

식물성 유지가 콜레스테롤 투여 흰쥐의 간장지질에 미치는 영향

정 승 태 · 신 두 호*

명지대학교 식품영양학과
* 중경공업전문대학 식품공업과

Effects of Vegetable Oil Diets on Liver Lipid in Cholesterol-fed Rats

Jung, Seung-Tai · Shin, Doo-ho*

Dept. of Nutrition and Food, Myong Ji University
** Dept. of Food Technology, Joong Kyoung Technical Junior College*
(Received May, 20, 1993)

ABSTRACT

This study was performed observe the effect of vegetable oil on the liver of 0.5% cholesterol-fed rats. In this experiment, male rats of Sprague-Dawley strain were used.

The rats were divided into 5 groups which were fed differently either for 8 weeks: basal diet, 20% sunflower oil diet, 20% soybean oil diet, 20% rapeseed oil diet, 20% coconut oil diet.

The total cholesterol, triglyceride level in the liver were showed tendency of increase with increasing of P/S ratios. Bile acid excretion in the fecal increased with increasing of P/S ratios. The value of TBA in the serum and liver were increased in proportion to the amount of polyunsaturated fatty acid. The liver fatty acid of coconut-fed group showed larger variation than fatty acid of the cocount oil. The fat chang of sunflower oil diet in the liver showed the largest change.

I. 서 론

포화지방산은 혈장 콜레스테롤과 중성지방 함량을 상승시키고 동맥경화증의 발생을 초래하는 위험인자^{1~4)}이며 불포화지방산은 혈장 콜레스테롤 함량을 저하시킨다고 하였다.⁵⁾ 홍⁶⁾ 등은 혈청내 총 콜레스테롤 함량은 지방의 함량보다는 지방의 종류 즉, 동물성지방에 의하여 그 함량이 높아지는 결과를 나타냈다고 하였다. 이와같이 혈장 콜레스테롤의 상승, 특히 low density lipoprotein cholesterol(LDL-cho.)의 증가는 CHD와 기타 동맥경화성 혈관질환의 원인이 된

다. 요즈음은 CHD에 의한 사망과 CHD를 일으키는 요소를 줄이기 위해 혈청 콜레스테롤을 낮추는데 많은 노력을 하고 있다. 그래서 혈청 콜레스테롤을 낮추기 위해 개인이나 전국민을 대상으로 알맞은 식이를 권장하는 것은 관상동맥성 심장질환이나 동맥경화를 예방하기 위한 것으로 많은 관심을 이끌고 있다. 즉, 식이 중에서 포화지방산(Saturated fatty acids)의 섭취를 줄이고 고도 불포화지방산(polyunsaturated fatty acids)의 섭취를 권장하고 있다. 그러나 식이지방이 혈청 콜레스테롤 함량 및 조직에 영향을 끼치는 기작이 무엇인가 아직 분명하게 알려지지 않다. 임⁷⁾ 등의 연구에서는 간장내 콜레스테롤

은 콜레스테롤을 첨가하지 않은 식이군에 비해 1% 콜레스테롤 첨가 식이군이 7배 증가하였다고 보고하였다. 또한 Grundy⁸⁾는 외인성 콜레스테롤 흡수 증가는 tissue pools의 저장량을 증가시킨다고 하였으며, 박⁹⁾등은 콜레스테롤 첨가 후에는 식이의 구성에 관계없이 간장내 콜레스테롤 함량이 증가하였다고 하였다. Gerson¹⁰⁾등은 저지방식이에 corn oil을 급여한 실험에서 혈장 콜레스테롤의 저하효과는 대변을 통한 배설량 증가도 작용하나 그 영향은 미미하고 오히려 심장, 간장, 동맥 및 소장 등 조직내 스테로이드 함량의 증가가 큰 영향을 끼친다고 하였다. Grundy¹¹⁾불포화지방산의 효과는 간장내 재분배로 혈장 pools을 감소시키며, 조직 pools의 증대를 초래한다고 하였다. Ramesha¹²⁾등은 고도 불포화지방산을 함유하는 식이를 흰쥐에 급여한 결과 스테로이드의 배설이 촉진되었고 결과적으로 혈청 콜레스테롤 함량이 저하되었다고 보고하였으며 불포화지방산이 담즙산 배설을 촉진함으로써 혈청 콜레스테롤 함량을 저하시킨다고¹³⁻¹⁵⁾하였다. Spritz¹⁶⁾등과 Anderson¹⁷⁾등은 P/S비가 높은 식이는 중성 및 산성 스테로이드의 배설을 증가시킴으로써 조직과 혈청 콜레스테롤을 감소시킨다고 하였다.

이와같이 식이지방의 종류에 따라 혈청지질 및 간조직에 미치는 영향은 각각 다르다. 현재까지 식이지방이 간장 및 분변 중 스테로이드 등의 상호관계에 대한 연구 보고가 많지 않다. 본 연구에서는 지방산 조성이 다른 식용유지를 콜레스테롤을 투여한 흰쥐의 간장조직에 미치는 영향을 실험하여 보고 하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 재 료

본 실험에 사용한 식물성 유지는 sunflower oil, soybean oil, rapeseed oil, coconut oil이며 서울식품(주)에서 직접 구입하였다.

2) 실험동물

실험동물은 한국생명공학센터에서 Sprague-Dawley계 흰쥐(♂)를 분양받아 1주간 기본식으로 주위 환경에 적응시킨 후 실험에 사용하였다.

