

# 살오징어(*Todarodes pacificus*) 간유 및 비막치어(*Dissostichus eleginoides*) 근육지질이 흰쥐의 혈청지질 및 지방조직에 미치는 영향

문수경 · 이수정<sup>1</sup> · 성낙주 · 김인수 · 정보영\*

경상대학교 식품영양학과/농업생명과학연구원, <sup>1</sup>한국국제대학교 식품의약학과

## Effects of Eco-friendly Squid *Todarodes pacificus* Liver and Patagonian Toothfish *Dissostichus eleginoides* Muscle Oils on the Serum Lipids and Adipose Tissues of Rats

Soo-Kyung Moon, Soo-Jung Lee<sup>1</sup>, Nak-Ju Sung, In-Soo Kim and Bo-Young Jeong\*

Department of Food and Nutrition/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>1</sup>Department of Food Medicinal, International University of Korea, Jinju 663-759, Korea

This study investigated the effects of squid *Todarodes pacificus* liver oil on the serum lipids and adipose tissue weight of rats. The rats in the soybean oil (SO) group received a basic diet prepared according to the recommendations of the American Institute of Nutrition (AIN-93G), with 7% SO as lipid source. The rats in the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* muscle oil (PTFO) group received 5% PTFO and 2% SO as the lipid source, while the rats in the eco-friendly squid liver oil (EFSO) group received 5% EFSO and 2% SO. EFSO was prepared according to the method outlined in the author's patent. PTFO was extracted from muscle using a physical method in the author's laboratory. The prominent polyunsaturated fatty acids in the dietary oils were 18:2n-6 (54.3%) and 18:3n-3 (5.64%) in SO, DHA (6.77%) and EPA (3.61%) in PTFO, and DHA (26.2%) and EPA (9.94%) in EFSO. After feeding for 4 weeks, the serum lipid levels (e.g., triglyceride, total cholesterol, and low-density lipoprotein cholesterol) of the rats in the EFSO group were significantly reduced as compared with those in the SO group ( $P < 0.05$ ); those of the rats in the PTFO group were also reduced, albeit not significantly, compared with the SO group. On the other hand, the total white adipose tissue (visceral, epididymal, and perirenal) weight was significantly reduced in the EFSO and PTFO groups compared to the SO group. These results demonstrate that EFSO is an effective lipid modifying agent in rat blood, and that EFSO and PTFO have greater anti-obesity effects than SO.

Key words: Adipose tissue, Eco-friendly squid liver oil, N-3 PUFA, Patagonian toothfish muscle oil, Rat serum lipids

### 서 론

수산지질은 육상동물유와 달리 eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3), docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) 등의 n-3 고도불포화지방산(polyunsaturated fatty acids, PUFA)을 다량 함유하고 있고, 건강기능성식품으로서 많은 소비자들의 관심을 끌고 있다. 이러한 현상은 n-3 PUFA가 건강과 관련된 다양한 생리기능을 가지고 있기 때문으로 생각된다(Kantha, 1987; Jump, 2002). 예를 들면 n-3 PUFA는 혈액지질개선 작용(Leaf,

1990; Haglund et al., 1991; Cheong et al., 1991; Takahashi, 2011), 심혈관 질환(Leaf, 1990; DeFilippis et al., 2010) 및 퇴행성신경 질환(Hashimoto and Hossain, 2011; Bousquet et al., 2011)의 예방, 혈관 및 지방조직에서의 염증 예방(Todoric et al., 2006; Kopecky et al., 2009; Flachs et al., 2009) 등 다양한 생리기능이 알려져 있다.

저자들은 지금까지 살오징어 간유의 효율적인 이용을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 살오징어 간유의 지방산 조성과 살오징어 간유의 친환경적 추출방법에 대한 일련의 연구를 수

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0745>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 745-750, December 2014

Received 8 October 2014; Accepted 4 November 2014

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 1435 Fax: +82. 55. 772. 1439

