

## 들기름과 참치유의 섭취가 흰쥐의 지방대사와 Eicosanoids 생성에 미치는 영향\*

김우경<sup>1)</sup> · 이경애<sup>2)</sup> · 김숙희<sup>3)</sup>

단국대학교 식품영양학과,<sup>1)</sup> 부산교육대학교 실과교육과,<sup>2)</sup> 이화여자대학교 식품영양학과<sup>3)</sup>

### Effects of Perilla Oil and Tuna Oil on Lipid Metabolism and Eicosanoids Production in Rats\*

Kim, Woo Kyung<sup>1)</sup> · Lee, Kyoung Ae<sup>2)</sup> · Kim, Sook He<sup>3)</sup>

Department of Food & Nutrition,<sup>1)</sup> Dankook University, Seoul, Korea  
Practical arts of Education,<sup>2)</sup> Pusan National University of Education, Pusan, Korea  
Department of Foods & Nutrition,<sup>3)</sup> Ewha Womans University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

This study planned to compare the effects of source and amount of dietary n-3 fatty acid, tuna oil and perilla oil, on lipid metabolism and eicosanoids production in Sprague-Dawley strain male rats. Weaning rats were fed 5 different experimental diets for 4 weeks. (S : beef tallow 50%+sesame oil 50%, T1 : beef tallow 50%+sesame oil 40%+tuna oil 10%, T2 : beef tallow 50%+sesame oil 25%+tuna oil 25%, P1 : beef tallow 50%+sesame oil 40%+perilla oil 10%, P2 : beef tallow 50%+sesame oil 25%+perilla oil 25%) Food intake was higher in T2 group than in other groups, but body weight gain and food efficiency rate were not different among groups. Plasma total lipid and triglyceride were significantly lower in groups fed perilla oil as much as groups fed tuna oil than in S. But tuna oil reduced plasma cholesterol level more than perilla oil. Liver total lipid per unit, cholesterol and triglyceride were not affected by dietary fat source. Peroxisomal  $\beta$ -oxidation was higher in T1 and T2 than in P1 and P2. Activities of glucose 6 phosphate dehydrogenase and malic enzyme were lower in T1 and T2 than in group fed sesame oil only. Plasma TXB<sub>2</sub> was affected by n-3 fatty acid consumption, and it was lower in perilla oil groups as much as tuna oil groups than in S. But 6-keto PGF<sub>1 $\alpha$</sub>  was not different among experimental groups. The results of this study indicated that tuna oil and perilla oil both decreased plasma lipids, however, the mechanism may be different. And tuna oil and perilla oil had a similar effects on eicosanoids production. (*Korean J Nutrition* 29(7) : 703~712, 1996)

KEY WORDS : n-3 fatty acid · plasma lipid · peroxisomal  $\beta$ -oxidation · lipogenic enzyme · eicosanoids

#### 서 론

심장·순환계질환의 원인은 크게 비가역적인 원인과

체택일 : 1996년 8월 13일

\*본 연구는 한화그룹중합연구소의 연구비지원에 의해 공동 위탁과제의 일부로 수행되었음.

가역적인 원인으로 나눌 수 있는데 유전, 성별, 나이 등의 비가역적인 원인은 제외하더라도 고지혈증, 비만, 흡연 등의 가역적인 인자들을 잘 조절한다면 심장, 순환계질환의 발병을 많이 감소시킬 수 있다고 한다<sup>1)2)</sup>. 이중에서도 고지혈증은 지방 섭취와 밀접한 관련이 있다는 것

이 역학조사에 의해 잘 알려져 있다<sup>3)</sup>. 식이지방이 혈액 내 지방성분에 미치는 영향은 지방의 총섭취량, 포화지방산과 불포화지방산의 조성 및 n-3, n-6계 지방산 조성 등에 관하여 연구되고 있다<sup>4,9)</sup>.

포화지방산섭취는 혈청과 low density lipoprotein (LDL)내 콜레스테롤량 및 중성지방량을 증가시키며, 불포화지방산섭취는 감소시킨다<sup>4,7)</sup>. 그리고 불포화지방산 중에서 n-3 지방산식은 n-6 지방산식에 비해 혈장 중성지방을 저하시키는 효과가 더 크다고 한다<sup>5,6,10,11)</sup>. n-3 지방산은 포화지방산이나 n-6 지방산에 비해 간에서 산화가 빨리 일어나며 중성지방합성과 관련된 효소들의 활성을 감소시키며, 간에서 혈액으로 중성지방분비를 감소시켜 혈액내 중성지방량을 감소시킨다고 한다<sup>12-17)</sup>. 김우경등<sup>18)</sup>은 흰쥐를 이용한 실험에서,  $\alpha$ -linolenic acid(C18:3)를 60% 정도 함유하고 있는 n-3 지방산의 식물성 급원인 들기름을 섭취한 군이 참기름이나 우지를 섭취한 군에 비해 혈액내 중성지방량이 낮은 것을 관찰하였다. 그리고 n-3 지방산의 효과는  $\alpha$ -linolenic acid보다 사슬이 더 길고 고도로 불포화되어 있는 eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5)나 docosahexaenoic acid(DHA, C22:6)를 섭취했을 때 더 크게 나타났다고 보고하고 있다<sup>5,19)</sup>. 그러나 정혜림<sup>20)</sup>은 우지에 들기름과 참치유를 첨가하였을 때 들기름첨가군이 참치유첨가군보다 혈액내 중성지방이 더 낮았다고 보고하였다.

또한 심장·순환계질환의 발병에는 혈전 형성도 관계하여, 식이 지방과 eicosanoid 대사에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 혈소판에서 arachidonic acid로부터 cyclooxygenase에 의해 합성되는 TXA<sub>2</sub>는 혈소판 응집과 혈관 수축작용을 하고, 반면에 혈관벽에서 arachidonic acid로부터 합성되는 또다른 대사물인 PGI<sub>2</sub>는 혈소판의 응집억제와 혈관 확장작용을 하므로, 혈소판 응집은 TXA<sub>2</sub>와 PGI<sub>2</sub> 균형에 의해 조절된다<sup>21,22)</sup>. 식이 지방산의 변화는 혈소판과 혈관벽의 인지방내 지방산 조성을 변화시키고 TXA<sub>2</sub> 및 PGI<sub>2</sub> 합성에 영향을 줄 수 있다. 어유를 섭취하면 혈소판이나 혈관벽의 인지질에 arachidonic acid 대신에 EPA가 유입되어 arachidonic acid로부터의 TXA<sub>2</sub>, PGI<sub>2</sub> 합성이 억제되며,  $\alpha$ -linolenic acid 섭취시에는 n-6 지방산인  $\gamma$ -linolenic acid가 arachidonic acid로 전환되는 것을 감소시켜 TXA<sub>2</sub>, PGI<sub>2</sub> 합성이 억제되므로 어유나  $\alpha$ -linolenic acid 섭취는 항 혈전효과를 나타낸다고 하는데<sup>23-27)</sup> 어유와  $\alpha$ -linolenic acid의 효과를 비교한 연구는 많지 않다.

