

## 정어리유의 식용유지 대체가 흰쥐의 혈청 지질에 미치는 영향\*

최 임 순 · 진 복 희\*\*

동덕여자대학교 식품영양학과  
원광보건전문대학 임상병리학과\*\*

### Effects of Replacement of Lard and Soybean Oil With Sardine Oil on Serum Lipids in Rats

Im Soon Choi and Bok Hee Jin\*\*

*Department of Foods and Nutrition, Dongduck Women's University*

*Department of Clinical Pathology, Wonkwang Public Health Junior College\*\**

#### =ABSTRACT=

Young male rats were fed for 10 and 20 days on different low-fat experimental diets; 4% lard + 4% soybean oil, 4% sardine oil + 4% lard, 4% sardine oil with vitamin E + 4% lard, 4% sardine oil with vitamin E + 4% soybean oil.

Lipid peroxide levels in liver were significantly higher in the sardine oil groups but the addition of vitamin E had no effects on the lipid peroxide values. Serum total cholesterol showed no significant difference among the groups but HDL-cholesterol in serum was increased in the sardine oil groups. However, the contents of serum triglyceride and phospholipid were unaffected by the replacement with sardine oil.

#### 서 론

근년 우리의 식생활이 서서히 서구화되어감에 따라서 우리나라에서도 심근경색, 뇌혈전 및 동맥경화 등과 같은 질환이 급증하여 1984년의 경

우 사망 원인 질환 중 가장 높아 30%나 차지하고 있으므로<sup>1)</sup> 이의 대체 방안이 절실히 요구되고 있다. 그런데 Greenland 에스키모인에게는 순환기계통의 질환이 거의 없으며 이는 이들이 다량 섭취하고 있는 어류의 지질 성분 중 eicosapenta-

\* 본 연구는 1986년도 한국과학재단 일반연구비에 의해서 수행되었음

\* 과제번호 : 862-1509-002-1

접수일자: 1987년 5월 1일

enoic acid (EPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA)와 같은  $\omega$ -3계 고도불포화지방산 때문이라는 Dyerberg 등의 보고<sup>2-4)</sup>에 이어서, 일본에서 실시된 조사에서는 어식(fish diet)을 많이하는 어촌주민이 농촌주민에 비해서 순환기질환에 의한 사망율이 현저히 낮은 것으로 밝혀졌고<sup>5)</sup> 화란에서도 과거 20년간 Zutphen 지방에서의 사망 원인을 조사한 결과 어류 섭취가 순환기질환의 방지에 큰 효과가 있는 것으로 보고하고 있다<sup>6)</sup>. Hirai 등<sup>7)</sup>은 인체에 고등어를 섭취시켰을 때 혈장 중 EPA의 함량이 상승하고 이에 따라 혈소판의 응집능이 저하된 것으로 보고하였으며 Singer 등<sup>8)</sup>도 역시 고등어를 섭취하였을 때 혈청 중성지방과 총콜레스테롤의 양이 감소하며 아울러 혈압이 강하하는 결과를 발표하였다. 한편 대구 간유나 어유(fish oil)를 섭취시켰을 경우 이들이 혈소판막의 지질 조성 중 EPA의 함량을 증가시켜 혈소판의 응집능과 혈청 중의 지질량을 감소시키고 HDL-콜레스테롤의 함량과 출혈시간을 증가시키며 혈압을 감소시킨다는 효과를 보고하였다<sup>9-11)</sup>. 국내에서도 임등<sup>12)</sup>은 고등어유와 장어유를 흰쥐에 섭취시켜 혈청의 지질 상태를 조사한 바 있고 경동<sup>13)14)</sup>은 간장조직 내의 지방산 합성효소의 변화와 생체막 지질의 구

성에 미치는 영양을 발표한 바 있다. 그러나 어유가 상기와 같은 효과가 있다고 하여도 실제적으로 우리가 섭취하는 전체 유지를 어유로 섭취할 수는 없고 동물성 유지 및 식물유와 동시에 섭취해야 하므로 이들 유지를 일부 어유로 대체하였을 경우의 효과를 측정 분석함으로써 보다 실용적인 결과를 얻을 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 현재 우리가 섭취하고 있는 대표적인 동물성 유지 또는 식물유를 국내에서 다량 어획되고 아울러  $\omega$ -3계 고도불포화지방산의 함량이 높은 정어리유로<sup>15)</sup> 대체한 식이가 흰쥐에서 혈청 지질의 성상에 미치는 영향을 조사하여 보고하고자 한다.