3) 실험식이의 조제

각 군의 실험식이 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Composition of experimental diets

Components	Group (%)				
	Basal	A	B	C	D
Basal diet ¹⁾	100				
S. T ²⁾		80	80	80	80
Sunflower oil(5.95) ³⁾		20			
Soybean oil(4.12)			20		
Rapeseed oil(1.89)				20	
Coconut oil(0.02)					20

1) Basal Diet : 삼양유지 사료

2) Standard diet(%): corn stant : 56, casein : 18, salt mixture : 3.7, vitamin mixture : 1.0, cholesterol : 0.5, cellulose : 0.5, methionine : 0.3

3) P/S ratio : Polyunsaturated/saturated

2. 방 법

1) 실험동물 사육

실험동물을 5군으로 구분하여 각군의 체중은 $\pm 6g$ 이내의 범위로 하였으며 6마리씩 사육상자에 넣어 온도 $23 \pm 2^\circ C$, 습도 50~50% 조건에서 실험식이(Table 1)로 8주간 사육하였으며 실험 사육상자는 매일 바꾸어 주었고, 식이와 물은 제한없이 먹도록 하였다.

2) 간조직의 총 콜레스테롤, 중성지방

간조직은 Folch¹⁹⁾법으로 지방을 추출한 후 총 콜레스테롤 측정용 Kit시약(コレステザイム-V 學研)과 중성지방 측정용 Kit시약(日本, Wako社)으로 효소법에 의해 측정하였다.

3) 분변 중 담즙산, 중성 스테로이드

분변 중의 담즙산, 중성 스테로이드는 Grundy¹⁸⁾등의 방법에 의해 분석 정량하였다.

4) 간조직의 총 지방

간조직의 총 지방 정량은 Folch¹⁹⁾법에 의해 지방을 추출하여 무게중량법으로 산출하였다.

5) 혈청 및 간조직의 과산화지질

뚜껑이 있는 실험관에 검체시료(혈청 1ml, 간조직 1g)를 넣고 TBA시약(15% Trichloroacetic acid

(w/v)+0.375% 2-thiobabaturic acid(w/v)+1N HCl 25ml)에 증류수로 전량을 100ml로 함} 2ml를 가한 후 water bath(100°C)에서 15분간 가열한 후 실온까지 급속하게 냉각시키고 원심분리(3000rpm, 10분)하여 상층액을 535nm에서 공실험으로 대조하여 비색정량하였다.

6) 간조직의 병리 조직학적 검사

개복한 즉시 간장을 조직의 사후변화를 방지하기 위해 10% 포르말린 용액에 고정시킨 후 조직에 침투된 고정액을 제거하기 위해 수세하고 탈수시킨 다음 파라핀으로 포매한 후 마이크로톰으로 5 μ m의 두께로 박절한 후 절편을 만들어 Hematoxylin-eosin(H & E) 염색을 한 후 현미경으로 관찰하였다.

7) 간조직의 지방산 조성

Folch¹⁹⁾법으로 추출한 간조직의 총 지방을 methylation시킨 후 Gas chromatography로 분석하였다.

8) 지방 흡수율

지방 흡수율을 보기 위해 실험종료 3일전부터 시작하여 종료일까지 3일간의 분변을 채취하여 105 \pm 5°C에서 건조시켜 분말화한 후 Folch¹⁹⁾법에 의해 분변내 총 지방량을 정량하여 지방의 배설량과 흡수율을 계산하였다.

9) 간조직의 인지질 지방산 분석

흰쥐 간으로부터 인지질의 분리는 Hanahan²⁰⁾ 등의 방법에 따라 분리하였고 정제된 인지질은 tetramethyl ammonium hydroxide methanol법²¹⁾으로 methyl ester화 하여 GC(Shimazu 7AG)로 분석하였다.

10) 통계처리

모든 실험군은 Duncan's multiple range test와 analysis of variance(ANOVA)을 행하고 각 실험결과 상관계수는 SYSTAT package를 이용하여 pearson방법으로 IBM PC-AT로 처리하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 간조직의 지방함량 분석

간조직의 총 콜레스테롤, 중성지방, 총 지방함량의 결과는 Table 2와 같다.

간조직의 총 콜레스테롤은 basal군의 18.09 \pm 1.16

Table 2. Effect of experimental diets on content of total cholesterol triglyceride and total lipid in liver of rats

(mg/g)			
Group	Total chol.	Triglyceride	Total lipid
Basal	18.09 \pm 1.16 ^{a) C)}	46.05 \pm 1.91 ^{C, D)}	66 \pm 11 ^{D)}
A	23.00 \pm 0.92 ^{A)}	56.72 \pm 5.21 ^{A)}	52 \pm 13 ^{D)}
B	21.83 \pm 1.29 ^{A, B)}	53.87 \pm 3.43 ^{A, B)}	140 \pm 07 ^{B)}
C	20.42 \pm 1.53 ^{B)}	50.27 \pm 3.15 ^{B, C)}	172 \pm 13 ^{A)}
D	18.19 \pm 1.42 ^{C)}	44.91 \pm 4.09 ^{D)}	102 \pm 22 ^{C)}

a) Mean \pm S. D. : Means in the same column with different superscript letters are significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

(mg/g)에 비해 모든 식이군에서 높게 나타났는데, 이것은 외인성 콜레스테롤에 의해 간조직의 총 콜레스테롤이 증가한 것으로 사료된다.

임⁷⁾ 등의 연구에서는 간장내 콜레스테롤은 콜레스테롤을 첨가하지 않은 식이군에 비해 1% 콜레스테롤 첨가 식이군이 7배 증가하였다고 보고하였다. 또한 Grundy⁸⁾는 외인성 콜레스테롤 흡수 증가는 tissue pools의 저장량을 증가시킨다고 하였으며, 박⁹⁾ 등은 콜레스테롤 첨가 후에는 식이의 구성에 관계없이 간장내 콜레스테롤 함량이 증가하였다고 하였다.

