

매생이 추출물이 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

이정화 · 이유미 · 이재준 · 이명렬[†]

조선대학교 식품영양학과

Effects of *Capsosiphon fulvescens* Extract on Lipid Metabolism in Rats Fed High Cholesterol Diet

Jeong Hwa Lee, Yu Mi Lee, Jae Joon Lee and Myung Yul Lee[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 500-759, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the effects of *Capsosiphon fulvescens* (CF) extract on serum and liver lipid metabolism in rats. Male Sprague-Dawley rats were administered 1% cholesterol and 0.25% sodium cholate to induce hypercholesterolemia and were divided into six groups. Experimental groups were administered with following diets; normal diet group (NC), high cholesterol diet group (HC), normal diet and CF extract (200 mg/kg) administered group (NC-CFL), normal diet and CF extract (400 mg/kg) administered group (NC-CFH), high cholesterol diet and CF extract (200 mg/kg) administered group (HC-CFL), and high cholesterol diet and CF extract (400 mg/kg) administered group (HC-CFH). The body weight gain and feed efficiency ratio were increased by high cholesterol diet, but gradually decreased to the corresponding level of the normal diet group by administered CF extract. The serum total cholesterol concentration of normal diet group was significantly higher than those of NC-CFL group and NC-CFH group. The concentrations of serum total cholesterol, LDL-cholesterol and triglyceride and the atherogenic index were tended to decrease in the CF extract administered groups compared with the high cholesterol diet group. However, HDL-cholesterol and phospholipid concentrations in serum decreased in the high cholesterol diet group and markedly increased by the CF extract administered groups. There were no differences in the concentrations of serum triglyceride, phospholipid, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol and free cholesterol in normal diet groups. Concentrations of total cholesterol and triglyceride in liver and kidney were also markedly decreased in the CF administered groups. Total cholesterol and triglyceride concentrations of adipose tissue in the CF administered groups were also decreased compared with the high cholesterol diet group. In addition, there were no differences in the concentrations of liver, kidney and adipose tissue total lipid, triglyceride and total cholesterol in normal diet groups. The activities of heparin-releasable lipoprotein lipase (LPL) and total-extractable LPL in adipose tissue were increased in the high cholesterol diet group compared with the CF extract administered groups, but those of the NC-CFL group and NC-CFH group were similar to the normal diet group. Taken together, it is suggested that the extract of CF have an antiatherosclerotic effect by reducing cholesterol level of serum and liver. Furthermore, the extract of CF decreased LPL activity and triglyceride concentration, resulting in less lipid storage.

Key words: *Capsosiphon fulvescens*, hypocholesterolemic effect, antiatherosclerotic effect, lipoprotein lipase

서 론

우리나라는 지난 수십 년간 산업화에 따른 경제성장으로 식생활 패턴이 서구화됨에 따라 고혈압, 뇌혈관질환 및 심장질환 등이 한국인 사망원인에 높은 비중을 차지하고 있다(1). 심혈관계 질환의 위험인자로는 고콜레스테롤혈증, 음주, 운동부족, 스트레스, 흡연 및 고혈압 등이 중요한 인자로 알려져 있는데(2), 이 중 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia)은 혈장 내에 콜레스테롤이 비정상적으로 증가된 상

태로 동맥경화의 직접적인 요인이 되므로 임상적으로 중요한 문제가 되고 있다(3). 고콜레스테롤 상태에서 산화적 스트레스(oxidative stress)가 촉진되는데(4), 이때의 항산화효소의 양과 활성은 충분하지 않아 생체 내 자유라디칼의 제거계인 항산화 방어계(antioxidative defense system)에 불균형을 가져오게 되어, 심혈관계 질환을 유발하는데 중요한 병인으로 작용한다고 보고(5)되고 있다.

이러한 고콜레스테롤혈증을 치료하기 위하여 콜레스테롤의 합성을 직접적으로 억제하는 HMG(3-hydroxy-3-meth-

[†]Corresponding author. E-mail: mylee@mail.chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7722, Fax: 82-62-225-7726

ylglutaryl)-CoA reductase 저해제 및 혈액 내 중성지방의 농도를 낮추는 피부린산 유도체 계통의 많은 약물들이 개발되어 사용되고 있으나, 이 약물들을 장기간 복용 시 지용성 비타민 결핍증, 간 기능저하 및 신장 기능저하 등 부작용을 동반하는 것으로 알려져 또 다른 문제점으로 보고되었다(6). 따라서 최근에는 혈청지질의 농도를 낮추기 위하여 천연물을 이용한 식이요법이나 한방, 민간요법을 근거로 하여 혈중 LDL-콜레스테롤 함량을 낮춤으로써 심혈관계 질환으로 이환될 위험을 저하시킬 뿐 아니라 동맥경화증의 예방이나 치료를 가능하게 할 수 있는 많은 연구가 진행되고 있다(7).

해조류는 비소화성 다당류가 다량 함유되어 있어 열량소로서의 역할을 하지 못하는 특성 때문에 과거에는 식품으로써 큰 각광을 받지 못하였다(8). 그러나 해조류 중의 식이섬유소가 장의 활동을 원활하게 하고 중금속 등의 배출, 콜레스테롤의 혈관내의 침착방지 등의 효과가 매우 높다는 것이 밝혀져 건강기능 식품으로서 새롭게 평가되고 있다(9). 이러한 해조류의 연구로 갈조식물의 하나인 툯(*Hisikia fusiforme*)은 항고지혈증, 항고콜레스테롤 및 항산화효과에 대한 연구(10)가 되어있으며, 녹조식물 중 특히 파래, 갈파래 및 홀파래는 glucuronoxylorhamnan이 주 작용물질로 혈액 내 콜레스테롤 함량을 저하시키는 효과(11)가 있다고 알려져 있다.