### 실험재료 및 방법

#### 1. 실험동물

Sprague-Dewley종의 성장기 수컷 흰쥐를 1주간 고형사료로 적응시킨 후 체중에 따른 난괴법에 의하여 12마리씩 4군으로 나누었으며 각군의 평균체중은  $104 \pm 5.4g$ 이었다. 실험시작 10일 후에 각 군에서 난괴법으로 6마리씩 선택하여 회생

Table 1. Composition of experimental diets

(g/ kg diet)

Ingredients	Experimental groups			
	I. Lard Soybean oil	II. Sardine oil Lard	III. Sardine oil* Lard	IV. Sardine oil* Soybean oil
Corn starch	540	540	540	540
Sucrose	115	115	115	115
Casein	200	200	200	200
Sardine oil	-	40	40	40
Lard	40	40	40	-
Soybean oil	40	-	-	40
Cellulose	20	20	20	20
Salt mixture <sup>1)</sup>	35	35	35	35
Vitamin Mixture <sup>2)</sup>	10	10	10	10

\* Vitamin E supplementation: 2,000mg  $\alpha$ -tocopherol/kg sardine oil

1)2): AIN-76<sup>TM</sup> (J Nutr 107; 1340, 1977)

시키고 20일후에 나머지 6마리씩을 희생시켰다. 실험동물은 1마리씩 알루미늄제 대사장(metallic cage)에서 분리 사육하였으며 물과 식이는 무제한 공급하였다.

### 2. 실험식이

실험에 사용된 식이의 구성성분은 Table 1과 같다. 각 군은 총지방함량을 8%(w/w)로 일정하게 하되 I군은 대두유와 돈지를 지방원으로 동량 혼합하여 사용하였으며 II군은 정어리유와 돈지를 동량씩, III군은 비타민E(DL- $\alpha$ -tocopherol acetate)가 어유 1kg당 2000mg 첨가된 정어리유와 돈지를 동량씩, IV군은 동일한 수준의 비타민 E를 첨가한 정어리유와 대두유를 동량 혼합하여 사용하였다.

지방의 급원으로는 대두유와 정제된 돈지(서울식품실험실)를 사용하였다. 정어리유는 신선한 정어리를 chloroform 과 methanol 을 동량 함유한 용매로 추출한<sup>16)</sup> 후 180°C, 0.25mmHg 의 조건에서 탈취시켜 질소가스로 stripping 하여 식이제조시 까지 -20°C 에서 보관하였다. 식이에 사용된 유지의 지방산 조성(Table 2)은 구성지방산을 methyl ester 화 시켜 gas liquid chromatography (GLC)로 분석하였다. GLC 분석은 Verian 3700(FID)기종을 사용하였고, 지방산의 동정은 표준물질 (Sigma Chemical Co.) 의 retention time 과 비교하여 확인하였으며, 지방산조성은 chromatogram 의 각 피크 면적을 총면적에 대한 백분율로 나타내었다.

### 3. 실험방법

#### 1) 식이섭취량, 체중, 사료효율

실험 전기간을 통하여 식이섭취량과 체중을 측정하였고, 사료효율은 1일 동안의 체중증가량을 일일동안의 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

#### 2) 혈액의 채취

혈청은 cardiac puncture 로 혈액을 채취하여 실온에 30분간 방치하여 3,000rpm 에서 10분간 원심

Table 2. Fatty acid composition of the fats used in the experiment (area %)