E-mail address: byjeong@gnu.ac.kr

행한 결과, 살오징어 간유가 총지방산의 약 38%나 되는 다량의 EPA, DHA 등을 함유하고 있음을 확인하였고, n-3 PUFA의 우수한 원료로서 이용 가능성을 제시한 바 있다(Moon et al., 2006). 또한 살오징어 간으로부터 유기용매를 사용하지 않고 저온수도수를 이용하여 친환경적인 방법으로 지질을 추출하는 '친환경 오징어 간유(eco-friendly squid liver oil, EFSO) 추출법'에 대한 특허도 획득하였다(Korean Patent No. 10-0712620). 그러나 최근까지 오징어 간유의 효율적인 이용에 관한 더욱 진전된 연구는 거의 수행되지 않고 있으며, 다만 오징어 간유를 일부 양식어류의 사료 지질급원(Lee et al., 2000)으로 이용한 연구가 있는 정도이고, 오징어 간을 포함한 내장부분은 거의 이용되고 있지 않다. 따라서 오징어 간의 경우처럼 수산미이용자원의 적절한 이용방안에 관한 연구의 필요성이 대두된다. 한편 특정 식품성분을 건강기능성 식품으로 개발하기 위해서는 그 식품성분의 생리기능성이 반드시 규명되어야 하기 때문에(MOLEG, 2014), 오징어 간유 역시 건강기능성 식품 등으로 개발하기 위해서는 오징어 간유의 생리기능성에 대한 연구가 선행되어야 한다고 생각된다. 하지만 오징어 간유를 실험동물의 식이지질로 이용한 생리기능성 관련 연구는 극히 소수에 불과하고(Kim et al., 1992), 특히 친환경 살오징어 간유를 이용한 동물실험은 전무한 상태이다. 최근 시중에서 '메로'라는 명칭으로서 고급어종으로 유통되고 있는 남극산 심해어류의 일종인 비막치어는 근육에 다량의 지질(약 22%)을 함유하고 있으나 n-3 PUFA 조성비는 약 7% 수준으로 다른 어류에 비하여 비교적 낮게 함유되어 있다(Moon et al., 2011). 따라서 비막치어 근육지질(Patagonian toothfish muscle lipid, PTFO) 처럼 지질 함량이 높음에도 불구하고 n-3 PUFA 조성비가 다소 낮은 경우에도 살오징어 간유와 유사한 생리기능 효과가 나타나는지에 대한 비교 연구도 필요하다고 생각된다.

본 연구는 식품으로서 활용도가 매우 낮은 오징어 간의 유효 이용을 위한 연구의 일환으로, 친환경적인 방법으로 추출한 살오징어 간유(EFSO)의 생리기능성을 동물실험을 통하여 검증하여 EFSO의 건강기능성식품 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 또한 n-3 PUFA 조성비는 비교적 낮지만 다른 어류에 비하여 지질함량이 높은 비막치어 근육지질(PTFO)의 생리기능도 검증하여 EFSO의 경우와 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 오징어 간유 및 비막치어 근육지질의 추출

친환경 오징어 간유(Eco-friendly squid liver oil, EFSO)는 살아있는 살오징어로부터 간을 적출하여 저자들의 특허(Korean Patent No. 10-0712620)에서 제시된 방법에 따라 친환경적인 방법으로 추출하여 사용하였다. 비막치어 근육지질(Patagonian toothfish muscle oil, PTFO)은 냉동 비막치어 근육을 HONGJIN Co. Ltd. (Seoul, Korea)로부터 무상으로 제공받아

분쇄기(Mixer-32, shinsung Co., Seoul, Korea)에 의해 분쇄한 후 열추출한 다음 원심분리(17,500 g, 20 min)하여 사용하였다. 대두유(soybean oil, SO; CJ, Seoul, Korea)는 진주시내의 대형 식품마켓에서 구입하여 사용하였다.

### 실험동물 및 사료조성

실험동물은 생후 3주된  $90 \pm 10$  g의 Wister계 수컷 성장기 흰쥐를 (주)샘타코(Samtako Bio Korea Co. Ltd., Osan, Korea)로부터 분양 받아, 온도  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , 습도  $50 \pm 5\%$ , 명암주기 12시간(07:00-19:00)으로 자동 설정된 동물사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)에서 1주간 시판 고형사료(Rat, Chow; Samyang Corp., Seoul, Korea)로 적응시켰다. 기본식이(대두유 식이균, 7% 대두유)로 5일간 예비사육 후 외관상 건강한 흰쥐( $100 \pm 10$  g)를 체중에 따른 난괴법으로 7마리씩 3그룹으로 나누어 사육상자에 한 마리씩 넣어 4주간 실험사육하였다.