이와 같이 n-3 지방산중에서도 어유는 혈장 지질저하 효과 및 항혈전효과가 있어 심장·순환계질환의 예방 효과를 보이지만 생체 내에서 과산화 가능성이 크므로 암

발생이나 노화 촉진과 같은 바람직하지 못한 결과를 가져올 수 있다<sup>28)</sup>. 그런데 우리 나라에서 상용하고 있는 들기름에 들어 있는  $\alpha$ -linolenic acid는 어유에 들어 있는 지방산보다 불포화도가 낮으므로 들기름이 어유와 유사한 생리적인 효과를 지닌다면 n-3 지방산 섭취시 들기름 사용을 제안할 수 있을 것이다. 한편 우리 나라에서는 식이지방의 P/S비율을 1정도로 권장하고 있으므로<sup>29)</sup> 한가지 지방만을 사용하지 않고 식이지방의 반을 동물성급원인 우지로 공급하고 반을 불포화지방산으로 공급하였다. 그리고 불포화지방산 전부를 n-6 지방산을 공급하는 참기름을 준 군을 대조군으로 하고 참기름의 일부분을 n-3 지방산이 풍부한 들기름이나 참치유를 두가지 비율로 대체하여, 포화지방산과 n-6 지방산을 함께 섭취하면서 n-3 지방산의 효과를 관찰하였다. 즉, 포화지방산섭취와 조화를 이룰 수 있는 불포화지방산의 혼합비율을 알아보는 것이 본 연구의 목적이다.

## 실험방법 및 내용

### 1. 실험동물 및 식이

본 연구에서는 생후 4주된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 사용하였으며, 실험식으로 사육하기전 2주 동안 고형배합사료(삼양사료)로 적응시킨 후 체중에 따라 난괴법(randomized complete block design)에 의해 1군당 10마리씩 나누어 실험식으로 4주간 사육하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이 식이지방수준은 한국인에게 권장되는 총섭취 열량의 20%(식이 무게의 10%)로 고정시켰고<sup>29)</sup>, 지방은 우지, 참기름, 참치유(27.2% DHA 함유), 들기름을 사용하였다. 식이지방의 구성을 보면 우지를 전체 식이지방량의 50%로 하고 여기에 참기름만 50% 혼합한 식이(S), 참기름 40%와 참치유나 들기름을 10% 혼합한 식이(T1, P1), 참기름 25%와 참치유나 들기름을 25% 혼합한 식이(T2, P2)등 5가지 식이를 4주간 섭취시켰다. 본 연구에 사용된 우지는 롯데삼강에서 제공받았고 들기름, 참기름은 (주)풀무원식품에서, 참치유는 동원산업에서 구입하였다. 실험에 사용한 식이지방의 지방산 조성은 Table 2와 같다. 식이조성에 사용된 참치유, 들기름, 참기름의 지방산 조성을 분석한 후에 각 실험군의 식이지방의 지방산구성을 계산하였다.

실험기간 동안 실험동물은 한 마리씩 분리하여 사육하였으며 물과 식이는 제한 없이 공급하였다. 식이섭취량은 매주 3회 일정한 시간에 측정하였고 식이섭취량 측정 후 남은 식이는 폐기하였다. 체중은 2주일에 1회씩 측정하였고 체중증가와 식이섭취량으로 식이효율을 계산하

**Table 1.** Composition of experimental diet (g/Kg diet)

Ingredients	Group <sup>1)</sup>				
	S	T1	T2	P1	P2
Corn starch	700	700	700	700	700
Casein	150	150	150	150	150
Methionine	3	3	3	3	3
Fat	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
Beef tallow	50	50	50	50	50
Sesame oil	50	40	25	40	25
Tuna oil		10	25		
Perilla oil				10	25
Salt Mixture <sup>2)</sup>	35	35	35	35	35
Vitamin mixture <sup>3)</sup>	10	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2	2

1) S : sesame oil, T : Tuna oil, P : Perilla oil

2) Salt Mixture(g/Kg mixture) : Calcium phosphate, di-basic 500 ; Sodium chloride 74 ; Potassium citrate, monohydrate 220 ; Potassium sulfate 52 ; Magnesium oxide 24 ; Manganous carbonate 3.5 ; Ferric citrate 6 ; Zinc carbonate 1.6 ; Cupric carbonate 0.3 ; Potassium iodate 0.01 ; Sodium selenite 0.01 ; Chromium potassium sulfate 0.55 ; Sucrose, finely powdered to make 1000g

3) Vitamin Mixture(mg/Kg mixture) : Thiamin.HCl 600 ; Riboflavin 600 ; Pyridoxine.HCl 700 ; Nicotinic acid 3000 ; D-Calcium pantothenate 1600 ; Folic acid 200 ; D-Biotin 20 ; Cyanocobalamin 1 ; Retinyl palmitate or acetate 400,000IU vitamin A activity ; dl- $\alpha$ -Tocopheryl acetate 5000IU vitamin E activity ; Cholecalciferol 2.5 ; Menaquinone 5 ; Sucrose, finely powdered to make 1000g

**Table 2.** Fatty acids composition<sup>1)</sup> of different fats in experimental diets (%)

Fatty acid	Group				
	S	T1	T2	P1	P2
C 14 : 0	1.3	1.7	2.3	1.3	1.4
C 16 : 0	15.2	16.1	17.5	15.1	15.1
C 16 : 1	1.1	1.7	2.6	1.1	1.1
C 18 : 0	11.2	11.4	11.6	11.0	10.7
C 18 : 1(n-9)	38.4	36.3	33.2	36.3	33.2
C 18 : 2(n-6)	27.3	22.5	15.5	24.2	19.5
C 18 : 3(n-3)	0.9	0.9	0.9	5.7	13.0
C 20 : 4(n-6)		0.2	0.5		
C 20 : 5(n-3)		0.6	1.4		
C 22 : 5(n-6)		0.3	0.5		
C 22 : 6(n-3)		2.7	6.8		
Unkown	4.6	5.5	7.2	5.3	6.0
$\Sigma$ SFA	27.7	29.2	31.4	27.4	27.2
$\Sigma$ PUFA	28.2	27.2	25.6	29.9	32.5
P/S ratio <sup>2)</sup>	1.02	1.07	1.23	1.09	1.19
$\Sigma$ n-3 FA	0.9	4.2	9.1	5.7	13.0
$\Sigma$ n-6 FA	27.3	23.0	16.5	24.2	19.5
n-3/n-6 ratio <sup>3)</sup>	0.033	0.18	0.55	0.24	0.67

1) data estimated by

\*Tuna oil : C14 : 0 4.0, C16 : 0 19.3, C16 : 1 6.3, C18 : 0 5.0, C18 : 1 15.0, C18 : 2 1.4, C18 : 3 0.9, C20 : 4 1.9, C20 : 5 5.7, C22 : 5 2.9, C22 : 6 27.2

\*Perilla oil : C14 : 0 0.6, C16 : 0 9.5, C16 : 1 0.3, C18 : 0 1.3, C18 : 1 14.8, C18 : 2 17.3, C18 : 3 49.2

\*Sesame oil : C14 : 0 0.2, C16 : 0 10.0, C18 : 0 3.6, C18 : 1 35.7, C18 : 2 48.9, C18 : 3 0.8

2) P/S ratio =  $\Sigma$  PUFA /  $\Sigma$  SFA

3) n-3/n-6 =  $\Sigma$  n-3 FA /  $\Sigma$  n-6 FA

였다.