이처럼 간장의 콜레스테롤 함량이 식이 콜레스테롤 급여 수준에 따라 유의하게 증가한 점은 혈류에 수송된 외인성 콜레스테롤이 일차적으로 간장에 축적됨을 보여주는 것이며, 이것은 담즙을 통한 배설증대 또는 내인성 콜레스테롤의 생성억제 등의 생화학적 반응과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

본 실험에서 각 식이군에 따른 결과는 식물성지방 식이군에서는 sunflower oil 식이군의 23.00 \pm 0.92(mg/g)로서 가장 높았으며 coconut oil 식이군이 18.19 \pm 1.49(mg/g)으로써 가장 낮았다.

Krichevsky²²⁾ 등은 간에서 콜레스테롤 생합성은 불포화지방산의 식이에서 더욱 컸다고 보고하여 본 연구에서도 coconut식이군에 비해 LCT식이군이 간장내 콜레스테롤 함량이 높았다. 또한 P/S비가 증가할수록 간장 중 총 콜레스테롤의 함량은 높아지는 경향이 보였다.

Ranazit²³⁾는 불포화지방이 나타내는 혈청 콜레스

테롤의 저하 기전을 장관내에서의 콜레스테롤 흡수 감소와 혈장내 콜레스테롤 pools에서 조직내 pools로의 재분배 그리고 내인성 콜레스테롤 합성감소, 콜레스테롤 및 그 분해산물의 배설증대로 구분하면서 합성 감소보다는 배설증대 기전으로 인한 효과를 강조하였고 조직 pools로의 재분배에 대하여는 분명한 의견을 제시하지 않았다.

Gerson¹⁰⁾ 등은 저지방식이에 corn oil을 급여한 실험에서 혈장 콜레스테롤의 저하효과는 대변을 통한 배설량 증가도 작용하나 그 영향은 미미하고 오히려 심장, 간장, 동맥 및 소장 등 조직내 스테로이드 함량의 증가가 큰 영향을 끼친다고 하였다. Grundy¹¹⁾ 등도 불포화지방산의 효과는 간장내 재분배로 혈장 pools을 감소시키며, 조직 pools의 증대를 초래한다고 하였다. Mathe와 Chevallier²⁴⁾는 흰쥐에 0.2%~0.5% 콜레스테롤 급여는 주로 간장에 콜레스테롤 축적을 가져왔다고 보고하였으며, Robert와 Donaldson¹³⁾도 일본산 메추라기에서 1% 콜레스테롤 급여는 간장의 콜레스테롤 함량을 14.4배 증가시켰다고 하였다.

또한 혈중 콜레스테롤 함량과 간장내 콜레스테롤 함량관계는 역상관 관계를 보이는데 유화학회전보(9권 제1호)와 비교해 보면 이와같은 경향을 보여 불포화지방산에 의한 혈청 콜레스테롤의 함량 저하효과가 간장 콜레스테롤의 함량증가를 초래한다고 사료된다.

간장내 중성지방 함량은 sunflower oil식이군이 56.73 ± 5.21 (mg/g)으로써 모든 식이군에 비해 가장 낮았다.

김²⁶⁾ 등은 간장과 소장의 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 P/S비가 높은 식이군일수록 높은 수준을 보였다고 하였다. 본 실험에서도 P/S비가 높을수록 간장내 중성지방의 함량은 증가하였다.

이와같이 P/S비가 높을수록 간장 중성지방이 증가됨은 콜레스테롤과 함께 간장의 중성지방 pools도 증대되는 것으로 생각된다. 그러나 P/S비가 높은 고도 불포화지방산 식이는 간장의 중성지방을 저하시킨다는 연구⁴⁾와 상반된 결과였다.

Michiko²⁶⁾ 등은 safflower oil 20% 식이군에 비하여 중쇄지방산 20% 식이군의 간장내 지방함량이 낮았다고 보고하였다. 본 실험에서도 간장내 지방함량

은 P/S비가 증가할수록 증가함을 보였으며 coconut 식이군이 가장 낮았는데 이것은 긴 사슬 지방산은 간장내 지방합성에 이용되나 중쇄지방산은 단지 적은 양만 지방합성이 되고 거의 간에서 산화되므로 coconut식이군의 간장내 총 지방 함량이 낮은 것으로 생각되며 LCT식이군은 탄수화물이 쥐의 성장에 부족함이 없이 공급되는 상태에서 여분의 지방은 간장 및 다른 지방조직에 축적되어 나타난 결과로 사료된다.

2. 분변 중 담즙산 및 중성 스테로이드

각 실험식이군의 분변 중 담즙산과 중성 스테로이드 함량은 Table 3과 같다.

Table 3. Effect of experimental diets on content of bile acid, neutral steroids in fecal of rats (mg/g)

Group	Bile acid	Neutral steroids
Basal	$7.44 \pm 0.57^{a) C)}$	$18.90 \pm 2.08^{C)}$
A	$22.40 \pm 1.72^{A)}$	$32.40 \pm 2.45^{A)}$
B	$21.66 \pm 1.16^{A)}$	$23.45 \pm 1.63^{B)}$
C	$16.20 \pm 1.48^{B)}$	$18.36 \pm 1.45^{C)}$
D	$8.92 \pm 0.27^{C)}$	$12.71 \pm 1.56^{D)}$

a) Mean \pm S. D. : Means in the same column with different superscript letters are significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

본 실험결과 분변 중의 담즙산 모든 실험군이 basal군보다 높았는데 이것은 외인성 콜레스테롤의 증가에 따른 분변 중 담즙산의 함량이 상승된 것으로 보인다. Sunflower oil식이군은 22.40 ± 1.72 (mg/g)로서 가장 높았으며 P/S비가 증가할수록 분변 중 담즙산함량은 증가하는 경향을 보였으며 중성 스테로이드의 분변 중 함량도 담즙산 함량과 같이 P/S비가 증가할수록 중성 스테로이드의 함량도 증가하였다.