매생이(*Capsosiphon fulvescens* 별명: 매산, 매산태)는 녹조식물문(Chlorophyta) 갈파래과에 속하고 전 세계에 분포하며 한국에서는 남해안 청정해역의 조간대 상부 바위에서 서식한다. 크기는 15 cm, 굵기는 2~5 mm로 몸은 짙은녹색을 띠고 관상(管狀: 대롱모양)이다. 생활사는 11월 중순에 어린개체가 나타나고 2월에 가장 번식하여 암석표면에 밀생하다가 4~5월에 소실(消失)한다(12). 매년 12월~2월까지만 생산되는 식품으로서 특유한 향기와 맛을 지니고 있어 오래전부터 식용으로 애용되어 왔다. 또한 무기질과 비타민이 풍부하고 어린이의 성장발육에 좋을 뿐만 아니라 콜레스테롤을 저하하고 고혈압도 효과적으로 예방하는 해조류로 알려져 있어 그 수요량이 늘어나고 있다(13). 그러나 환경오염에 매우 예민하여 육지로부터 오염물질이 유입되면 생육이 저하되며, 특히 유기산 함량이 조금만 있어도 녹아버려 생산량이 저하되고, 보관 및 운반과정도 쉽지는 않아 그 지역에서 대부분 생산되어 소비되어지는 해조류이다. 매생이에 대한 연구로는 Park 등(14)이 간 독성을 유발한 흰쥐의 *in vitro* 및 *in vivo* 연구에서 매생이 추출물이 지질과산화의 생성을 감소시켰으며 xanthine oxidase활성을 억제하였고 보고하였으며, Yu(12)는 매생이 에탄올 추출물이 멜라닌 생성억제효과와 같은 매생이의 항산화효과에 관한 연구를 수행하였다. 또한, Han(15)은 매생이의 향기성분을 보고하였다. 그밖에는 매생이 종의 분류학적 기재 및 번식, 생태 및 생활사 등에 관한 기초적인 연구가 있을 뿐 *in vivo*에서의 생리활성 효능에 관한 연구는 미진한 편이다.

따라서 본 연구는 고콜레스테롤 식이 흰쥐에 매생이 에탄올 추출물 농도를 달리하여 6주간 투여한 후 매생이의 혈액, 간 및 지방조직 중 지질대사 개선효과를 구명하고자 지방조직의 lipoprotein lipase(LPL)활성 변화와 혈액 및 조직의 지질 조성 변화를 검토하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 시료추출

매생이(*Capsosiphon fulvescens*)는 2005년 1월 전라남도 장흥에서 채취한 것을 구입하여 증류수로 수회 세척하고 염분을 제거한 후 음건하였다. 음건한 매생이 100 g과 80% 에탄올 500 mL를 혼합하여 blender(Braun, MR 350 CA)로 조분쇄하고 65°C에서 환류냉각기를 부착하여 3시간씩 3회 추출한 후 Whatman filter paper(No. 2)로 여과하였다. 여액을 40°C 수욕상에서 rotary vacuum evaporator로 용매를 제거하고 감압·농축한 후 -70°C에 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다.

실험동물의 식이 및 사육

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 60마리를 조선대학교 실험동물센터에서 1주일동안 기본식으로 적응시킨 후 평균 체중 80~100 g인 것을 난교법에 따라 Table 1과 같이 각 군당 10마리씩 선정하여 실시하였다. 정상군(NC군), 고콜레스테롤 식이 급여군(대조군, HC군), 매생이 에탄올 추출물 체중 kg당 200 mg 및 정상식이 투여군(이하 NC-CFL군이라 함), 매생이 에탄올 추출물 체중 kg당 400 mg 및 정상식이 투여군(NC-CFH군), 매생이 에탄올 추출물 체중 kg당 200 mg 및 고콜레스테롤 식이 투여군(HC-CFL군), 매생이 에탄올 추출물 체중 kg당 400 mg 및 고콜레스테롤 식이 투여군(HC-CFH군)의 6군으로 나누어 6주간 1마리씩 분리 사육하였다. 고콜레스테롤혈증 유발식은 AIN-93(16)을 기준으로 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 첨가하여 조제하였다. 매생이 에탄올 추출물은 예비실험을

Table 1. Composition of experimental diet

Groups	Diet composition
NC	Normal diet ¹⁾
HC ²⁾	Normal diet+cholesterol (1.00%)+sodium cholate (0.25%)
NC-CFL	Normal diet+CFL ³⁾
NC-CFH	Normal diet+CFH ⁴⁾
HC-CFL	Normal diet+cholesterol (1.00%)+sodium cholate (0.25%)+CFL
HC-CFH	Normal diet+cholesterol (1.00%)+sodium cholate (0.25%)+CFH

¹⁾According to AIN-93 diet composition.

²⁾CON: high cholesterol diet [cholesterol (1.00%)+sodium cholate (0.25%)] administered group.

³⁾CFL: *C. fulvescens* ethanol extract 200 mg/kg of b.w./day.

⁴⁾CFH: *C. fulvescens* ethanol extract 400 mg/kg of b.w./day.