모든 사료는 기본적으로 AIN-93G에 따라 조제되었고, 대두유 식이균(SO)의 지질급원은 7% 대두유를 사용하였으며, PTFO 식이균의 지질급원은 5% PTFO와 2% SO를, EFSO 식이균의 지질급원은 5% EFSO와 2% SO를 각각 사용하였다(Table 1). 실험식에 첨가된 3종의 지질은 지방산 메칠에스테르 유도체로 만들어 지방산조성을 분석하였다(Moon et al., 2006). Table 2에서 나타낸 바와 같이 이들 3종 지질의 주요 PUFA는 대두유의 경우 18:2n-6 (54.3%)과 18:3n-3 (5.64%)이었고, PTFO의 경우 DHA (6.77%), EPA (3.61%), 그리고 EFSO의 경우 DHA (26.2%), EPA (9.94%) 등으로서 n-3 PUFA의 조성비가 EFSO에서 월등히 높았다.

Table 1. Ingredient of diets used in animal experiment (g/kg diet)

Ingredients	Diet groups		
	SO	PTFO	EFSO
Corn starch	397.4	397.4	397.4
Casein	200.0	200.0	200.0
Dextrinized corn starch	132.0	132.0	132.0
Sucrose	100.0	100.0	100.0
Fat			
SO <sup>1</sup>	70.0	20.0	20.0
PTFO <sup>2</sup>	-	50.0	-
EFSO <sup>3</sup>	-	-	50.0
AIN93G mineral mixture	35.0	35.0	35.0
AIN93G vitamin mixture	10.0	10.0	10.0
L-Cysteine	3.0	3.0	3.0
Choline bistrartrate	2.5	2.5	2.5
Cellulose	50.0	50.0	50.0

<sup>1</sup> SO, Soybean oil. <sup>2</sup> PTFO, Patagonian toothfish muscle oil.

<sup>3</sup> EFSO, Eco-friendly squid liver oil.

Table 2. Prominent fatty acid compositions of SO, PTFO and EFSO (wt %)

Fatty acid	SO <sup>1</sup>	PTFO <sup>2</sup>	EFSO <sup>3</sup>
14:0	–	2.82±0.08	2.84±0.08
16:0	10.7±0.06	11.4±0.28	15.7±0.29
18:0	3.87±0.01	3.09±0.02	3.05±0.04
ΣSaturates	14.6	17.3	21.6
16:1n-7(+9)	–	7.39±0.03	3.08±0.02
18:1n-9	22.9±0.07	33.1±0.41	10.6±0.12
18:1n-7	1.54±0.04	5.04±0.23	3.15±0.04
20:1n-9	–	10.1±0.37	7.12±0.05
22:1n-11	–	3.20±0.16	3.86±0.05
ΣMonoenes	24.4	58.9	27.8
18:2n-6	54.3±0.09	1.64±0.08	0.96±0.00
18:3n-3	5.64±0.00	0.53±0.01	0.78±0.01
20:5n-3	–	3.61±0.20	9.94±0.05
22:5n-3	–	0.86±0.02	1.11±0.01
22:6n-3	–	6.77±0.37	26.2±0.80
ΣPolyenes	60.0	13.4	39.0

<sup>1</sup>SO, Soybean oil. <sup>2</sup>PTFO, Patagonian toothfish muscle oil. <sup>3</sup>EFSO, Eco-friendly aquid liver oil.

### 식이섭취량, 체중 및 식이효율 측정

실험사육 기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급여하여 다음날 오전 10시경에 잔량을 측정하여 1일 식이섭취량을 계산하였으며, 물은 매일 신선한 수도수를 공급하였다. 체중은 1주일에 한 번씩 일정한 시간에 측정하였으며, 총 실험기간 동안의 체중증가량을 같은 기간 동안의 총 식이섭취량으로 나누어 식이효율(food efficiency ratio, FER)을 산출하였다.