## 2. 시료채취 및 생화학적 분석

### 1) 혈액 및 장기의 시료채취

실험동물을 12시간 굶긴 후 diethyl ether로 마취시켜 개복하여 3.8% sodium citrate 0.1ml로 미리 coating시킨 10ml주사기로 심장에서 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액중 0.5ml는 즉시 thromboxane B<sub>2</sub> 측정을 위한 시료 준비에 사용하였고, 나머지 혈액은 E.D.T.A. (Ethylene Diamine Tetra Acetate)가 들어있는 polystyrene 원심분리관에 담아 혈장을 분리하였다.

대동맥을 취하여 주위의 지방조직을 제거하고 식염수로 씻은 후 약 1cm길이로 잘라 PGI<sub>2</sub> 생성을 측정하기 위한 시료로 사용하였다. 간, 신장, 비장 및 부고환지방은 떼어서 무게를 측정하였고 간은 바로 -70°C에 보관하여 효소활성 측정에 사용하였다.

혈장의 thromboxane B<sub>2</sub> 측정을 위한 시료와 대동맥에서 6-keto-Prostaglandin F<sub>1 $\alpha$</sub>  측정시료 제조방법은 전의 실험에서 기술한 바와 같다<sup>30)</sup>.

## 2) 생화학적 분석

### (1) 혈장과 간의 지질 분석

혈장의 총지방량은 Frings법<sup>31)</sup>에 의해 측정하였다. 간의 총 지방량은 Bligh and Dyer법<sup>32)</sup>과 Folch법<sup>33)</sup>을 이용하여 정량하였다. 혈장의 총 콜레스테롤량은 cholesterol esterase를 이용한 효소시약 kit(국제시약, 일본)을 사용하였고, 중성지방은 lipoprotein lipase와 glycerokinase를 포함하는 효소시약 kit(영연 화학, 일본)로 측정하였다. 간의 콜레스테롤량과 중성지방은 Bligh and Dyer법<sup>32)</sup>과 Folch법<sup>33)</sup>을 이용하여 추출한 총지방을 chloroform에 녹여 혈장과 같은 방법으로 분석하였다.

### (2) Lipogenic enzyme 활성 측정

간조직은 균질화하여, Glucose 6 phosphate dehydrogenase(G6PDH, EC 1.1.1.49) 활성은 Deutsch법<sup>34)</sup>에 의하여, malic enzyme(ME, EC 1.1.1.40)의 활성은 Hsu and Lardy법<sup>35)</sup>에 의해 측정하였다. 두 효소의 활성은 25°C에서 측정되었으며 효소원의 단백질량은 Lowry법<sup>36)</sup>으로 분석하였다.

(3) Peroxisomal β-산화 측정

간세포의 peroxisome을 분리하여<sup>37)</sup> peroxisomal β-산화는 palmityl-CoA가 있으면 peroxisomal β-산화의 세번째 단계에서 일어나는 NAD에서 NDAH로의 환원 과정을 spectrophotometer로 측정하는 cyanide insensitive palmytoyl CoA-NAD reduction 방법<sup>38)</sup>을 사용하였고 전에 기술한 방법과 같다<sup>39)</sup>. 시료의 단백질량은 Lowry법<sup>36)</sup>으로 분석하였다.

(4) Lipoprotein lipase(LPL) 활성 측정

말초조직의 중성지방 제거를 평가하기 위해 부고환지방에서의 LPL 활성을 Riley와 Robinson법<sup>40)</sup>을 변형한 Parkin등<sup>41)</sup>의 방법에 의해 측정하였다.

(5) Thromboxane B<sub>2</sub> 및 6-keto-Prostaglandin F<sub>1α</sub> 측정

Thromboxane A<sub>2</sub>(TXA<sub>2</sub>)와 Prostacyclin I<sub>2</sub>(PGI<sub>2</sub>)는 반감기가 짧으므로 생리적으로 안정된 thromboxane B<sub>2</sub>(TXB<sub>2</sub>)와 6-keto prostaglandin F<sub>1α</sub>(6-keto PGF<sub>1α</sub>)을 대신 측정하였다<sup>42)43)</sup>. TXB<sub>2</sub>와 6-keto PGF<sub>1α</sub> 함량은 radioimmunoassay(RIA)방법으로, <sup>3</sup>H가 표시된 RIA kit(Amsham, TRK 780, TRK 790)로 각각 측정하였다<sup>44)45)</sup>.

(6) 식이 지방 지방산 분석

참치유, 들기름과 참기름을 각기 0.5g씩 취하여 전에 기술한 방법에 의하여 지방산의 상대적 비율로 구하였다<sup>18)</sup>.

3) 자료 처리 및 분석

모든 실험분석의 결과는 평균과 표준오차로 나타내었고 각 실험군의 평균간의 유의성은 α=0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다. 식이 지방 종류와 첨가 비율에 대한 요인분석은 2-way ANOVA로 하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 증가량, 식이섭취량 및 식이 효율

실험동물의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이 효율은 Table 3에 나타내었다.

식이섭취량은 참치유나 들기름을 25% 첨가시킨 군(T2, P2)들이 10% 첨가된 군(T1, P1)들보다 많았으나 체중증가량과 식이 효율은 식이 지방이나 첨가 수준에 따른 차이가 없었다. 정혜림<sup>20)</sup>은 우지만 섭취한 군보다 우지에 참치유를 첨가한 식이를 섭취한 흰쥐의 체중증가가 많았다고 하였으나, Awad등<sup>46)</sup>은 섭취한 식이 지방 종류가 체중증가에 영향을 주지 않았다고 보고하였다.

1) 장기 무게

실험동물의 장기무게는 Table 4와 같다. 간, 신장, 비장 및 부고환지방 무게는 식이간에 차이가 없었다. 이경애와 김숙희<sup>39)</sup>의 연구에서 참기름에 참치유를 첨가시켜 섭취하였을 때 참기름만 섭취한 군에 비해 간, 신장, 부고환지방 무게의 증가를 관찰하여 본 실험과는 다른 결과를 보여 주었다. 그리고 Belzung등<sup>47)</sup>은 어유를 적게 먹었을 때 보다 많이 먹었을 때 실험동물의 지방조직(adipose tissue) 무게가 적었다고 하였으며, Parrish등<sup>48)</sup>은 어유의 섭취로 실험동물의 간, 신장, 비장의 무게는 증가하였으나 지방조직의 무게는 감소하였다고 하였다.