토대로 체중 kg당 200 mg과 400 mg이 함유되도록 생리식염수에 용해시킨 다음 매일 일정한 시간에 경구투여하였으며, 정상군과 대조군은 생리식염수만을 매생이 에탄올 추출물군과 동일한 방법으로 경구투여하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고 사육실 온도는 $18 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며, 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다.

시료채취 및 분석

실험동물은 사양시험 종료 후 16시간 절식시킨 후 CO_2 로 가볍게 마취한 다음 개복한 후 복부대동맥에서 채혈하여 실온에서 30분간 방치하였다. 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 혈청지질 측정용 시료로 사용하였고, 즉시 해부하여 간, 신장 및 부고환 지방조직을 분리하였다. 분리한 각각의 조직은 적출 후 냉장 생리식염수(0.9% NaCl)로 세척하고, 여과지로 표면의 수분을 제거하여 중량을 측정하였고, 지방조직의 LPL활성 측정을 위하여 약 20~50 mg 정도의 무게를 측정된 다음 효소활성이 떨어지지 않도록 methanol을 함유한 dry ice에 넣어 급속 동결시켜 분석 전까지 혈청과 함께 -70°C 에 냉동 보관하였다가 분석에 이용하였다.

혈청지질 함량 분석

혈청 중 중성지방 함량은 McGowan 등의 방법(17)에 준하여 조제된 kit(AM157S-K, Asan), 총콜레스테롤 함량은 Richmond의 효소법(18)에 준하여 조제된 kit(AM202-K, Asan), 인지질 함량은 Eng와 Noble(19)의 방법으로 조제된 kit(Wako Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 유리콜레스테롤 함량은 Takayama 등의 방법(20)으로 조제된 kit(G-HH54, Shinyang)를 사용하여 측정하였다. HDL-콜레스테롤 함량은 Noma 등의 효소법(21)에 준하여 조제된 kit(AM203-K, Asan), LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식(총콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤 - 중성지방/5))(22)에 의거하여 계산하였다. HDL-콜레스테롤의 총콜레스테롤에 대한 비율은 HDL-콜레스테롤을 총콜레스테롤로 나누어 계산하였다. 심혈관계 질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤) / HDL-콜레스테롤}에 의하여 구하였으며, 심혈관 위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

조직의 총지질, 총콜레스테롤 및 중성지방 함량 분석

간장, 신장 및 부고환지방 중 총지질 함량은 Folch법(23)에 의하여 적출한 각 조직 0.5 g을 6 mL CHCl_3 -MeOH(2:1, v/v)를 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후 2 mL H_2O 를 첨가한 다음 3,000 rpm에서 20분간 원심분리시킨 후 각 조직의 총지질 함량을 측정하였다. 총콜레스테롤과 중성지방 함량은 각 조직으로부터 추출한 지방을 가지고 분석하였는데 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(24)에 의하여 측정하였으며, 중성지방 함량은 Biggs 등(25)의 방법으로

측정하였다.

지방조직의 LPL 활성 측정

지방조직의 heparin-releasable LPL(HR-LPL) 활성은 heparin을 함유한 배양액 중으로 방출된 지방조직의 세포외액에 함유된 LPL만의 활성을 측정하는 것으로 Nilsson-Ehle와 Schotz의 방법(26)을 변형시킨 Fried와 Zechner의 방법(27)에 의하여 측정하였다. 지방조직의 세포내액 및 세포외액 모두에 존재하는 총체적인 LPL 활성을 측정하는 방법인 total-extractable LPL(TE-LPL) 활성 측정은 Iverius와 Brunzell의 방법(28)에 의해 실시하였다.

통계처리

실험결과를 SPSS package를 이용하여 실험군당 평균 \pm 표준오차로 표시하였고 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Tukey(T)-test를 이용하여 상호 검정하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

콜레스테롤과 콜산나트륨을 혼합한 고콜레스테롤 실험식이와 매생이 에탄올 추출물의 용량을 달리하여 6주간 경구투여한 흰쥐의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2와 같다.

식이섭취량은 각 실험군들 간에 유의차가 없었다. HC군(고콜레스테롤 식이만을 급여한 대조군)은 NC군(기본식이만을 급여한 정상군)에 비하여 높은 체중증가율을 나타내었다. NC-CFL군과 NC-CFH군은 체중증가율이 NC군에 비해 저하되었으나 유의차는 없었으며 HC군에 비해서는 유의하게 감소하였다. HC-CFL군과 HC-CFH군은 CH군에 비해 체중증가율이 감소되는 경향이었으나 NC군에 비해서는 증가하는 경향이였다. 아울러 매생이 용량별 투여량 간에는 유의차가 없었으나 고용량 투여군이 저용량 투여군에 비해

Table 2. Food intake, body weight gain and food efficiency of rats fed experimental diets

Groups ¹⁾	Food intake (g/day)	Body weight gain (g)	Food efficiency ²⁾
NC	23.31 \pm 5.21 ^{3)NS4)}	102 \pm 13.4 ⁵⁾	0.10 \pm 0.01 ^b
HC	25.82 \pm 6.34	162 \pm 22.6 ^b	0.14 \pm 0.03 ^a
NC-CFL	23.04 \pm 4.95	92.3 \pm 10.1 ^c	0.09 \pm 0.01 ^b
NC-CFH	22.98 \pm 3.73	83.9 \pm 14.1 ^c	0.08 \pm 0.01 ^b
HC-CFL	24.92 \pm 3.98	131.9 \pm 24.4 ^b	0.12 \pm 0.02 ^{ab}
HC-CFH	23.76 \pm 4.14	116.3 \pm 17.3 ^b	0.11 \pm 0.01 ^{ab}

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Weight gain (g) / Food intake (g).