### 실험동물의 처리

실험사육 기간의 최종일에 실험동물은 16시간 절식시킨 후 에테르로 가볍게 마취시켜 심장 채혈하였다. 채혈된 혈액은 빙수 중에서 30분간 응고시킨 후 원심분리기(Mega 17R, HANIL, Korea)로 1,000 g에서 15분간 원심분리시켜 혈청을 얻었다. 지방조직, 즉 복부 내장지방, 신장 주변 지방, 부고환 주변 지방 및 견갑골 지방을 채취하여 무게를 측정 후 -70℃에 보관하였다.

### 혈청 지질 농도 분석

혈청 지질성분으로 중성지방(triglyceride, TG) 농도는 중성지방 측정용 kit시약 (AM 157S-k, Asan, Korea), 총 콜레스테롤(total cholesterol, Total-C) 농도는 Total-C 측정용 kit시약 (AM 202-k, Asan, Korea), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C) 농도는 HDL-C 측정용 kit시

약(AM 203-k, Asan, Korea), 인지질(phospholipid, PL) 농도는 PL 측정용 kit 시약(SICDIA L PL, Eiken, Tokyo, Japan)으로 각각 측정하였다. LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C) 농도는 [Total-C - (HDL-C + 중성지방/5)]의 계산식 (Friedewald et al., 1972) 으로, VLDL-콜레스테롤(very low density lipoprotein-cholesterol, VLDL-C) 농도는 [Total-C - (HDL-C + LDL-C)]의 계산식 (Cheung, 1998)에 따라 산출하였다. 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 Haglund et al. (1991)의 계산식[(Total cholesterol - HDL-C)/HDL-C]에 의하여 산출하였다. 혈청의 leptin 농도는 Titer-Zyme® EIA rat leptin enzyme immunometric assay kit (Assay designs, Inc., Ann Arbor, MI, USA)로 측정하였다.

### 통계분석

실험으로부터 얻은 결과는 SPSS package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 12.0을 이용하여 실험군당(n=7) 평균±표준편차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 P<0.05수준에서 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

## 결과 및 고찰

### 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

Table 3에서 나타낸 바와 같이 SO 식이군의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 각각 4.67 g/day, 16.2 g/day, 그리고 28.9%를 나타내었고, PTFO 식이군 및 EFSO 식이군의 경우와 거의 차이가 없었다. 이러한 결과는 실험 쥐가 사료에 함유된 지질급원인 오징어 간유 또는 비막치어 근육지질에 대한 거부감을 느끼지 않았기 때문으로 생각된다(Kim et al., 1992). 그러나 어유를 사용한 일부 연구에서는 어유 특유의 냄새 때문에 식이섭취량 및 체중증가량이 감소했다는 보고도 있다(Cheong et al., 1991).

### 혈청 지질 농도

각 식이군의 혈청 지질 농도를 Table 4에 나타내었다. 혈청 TG 농도는 EFSO 식이군에서 54.0 mg/dL로 유의하게 가장 낮았다(P<0.05). 그러나 PTFO 식이군(61.7 mg/dL)과 SO 식이

Table 3. Body weight gain, food intake and food efficiency ratio (FER) of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Diet groups <sup>1</sup>	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER (%)
SO	4.67±0.36 <sup>ns</sup>	16.2±0.43 <sup>ns</sup>	28.9±1.82 <sup>ns</sup>
PTFO	4.95±0.67	16.1±0.64	30.7±3.88
EFSO	4.90±0.31	16.2±0.44	30.3±1.33

NS, not significant. <sup>1</sup>SO, Soybean oil; PTFO, Patagonian toothfish muscle oil; EFSO, Eco-friendly squid liver oil.

Table 4. Serum lipid levels and atherogenic index (AI) of rats fed experimental diets for 4 weeks

Serum lipids (mg/dL)	Diet groups <sup>1</sup>		
	SO	PTFO	EFSO
Triglyceride	81.2±19.2 <sup>b</sup>	61.7±18.1 <sup>ab</sup>	54.0±11.8 <sup>a</sup>
Total cholesterol	100.8±10.4 <sup>b</sup>	90.6±13.2 <sup>b</sup>	49.0±8.74 <sup>a</sup>
HDL-cholesterol	43.1±8.41 <sup>b</sup>	33.1±10.1 <sup>ab</sup>	25.9±1.89 <sup>a</sup>
Phospholipid	123.7±9.50 <sup>b</sup>	83.1±15.3 <sup>a</sup>	76.5±11.3 <sup>a</sup>
LDL-cholesterol	41.4±10.6 <sup>b</sup>	45.2±12.2 <sup>b</sup>	12.3±7.82 <sup>a</sup>
VLDL-cholesterol	16.3±3.84 <sup>b</sup>	12.3±3.61 <sup>ab</sup>	10.8±2.36 <sup>a</sup>
AI	1.38±0.37 <sup>ab</sup>	1.89±0.68 <sup>b</sup>	0.94±0.39 <sup>a</sup>

Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different each other ( $P < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>1</sup>SO, Soybean oil; PTFO, Patagonian toothfish muscle oil; EFSO, Eco-friendly squid liver oil.

군(81.2 mg/dL)에서는 외형상 전자에서 낮은 농도를 나타내었으나 양자에서 유의차는 인정되지 않았다. Total-C 농도 또한 EFSO 식이군에서 가장 낮은 49.0 mg/dL를 나타내었고, 이는 SO 식이군의 1/2 수준이었으며, PTFO 식이군에서는 SO 식이군에 비하여 외형상으로는 낮은 수준을 나타내었으나 유의차는 없었다. 한편 HDL-C 농도는 SO 식이군에서 43.1 mg/dL로 가장 높았고, EFSO 식이군에서 25.9 mg/dL로 가장 낮았다. PL 농도는 EFSO 식이군과 PTFO 식이군에서 각각 76.5 및 83.1 mg/dL로서 양자간에 유의차가 없이 비교적 낮은 수준을 나타내었으나, SO 식이군에서는 전자들 보다 1.5-1.6배 정도 유의하게 높은 수준을 나타내었다. LDL-C 농도는 EFSO 식이군에서 가장 낮은 12.3 mg/dL를 나타내었고, SO 식이군 및 PTFO 식이군에서는 각각 41.4 및 45.2 mg/dL로 EFSO 식이군에 비하여 유의하게 높은 수준을 나타내었다. VLDL-C 농도는 SO 식이군에 비하여 수산지질 식이군, 특히 EFSO 식이군에서 가장 낮은 결과를 나타내었다. 동맥경화지수(AI)는 모든 식이군 중에서 EFSO 식이군(0.84)에서 유의하게 가장 낮은 값을 나타내었고, SO 식이군과 PTFO 식이군에서는 각각 1.38 및 1.89를 나타내었으나 양자간에 유의차는 거의 없었다.

일반적으로 어유를 식이지질로 이용한 연구에서 혈청 TG와 Total-C 및 PL 농도는 감소하나, LDL-C 과 HDL-C 농도는 감소하거나 증가하는 경우를 나타내어 연구자에 따라 차이를 보인다(Harris, 1989). Peiffer et al. (1962)은 청어(menhaden) 등 4종의 어류로부터 추출한 어유와 탈지어류근육을 쥐의 사료에 첨가하여 사육한 결과, 혈장의 Total-C 및 PL 수준이 탈지어류근육 식이군에서 각각 510 및 228 mg/dL를 나타낸 반면, 어유 식이군에서는 각각 223 및 185 mg/dL로 전자에 비하여 이들 지질 농도가 낮았고, 특히 Total-C는 전자의 약 43% 수준에 불과하였다. 따라서 이 결과는 어유, 특히 어유 중의 n-3 PUFA가 혈