Fatty acid	Sardine oil	Soybean oil	Lard
14:0	7.0	ND <sup>b</sup>	2.8
15:0	0.4	ND	0.1
16:0	16.4	10.7	25.0
:1	10.9	tr <sup>2</sup>	3.1
:4 $\omega$ 3	0.5		ND
17:0	0.6	0.1	0.6
:1	1.2	tr	0.2
18:0	3.7	3.8	12.0
:1	12.0	22.4	42.7
:2 $\omega$ 6	2.8	53.0	9.2
:3 $\omega$ 6	0.7	1.2	0.3
:3 $\omega$ 3	0.6	7.6	ND
:4 $\omega$ 3	1.6	ND	ND
20:1	2.5	ND	1.3
:2 $\omega$ 6	1.3	0.1	0.3
:3 $\omega$ 6	1.0	0.5	ND
:4 $\omega$ 3	0.8	tr	ND
:5 $\omega$ 3	16.0	ND	ND
22:1	2.2	ND	ND
:4 $\omega$ 6	0.9	ND	ND
:5 $\omega$ 3	2.1	ND	ND
:6 $\omega$ 3	13.1	ND	ND
Unknown <sup>3)</sup>	1.7	0.4	2.6
$\omega$ -3 poly <sup>4)</sup>	34.7	7.6	ND

1) ND: Not-detectable

2) tr: trace (<0.1%)

3) Unknown: Unknown fatty acids

4)  $\omega$ -3 poly:  $\omega$ -3 polyenoic fatty acids.

분리시켜 얼은 후 분석시 까지 -20°C 에서 보관하면서 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방 및 인지질의 함량을 분석하고 lipid peroxide 가를 측정하였다.

#### 3) 분석방법

간과 혈청의 lipid peroxide 가는 Ohkawa 방법<sup>17)</sup>에 의하여 측정하였다. 혈청 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤은 Gilford cholesterol (CIBA CORN-

ING) 효소 kit 와 HDL-cholesterol(RM 151 S-K) 효소 kit 로, 중성지방과 인지질은 TG-5(KAINOS, DR-5,000) 효소 kit 와 PL-E(KAINOS, DR-2700) 효소 kit 를 사용하여 측정하였다.

4) 통계처리

본 연구의 모든 실험 결과에 대한 통계 처리는

각 실험군 별로 평균에 차이가 있는가를 검정하기 위하여  $\alpha=0.05$  수준에서 분산분석(ANOVA 검정)을 수행하였다. 분산분석 결과 유의성이 발견된 경우 동질적인 군과 이질적인 군을 구분하기 위하여 Tukey 의 다중비교검정을 하였다.

Table 3. Food intake, body weight gain and feed efficiency ratio of rats fed the experimental diets for 20 days

Groups	Food intake(g/day)	Body weight gain (g/day)	Feed efficiency ratio <sup>3)</sup>
I. Lard			
Soybean oil	14.55±1.57 <sup>b</sup> NS <sup>2)</sup>	4.05±0.51 NS	0.28±0.07 NS
II. Sardine oil			
Lard	15.74±1.86	4.25±0.51	0.26±0.02
III. Sardine oil*			
Lard	16.28±1.58	4.50±0.55	0.27±0.03
IV. Sardine oil*			
Soybean oil	14.97±1.24	4.40±0.52	0.29±0.04

\* Vitamin E supplementation: 2,000mg  $\alpha$ -tocopherol/kg sardine oil

1) Mean±SD (n = 6)

2) Not-significant at  $\alpha=0.05$  level by F-test

3) Feed efficiency ratio = Body weight gain/Food intake

Table 4. Lipid peroxide levels in the serum and liver of rats fed the experimental diets for 10 and 20 days

Groups	Serum(nmol MDA <sup>1)</sup> /ml serum)		Liver(nmol MDA/g wet wt.)	
	10 days	20 days	10 days	20 days
I. Lard				
Soybean oil	1.84±0.49 <sup>2)</sup> NS <sup>3)</sup>	4.95±1.38 NS	196.3±30.2 <sup>a4)</sup>	285.6±15.4 <sup>a</sup>
II. Sardine oil				
Lard	2.69±0.64	6.75±1.93	379.5±76.8 <sup>b</sup>	400.5±53.9 <sup>b</sup>
III. Sardine oil*				
Lard	1.87±0.65	5.50±1.84	340.6±29.5 <sup>b</sup>	404.2±40.8 <sup>b</sup>
IV. Sardine oil*				
Soybean oil	2.11±0.58	6.35±1.04	348.5±99.2 <sup>b</sup>	508.6±51.2 <sup>c</sup>