³⁾Mean \pm SE (n=10).

⁴⁾NS: not significant.

⁵⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$) between groups by Tukey (T) test.

체중증가율이 저하되었다. 식이효율은 HC군이 0.14 ± 0.03 로 NC군 0.10 ± 0.01 에 비하여 크게 증가하였다. NC군(NC군, NC-CFL군 및 NC-CFH군)들 간에는 유의차가 나타나지 않았으나 NC군들 모두 HC군에 비해 식이효율이 유의하게 저하되었다. HC군(HC군, HC-CFL군 및 HC-CFH군)들 간에도 식이효율의 차이는 나타나지 않았으나 NC군에 비해 유의차는 없었으나 증가하였다.

혈청 중성지방, 총콜레스테롤 및 인지질 함량

흰쥐에 고콜레스테롤 식이 및 매생이 에탄올 추출물 200 mg/kg과 400 mg/kg을 6주간 투여 후 혈청 중성지방, 총콜레스테롤 및 인지질 함량은 Table 3과 같다.

고콜레스테롤 식이를 급여한 HC군의 혈청 중성지방 함량은 83.53 ± 1.27 mg/dL로 NC군 72.68 ± 2.16 mg/dL에 비해 유의하게 증가하였다. NC-CFL군과 NC-CFH군은 NC군에 비해 혈청 중성지방 함량이 다소 저하되었으나 유의차는 나타나지 않았다. HC-CFL군과 HC-CFH군의 혈청 중성지방 함량도 HC군에 비해 유의하게 저하되었으며 NC군에 가깝게 감소되었다. 혈청 총콜레스테롤 함량은 HC군이 125.32 ± 9.27 mg/dL로 NC군 112.73 ± 3.64 mg/dL에 비하여 증가하였으나 유의차는 보이지 않았다. NC-CFL군은 89.34 ± 9.89 mg/dL, NC-CFH군은 91.23 ± 7.26 mg/dL로 NC군에 비해 유의하게 혈청 총콜레스테롤 함량이 저하되었으나 매생이 용량별 투여량에 따른 차이는 보이지 않았다. HC-CFL군은 100.3 ± 5.77 mg/dL, HC-CFH군은 97.23 ± 3.86 mg/dL로 HC군에 의해 증가된 총콜레스테롤 함량을 감소시켰으며 NC군보다도 저하되었다. HC군의 혈청 인지질 함량은 243.35 ± 11.24 mg/dL로 NC군의 304.88 ± 18.09 mg/dL에 비해 유의하게 감소하였다. 혈청 인지질 함량이 NC-CFL군은 297.42 ± 14.15 mg/dL, NC-CFH군은 289.04 ± 12.34 mg/dL로 NC군과는 차이가 없었으나 HC군에 비해 유의하게 증가하였다. HC-CFL군은 260.25 ± 10.47 mg/dL, HC-CFH군은 253.47 ± 11.96 mg/dL로 HC군보다 인지질 함량이 약간 증가하였으나 유의차는 없었다.

Table 3. Effects of *Capsosiphon fulvescens* extract on serum concentrations of triglyceride, total cholesterol and phospholipid in rats fed high cholesterol diet for 6 weeks

Groups ¹⁾	Triglyceride (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	Phospholipid (mg/dL)
NC	$72.68 \pm 2.16^{2b3)}$	112.73 ± 3.64^{3c}	304.88 ± 18.09^a
HC	83.53 ± 1.27^a	125.32 ± 9.27^a	243.35 ± 11.24^b
NC-CFL	70.27 ± 1.53^b	89.34 ± 9.89^b	297.42 ± 14.15^b
NC-CFH	71.38 ± 3.85^b	91.23 ± 7.26^b	289.04 ± 12.34^a
HC-CFL	72.59 ± 4.87^b	100.3 ± 5.77^{abc}	260.25 ± 10.47^b
HC-CFH	70.75 ± 3.02^b	97.23 ± 3.86^{bc}	253.47 ± 11.96^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Mean \pm SE (n=10).

³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey (T) test.

고콜레스테롤혈증은 심혈관계 질환의 위험인자로서 소장에서 중성지방의 합성과 chylomicron의 분비증가, 간장에서 중성지방의 합성증가, VLDL과 LDL-콜레스테롤 합성과 분비증가, HDL-콜레스테롤 합성저하 및 LPL의 활성저하로 인하여 말초조직에서 중성지방의 분해 감소로 기인된 것으로 알려져 있어(29,30) 만성 성인병의 예방 및 치료 시 혈중 지질의 개선이 중요하다고 지적하고 있다. 따라서 본 실험에서 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물 용량별 병합 투여가 고콜레스테롤 식이만을 투여로 증가한 혈청 중성지방 및 콜레스테롤 함량은 저하시키고 감소된 인지질 함량은 증가시키는 것으로 보아 고콜레스테롤혈증 개선에 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 유리콜레스테롤 함량