액지질 개선작용에 기여한 것으로 보았다(Peiffer et al., 1962). Sanders et al. (1985) 및 Harris et al. (1988)은 고지혈증환자에게 어유를 섭취시킨 결과 Total-C 및 TG 농도는 감소하였으나 LDL-C 및 HDL-C 농도는 약간 증가하였다고 하였다. 또한 건강한 사람에게 어유를 3주간 섭취시킨 다음 섭취 전후의 혈청 지질 농도를 비교한 결과 TG 수준은 감소하였으나 Total-C 수준은 거의 일정하였고 HDL-C 농도가 증가하였기 때문에 결과적으로 AI가 감소하였다는 보고도 있다(Haglund et al., 1991). 한편 Cheong et al. (1991)은 어유를 포함한 7종의 지질을 실험 쥐의 식이지질로 공급하였을 때, 어유와 들깨유 식이군이 올리브유, 돈지, 옥수수유, 고추씨유, 달맞이유 식이군 등에 비하여 혈청 Total-C과 TG 및 인지질 수준이 유의하게 낮았음을 보고하였으나, HDL-C 함량은 올리브유 및 어유 식이군에서 다소 낮은 수준을 나타내었다고 하였다. 또한 Saimei et al. (1994)도 올리브유와 대구간유 및 명태간유를 첨가하여 사육한 쥐의 혈청에서 TG, Total-C, PL, HDL-C의 농도가 올리브유 식이군에 비하여 어유 간유 식이군에서 유의하게 낮았다고 하였다. 특히 이들 간유 중에서도 대구간유 식이군 보다 명태간유 식이군에서 혈청지질 수준이 더 낮았는데 이는 n-3 PUFA 함량이 명태간유에서 더 높았기 때문으로 고찰하였다. Takahashi (2011)는 야자유와 어유를 각각 15% 첨가하여 3주간 사육한 후 혈청 지질을 분석한 결과 TG, Total-C, HDL-C, PL 농도가 야자유 식이군에 비하여 어유 식이군에서 크게 감소하였다고 하였다. Higuchi et al. (2006)도 마우스의 식이지질 급원으로 청어알 지질의 양을 달리하여 12주간 사육한 후 혈장 지질성분을 분석한 결과, Total-C, TG, PL 농도가 lard 식이군(6% lard; n-3 PUFA 0.5% 함유)과 1% 청어알지질 식이군(5% lard 첨가; n-3 PUFA 5.0% 함유)에 비하여 3% (3% lard 첨가; n-3 PUFA 14.4% 함유) 및 6% 청어알지질 식이군(0% lard; n-3 PUFA 36.8% 함유)에서 유의하게 낮은 수준을 나타내었다. 따라서 이들 결과는 혈장지질의 감소작용이 실험동물의 식이지질을 육상 동식물유보다 어유를 사용했을 때가 더욱 효과적이라는 사실을 설명해주는 것이라 생각된다. 또한 어유를 식이지질로 사용한 경우에도 어유의 첨가량이나 n-3 PUFA 조성비가 일정 비율 이상으로 높은 경우에만 혈장지질의 감소 현상이 일어난다는 사실을 알 수 있다. 본 연구에서도 혈청 TG, Total-C, PL, LDL-C 등의 농도가 PTFO 식이군에서 보다 n-3 PUFA 함량이 높은 EFSO 식이군에서 더 낮은 결과를 나타내어 혈청지질 수준이 n-3 PUFA 함량에 따라 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 특히 EFSO 식이군은 죽상 동맥경화현상의 주요 위험인자로 알려져 있는 LDL-C 농도가 다른 식이군들의 약 1/3 수준에 불과하였다. 따라서 이들 3종류의 식이지질 중 n-3 PUFA 함량이 가장 높은 EFSO가 동맥경화의 예방에 가장 효과적인 지질이라 생각된다.

#### 지방조직 및 leptin 함량

Table 5는 각 식이군의 주요 백색지방조직인 내장 지방(vis-

Table 5. White and brown adipose tissues (WAT and BAT) contents and serum leptin level of rats fed the experimental diets for 4 weeks (g/100 g body weight)

Diet groups <sup>1</sup>	WAT				BAT	Leptin
	Visceral	Epididymal	Perirenal	Sum	Interscapular	(ng/mL)
SO	1.98±0.12 <sup>NS</sup>	2.29±0.34 <sup>b</sup>	2.44±0.26 <sup>b</sup>	6.71±0.53 <sup>b</sup>	0.09±0.03	4.19±0.40 <sup>b</sup>
PTFO	1.63±0.41	1.75±0.26 <sup>a</sup>	1.62±0.51 <sup>a</sup>	5.00±1.13 <sup>a</sup>	0.08±0.03	3.22±0.99 <sup>a</sup>
EFSO	1.76±0.19	1.67±0.26 <sup>a</sup>	1.71±0.28 <sup>a</sup>	5.14±0.30 <sup>a</sup>	0.09±0.01	4.25±0.34 <sup>b</sup>

Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different each other ( $P<0.05$ ) by Duncan's multiple range test. NS, not significant. <sup>1</sup>SO, Soybean oil; PTFO, Patagonian toothfish muscle oil; EFSO, Eco-friendly squid liver oil.