Ramesha¹²⁾ 등은 고도 불포화지방산을 함유하는 식이를 흰쥐에 급여한 결과 스테로이드의 배설이 촉진되었고 결과적으로 혈청 콜레스테롤 함량이 저하되었다고 보고하였으며 불포화지방산이 담즙산 배설을 촉진함으로써 혈청 콜레스테롤 함량을 저하시킨다고^{13~15)} 하였다. Spritz¹⁶⁾ 등과 Anderson¹⁷⁾ 등은 P/S비가 높은 식이는 중성 및 산성 스테로이드의 배설

Table 4. Effect of experimental diets on fecal excretion, lipid intake, lipid excretion and digestibility

Group	fecal excretion. (g/day)	lipid intake (g/day)	lipid excretion. (g/day)	lipid digestibility (g/day)
Basal	4.21±0.03 ^{a)}	1.03±0.031	0.34±0.08	66.98±1.43 ^{C)}
A	0.49±0.01	1.85±0.091	0.09±0.02	94.08±1.11 ^{B)}
B	0.83±0.01	2.30±0.090	0.14±0.02	93.79±1.28 ^{B)}
C	0.92±0.02	3.46±0.014	0.09±0.03	97.38±1.43 ^{A)}
D	1.12±0.03	2.59±0.071	0.13±0.01	94.90±1.94 ^{B)}

a) Mean±S. D. : Means in the same column with different superscript letters are significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

을 증가시킴으로써 조직과 혈청 콜레스테롤을 감소시킨다고 하였다. 본 실험결과에서는 분변 중 담즙산과 중성 스테로이드의 함량이 많을수록 간조직 중의 총 콜레스테롤도 증가하는 경향을 보였는데 이처럼 간장내 총 콜레스테롤의 증가와 분변을 통해 담즙산과 중성 스테로이드의 배설을 증가시킴으로써 혈청 중의 총 콜레스테롤의 함량도 줄어드는 것으로 사료된다.

Unchida²⁷⁾ 등은 콜레스테롤 섭취는 흰쥐의 혈청 콜레스테롤 함량을 상승시키나 이 때 중성 스테로이드 및 담즙산 배설량을 증가시킨다고 하였다. 그러나 식이지방은 담즙산 배설에 영향을 주지 않는다는 보고²⁸⁻³⁰⁾와 상반된 결과이다. 임³¹⁾ 등은 콜레스테롤 섭취는 중성 스테로이드 배설량을 증가시키는 경향을 나타낸다고 보고하여 본 연구와 일치된 결과이다.

3. 분변량, 지방 섭취량, 배출량, 소화율

각 실험식이에 따른 분변량, 지방섭취량, 배출량 및 지방소화율의 결과는 Table 4과 같다.

본 실험결과를 보면 시판 고형사료를 식이한 Basal 군의 분변량은 각각의 지방 식이군에 비해 상당히 높았는데 이것은 시판 고형사료에 여러 소화되지 않는 물질이 많이 있는데서 나타난 결과로 사료되며 식물성지방 식이군의 분변량은 sunflower oil식이군이 0.49±0.01(g/day)으로 가장 낮았으며 coconut oil식이군이 1.12±0.03(g/day)으로 가장 높았다. P/S비에 따른 분변량은 P/S비가 작을수록 높았으나 지방 배설량은 일정한 경향을 보이지 않았다.

지방 흡수율은 rapeseed oil식이군이 97.38±0.73

(%)로써 모든 식이군에 비해 높았으며 P/S비에 따라 일정한 경향을 보이지는 않았으나 비슷한 수준이었으며 분변량은 각각의 식이에 대한 식이 섭취량이 증가함에 따라 증가하였다.

임³¹⁾ 등은 지질 소화율은 콜레스테롤이 섭취되지 않은 경우나 섭취된 경우 모두 P/S비에 관계없이 식이지방의 양에 비례적으로 증가되었다고 하였으며 콜레스테롤 0.5(%) 섭취하였을 때 P/S비가 0.5인 군이 1.0인 군에 비하여 총 지방 배설량이 유의적으로 많았다고 보고하였다. 安田³²⁾에 의하면 지방질의 소화 흡수율은 식품내 함유된 양에 관계없이 90(%) 이상이 흡수된다고 하여 본 실험과 일치한 결과였다.

4. 혈청 및 간장의 과산화 지질의 측정

각 실험식이에 따른 혈청 및 간조직의 TBA값은 Table 5와 같다.

Table 5. Effect of experimental diets on TBA value in serum and liver of rats

Group	(MAD nmole)	
	Serum TBA	Liver TBA
Basal	3.56±0.40 ^{B, a)}	2.00±0.27 ^{B)}
A	4.84±0.88 ^{A)}	3.26±0.37 ^{A)}
B	4.68±0.44 ^{A)}	2.06±0.09 ^{B)}
C	3.74±0.31 ^{A)}	1.99±0.30 ^{B)}
D	3.30±0.50 ^{B)}	1.91±0.13 ^{B)}

a) Mean±S. D. : Means in the same column with different superscript letters are significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

혈청의 과산화지질 함량은 매우 중요한 임상 지표로서 대두되고 있다. 이 함량은 다른 조직이나 장기의 지질 과산화 정도를 반영하며 또한 높은 농도의 혈액 중 과산화 지질은 다른 조직으로 이동되어 새로운 래디칼 반응을 유도할 가능성도 있는 것으로 추측되기 때문이다.³²⁾

식이 중 산화물이 많으면 체내 과산화물의 상승을 가져오며 지질의 산화로 생성된 지질 과산화물은 체내조직을 변화시킬 수 있고 생체내에서 일어나는 과산화지질 반응과 동맥경화, 당뇨병 등 퇴행성질환과 관련되어 지대한 관심이 되고 있다.