\* Vitamin E Supplementation: 2,000mg  $\alpha$ -tocopherol/kg sardine oil

1) calculated from the absorbance at 532nm using TMP(1,1,3,3-tetramethoxypropane, Sigma Chemical Co.) as an external standard

2) Mean±SD (n=6)

3) Not-Significant at  $\alpha=0.05$  level by F-test

4) Values within the same column not followed by the same letter are significantly different at  $\alpha=0.05$  level by Tukey's test

## 결과 및 고찰

### 1. 식이섭취량, 체중증가량, 사료효율

실험기간 동안의 일일 평균 식이섭취량, 체중증가량 및 사료효율은 Table 3에서 보는 바와 같이 섭취 지방의 종류와 비타민E의 첨가에 따른 각 군간의 유의적인 차이는 볼 수 없었다.

### 2. 간 및 혈청의 lipid peroxide (LPO) 함량

Table 4에 나타난 바와 같이 10일 사육후의 혈청의 LPO 가 정어리유의 첨가로 증가되고 비타민 E의 첨가로 감소하는 경향을 보이나 통계적인 유의성은 없었다. 간의 TBA 가 정어리유가 첨가된 모든 군에서 유의성있게 증가되었다.

20일 사육 후 혈청의 LPO 가 I 군에 비하여

정어리유가 첨가된 II, III, IV군에서 약간 증가되는 경향을 보였으나 통계적인 유의성이 없는 반면 간의 TBA 가 I 군에 비하여 어유를 첨가한 II, III, IV군에서 유의성있게 증가하였으며, 이러한 증가는 정어리유가 고도불포화지방산을 다량 함유한 데 기인한 것으로 보인다. 이러한 결과는 EPA나 DHA 의 농축물을 첨가시킨 동물실험에서 간과 혈청의 lipid peroxide 농도가 증가된다는 보고<sup>18,19)</sup>와 일치한다. 혈청에서의 LPO 가 유의성있게 증가되지 않은 것은 본 실험에서 사용된 어유의 양이 타 실험에 비해 적었기 때문으로 생각된다.

지질의 과산화는 세포막의 파괴와 DNA 의 돌연변이를 일으키고 퇴행성 질환을 유발시키는 등의 유독성이<sup>20,21)</sup> 알려져 있다. 이러한 과산화를 방지하기 위해서 정어리유에 비타민 E(2,000mg DL- $\alpha$ -tocopherol acetate/kg 어유)가 첨가된 III 군이 II

Table 5. Concentrations of total cholesterol, HDL-cholesterol and ratios of HDL-cholesterol to total cholesterol in the serum of rats fed the experimental diets for 10 and 20 days (mg/100ml serum)

Exp. Period	Exp. Groups	Total cholesterol	HDL-cholesterol	HDL-chole / Total chol.
10 days	I. Lard	72.41±6.43 <sup>b</sup> NS <sup>2)</sup>	35.37±3.22 NS	0.49±0.08 NS
	Soybean oil			
	II. Sardine oil	65.93±5.51	34.24±2.34	0.52±0.05
	Lard			
	III. Sardine oil*	70.14±3.52	40.4±3.27	0.58±0.05
	Lard			
	IV. Sardine oil*	67.92±7.24	41.27±4.32	0.59±0.06
	Soybean oil			
20 days	I. Lard	70.90±3.44 NS	35.22±3.55 <sup>a,3)</sup>	0.50±0.05 <sup>a</sup>
	Soybean oil			
	II. Sardine oil	69.90±3.59	44.68±4.72 <sup>b</sup>	0.64±0.06 <sup>b</sup>
	Lard			
	III. Sardine oil*	69.03±6.57	41.40±1.30 <sup>b</sup>	0.62±0.06 <sup>b</sup>
	Lard			
	IV. Sardine oil*	67.58±4.57	43.40±3.83 <sup>b</sup>	0.64±0.05 <sup>b</sup>
	Soybean oil			