ceral), 부고환(epididymal) 주변 및 신장(perirenal) 주변의 지방 조직 함량과 주요 갈색지방조직인 견갑골 사이의 지방조직 함량, 그리고 leptin 농도를 나타내었다. 백색지방조직 함량은 내장지방 조직 함량에서는 유의차가 없었다. 그러나 부고환 및 신장 주변 지방조직 함량은 SO 식이군에 비하여 PTFO 및 EFSO 식이군 양자 모두에서 유의하게 낮은 함량을 나타내었으나, 갈색지방조직 함량은 모든 식이군에서 유의차가 인정되지 않았다. 또한 혈청 leptin 농도는 SO 및 EFSO 식이군에 비하여 미량이지만 PTFO 식이군에서 더 낮았다. 일반적으로 leptin은 지방 조직에 의해 생산되는 비만 유전자의 산물로서, 시상하부에서 neuropeptide Y (NPY) 또는 melanocyte-stimulating hormone (MSH) 등의 분비를 자극하여 식욕과 지방조직의 축적을 조절하는 작용을 한다. 즉 지방조직 함량이 감소하면 leptin 분비량이 감소하게 되고 이는 뇌의 시상하부에서 NPY와 그 수용체를 자극하게 되어 식품 섭취는 증가되고 에너지 소비는 감소되는 방향으로 에너지 수급이 조절된다. 반대로 지방조직 함량이 증가하면 leptin 분비량이 증가하여 뇌의 시상하부에서 MSH와 그 수용체를 자극함으로써 식품섭취를 감소시키고 에너지 소비를 증가시키는 방향으로 에너지 수급을 조절한다(Friedman and Halaas, 1998; Kim et al., 2014). 본 연구에서는 SO 식이군에 비하여 백색지방조직 함량이 미량이지만 더 낮은 PTFO 식이군에서 leptin 농도 역시 미량이지만 유의하게 더 낮았으나, EFSO 식이군에서는 백색지방조직 함량이 PTFO 식이군과 유사하였음에도 불구하고 leptin 농도가 SO 식이군과 유사하게 더 높았다. 따라서 EFSO 식이군의 경우는 지방조직 함량과 혈청 leptin 농도와의 관계가 일반적인 사실과는 다소 다르기 때문에 식이 지질함량을 본 연구에서 보다 더욱 증가시키는 등 비만과 leptin 농도가 관련된 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

이상의 결과에서 실험쥐의 혈청지질 개선작용은 n-3 PUFA 함량이 가장 높은 EFSO 식이군에서 가장 우수하였고, PTFO 식이군과 SO 식이군 양자에서는 거의 차이가 없었으나 전자에서 약간 더 우수하였다고 생각되며, 주요 장기 주변의 백색지방조직 함량은 SO 식이군에 비하여 EFSO 식이군 및 PTFO 식이군에서 극미량이지만 다소 낮은 결과를 나타내었다. 따라서 대두유에 비하여 살오징어 간유 및 비막치어 근육 지질이 실험동물의 혈청지질 개선작용 및 항비만 작용에 더욱 효과적인 것으로

로 생각된다.

## References

- Bousquet M, Calon F and Cicchetti F. 2011. Impact of omega-3 fatty acids in Parkinson's disease. *Ageing Res Rev* 10, 453-463. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arr.2011.03.001>.
- Cheong HS, Kim SH, Kim HS, Kim KS and Chung SY. 1991. Effects of fish oil and some seed oils on lipid composition of serum in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 20, 312-319.
- Cheung PC. 1998. Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed straw mushroom diets. *J Nutr* 128, 1512-1516.
- DeFilippis AP, Michael JB and Terry AJ. 2010. Omega-3 fatty acids for cardiovascular disease prevention. *Curr Treat Options Cardio Med* 12, 365-380.
- Flachs P, Rossmeisl M, Bryhin M and Kopecky J. 2009. Cellular and molecular effects of n-3 polyunsaturated fatty acids on adipose tissue biology and metabolism. *Clin Sci* 116, 1-16. <http://dx.doi.org/10.1042/CS20070456>.
- Friedewald WT, Levy RI and Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18, 499-502.
- Friedman JM and Halaas JL. 1998. Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature* 395, 763-770. <http://dx.doi.org/10.1038/27376>.
- Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I and Saldeen T. 1991. The effects of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J Nutr* 121, 165-169.
- Harris WS, Dujovne CA, Zucker ML and Johnson BE. 1988. Effects of low saturated fat, low cholesterol fish oil supplement in hypertriglyceridemic patients. *Ann Int Med* 109, 465-470.
- Harris WS. 1989. Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. *J Lipid Res* 30, 785-807.
- Hashimoto M and Hossain S. 2011. Neuroprotective and ameliorative actions of polyunsaturated fatty acids against neuronal diseases: beneficial effect of docosahexaenoic acid on cognitive decline in Alzheimer's disease. *J Pharmacol Sci*