본 실험에서는 혈청 TBA값은 sunflower oil식이 군이 4.84 ± 0.88 (MAD nmole)로써 식물성지방 식이군에 비해 가장 높았으며 coconut oil식이군은 3.30 ± 0.50 (MAD nmole)로써 가장 낮았고 P/S비가 증가함에 따라 증가함을 보였다. 이것은 식이지방산 조성에서 불포화도가 높을수록 혈청 과산화가 많이 일어나는 것으로 추측되며 P/S비가 높을수록 관상동맥질환은 억제할 수 있는 반면에 혈청과산화를 높이는 결과를 함께 초래할 수 있으므로 앞으로 더욱 연구해 보아야 할 과제이다.

간장 중의 TBA값은 sunflower oil식이군이 3.26 ± 0.37 (MAD nmole)로써 모든 식이군에 비해 가장 높았으며 coconut oil식이군이 1.91 ± 0.13 (MAD nmole)로써 가장 낮았다. 식물성지방 식이군에서 P/S비가 높을수록 조직 중의 TBA값도 높게 나타나 불포화도가 높은 지방산은 혈액과 조직에 영향을 주는 것으로 추측된다.

박³⁴⁾ 등은 실험식이 지방의 P/S비가 0.62~1.60이었는데 혈청 지방산의 P/S비는 1.10~1.48로 거의 변화없이 유지되었다고 보고하였으며 혈청 peroxidizability index(PI)와 혈청 MAD와 비교하면 거의 정상관 관계를 보였다고 하였다. 또한 실험식이 투여 후 혈청의 지방산 구성에 의한 산화 가능성은 실험식의 지방이 어느 것이었든 체내에서 산화될 가능성은 거의 같은 수준이었다고 보고하였다. 본 실험에서는 혈청 중의 지방산 분석은 하지 못하였으나 실험에 사용한 식물성지방의 PI값으로 혈청 TBA값을 비교해 보면 PI값이 증가함에 따라 혈청 TBA값이 증가함을 보였다.

5. 간조직의 지방산 조성

체내의 지방산 조성은 체내의 생합성에 의해서 뿐만 아니라 식이로 섭취하는 지방산의 종류에 따라 영향을 받는데, 흰쥐의 간장내 지방산 조성의 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Fatty acid composition of liver

	Basal	A	B	C	D
C _{10:0}	1.76 ^{a)}				1.99
C _{12:0}	0.55				2.19
C _{14:0}	0.42	0.49	0.30	0.39	4.85
C _{14:1}	0.32				
C _{16:0}	32.29	25.63	23.65	21.21	31.36
C _{16:1}	1.53			1.97	6.25
C _{17:0}	1.98	44.13	5.76	4.71	1.64
C _{17:1}	0.35				
C _{18:0}	26.18	25.13	26.59	17.89	18.85
C _{18:1}	12.60	12.76	12.23	35.36	21.28
C _{18:2}	21.60	31.86	30.48	16.82	11.59
C _{18:3}	0.42		0.99	1.65	
SF ^{b)}	63.18	55.38	56.30	44.20	60.88
MF ^{c)}	14.80	12.76	12.23	37.33	27.53
PF ^{d)}	22.02	31.86	31.47	18.47	11.59
P/S ^{e)}	0.35	0.58	0.56	0.42	0.19

a) Mean(n=3)

b) Saturated fatty acid

c) Monounsaturated fatty acid

d) Polyunsaturated fatty acid

e) Polyunsaturated/saturated ratio

간장 내 지방산 조성의 결과를 보면 coconut oil 지방산 조성 중 대부분을 차지하고 있는 C_{8:0}, C_{10:0}, C_{12:0}, C_{14:0}은 각각 7.6, 5.6, 47.5, 17.6(%)이었는데 coconut oil식이군의 간조직에서는 각각 0, 1.99, 2.19, 4.85(%)로 낮았으며 C_{16:0}, C_{18:0}, C_{18:1}, C_{18:2}은 각각 9.10, 2.80, 6.90, 1.90(%)이었는데 간조직에서는 31.36, 18.85, 21.25, 11.59(%)로 증가하였다. 이것은 지방산이 체내에서 합성되어 간장내 장쇄지방산의 함량이 높아진 것으로 사료된다. C_{16:0}의 sunflower, soybean, rapeseed, coconut oil의 지방산 조성은 6.8, 11.3, 5.28, 9.1(%)이었는데 간장에서는 27.63, 23.65, 21.2, 31.36(%)로 증가하였으며 C_{18:0}에서도

각각 3.8, 3.8, 1.85, 2.8(%)이었는데 간장에서는 25.13, 24.51, 17.89, 18.85(%)로 증가하였다. 또한 C_{18:1}에서는 22.0, 22.5, 60.18, 6.9(%)이었는데 간장에서는 12.76, 12.23, 35.36, 21.28(%)로 변화하였으며 C_{18:2}에서도 각각 65.5, 54.3, 18.38, 1.9(%)이었는데 간장에서는 29.86, 32.48, 16.82, 11.59(%)로 변화하였다. 식이지방 조성 중 포화지방산은 간장에서 증가하였으며 불포화지방 함량은 감소하는 경향을 보였다. 또한 C수가 적은 지방산은 대사과정 중 장쇄지방산으로 저장되는 것으로 사료된다. Coconut, rapeseed, soybean, sunflower 각각의 P/S비는 0.02, 1.89, 4.12, 5.59였으며 간장내에서는 각각 0.19, 0.42, 0.56, 0.58를 나타내었다. 이 결과에서 각 식이군의 간장내 P/S비는 식이지방의 P/S비에 따라 증가하였으며, 간장내 P/S비에 따라 간장내 TBA값과 비교하면 간장내 지방산 중 불포화도가 높을수록 TBA값이 상승하는 경향이며 또한 P/S비가 증가할수록 혈중 콜레스테롤, 중성지방의 저하효과가 있는 것으로 사료되는 고도 불포화지방산을 계속 섭취한다면 간장내 과산화를 촉진시킬 수 있으므로 이 부분에 대해 더욱 깊은 연구를 해야할 것으로 생각된다.