매생이 에탄올 추출물과 고콜레스테롤 식이를 흰쥐에 6주간 급여 후 혈청 중 LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 유리콜레스테롤 함량은 Table 4와 같다. 내인성 콜레스테롤을 주 구성성분으로 하는 LDL-콜레스테롤 함량은 HC군이 79.41 ± 8.97 mg/dL이었으나, HC-CFL군과 HC-CFH군은 각각 60.05 ± 5.81 mg/dL와 58.21 ± 3.27 mg/dL로 HC군에 비하여 유의적으로 낮았다. HC군은 NC군에 비해 혈청 LDL-콜레스테롤 함량이 증가하였으며, NC군들 간에는 유의차가 없었으나 매생이 에탄올 추출물을 투여한 NC-CFL군과 NC-CFH군이 NC군에 비해 다소 감소되었다. LDL-콜레스테롤은 혈청 중 콜레스테롤의 주된 운반형태 중 가장 많이 차지하며, 주로 동맥 혈관벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥 경화를 일으킬 수 있어 동맥경화증과 심혈관계 질환의 발병에 중요한 위험인자로 알려져 있다(31). 또한 동맥경화증을 개선시켜주는 요인으로 알려져 있는 HDL-콜레스테롤은 말초조직으로부터 과잉의 콜레스테롤을 간으로 이동시키고 거품세포 형성을 방해하여 동맥경화증의 진행을 늦추게 하는 것으로 알려져 있는데(32), 본 실험결과 NC군과 HC군 모두 매생이 에탄올 추출물 투여로 혈청 HDL-콜레스테롤

Table 4. Effects of *Capsosiphon fulvescens* extract on serum concentrations of HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and free cholesterol in rats fed high cholesterol diet for 6 weeks

Groups ¹⁾	LDL-cholesterol (mg/dL)	HDL-cholesterol (mg/dL)	Free cholesterol (mg/dL)
NC	$67.27 \pm 8.04^{2b3)}$	30.14 ± 5.10^a	28.43 ± 1.52^b
HC	79.41 ± 8.97^a	20.82 ± 3.98^b	39.13 ± 1.37^a
NC-CFL	60.06 ± 6.31^b	24.26 ± 4.13^{ab}	23.69 ± 1.38^b
NC-CFH	60.31 ± 7.32^b	25.34 ± 4.21^{ab}	24.55 ± 2.23^b
HC-CFL	60.05 ± 5.81^b	27.05 ± 5.32^{ab}	35.06 ± 1.50^b
HC-CFH	58.21 ± 3.27^b	26.88 ± 2.76^{ab}	35.33 ± 1.37^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Mean \pm SE (n=10).

³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey (T) test.

함량은 HC군에 비하여 증가하였으나, NC군과는 유사한 수준이었다. 매생이 에탄올 추출물 투여군인 NC-CFL군, NC-CFH군, HC-CFL군과 HC-CFH군의 유리콜레스테롤 함량은 고콜레스테롤 식이만을 급여한 HC군에 비하여 유의적인 감소를 나타냈다. NC군들 간에는 유리콜레스테롤 함량 차이가 나타나지 않았다.

동맥경화지수 및 심혈관위험지수

매생이 에탄올 추출물과 고콜레스테롤 식이를 흰쥐에 6주간 급여 후 흰쥐의 동맥경화지수와 심혈관위험지수는 Table 5와 같다. 동맥경화지수와 심혈관위험지수는 NC군이 2.74와 3.74로 HC군의 5.01과 6.01에 비해 현저한 감소효과를 보였고, 정상식이 혹은 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올

Table 5. Effects of *Capsosiphon fulvescens* extract on AI and CRF in rats fed high cholesterol diet for 6 weeks

Groups ¹⁾	AI ²⁾	CRF ³⁾
NC	2.74 ± 0.20 ^{1)h3)}	3.74 ± 0.24 ^b
HC	5.01 ± 0.64 ^a	6.01 ± 0.41 ^a
NC-CFL	2.68 ± 0.45 ^b	3.68 ± 0.32 ^b
NC-CFH	2.60 ± 0.43 ^b	3.60 ± 0.26 ^b
HC-CFL	2.70 ± 0.54 ^b	3.70 ± 0.24 ^b
HC-CFH	2.61 ± 0.44 ^b	3.61 ± 0.34 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾AI (atherosclerotic index) = (total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol.

³⁾CRF (cardiac risk factor) = total cholesterol/HDL-cholesterol.

⁴⁾Mean ± SE (n=10).

⁵⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey (T) test.

추출물을 병합 투여한 모든 군들은 HC군에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으나 NC군과는 비슷한 수준이었다. 매생이 에탄올 추출물 용량별 차이는 나타나지 않았다. 동맥경화지수는 체내 HDL-콜레스테롤에 대한 중성지방의 함량을 대표하는 값으로 임상에서 3.0 이상의 값을 나타낼 때 동맥경화에 대한 위험신호로서 사용되고 있으며(33), 심혈관위험지수는 동맥경화지수와 더불어 심혈관계 질환에 대한 위험신호로서 사용되는데, 임상에서 7.0이상의 값을 나타낼 때 위험신호로 인지된다(34).

간, 신장 및 지방조직의 지질 함량변화

매생이 에탄올 추출물과 고콜레스테롤 식이를 흰쥐에게 6주간 급여 후 흰쥐의 간, 신장 및 지방조직의 중성지방, 총지질 및 총콜레스테롤 함량은 Table 6과 같다.

