko Amagase : Serum cholesterol levels and the ratio of polyunsaturated to saturated fatty acid as an indicator of lipid metabolism in rat liver, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **31**, 279(1985)
51. Ramesha, C. S., Paul, R. and Ganguly, J. : Effect of dietary unsaturated oils on the biosynthesis of cholesterol and on biliary and fecal excretion of cholesterol and bile acids in rat, *J. Nutr.*, **110**, 2149(1980)
52. Russell, P. T., Scott, J. C. and Van Bruggen, J. T. : Effects of dietary fat on cholesterol metabolism in the diabetic rat, *J. Nutr.* **76**, 460(1962)
53. Grundy, S. M. and Ahrens, E. H. : The effects of unsaturated dietary fats on absorption, excretion, synthesis and distribution of cholesterol in man, *J. Clin. Invest.* **49**, 1135(1970)
54. Park, H. S. : Effect of dietary fat level and P/S ratio on HDL-cholesterol, total cholesterol, and triglyceride in plasma and selected tissues of rats, *Korean J. Nutr.* **15**, 47(1983)
55. 정승용, 박필숙, 황숙자, 강진순 : 말쥐치 기름의 투여가 흰쥐의 혈청 및 간장의 콜레스테롤 농도 수준에 미치는 영향 경상대학교 논문집. **24**, 175(1985)

(Received July 18, 1989)