2. 지질대사에 미치는 영향

1) 혈장 지질

혈장내 지질양을 측정된 결과는 Table 5에 제시하였다. 혈장 총지질양은 참기름만 섭취하였을 때 보다 참기름에 참치유나 들기름을 첨가하여 섭취하였을 때 유의적으로 낮았다. 혈장 중성지방량도 참치유나 들기름을 첨가하면 유의적으로 낮았으며 들기름 첨가군과 참치유 첨가

Table 3. Body weight gain and food efficiency ratio

	Body weight gain (g/4week)	Food intake (g/4week)	Food efficiency ratio
S	58.0±14.4 <sup>1)NS2)</sup>	589.9±18.8 <sup>ab3)</sup>	0.094±0.021 <sup>NS</sup>
T1	58.5±11.5	547.8±21.2 <sup>b</sup>	0.089±0.013
T2	61.2± 6.8	623.2±12.3 <sup>a</sup>	0.097±0.009
P1	67.6±10.3	548.2±12.7 <sup>b</sup>	0.118±0.017
P2	61.6± 8.0	617.8±16.3 <sup>a</sup>	0.102±0.010
Significant Factor <sup>4)</sup>	NS	B***	NS

1) Mean±SE, 2) Not significant at α=0.05 by Duncan's multiple range test, 3) Values with different superscripts among groups were significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test, 4) \* : P<0.1, \*\* : P<0.05, \*\*\* : P<0.01, NS : not significant A : oil, B : level

Table 4. Organ weights and weight of epididymal fat pad

	Liver	Kidney	Spleen	Epididymal fat pad (g)
S	12.1±0.65 <sup>1)NS2)</sup>	2.62±0.13 <sup>NS</sup>	1.69±0.21 <sup>NS</sup>	9.1±1.17 <sup>NS</sup>
T1	11.6±0.31	2.73±0.08	1.80±0.24	7.7±0.96
T2	11.9±0.35	2.65±0.08	1.47±0.07	8.7±1.19
P1	11.3±0.66	2.56±0.11	1.61±0.21	8.1±0.49
P2	11.2±0.58	2.68±0.12	1.74±0.17	8.5±0.85
Significant Factor <sup>3)</sup>	NS	NS	NS	NS

1) Mean±SE, 2) Not significant at α=0.05 by Duncan's multiple range test, 3) \* : P<0.1, \*\* : P<0.05, \*\*\* : P<0.01, NS : not significant A : oil B : level

군간에 차이가 없었고 첨가 수준간에도 차이가 없었다. 혈장 총콜레스테롤량은 참치유나 들기름을 첨가하였을 때 참기름만 섭취한 군에 비해 유의 적으로 낮았으며 들기름 첨가군보다 참치유 첨가군에서 더 낮았고, 두 기름군 모두 첨가수준이 높아지면 낮아지는 경향을 보였다.

많은 연구에서 불포화지방산의 섭취는 혈청내 중성지방량을 감소시켰으며 불포화지방산중에서도 n-3 지방산의 섭취가 n-6 지방산의 섭취보다 혈청 중성지방량과 VLDL 중성지방량을 낮춘다는 보고하여<sup>49-53</sup> 본 연구와 일치하였다. 그리고 n-3 지방산을 어유로 섭취하는 것이  $\alpha$ -linolenic acid로 섭취하는 것보다 혈액내 지방성분을 더 많이 저하시킨다고 하였으나<sup>49</sup>, 본 실험에서는 어유나 들기름 간의 차이가 나타나지 않아 들기름도 어유와 같은 정도의 혈중 중성지방저하효과가 있는 것으로 보인다. Spady<sup>19</sup>는 n-6인 linoleic acid와 n-3 인  $\alpha$ -linolenic acid간에 혈청 콜레스테롤이나 중성지방량에 차이가 없다고 하여 본 실험결과와는 상반되게 보고하였다.

n-3 지방산섭취가 혈중 콜레스테롤양을 감소, 증가, 변화시키지 않는다는 여러 보고들이 었닫리고 있다<sup>11,19,50,51,53-55</sup>. 이경애와 김숙희<sup>39</sup>의 동물실험에서 n-3/n-6 비가 0.016, 0.47일때 두 식이간에 혈중콜레스테롤양에 차이가 없었다고 하였으며, 김우경<sup>16</sup>은 들기름을 급원으로 하여 n-3 지방산섭취를 증가시켰을 때 혈장과 LDL중의 콜레스테롤양이 증가하였다고 하였다. 그러나 정혜림은<sup>20</sup> 우지에 참치유와 들기름의 첨가비율이 높을수록 혈장 콜레스테롤양이 감소하였으며 사육기간이 10일이나 30일 동안에는 참치유와 들기름간의 차이가 없었으나 사육기간이 90일로 증가하면 참치유첨가군들이 들기름첨가군들에 비해 혈장 콜레스테롤 저하효과가 커졌다고 하였다. 본 실험에서는 n-3 지방산이 첨가량이 증가할 수록 많은 감소를 하였으며, 참치유효과가 더 큰 것으로 나타났다.

2) 간의 지질

간 조직의 지질량은 Table 6에 나타내었다. 간의 총지

Table 5. Lipid contents in Plasma (mg/dl plasma)

	Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol
S	164.6±13.1 <sup>1)ab2)</sup>	96.8±15.9 <sup>a</sup>	65.1±3.9 <sup>a</sup>
T1	130.7± 9.1 <sup>b</sup>	60.7± 6.0 <sup>b</sup>	50.7±3.7 <sup>bc</sup>
T2	117.2± 6.6 <sup>b</sup>	73.2± 5.0 <sup>ab</sup>	45.3±3.1 <sup>c</sup>
P1	127.3± 7.9 <sup>b</sup>	58.1± 7.1 <sup>b</sup>	59.0±4.3 <sup>ab</sup>
P2	134.4±11.0 <sup>b</sup>	66.4± 8.1 <sup>b</sup>	50.5±3.3 <sup>bc</sup>
Significant Factor <sup>3)</sup>	A*	A***	A**, B*

1) Mean±SE, 2) Values with different superscripts among groups were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test, 3) \* : P<0.1, \*\* : P<0.05, \*\*\* : P<0.01, NS : not significant A : oil B : level

질량은 n-3 지방산의 첨가나 첨가수준에 영향을 받지 않았다. 간의 중성지방량과 콜레스테롤양도 식이군간의 유의 적인 차이가 없었다.

식이지방의 P/S 비율이 높을수록 간 콜레스테롤과 중성지방량이 낮았다는 보고가 있고<sup>56,57</sup> Lee등<sup>4)</sup>은 간내 중성지방량은 P/S나 n-3/n-6 비율 변화에 아무런 영향을 받지 않으나 콜레스테롤양은 n-3/n-6 비율이 낮을수록 즉 n-6 지방산섭취가 많을수록 낮아졌다고 하였다.