간장 중 중성지방 함량의 경우 HC군은 25.33 ± 3.25 mg/g으로 NC군의 11.30 ± 2.05 mg/g에 비하여 유의하게 증가되었으며, 매생이 에탄올 추출물을 저용량 병합 투여한 HC-CFL군을 제외한 모든 실험군들은 HC군에 비해 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 간장 중 총지질 함량변화도 중성지방 함량변화와 유사한 경향을 보였다. 또한 고콜레스테롤 식이로 총콜레스테롤 함량이 증가된 HC군은 매생이 에탄올 추출물 병합 투여한 HC-CFL군과 HC-CFH군에 비해 유의적으로 증가하였으나 매생이 에탄올 추출물 용량별 투여량에 따른 차이는 없었다. NC군들 간에는 유의차가 없었다. 콜레스테롤은 간에서 담즙산이 되어 소장으로 분비되고, 이렇게 이용된 담즙산은 식이로부터 섭취된 콜레스테롤 및 지질과 결합하여 재흡수되는 과정을 거쳐 다시 간으로 회수되

Table 6. Effects of *Capsosiphon fulvescens* extract on total lipid, triglyceride and total cholesterol concentrations in liver, kidney and epididymal adipose tissue of rats fed high-cholesterol diet for 6 weeks

	Groups ¹⁾	Triglyceride	Total lipid	Total cholesterol
Liver	NC	11.30 ± 2.05 ^{2)h3)}	51.2 ± 7.92 ^{2)h)}	17.41 ± 4.25 ^b
	HC	25.33 ± 3.25 ^a	78.6 ± 10.04 ^a	22.54 ± 3.75 ^a
	NC-CFL	16.13 ± 2.04 ^b	59.4 ± 7.46 ^b	14.75 ± 3.41 ^b
	NC-CFH	15.26 ± 3.78 ^b	58.6 ± 8.18 ^b	13.98 ± 3.18 ^b
	HC-CFL	21.00 ± 3.66 ^a	57.8 ± 7.29 ^b	18.21 ± 4.02 ^b
	HC-CFH	16.49 ± 3.76 ^b	55.6 ± 6.07 ^b	17.96 ± 4.17 ^b
Kidney	NC	14.81 ± 2.05 ^b	49.72 ± 8.21 ^b	14.97 ± 2.04 ^{ab}
	HC	19.52 ± 3.24 ^a	69.37 ± 12.47 ^a	17.80 ± 2.28 ^a
	NC-CFL	13.49 ± 2.04 ^b	50.11 ± 7.30 ^b	12.36 ± 1.97 ^b
	NC-CFH	13.26 ± 1.97 ^b	52.43 ± 8.07 ^b	12.25 ± 1.78 ^b
	HC-CFL	10.60 ± 1.42 ^b	48.95 ± 6.89 ^b	12.31 ± 1.41 ^b
	HC-CFH	10.83 ± 1.43 ^b	47.82 ± 7.45 ^b	13.22 ± 1.34 ^b
Epididymal adipose tissue	NC	575.55 ± 62.10 ^b	762.25 ± 81.25 ^{ab}	54.27 ± 5.74 ^{NS4)}
	HC	680.41 ± 63.74 ^a	891.94 ± 89.74 ^a	57.53 ± 6.46
	NC-CFL	592.48 ± 59.21 ^b	658.95 ± 70.04 ^b	54.49 ± 5.26
	NC-CFH	594.12 ± 59.41 ^b	647.29 ± 68.13 ^b	53.96 ± 6.28
	HC-CFL	571.33 ± 57.78 ^b	692.64 ± 72.41 ^b	54.94 ± 6.12
	HC-CFH	569.37 ± 58.25 ^b	658.84 ± 69.48 ^b	54.61 ± 5.98

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Mean ± SE (n=10).

³⁾Values with different ester superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey (T) test.

⁴⁾Not significant.

어 재이용되는 장간순환(entero-hepatic circulation) 과정을 통하여 체내 콜레스테롤량을 조절한다(35). 따라서 매생이 추출물이 콜레스테롤 및 담즙산 배설을 촉진하는 것으로 생각되어진다. 매생이 추출물은 oleic acid를 비롯한 단일불포화지방산 뿐만 아니라 ω -6 지방산인 linoleic acid와 γ -linoleic acid, ω -3 지방산인 linolenic acid와 DHA 등 다가불포화지방산을 다량 함유하고 있다(36). ω -6계 및 ω -3계 불포화지방산은 관상동맥질환을 비롯한 심혈관계 질환을 예방해 주는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(37). 또한 단일 불포화지방산인 oleic acid도 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시켜 심혈관계 질환을 예방한다고 한다(38). 특히 불포화지방산의 조직 내 중성지방 함량 저하기전은 중성지방 생합성 억제(39), 지방산 산화촉진(40), VLDL 합성 및 분비 저해(41) 등에 의한 것으로 보고되었다.

신장의 경우 중성지방, 총지질 및 총콜레스테롤 함량은 간장의 경우와 마찬가지로 정상식이 혹은 고콜레스테롤 식이를 매생이 에탄올 추출물과 병합 투여한 군들이 고콜레스테롤 식이만을 급여한 HC군에 비해 유의적인 감소효과를 보였다. NC군들 간에는 유의차가 보이지 않았다. 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 군들의 중성지방 함량은 유의차는 없었지만 NC군에 비해 저하되었다. 신장기능에 영향을 미치는 요인으로는 고혈압, 당뇨, 약물 및 식이 등이 있는데 이 중 식이요인과 신장기능이 밀접한 관계가 있다고 지적되고 있다(42). 특히 식이 중 지방산 조성이 체내 지질대사의 변화를 통하여 신장기능에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 포화지방산이 다량 함유된 우지를 공급할 경우 신장기능 손상이 촉진되며, 불포화지방산인 ω -3계 지방산이 풍부한 어유를 공급할 경우 이와 반대로 노화로 인한 신장기능의 저하를 예방해 주는 것으로 나타났다(43). 따라서 ω -3계와 ω -6계 불포화지방산을 다량 함유한 매생이 추출물을 투여 시 신장조직에서도 지질개선 효과를 보였다.