\* Vitamin E supplementation: 2,000mg  $\alpha$ -tocopherol/kg sardine oil

1) Mean±SD

2) Not-significant at  $\alpha=0.05$  level by F-test

3) Values within the same column not followed by the same letter are significantly different at  $\alpha=0.05$  level by Tukey's test

군에 비하여 간의 LPO가 변화되지 않은 것은 본 실험에서 첨가한 비타민 E의 수준이 지질의 산화를 억제하는데 충분하지 못하다는 것을 제시해 주었으며 따라서 유효한 항산화제의 양을 결정하기 위한 보다 많은 연구가 필요할 것이다. 정어리유와 대두유가 혼합된 IV군에서는 정어리유와 돈지가 혼합된 III군에 비해서 LPO함량이 유의적인 증가를 나타냈으며 이는 IV군의 대두유가 돈지에 비하여 불포화도가 높아 과산화가 보다 촉진되었기 때문으로 생각된다.

### 3. 혈청 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 함량

혈청 총콜레스테롤은 Table 5에서 보는 바와 같이 10일과 20일 동안의 사육 후에 각 실험군 사이에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 어유나 고지방 어류를 섭취하였을 때 총콜레스테롤이 감소한다는 보고<sup>8,22,23)</sup>들이 있으나 이와는 반대로 Fe-hily<sup>24)</sup>는 사람에게 고등어나 정어리를 섭취시켰을 때 혈청 중성지방의 함량은 유의적으로 감소되나 혈청 총콜레스테롤에는 변화를 나타내지 않은 것으로 보고하고 있으며, Sanders<sup>25)</sup>도 사람에게 1일 10g의 어유 농축물을 공급한 실험에서 총콜레스테롤 함량에는 영향을 주지 못했다고 보고하였

다. 이러한 상반된 보고는 각각의 실험식에서의 지방의 함량, 불포화도, 지방이외의 식이구성, 실험동물의 종류와 개체차이 등 서로 다른 상황에서 연구를 수행한 데 기인한 것으로 보인다. III군이 II군과 유의적인 차이를 보이지 않은 것은 비타민 E의 첨가가 총콜레스테롤의 함량에 유의적인 영향을 미치지 못했다는 결과이며 이는 다른 보고<sup>26,27)</sup>들과 일치되는 반면 비타민 E의 첨가가 총콜레스테롤의 함량을 저하시켰다는 연구들도 있다<sup>28,29)</sup>.

혈청 총콜레스테롤 함량과는 달리 HDL-콜레스테롤은 20일 사육후에 I군에 비해서 정어리유가 첨가된 모든 군에서 유의적인 증가를 보이고 있다. 최근의 여러 연구들은 심근경색, 죽상경화 등 순환계질환의 발병율과 LDL-콜레스테롤의 동맥내의 축적을 막아주는 HDL-콜레스테롤의 함량이 서로 역의 관계<sup>30-33)</sup>에 있다고 발표하고 있으며 이러한 사실이 어유가 순환계질환의 방지에 효과가 있다는 사실과 깊은 연관을 갖는 것으로 생각된다. 본 실험에서의 정어리유 첨가에 따른 HDL-콜레스테롤의 증가는 일련의 Sanders의 연구<sup>9,10)</sup><sup>25)</sup>와 일치하며 이러한 증가는 hepatic enzyme induction이 HDL-콜레스테롤 수준을 증가시킬 수

Table 6. Concentrations of triglyceride and phospholipid in the serum of rats fed the experimental diets for 10 and 20 days (mg/100ml serum)