6. 간장내 인지질 조성 지방산 분석

간장내 인지질 조성 지방산 분석한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Fatty acid compositions in Phospholipid of liver (%)

	C _{16:0}	C _{18:0}	Total	C _{18:1}	C _{18:2}	Total
Basal	14.47 ^{a)}	35.80	50.27	21.16	28.57	49.73
A	9.63	40.18	49.81	26.19	24.00	50.19
B	12.23	40.29	52.52	23.43	24.05	47.48
C	13.87	46.71	60.58	20.44	18.98	39.42
D	20.03	41.31	61.34	19.95	18.71	38.66

a) Mean(n=3)

인지질은 세포막 지질의 주요 구성 성분으로 고도 불포화지방산(polyunsaturated fatty acid)이 결합되어 있어서 비효소적 과산화 작용(활성산소에 의한 과산화 반응)을 받아 과산화지질을 생성하기 쉽다.

특히 생체막의 주요 구성 성분인 고도불포화지방산은 과산화지질에 의해 지방산조성이 변화되기 때문에 생체막의 기능이 저하되고 유동성을 감소시켜 막의 중요기능인 물질수송과 투과성을 감소시킬 뿐만 아니라 항상성 유지에 지장을 초래하게 된다. 본 실험결과 식이지방의 지방산조성에 따라 간세포의 인지질 구성지방산의 분포는 불포화지방산이 많을수록 증가하였으며 coconut oil식이군에서 가장 낮았다. 이는 세포막에 식이 중 직접적인 과산화작용을 주는 물질을 함께 투여하지 않았으므로 세포막을 구성하는 지방산은 식이지방의 구성 지방산과 관계가 있는 것으로 추정된다.

7. 간조직의 지방변화

간조직의 조직학적 검사는 Fig. 1~3과 같다.

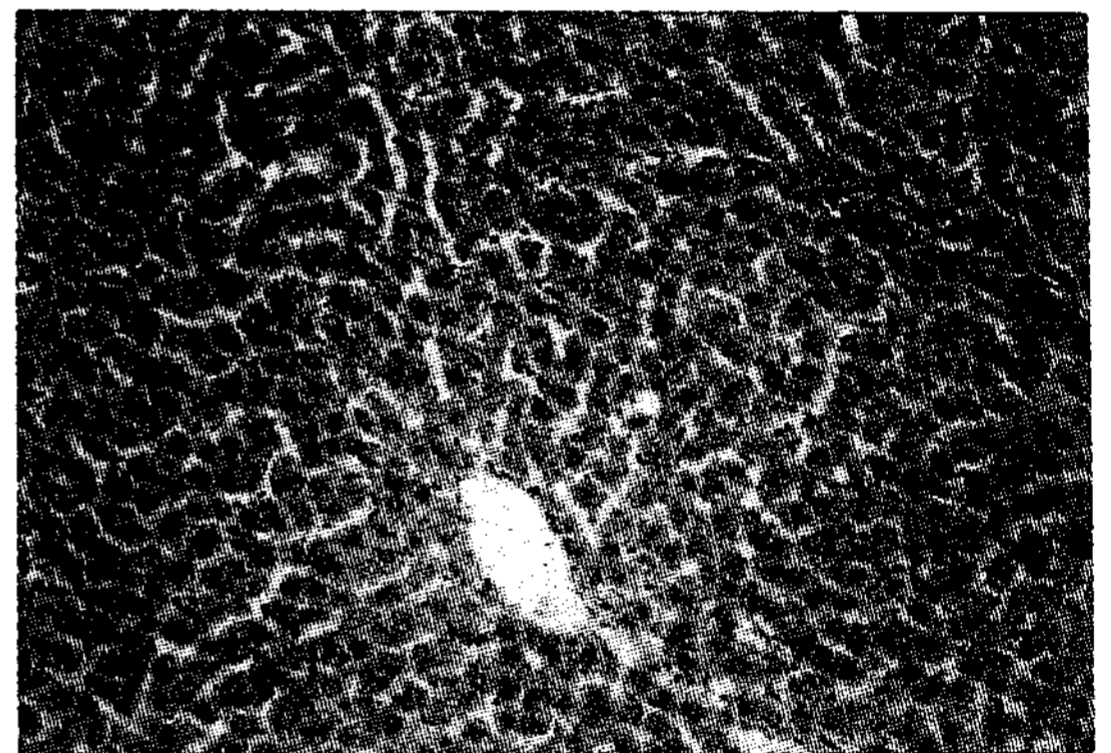


Fig. 1. Liver of a rat from basal diet group shows slight fatty change. H & E stain × 200.