3) 간의 peroxisomal  $\beta$ -산화 및 lipogenic enzyme 활성

간 조직에서의 peroxisomal  $\beta$ -산화 및 lipogenic enzyme 활성은 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3과 같다.

간 조직의 peroxisomal  $\beta$ -산화는 참치유를 첨가한 군들에서만 증가하였고 들기름군에서는 참기름군과 차이가 없었다. 이경애와 김숙희는<sup>39</sup> 흰쥐에게 우지와 참기름에 참치유를 첨가하여 섭취시켰을 때 간에서의 peroxisomal  $\beta$ -산화가 증가되었으나, 또 다른 실험에서<sup>58</sup> 들기름과 참기름을 5단계로 혼합하여 섭취시켰을 때는

Table 6. Lipid contents in Liver (mg/g wet liver)

	Total lipid	Triglyceride	Cholesterol
S	50.4±3.63 <sup>1)ab2)</sup>	6.77±0.71 <sup>NS3)</sup>	2.37±0.13 <sup>b</sup>
T1	42.3±2.54 <sup>b</sup>	7.07±1.09	2.26±0.11 <sup>b</sup>
T2	50.3±3.49 <sup>b</sup>	7.04±0.72	2.43±0.13 <sup>ab</sup>
P1	54.9±3.93 <sup>a</sup>	6.89±0.87	2.80±0.18 <sup>a</sup>
P2	46.3±2.21 <sup>ab</sup>	6.94±1.01	2.43±0.11 <sup>ab</sup>
Significant Factor <sup>4)</sup>	NS	NS	A×B**

1) Mean±SE, 2) Values with different superscripts among groups were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test, 3) Not significant at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test, 4) \* : P<0.1, \*\* : P<0.05, \*\*\* : P<0.01, NS : not significant A : oil B : level

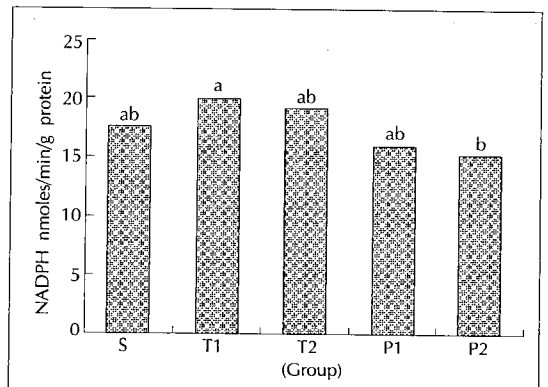


Fig. 1. Peroxisomal  $\beta$ -oxidation in liver. Different alphabet were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. There was significantly different in dietary fat type at  $\alpha=0.05$ .

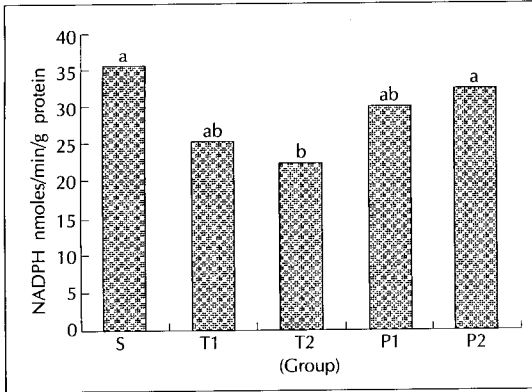


Fig. 2. Glucose 6 phosphate dehydrogenase activity in liver. Different alphabet were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. There was significantly different in dietary fat type at  $\alpha=0.05$ .

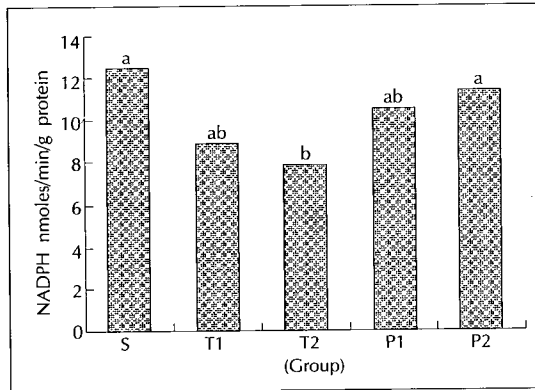


Fig. 3. Malic enzyme activity in liver. Different alphabet were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. There was significantly different in dietary fat type at  $\alpha=0.05$ .

peroxisomal  $\beta$ -산화가 식이간에 차이가 나타나지 않아, peroxisomal  $\beta$ -산화는 n-3 지방산의 양이나 n-3/n-6 비율에 의한 것이 아니라 식이내 DHA양과 관계있다고 하였다. 정혜림은<sup>20)</sup> 간의 mitochondria와 peroxisomal에서의  $\beta$ -산화를 비교하였는데 들기름 섭취군이 어유섭취군에 비해서 peroxisomal에서의 산화는 낮았지만 mitochondria에서는 많이 일어났다고 보고하였고, Osmundsen은<sup>20)</sup> 지방산사슬의 길이가 길어짐에 따라 peroxisomal에서의  $\beta$ -산화가 선호되며 중간정도의 사슬의 지방산은 mitochondria에서의 산화가 우선적으로 일어난다고 하였다.

Lipogenic enzyme인 glucose 6 phosphate dehydrogenase(G6PDH)와 malic enzyme(ME)의 활성은 참기름군보다 n-3 지방산을 첨가하면 감소하였고 특히 참치유 첨가군들에서 더 낮았다. 이와 같은 결과는 다불포화지방산의 섭취는 간의 G6PDH나 ME의 활성을 낮추는 하

나의 인자이며<sup>56,61)</sup> 다불포화지방산중 n-6 지방산보다 n-3 지방산의 섭취가 lipogenic 효소 활성화와 lipogenesis를 더 억제시킨다는 여러 보고들<sup>56,61)</sup>과 일치하였다. 그리고 탄소수가 18개인 지방산보다는 20개 이상인 다가불포화지방산이 지방산합성을 더 억제한다고 하였는데<sup>62)</sup> 본 연구에서도 들기름 첨가군보다 참치유 첨가군에서 G6PDH나 ME의 활성이 더 낮았다. 또한 참치유 첨가군에서는 첨가수준이 증가하면 G6PDH나 ME의 활성이 감소되는 경향은 보였지만 유의적 차이는 아니었다.

이와 같이 참치유의 첨가로 간 조직에서 peroxisomal  $\beta$ -산화가 증가하고 lipogenic enzyme의 활성이 감소한 것이 혈장 중성지방량이 감소한 기전으로 생각된다. 반면에 들기름 첨가로 혈장 지질은 참치유와 같은 정도로 저하되었으나 peroxisomal  $\beta$ -산화는 증가되지 않았고 lipogenic enzyme의 활성감소는 참치유 첨가보다 작았으므로 들기름은 참치유와는 다른 기전에 의해 혈중중성지방을 감소시키는 것으로 보인다.