Groups	Triglyceride		Phospholipid	
	10 days	20 days	10 days	20 days
I. Lard				
Soybean oil	83.97±14.47 <sup>b</sup> NS <sup>2)</sup>	124.12±13.19 NS	115.27± 9.78 NS	112.50± 8.01 NS
II. Sardine oil				
Lard	80.05± 9.81	112.45±19.30	103.24±7.67	110.10± 7.54
III. Sardine oil*				
Lard	82.00±10.07	115.38±10.12	98.78±6.24	106.86±12.61
IV. Sardine oil*				
Soybean oil	83.30± 9.01	114.95±13.76	99.96±10.85	110.12±14.07

\* Vitamin E supplementation: 2,000mg  $\alpha$ -tocopherol/kg sardine oil

1) Mean±SD

2) Not-significant at  $\alpha=0.05$  level by F-test

있고, DHA는 hepatic monooxygenase와 같은 효소의 강력한 유도물질(inducer)이라는 것으로도 설명될 수 있을 것이다<sup>10,34)</sup>.

비타민 E 첨가에 따른 혈청 HDL-콜레스테롤에 미치는 영향은 비타민 E의 첨가가 별다른 영향을 미치지 못했다는 보고<sup>35-37)</sup>와 이와는 달리 HDL-콜레스테롤을 상승시켰다는 연구도 있다<sup>38-40)</sup>. 이와 같이 비타민 E 첨가에 따른 혈액의 지방조성에 미치는 효과는 현재까지는 일관성있는 보고가 없으며 본 실험에서의 첨가수준에서는 무첨가군에 비해서 유의적인 변화를 볼 수 없었다.

#### 4. 혈청 중성지방 및 인지질의 함량변화

정어리유 첨가시 혈청 중성지방의 변화는 Table 6에서 보는 바와 같이 사육기간에 관계없이 II, III, IV군에서 약간 감소되었으나 유의적인 차이는 볼 수 없었으며 20일군은 10일 군에 비하여 각 실험군에서 모두 중성지방이 증가되는 경향을 보였는데 이는 실험동물의 성장시기에 따른 지질대사의 차이에서 오지 않았나 생각된다. 인지질 또한 I군에 비해서 정어리유가 첨가된 모든 군에서 낮은 경향을 보였으나 유의성은 없었다.

어유나 어유농축물 첨가시 간에서 VLDL-triglyceride의 생합성을 억제시키는 기작 등<sup>41)</sup>에 의해서 혈청 중성지방이 감소되는 경향은 많이 발표되고<sup>23,25,42)</sup> 있으나 Sanders<sup>43)</sup>는 사람에게서 일일 10g의 고농도 EPA 섭취시에 중성지방의 저하효과가 있으나 그보다 적은 양으로는 그 효과가 나타나지 않는다고 보고하고 있다. 이는 어유 첨가시 중성지방 저하를 나타내는 최소량이 있는 것으로 보이며 식이의 4%(w/w)의 정어리유를 첨가한 본 실험에서는 혈청 중성지방을 감소시키는 효과를 볼 수 없었다. Kesaniemi 등<sup>44)</sup>은 비타민 E 투여후 중성지방 함량의 변화를 볼 수 없었다고 하였으며 본 실험에서도 비타민 E의 첨가에 따른 혈청 중성지방의 변화를 관찰할 수 없었으나 이러한 현상이 첨가된 비타민 E의 수준이 적정 수준이 아닌지 또는 그 양을 증가시켜도 혈청 중성

지방에 아무 영향을 줄 수 없는지는 앞으로 규명되어야 할 것이다.

## 결 론

본 연구에서는 지방의 종류를 달리한 I군(4% 돈지, 4%대두유), II군(4% 정어리유, 4%돈지), III군(4% 정어리유-비타민 E, 4%돈지), IV군(4% 정어리유-비타민 E, 4%대두유)의 실험식이를 조제하여 흰쥐의 체내 혈청 지질대사에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1)식이섭취량, 체중증가량, 사료효율은 지방의 종류가 미치는 영향을 볼 수 없었다.
- 2) 정어리유의 첨가는 혈청의 lipid peroxide(LPO) 함량에는 영향을 주지 못했으나 간의 LPO함량을 증가시켰으며 비타민 E(2,000mg  $\alpha$ -tocopherol/kg sardine oil)의 첨가는 LPO의 변화에 영향을 미치지 못했다.
- 3) 혈청 총콜레스테롤은 식이지방의 종류에 따라 변화하지 않았으나 HDL-콜레스테롤의 함량 및 HDL-콜레스테롤의 총콜레스테롤에 대한 비율은 정어리유가 첨가된 모든 군에서 증가되었다.
- 4) 혈청 중성지방과 인지질 함량은 식이지방의 종류에 따른 차이를 볼 수 없었다.