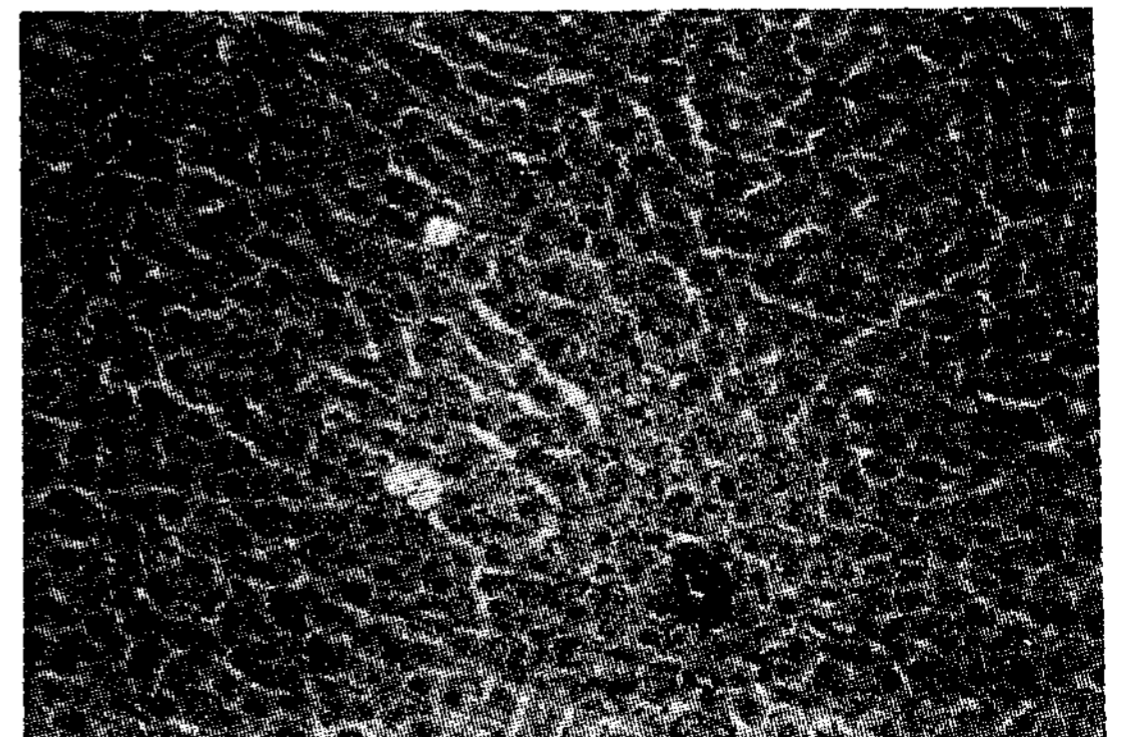


Fig. 2. Liver of a rat from coconut diet group shows slight fatty change. H & E stain × 200.

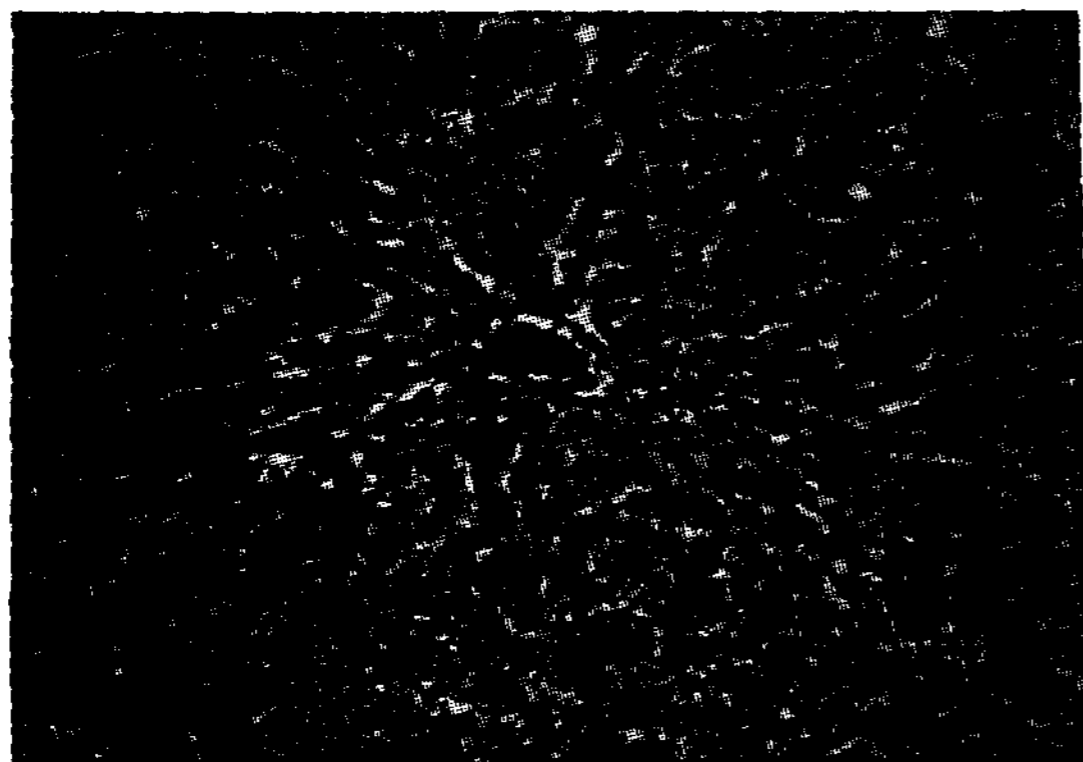


Fig. 3. Liver of a rat from sunflower oil diet group shows sever fatty change. H & E stain $\times 200$.

지방대사에 있어서 간장은 가장 중요한 장기이며 대사 이상시에는 지방변성이 주로 일어나는 곳이다.³⁵⁾ 본 연구의 각 식이에 따른 간장내 지방변화를 살펴 보면 coconut oil식이군, rapeseed oil식이군, soybean oil식이군의 순서로 지방조직 변화를 보였는데 경미한 것으로서 basal군과 비슷한 수준이었으며 식이지방의 P/S비와 간장내 지방산 조성 중 P/S비가 가장 높은 sunflower oil식이군에서는 상당히 많은 지방조직 변화를 보였다. 이것은 간장내 지방변화는 간장내 고도 불포화지방산의 양과 간장내 TBA값과 관련이 있는 것으로 보이며 간장내 지방산의 P/S비의 증가와 간장내 TBA값의 증가는 간장지방에 변성을 촉진하는 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 실험은 식물성유지가 콜레스테롤 투여 흰쥐의 간조직에 미치는 영향을 규명하고자 coconut oil, rapeseed oil, soybean oil, sunflower oil를 전체식의 20%로 하여 8주간 급식한 후, 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 간장에 총 콜레스테롤 함량과 중성지방 그리고 분변 중 담즙산의 배설량은 P/S비가 증가함에 따라 증가하였다.
2. 혈청 중 TBA값은 고도 불포화지방산이 많이 함유될수록 증가하였고, 간장내에 TBA값은 간조직의 지방산조성 중 고도불포화지방산이 많을수록 높은 경향을 보였다.