#### 4) 부고환지방의 lipoprotein lipase 활성

부고환지방의 lipoprotein lipase 활성을 Table 7에 제시하였다. 부고환지방의 lipoprotein lipase 활성은 군간의 유의적인 차이가 없었다. 정혜림은<sup>20)</sup> 참치유의 첨가량이 변화해도 LPL활성이 변화하지 않았다고 보고하였으며, 다른 연구자들<sup>63,64)</sup>도 LPL활성에 대해 상반된 결과를 보이고 있어 부고환지방조직의 LPL이 n-3 지방산의 혈청지질저하효과에 작용하는지는 더 많은 연구가 필요한 것으로 생각한다.

#### 3. Eicosanoid 함성에 미치는 영향

혈액 응고시간을 결정하는 기전의 일부로 측정된 혈장의 TXB<sub>2</sub>와 대동맥조직의 6-keto PGF<sub>1 $\alpha$</sub> 량은 Table 8과 같다. 혈장의 TXB<sub>2</sub> 함량은 참치유나 들기름 첨가군에서 참기름군에 비해 유의적으로 낮았으나 대동맥조직의 6-keto PGF<sub>1 $\alpha$</sub> 량은 식이에 의한 차이를 보이지 않았

Table 7. Lipoprotein lipase(LPL) activity<sup>1)</sup> in epididymal fat pad

	Lipoprotein lipase
S	60.5 $\pm$ 3.83 <sup>2)NS3)</sup>
T1	58.0 $\pm$ 3.23
T2	63.6 $\pm$ 3.37
P1	60.6 $\pm$ 2.99
P2	58.6 $\pm$ 3.37
Significant Factor <sup>4)</sup>	NS

1) Lipoprotein lipase activity is expressed as  $\mu$ moles free fatty acids released per g tissue per hour, 2) Mean  $\pm$  SE, 3) Not significant at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test, 4) \* : P<0.1, \*\* : P<0.05, \*\*\* : P<0.01, NS : not significant A : oil B : level

**Table 8.** Eicosanoid concentration in plasma and fat free aorta

	TXB <sub>2</sub> (ng/ml plasma)	6-Keto PGF <sub>1α</sub> (ng/mg fat free aorta)
S	3.47 ± 1.39 <sup>1)a2)</sup>	8.37 ± 4.49 <sup>N53)</sup>
T1	0.70 ± 0.56 <sup>b</sup>	8.73 ± 1.77
T2	0.73 ± 0.58 <sup>b</sup>	8.34 ± 1.96
P1	0.42 ± 0.29 <sup>b</sup>	8.54 ± 3.38
P2	1.40 ± 0.42 <sup>ab</sup>	8.36 ± 3.71
Significant Factor <sup>4)</sup>	A**	NS

1) Mean ± SE, 2) Values with different superscripts among groups were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test, 3) Not significant at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test, 4) \* : P < 0.1, \*\* : P < 0.05, \*\*\* : P < 0.01, NS : not significant A : oil B : level

다. 많은 실험에서 n-3 지방산은 arachidonic acid 대사를 방해하여 이 지방산으로부터 합성되는 TXA<sub>2</sub>와 PGI<sub>2</sub> 합성량을 감소시키는 것이 관찰되었다<sup>23,27)</sup>. 이경애는<sup>58)</sup> 들기름과 참기름을 일정 비율로 혼합한 식이를 흰쥐에게 섭취시켰을 때 들기름의 비율이 증가할 수록 TXB<sub>2</sub> 합성이 감소되어 식이내  $\alpha$ -linoleic acid도 TXB<sub>2</sub> 합성을 감소시키는 것으로 보고하였다. 그리고 김우경과 정진은<sup>30)</sup> 들기름을 사용하여 n-6/n-3 비율을 변화시켰을 때 들기름의 첨가량이 많을수록 TXB<sub>2</sub>의 합성이 감소하는 것을 관찰하였고, Boudreau 등<sup>24)</sup>은  $\alpha$ -linolenic acid군과 어유군간의 TXB<sub>2</sub> 합성량에는 차이가 없었다고 하였다. 그러므로 혈전에 관여하는 주요 eicosanoid인 TXB<sub>2</sub>의 합성에는  $\alpha$ -linolenic acid나 어유의 지방산이 유사한 효과를 낸다고 보여진다.

식이내 n-6 지방산이 많을수록 PGI<sub>2</sub> 합성이 많고 EPA나 DHA의 섭취로 PGI<sub>2</sub> 합성은 감소된다고 알려져 있다<sup>22,23)</sup>. 이경애는<sup>58)</sup> 참기름과 들기름을 혼합시켜 흰쥐에게 주었을 때 식이지방내 참기름의 비율이 많아질수록, 즉 n-3/n-6 비율이 낮아질수록 대동맥에서의 6-keto PGF<sub>1α</sub> 생성량이 많아지는 경향을 관찰하였다. 또한 흰쥐에서 고DHA어유의 섭취로 식이내 n-3/n-6 비율이 증가되면 대동맥에서의 6-keto PGF<sub>1α</sub> 생성량이 감소되었다<sup>30)</sup>. 그러나 김우경과 정진은<sup>30)</sup>은 들기름으로 n-3 지방산의 섭취를 증가시켰을 때 흰쥐 대동맥에서의 6-keto PGF<sub>1α</sub> 생산이 감소하지 않았으며 Fisher와 Weber<sup>65)</sup>도 n-3 지방산 섭취에 의해 6-keto PGF<sub>1α</sub> 생산 감소를 관찰하지 못하였다고 보고하여 본 실험과 일치하였다.

**요약 및 결론**

본 실험은 n-3 지방산 급원을 들기름과 참치유로 달리

하여 혈액내 지방성분과 간에서의 지방산산화, 지방합성에 관여하는 효소의 활성, 혈전에 관여하는 eicosanoid의 생성을 비교하였다.

식이섭취량은 참치유나 들기름을 첨가시킨 군들이 많았으나 체중증가량과 식이 효율은 식이 지방이나 첨가 수준에 따른 차이를 보이지 않았다. 간, 신장, 비장 및 부고환지방 무게는 식이간에 차이가 없었다. 혈장 총지질양은 참기름만 섭취시켰을 때 보다 참치유나 들기름을 첨가하여 섭취시켰을 때 유의 적으로 낮았다. 혈장 중성지방량과 콜레스테롤양은 참치유나 들기름을 첨가하면 유의 적으로 낮았는데 중성지방양은 들기름 첨가군과 참치유 첨가군간에 차이가 없었으나 콜레스테롤양은 들기름 첨가군보다 참치유 첨가군에서 더 낮았고, 두 기름군 모두 첨가수준이 높을 때 더 낮은 경향을 보였다. 간의 총지질양, 중성지방양, 콜레스테롤양은 식이군간의 유의적인 차이가 없었다. 간 조직의 peroxisomal  $\beta$ -산화는 참치유를 첨가한 군들에서만 증가하였고 들기름군에서는 참기름군과 차이가 없었다. G6PDH와 ME 활성은 참기름군보다 참치유 첨가군들에서 첨가수준이 증가하면 더 낮았다. 부고환지방의 lipoprotein lipase 활성은 군간의 유의적인 차이가 없었다. 혈장의 TXB<sub>2</sub> 함량은 참치유나 들기름 첨가군에서 참기름군에 비해 유의적으로 감소하였으나 대동맥조직의 6-keto PGF<sub>1α</sub> 함량은 식이에 의한 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 포화지방산 급원인 우지와 함께 불포화지방산을 섭취할때 참기름만 섭취하였을 때보다 참치유나 들기름을 첨가하여 섭취하면 혈장 지질량이 낮았으며 그 기전은 참치유와 들기름에서 다른 것으로 사료된다. 또한 혈전형성과 관련된 eicosanoid 합성에 있어 들기름과 참치유는 비슷한 효과를 나타내었다.