## REFERENCES

- 1) 보건신보: 30, 6월 23일, 1986
- 2) Dyerberg J, Bang HO. *Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. Lancet* 117-119, 1978
- 3) Dyerberg J, Bang HO, Hjorne N. *Fatty acid composition of the plasma lipids in greenland eskimos. Am J Clin Nutr* 28: 958-966, 1975
- 4) Bang HO, Dyerberg J, Hjorne N. *The composition of food consumed by greenland eskimos. Acta Med Scand* 200:69-73, 1976
- 5) Kagawa Y, Nishizawa M, Suzuki M, Mijatake T, Hamamoto T, Goto, K. *Eicosapentaenoic*

- acid of serum of Japanese islanders with low cardiovascular diseases. J Nutr Sci Vitaminol* 28:441-453, 1982
- 6) Kromhout D, Boschietter B, Koulander DC. *The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. New Eng J Med* 312 (19):1205-1209, 1985
  - 7) Hirai A, Hamazaki J, Terano T. *Studies on eicosapentaenoic acid. J Atherosclerosis* 9(2):281-289, 1981
  - 8) Singer P, Jaeger W, Wirth M. *Lipid and blood pressure-lowering effect of mackerel diet in man. Atherosclerosis* 49:99-108, 1983
  - 9) Sanders TAB, Vickers M, Haines AP. *Effect on blood lipids and haemostasis of a supplement of cod-liver oil in healthy young man, Clin Sci* 61:317-324, 1918
  - 10) Sanders TAB. *Influence of fish-oil supplement on man. Proceedings Nutr Soc* 44:391-397, 1985
  - 11) Schacky CV, Fischer S, Weber PC. *Long-term effects of dietary marine  $\omega$ -3 fatty acids upon plasma and cellular lipids, platelet function and eicosanoid formation in humans. J Clin Invest* 76:1626-1631, 1985
  - 12) 임성교, 조성희, 식이지방이 흰쥐의 혈청 지질상태 및 조직 지방산 분포에 미치는 영향. *한국 영양학회지* 16(1):10-20, 1983
  - 13) 정승은, 하태열, 임정교, 조성희: 어유식에 의한 흰쥐 체내의 생화학적 변화연구, *한국 영양학회지*, 17(4):290-296, 1984
  - 14) 서미영, 조성희, 식이  $\omega$ -3 지방산 섭취가 흰쥐 심장 미토콘드리아 호흡 및 지질 구성에 미치는 영향. *한국 생화학학회지* 19(2):160-167, 1986
  - 15) 안병학, 신현경. 한국산 주요 어종의  $\omega$ -3 고도불포화 지방산 함량 비교. *한국식품과학회 제36차 학술발표회*. 6월7일, 1986
  - 16) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37:911-917, 1959
  - 17) Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. *Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Anal Biochem* 95:351-358, 1979
  - 18) Kuroda K, Kobatake Y, Kubota M, Nishide E, Innami S. *Effects of polyunsaturated fatty acid concentrates on lipids in the serum and liver of rats. J Jap Soc Nutr Food Sci* 38(4):291-299, 1985
  - 19) Kobatake Y, Kuroda K, Jinnouchi H. *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* 30:357-372, 1984
  - 20) Tien M, Aust SD. *Rabbit liver microsomal peroxidation. The effect of lipid on the rate of peroxidation. Biochem Biophys Acta* 712:1-9, 1982
  - 21) Freeman BA, Crapo JD. *Biology of disease; Free radicals and tissue injury. Lab Invest* 47(5):412-426, 1982
  - 22) Kinsell LW, Michaelis GD, Walker G, Visittine RE. *The effect of a fish oil fraction on plasma lipids. Diabetes* 10:316-319, 1961
  - 23) Phillipson BE, Rothrock DW, Connor WE, Harris WS, Illingworth DR. *Reduction of plasma lipids lipoproteins and apoproteins by dietary fish oils in patients with hypertriglyceridemia. New Eng J Med* 312:1210, 1985
  - 24) Fehily AM, Burr ML, Phillips KM, Deadman NM. *The effect of fatty fish on plasma lipid and lipoprotein concentration. Am J Clin Nutr* 38:349-351, 1983
  - 25) Sanders TAB, Hochland MC. *A comparison of the influence on plasma lipids and platelet function of supplements of  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids. Brit J Nutr* 50:521-529, 1983
  - 26) Kesaniemi YA, Grundy MD. *Lack of effect of tocopherol on plasma lipids and lipoproteins in man. Am J Clin Nutr* 36:224-228, 1982