3. 간장내 지방산 조성은 식이구성지방산에 비해 coconut oil식이군이 가장 많은 변화를 보였으며 간장내 지방의 P/S비가 가장 높은 sunflower oil식이군이 간장내 fat change가 가장 많이 일어났다.

이상의 결과를 보아 P/S비가 높은 sunflower oil식이 지방에 의해 관상동맥성 질환을 억제하는데 효과적으로 알려져 왔으나, 과도불포화지방산의 장기간 복용은 간장내 과산화에 영향을 주는 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. Stein, E. A., Mendelsohn, D., Fleming, M., Barnard, G. D., Carter., Toit, du P. S., Hansen, J. D. L. and Bersohn, I.: Am. J. Clin. Nutr., 28, 1204~1216(1975)
2. Mattson, F. H., Hollenbach, E. J. and Kligman, A. H.: Am. J. Clin. Nutr., 28, 726~731 (1975)
3. Soon-Jae, Rhee, Kong-Hwan. Kim, Joon-Seung. Jo.: Korean J. Nutr., 14(1), 34~40 (1981)
4. Shepherd, J., Packard, C. J., Patsch, J. R., Gotto, A. M. and Taunt on, O. M.: J. Clin. Invest., 61, 1582(1978)
5. Jung-He, Nam, and Hyun-Suh, Park.: Korea. J. Nutr., 19(5), 304~314(1986)
6. Yang-Ja. Hong. Hyun-Hee. Shin.: Korean J. Nutr., 12(2), 45~51(1979)
7. Hyeon-Sook, Lim, Hyang-Rye, Won, Ki-Nam, Kim and In-Kyu Han.: Korean J. Nutr., 18(2)(1985)
8. Grundy, S. M.: Edited by R. Levy, B. Rifkind., B. Dennis and N. Ernst. New Yourk, Raven press 88~118(1979)
9. Hyun-Suh, Park., Kyung-Hee, Choi., Hyun-kyung, Kim.: korean J. Nutr., 17(4), 281~289(1984)
10. Gerson, T., Shorland, F. B. & Yvohne, A: Biochem. J. 81, 584~591(1961)

11. Grundy, S. M. and Arhens, E. H.: J. clin. Invest., 49, 1135~1142(1970)
12. Ramesha, C. S., Paul, R. and Ganguly, J.: J. Nutr., 110, 2149~2158(1980)
13. Robert, B. N. & Donaldson, W. E.: Rapid accumulation of cholesterol in serum, liver and aorta of Japanese Quail. Poultry Sci., 568, 2003~2008(1977)
14. Gordeon, H., Lewis. B., Eales, L., and Brock. J. F.: Lancet, 2, 1299(1957)
15. Lewis, B.: Lancet, 1, 1090(1958)
16. Spritz, N. and Mishkel, M. A.: J. Clin. Invest., 48, 78(1969)
17. Anderson, J. T., Grande., r. and Keys, A.: Am. J. Clin. Nutr., 29, 1189(1976)
18. Grundy. S. M.: J. Lipid Res. 6, 397(1965)
19. Folch, J., Lee. M., Stanley S. G. H.: J. Biol. Chem., 266. 497(1957)
20. Donald J. Hanahan, John C. Dittmer, And Emily warshina: J. Biol. chem., 226, 685~700(1957)
21. 윤태현: 한국유화학회지, 4(1), 9~18(1987)
22. Kritchevsky. D., Tepper. S. A.: J. Nutr., 86, 67~72(1965)
23. Ranazit, P., Ramesha, C. H. & Grnguly: Advancesin Lipid Res., 17, 155~171(1980)
24. Mathe, D. & Chevallier, F.: J Nutr., 109, 2076~2084(1979)
25. Myung-Hee, Kim., Hyeon-Sook Lim, and Seoung-Ho, Oh,: J. Dorean Soc. Food Nutr., 15(1), 82~89(1986)
26. Michiko. S., Yosihisa. N.: 營養과 食糧. 30(2), 105~111(1977)
27. Unchida, K., Nomura, Y., Kadowowaki, M., Jakeucki, N. and Yamamura, Y.: J. phramacol., 27, 193(1977)
28. Portman, O. W. and Mann, G. V.: J. Biol. chem., 213, 733~743(1955)
29. Boquillon, M. and Clement. J.: Arch. Biochem. Biophys., 19, 1725(1971)
30. Avigan, J. and Steinberg, D.: J. Clin. Invest., 44, 1845(1965)
31. Hyeon-sodk, Lim and Seong-Ok, Kim: J. Korean Soc. Food. Nutr., 17(2), 103~109 (1988)
32. 安田守雄: 脂肪代謝の特殊性とその營養學的 意義. 營養と食糧, 14, 115(1961)
33. Jong-Won, Lee: Development and application of a new thiobarbituric acid assay detecting serum lipid peroxide value. 서울大學院.
34. Hyun-Suh, Park., Sun-Hwa, Han: Korean J. Nutr., 21(1), 61~94(1988)
35. Roddins, S. I. and Contan. R. S.: Pathologic basis of disease, Vinay Kumar and W. D. Saunderc co., London, pp.18(1984)