**Literature cited**

- 1) Wilson BI. Harrison's principles of internal medicine. 12th ed. New York, McGraw-Hill, 992-1001, 1991
- 2) Goldman L, Cook EF. The decline of ischemic heart disease mortality rates-an analysis of the comparative effects of medical interventions and changes in lifestyle. *Ann Intern Med* 100 : 825-836, 1984
- 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) Lee JH, Fukumoto M, Nishima H, Ikeda I, Sugano M. The interrelated effects of n-3/n-6 and polyunsaturated/saturated ratios of dietary fats on the regulation of lipid metabolism in rats. *J Nutr* 119 : 1893-1899, 1989

- 5) 김채중 · 박현서. 사람에서 식이지방의 불포화지방산과 불포화도가 혈장 지질조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24 : 179-188, 1991
- 6) Berr F, Goetz A, Schreiber E, Paumgartner G. Effect of dietary n-3 versus n-6 polyunsaturated fatty acids on hepatic excretion of cholesterol in the hamster. *J Lipid Res* 34 : 1275-1284, 1993
- 7) Fumeron F, Brigant L, Parra HJ, Bard JM, Fruchart JC, Apfelbaum M. Lowering of HDL<sub>2</sub>-cholesterol and lipoprotein A-1 particle levels by increasing the ratio of polyunsaturated to saturated fatty acids. *Am J Clin Nutr* 53 : 655-659, 1991
- 8) Spady DK, Dietschy JM. Interaction of dietary cholesterol and triglycerides in the regulation of hepatic low density lipoprotein transport in the hamster. *J Clin Invest* 81 : 300-309, 1988
- 9) Murthy S, Albright E, Methur SN, Field FJ. Modification of CaCo-2 cell membrane fatty acid composition by eicosaenoic acid and palmitic acid : Effect on cholesterol metabolism. *J Lipid Res* 29 : 773-780, 1988
- 10) Smit MJ, Verkade HJ, Havinga R, Vonk RJ, Scherphof GL, In't Veld G, Kuipers F. Dietary fish oil potentiates bile acid-induced cholesterol secretion into bile in rats. *J Lipid Res* 35 : 301-310, 1994
- 11) Huff MW, Telford DE, Edmonds BW, McDonald CG, Evans AJ. Lipoprotein lipases, lipoprotein density gradient profile and LDL receptor activity in miniature pigs fed fish oil and corn oil. *Biochim Biophys Acta* 1210 : 113-122, 1993
- 12) Topping DL, Trimble RP, Storer GB. Failure of insulin to stimulate lipogenesis and triglycerol secretion in perfused livers from rats adapted to dietary fish oil. *Biochim Biophys Acta* 927 : 423-28, 1987
- 13) Wong SH, Nestel PJ, Trimble RP, Storer GB, Illman RJ, Topping DL. The adaptive effects of dietary fish and safflower oil on lipid and lipoprotein metabolism in perfused rat liver. *Biochim Biophys Acta* 792 : 103-109, 1984
- 14) Iritani N, Fukuda E, Inoguchi K, Tsubosaka M, Tashiro S. Reduction of lipogenic enzymes by shellfish triglycerides in rat liver. *J Nutr* 110 : 1664-1670, 1980
- 15) Surette ME, Whelan J, Broughton KS, Kinsella JE. Evidence for mechanisms of the hypotriglyceridemic effect of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochim Biophys Acta* 1126 : 199-205, 1992
- 16) Wilson M, Johnson FL, Rudel LL, Parks JS. Fish oil diet decreases hepatic secretion of triglyceride but not apo B in African Green Monkeys. *Atherosclerosis* 8 : 4-631a, 1987
- 17) Wong SH, Nestel PJ. Eicosapentaenoic acid inhibits the secretion of triglycerol and of Apo B and the binding of LDL in Hep G2 cells. *Atherosclerosis* 64 : 139-146, 1987
- 18) 김우경 · 정진은 · 김숙희. n-6/n-3비율과 P/S비율을 변화시킨 식이지방이 나이가 다른 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27 : 687-698, 1994
- 19) Spady DK. Regulatory effects of individual n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids on LDL transport in the rat. *J Lipid Res* 34 : 1337-1346, 1993
- 20) 정혜림. 참치유와 들깨유 첨가식이 흰쥐의 지방대사와 혈전형성에 미치는 영향. 이화여자대학교 박사학위 청구논문, 1995
- 21) William EML. Fish and human health. Academic Press Inc., Orland 34-46, 1986
- 22) Croft KD, Beilin LJ, Vandongen R, Mathews E. Dietary modification of fatty acid and prostaglandin synthesis in the rat. Effect of variations in the level of dietary fat. *Biochim Biophys Acta* 795 : 196-207, 1984
- 23) Croft KD, Codde JP, Barden A, Vandongen R, Beilin LJ. Onset of changes in phospholipid fatty acid composition and prostaglandin synthesis following dietary manipulation with n-6 and n-3 fatty acids in the rat. *Biochim Biophys Acta* 834 : 316-323, 1985
- 24) Boudreau MD, Chanmugam PS, Hart SB, Lee SH, Hwang DH. Lack of dose response by dietary n-3 fatty acids at a constant ratio of n-3 to n-6 fatty acids in suppressing eicosanoid biosynthesis from arachidonic acid. *Am J Clin Nutr* 54 : 111-117, 1991
- 25) Song J, Wander RC. Effects of dietary selenium and fish oil(MaxEPA) arachidonic acid metabolism and hemostatic function in rats. *J Nutr* 121 : 284-292, 1991
- 26) Arne N, Louise B. Absorption of the n-3 eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acids as ethyl esters and triglycerides by humans. *Am J Clin Nutr* 53 : 1185, 1991
- 27) Moncada S, Vane JR. Arachidonic acid metabolites and the interactions between platelets and blood vessel walls. *New Engl J Med* 300 : 1142-1147, 1979
- 28) 조성희 · 임정교 · 최영선. 어유섭취시 식이 비타민 E 수준에 다른 체내 비타민 A, E, 글루타치온 상태의 기간별 변화. *한국영양학회지* 25 : 586-596, 1992
- 29) 한국인 영양권장량. 제 6 개정판. 한국영양학회, 1995
- 30) 김우경 · 정진은. P/S 비율과 n-6/n-3비율을 달리한 식이지방이 thromboxane A<sub>2</sub>와 6-ketoprostaglandin F<sub>1α</sub> 합성에 미치는 영향 연구. *한국영양학회지* 27 : 574-582, 1994
- 31) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfophospho vanilin reaction. *Am J Clin Pathol* 53 : 89-91, 1970
- 32) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37 : 911-917, 1959
- 33) Folch JM, Lees G, Stanley HS. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957