고콜레스테롤을 급여 시 체중, 간 및 지방조직의 중량이 NC군에 비해 현저하게 증가되었기에(37) 지방조직의 중성지방, 총지질 및 총콜레스테롤 함량도 측정하였다. 지방조직의 중성지방 함량은 정상식이 혹은 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 모든 군들이 HC군에 비해 유의하게 감소하는 경향이었다. 지방조직의 총지질 함량 변화도 간 및 신장과 비슷한 경향을 보였다. 총콜레스테롤 함량은 실험군 간의 차이를 볼 수 없었다. 또한 매생이 에탄올 추출물 투여량에 따른 유의차도 없었다.

지방조직의 LPL 활성

매생이 에탄올 추출물이 지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성에 미치는 영향은 Table 7과 같다. LPL은 중성지방이 풍부한 lipoprotein을 monoacylglycerol과 지방산으로 가수분해하는 주된 효소로 지방세포에서 합성되고 분비되어 모

Table 7. Effects of *Capsosiphon fulvescens* extract on HR-LPL and TE-LPL activities in epididymal adipose tissue of rats fed high-cholesterol diet for 6 weeks

Groups ¹⁾	Epididymal adipose tissue	
	HR-LPL activity (Units)	TE-LPL activity (Units)
NC	9.04 ± 1.78 ^{2)bc3)}	13.64 ± 1.51 ^b
HC	13.51 ± 1.97 ^a	23.48 ± 2.11 ^a
NC-CFL	10.75 ± 1.85 ^b	17.27 ± 1.69 ^b
NC-CFH	8.97 ± 1.66 ^b	16.66 ± 1.05 ^b
HC-CFL	11.01 ± 1.47 ^{ab}	20.51 ± 1.97 ^a
HC-CFH	9.02 ± 1.61 ^b	17.81 ± 2.95 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Mean ± SE (n=10).

³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey (T) test.

세혈관의 내피세포로 수송되어 중성지방을 가수분해한다. LPL 활성은 식이섭취 후 증가하여, 지단백질 대사(lipoprotein metabolism)에 관여하며 과잉의 에너지를 지방세포에 중성지방의 형태로 저장하게 된다(44). 또한 LPL은 동맥내벽 세포에서 LDL receptor 결합력과 콜레스테롤 흡수를 촉진한다고 알려졌다(45). 유전적 원인에 의해 LPL이 결핍되어지면 지단백질의 가수분해가 저하되어 혈액내 VLDL을 증가시키고 HDL을 감소시켜 동맥경화증을 유발한다는 사실로 미루어 보아(46), 간 및 혈청 내 콜레스테롤 함량과 더불어 LPL 활성 측정은 고지혈증 및 고콜레스테롤혈증과 관련한 중요한 기초자료를 제공해 준다. 따라서 정상상태의 LPL 활성은 정상식을 급여한 수준과는 비슷하여야 하고, 지나치게 낮거나 혹은 높을 경우에는 오히려 고지혈증과 비만 유발인으로 작용할 것으로 사료되어져 LPL 활성을 측정하였다.

LPL은 지방조직의 세포외액과 세포내액에 존재한다. 세포외액에만 존재하는 LPL 활성은 HR-LPL 활성 측정으로 알 수 있는데(27), 지방조직의 HR-LPL은 NC군들 간에 비슷한 활성을 보였다. 고콜레스테롤 식이를 급여한 HC군은 NC군에 비해 33% 증가되었으며, 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 HC-CFL군과 HC-CFH군은 HC군에 비하여 각각 18.5%와 33.2%로 감소하였으나 매생이 에탄올 추출물을 고용량 투여한 HC-CFH군에서만 유의한 활성 감소효과를 보였다.

지방조직의 세포외액 뿐만 아니라 세포내액 즉 microsome안에 있는 잠재적인 LPL 활성까지도 포함된 지방조직 내 총체적인 LPL 활성은 TE-LPL 활성을 측정하여 알 수 있다(28). 지방조직의 TE-LPL 활성은 고콜레스테롤 식이를 급여한 HC군이 NC군에 비해 41.9% 증가하였다. 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 HC-CFL군과 HC-CFH군은 HC군에 비하여 각각 12.6%와 24.1%로 감소하였으나 매생이 추출물을 고용량 투여한 HC-CFH군만이 유의적으로 감소하였다. 또한 TE-LPL 활성은

HR-LPL 활성에 비해 모든 실험군에서 유의하게 증가하였다.

이상의 실험결과 정상식에 매생이를 경구 투여한 NC-CFL군과 NC-CFH군은 NC군과 비슷한 LPL 활성을 보였으며, 고콜레스테롤 식이만 급여한 HC군에 비해 매생이 에탄올 추출물을 고용량 병합 투여한 HC-CFH군만이 지방조직의 HR-LPL 및 TE-LPL이 모두 낮은 활성을 보였다. HC군은 다른 군들에 비해 체중, 간 및 지방조직의 무게가 증가하였고(37), 혈액 및 조직 내 총콜레스테롤 및 중성지방 함량도 유의하게 높았으며, LPL 활성도 증가하는 경향을 보였으나, 매생이 에탄올 추출물 경구투여로 체중, 간 및 지방조직의 무게 감소와 더불어 혈청지질 개선효과와 LPL 활성을 저하(NC군 수준)시켜 고콜레스테롤혈증의 예방효과와 지방축적 억제효과가 있는 것으로 사료된다.