- 27) Hatam LJ, Kayden HJ. *The failure of alpha tocopherol supplementation to alter the distribution of lipoprotein cholesterol in normal and hyperlipo proteinemic persons. Am J Clin Pathol 74:122-124, 1981*
- 28) Prodouz KN, Navari RM. *Effect of vitamin A and E on rat tissue lipids. Nutr Rep Int 11:17-28, 1975*
- 29) Chen LH, Liao S, Packett LV. *Interaction of dietary vitamin E and protein level or lipid source with serum cholesterol in rats. J Nutr 102:729-732, 1972*
- 30) Gordon T, Castelli WP, Hjorland MC, Kannel WB, Dawer TR. *High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. Am J Med 62:707-714, 1977*
- 31) Stallones RA. *Ischemic heart disease and lipids in blood and diet. Ann Rev Nutr 3:155-185, 1983*
- 32) Miller GJ, Miller NE. *Plasma HDL concentration and development of ischemic heart disease. Lancet 1:16-19, 1975*
- 33) Dawber TR. *The Framingham study; the epidemiology of atherosclerotic disease. Cambridge Mass Harvard Univ. Press, 1980*
- 34) VanRollins M, Baker RC, Sprecher HW, Murphy RC. *Oxidation of docosahexaenoic acid by rat liver microsomes. J Biol Chem 259(9):5776-5783, 1984*
- 35) Howard DR, Rundell CA, Batskis C. *Vitamin E does not modify HDL-cholesterol. Am J Clin Pathol 77:86-89, 1982*
- 36) Stampfer MJ, Willett W, Castelli WP, Taylor JO, Fine J, Hennekens CH. *Effect of vitamin E on lipids. Am J Clin Pathol 79(6):714-716, 1983*
- 37) Schwartz PL, Rutherford IM. *The effect of tocopherol on high density lipoprotein cholesterol. Am J Clin Pathol 76:843-845 1981*
- 38) Sundaram G, London R, Manimekalai. *Alpha tocopherol and serum lipoproteins. Lipids 16:223-227, 1981*
- 39) Hermann WJ, Wark K, Faucett J. *The effect of tocopherol on high density lipoprotein cholesterol. Am J Clin Pathol 72:848-852, 1979*
- 40) Chapkin RS, Haberstroh B, Kiu T, Holub BJ. *Effect of vitamin E supplementation on serum and HDL-cholesterol in renal patients on maintenance hemodialysis. Am J Clin Nutr 38:253-256, 1983*
- 41) Nestel PJ, Connor WE, Reardon MF, Connor S, Wong S, Boston R. *Suppression by diets rich in fish oil of very low density lipoprotein production in man. J Clin Invest 74:82-89, 1984*
- 42) Ruiter A, Jongbloed AW, Van Gent CM, Danse LHJC, Metz SHM. *The influence of dietary mackerel oil on the composition of organs and on blood lipid composition in the young growing pig. Am J Clin Nutr 31:2159-2166, 1978*
- 43) Sanders TAB, Roshanai F. *The influence of different types of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet function in healthy volunteers. Clin Sci 64:91-99, 1983*