- 34) Deusch J. Glucose-6-phosphate dehydrogenase. In *Methods in Enzymatic analysis* Vol. 3, 3rd. ed. Ed by Bergmeyer Verlay Chemie, Gimbh, Weinheim 1983
- 35) Hsu RY, Lardy HA. Malic enzyme. In *Methods in enzymology* vol.13, pp 230-237, Ed. by Lowenstein. Academic Press Inc. New York 1969
- 36) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193 : 265-275, 1951
- 37) Singh H, Poulos A. Distinct long chain and very long chain fatty acyl CoA synthetase in rat liver peroxisomes and microsomes. *Arch Biochem Biophys* 266 : 486-495, 1988
- 38) Lazarow PB. Assay of peroxisomal  $\beta$ -oxidation of fatty acids. In *Methods in enzymology*. Ed by Lowenstein. Academic Press Inc. New York 72 : 315-317, 1981
- 39) 이경애 · 김숙희. 종류가 다른 식용유지에 첨가된 DHA (Docosahexaenoic Acid) 어유가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28 : 268-282, 1995
- 40) Riley SE, Robinson DS. Studies on the assay of clearing factor lipase. *Biochim Biophys Acta* 369 : 371-387, 1974
- 41) Parkin SM, Wallker K, Ashby P, Robinson DS. Effects of glucose and insulin on the activation of lipoprotein lipase and on protein synthesis in rat adipose tissue. *Biochem J* 188 : 193-199, 1980
- 42) Fitzpatrick FA, Gorman RR, McGuire JC, Kelly RC, Wynalda MA, Sun FF. A Radioimmunoassay for thromboxane B<sub>2</sub>. *Anal Biochem* 82 : 1-7, 1977
- 43) Fitzpatrick FA, Stringfellow DA, Maclouf FJ, Rigaud M. In *Prostaglandin*. Ed by Van JR, Bergstrom S. Raven Press, New York, 1979
- 44) Granstrom E, Kindahl H, Samuelsson B. Radioimmunoassay for thromboxane B<sub>2</sub>. *Analy Letters* 9 : 611-627, 1976
- 45) Demers LM, Derck DD. In *Advances in prostaglandin and thromboxane research*, 6th. Ed by Samuelsson B, Ramwell PW, Paoletti R. Raven Press, New York, 193-199, 1980
- 46) Awad a, Bernaedis LL, Fink CS. Failure to demonstrate an effect of dietary fatty acid composition on body weight, body composition and parameters of lipid metabolism in mature rats. *J Nutr* 120 : 1277-1282, 1990
- 47) Belzung F, Raclot T, Groscolas R. Fish oil n-3 fatty acids selectively limit the hypertrophy of abdominal fat depots in growing rats fed high-fat diets. *Am J Physiol* 264 : R 1111-1118, 1993
- 48) Parrish CC, Pathy DA, Parkers JG, Angel A. Dietary fish oils modify adipocyte structure and function. *J Cell Physiol* 148 : 493-502, 1991
- 49) 박현서 · 이숙민. 식이의 n-3 지방산과 지방의 불포화도가 혈장지질 구성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 25 : 555-568, 1992
- 50) Davidson DM, Gold KV. Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. *N Eng J Med* 319 : 580-592, 1988
- 51) Haug A, Høstmark AT. Lipoprotein lipases, lipoproteins and tissue lipids in rats fed oil or coconut oil. *J Nutr* 117 : 1011-1017, 1987
- 52) 김 채중 · 박 현서. 사람에서 식이지방의 불포화지방산과 불포화도가 혈장 지질조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24 : 179-188, 1991
- 53) Houwelingen R, Zevenbergen H, Groot P, Kester A, Hornstra G. Dietary fish effects on serum lipids and apolipoproteins, a controlled study. *Am J Clin Nutr* 51 : 393-398, 1990
- 54) Fumeron F, Brigant L, Ollivier V, Prost D, Driss F, Daret P, Bard JM, Parra HJ, Fruchart JC. N-3 polyunsaturated fatty acids raise low density lipoproteins, high density lipoproteins 2 and plasminogen-activator inhibitor in healthy young men. *Am J Clin Nutr* 54 : 118-122, 1991
- 55) Childs MT, Kong IB, Knopp RH. Divergent lipoprotein responses to fish oils with various ratios of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. *Am J Clin Nutr* 52 : 632-639, 1990
- 56) Hunt CE, Funk GM, Vidmar TJ. Dietary polyunsaturated to saturated fatty acid ratio alters hepatic LDL transport in cynomolgus macaques fed low cholesterol diets. *J Nutr* 122 : 1960-1970, 1992
- 57) 이재준 · 한인규 · 최윤재 · 강정선 · 장영상. 식이지방의 종류와 식이급여 형태가 흰쥐의 성장 및 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 26 : 119-130, 1993
- 58) 이경애. N-3 지방산이 첨가된 식이가 혈전 형성 및 지질과산화대사에 미치는 영향. 이화여자대학교 박사학위 청구논문, 1994
- 59) Osmundsen H, Bremer J, Pedersen JI. Metabolic aspects of peroxisomal  $\beta$ -oxidation. *Biochim Biophys Acta* 1085 : 141-158, 1991
- 60) Clarke SD, Romsos DR, Leveille GA. Differential effects of dietary methylesters of long chain saturated and polyunsaturated fatty acids on rat liver and adipose tissue lipogenesis. *J Nutr* 107 : 1170-1181, 1977
- 61) Suh M, Kim HM, Na HK, Cho Lee SH. Effects of dietary n-3 fats on hepatic glucose-6-phosphate dehydrogenase and malic enzyme in rat. *한국생화학학회지* 23 : 395-401, 1990
- 62) Yang YT, Williams MA. Comparison of C<sub>18</sub>, C<sub>20</sub> and C<sub>22</sub>-unsaturated fatty acids in reducing fatty acid synthesis in isolated rat hepatocytes. *Biochim Biophys Acta* 531 : 133-140, 1978
- 63) Balzell JK, Wooten JT, Otto DA. Lipoprotein lipase in rat fed fish oil : Apparent relationship to plasma insulin lev-

- els. *Lipids* 26 : 289-294, 1991
- 64) Paik HS, Yearick ES. The influence of dietary fat and meal frequency on lipoprotein lipase and hormone-sensitive lipase in rat adipose tissue. *J Nutr* 108 : 1789-1805, 1978
- 65) Fisher S, Weber PC. Prostaglandin I<sub>3</sub> in man after eicosapentaenoic acid. *Nature* 307 : 165-168, 1984