- 116, 150-162.
- Higuchi T, Shirai N and Suzuki H. 2006. Effects of dietary herring roe lipids on plasma lipid, glucose, insulin, and adiponectin concentrations in mice. *J Agric Food Chem* 54, 3750-3755.
- Jump DB. 2002. The biochemistry of n-3 polyunsaturated fatty acids. *J Biol Chem* 277, 8755-8758.
- Kantha SS. 1987. Dietary effects of fish oils on human health: a review of recent studies. *Yale J Biol Med* 60, 37-44.
- Kim SY, Yun IJ, Kwon CJ, Choi JW, Kim YM, Kang MH, Lee MK and Nam TJ. 2014. The effects of anti-obesity on enzyme-treated *Ecklonia cava* extracts. *Kor J Fish Aquat Sci* 47, 363-369. <http://dx.doi.org/10.5637/KFAS.2014.0363>
- Kim TS, Choi EJ and Joh YG. 1992. Dose-response effects of n-3 polyunsaturated fatty acids supplement on the metabolism of streptozotocin-induced diabetic rats. *J Kor Oil Chem Soc* 9, 15-23.
- Kopecky J, Rossmesl M, Flachs P, Kuda O, Brauner P, Jilkova Z, Stankova B, Tvrzicka E and Bryhn M. 2009. Symposium on 'Frontiers in adipose tissue biology' n-3 PUFA: bioavailability and modulation of adipose tissue function. *Proceedings of the Nutrition Society* 68, 361-369.
- Leaf A. 1990. Cardiovascular effects of fish oils. Beyond the platelet. *Circulation* 1990, 82, 624-628.
- Lee SM, Lee JY and Jeon IG. 2000. Dietary squid liver oil and soybean oil ratio on growth and body composition of Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J Aquacult* 13, 207-213.
- MOLEG (Ministry of Government Legislation). Functional food act No. 10219 (in English). Retrieved from <http://www.moleg.go.kr/main.html> on September 27, 2014.
- Moon SK, Kim IS, Hong SN and Jeong BY. 2011. Food components of the muscle and liver of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides*. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 451-455. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0451>
- Moon SK, Kim KD, Kang JY, Sung NJ and Jeong BY. 2006. Lipid class and fatty acid composition of the viscera from common squid, *Todarodes pacificus*. *J Kor Fish Soc* 39, 376-383.
- Peifer JJ, Jansen F, Muesing R and Lundberg WO. 1962. The lipid depressant activities of whole fish and their component oils. *JAACS* 39, 292-296.
- Saimei M, Katayama, Y shibata M and Tashiro M. 1994. Effects of fish (*Gadus macrocephalus* and *Theragra chalcogramma*) liver oils on serum and liver lipids in rats fed low-protein diets. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 47, 279-285.
- Sanders TA, Sullivan DR, Reeve J and Thompson GR. 1985. Triglyceride-lowering effect of marine polyunsaturates in patients with hypertriglyceridemia. *Atherosclerosis* 5, 459-465.
- Takahashi Y. 2011. Soy protein and fish oil independently decrease serum lipid concentration but interactively reduce hepatic enzymatic activity and gene expression involved in fatty acid synthesis in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 57, 56-64.
- Todoric J, Loffler M, Huber J, Bilban M, Reimers M, Kadl A, Zeyda M, Waldhausl W and Stulnig TM. 2006. Adipose tissue inflammation induced by high-fat diet in obese diabetic mice is prevented by n-3 polyunsaturated fatty acids. *Diabetologia* 49, 2109-2119.