요 약

매생이의 체내 지질대사 개선 효능을 구명하기 위하여 *in vivo*에서 콜레스테롤 식이로 유발된 고콜레스테롤혈증 억제 효과 효과를 측정하여 검토한 결과, 고콜레스테롤 식이만을 급여한 HC군은 NC군에 비하여 높은 체중증가율을 나타내었다. 매생이 에탄올 추출물 투여군들은 HC군에 비하여 감소되는 경향을 나타냈으며, 특히 매생이 에탄올 추출물 고용량 병합 투여한 HC-CFH군의 체중증가율이 HC군에 비하여 유의하게 감소되었다. 정상식에 매생이 에탄올 추출물을 투여한 NC-CFL군과 NC-CFH군은 NC군에 비해 체중증가율이 저하되었으나 유의차는 없었다. 식이섭취량은 실험군들 간에 유의차가 없었다. 혈청 중 지질함량 변화는 고콜레스테롤 식이를 급여한 HC군은 NC군에 비하여 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 증가되었으며, 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 HC-CFL군과 HC-CFH군의 경우 NC군에 가깝게 감소되었으나 유의차가 없었다. 혈청 인지질 함량은 NC군이 HC군에 비해 유의한 증가 효과를 보였으며, 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 병합 투여군들의 혈청 인지질 함량은 NC군 수준으로는 증가되지 않았지만 HC군에 비해서는 증가되었다. 정상식과 매생이 에탄올 추출물을 투여한 NC-CFL군과 NC-CFH군은 혈청 중성지방 및 인지질 함량이 NC군과 비슷한 수준이었으나 혈청 총콜레스테롤 함량은 유의하게 저하되었다. 혈청 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량은 정상식이 혹은 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 군들은 HDL-콜레스테롤 함량이 HC군에 비하여 증가하는 경향이었으나, 유리콜레스테롤 함량은 유의하게 감소하는 효과를 보였다. 정상식과 매생이 에탄올 추출물을 투여한 NC-CFL군과 NC-CFH군의 혈청 LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 유리콜레스테롤 함량은 NC군과 비슷한 경향이였다. 혈청 LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 함량 또한 임상진단에서 순환계와 관련한 진단지수인 동맥경화지수와

심혈관 위험지수는 정상식이 혹은 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 모든 군들이 고콜레스테롤 식이를 급여한 HC군과는 달리 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으며 NC군과는 비슷한 수준이었다. 간 및 신장 중 중성지방 함량은 고콜레스테롤 식이 급여로 증가된 HC군에 비하여 매생이 고용량 병합 투여한 HC-CFH군에서 유의한 감소를 나타냈으며, 총콜레스테롤 함량도 매생이 에탄올 병합투여로 유의적으로 감소하는 경향이였다. 지방조직의 중성지방 함량은 정상식이 혹은 고콜레스테롤 식이와 매생이 에탄올 추출물을 병합 투여한 모든 군들이 HC군에 비해 유의하게 저하되었으며, NC군에 비해서도 유의차는 없었으나 저하되었다. 간과 신장의 총콜레스테롤 함량도 매생이 추출물 공급으로 감소하였다. 지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성 모두 NC군에 비해 HC군이 증가하였고, 매생이 에탄올 추출물을 경구투여한 모든 군들은 HC군에 비해 유의하게 감소되었으나 NC군과는 비슷한 활성을 나타내었다. 이상의 실험결과 매생이 에탄올 추출물이 고콜레스테롤식에 의한 체내 콜레스테롤과 중성지방의 상승을 억제시키는 효과와 LPL 활성 저하효과가 있다고 사료되나 어떠한 성분의 작용 기전에 의한 것인지에 대한 더욱 체계적인 연구가 요구된다.

문 헌

1. Moon SJ. 1996. Nutritional problems in Korea. *Korean J Nutr* 29: 743-752.
2. David K, Shirley AT, Lisa ML, Larry MD, David MK. 1988. Serum and liver lipids of rats fed cocoa butter, corn oil, palm kernel oil, coconut oil and cholesterol. *Nutr Res* 8: 87-94.
3. Levy RI. 1981. Cholesterol, lipoprotein, apoproteins and heart disease: present status and future prospects. *Clin Chem* 27: 653-662.
4. Lee JM, Choi SW, Cho SH, Rhee SJ. 2003. Effect of seeds extract of *Paeonia lactiflora* on antioxidative system and lipid peroxidation of liver in rats fed high-cholesterol diet. *Korean J Nutr* 36: 793-800.
5. Yokozawa T, Nakagawa T, Kitani K. 2002. Antioxidative activity of green tea polyphenol in cholesterol-fed rats. *J Agric Food Chem* 50: 3549-3552.
6. Mckenny JA. 2001. Lipid management: tools for getting to the goal. *Am J Manag Care* 7: 299-306.
7. Oh IS, Kang JA, Kang JS. 2002. Gender difference in the effects of gonadectomy and hypercholesterol diet on plasma and liver cholesterol and triglyceride levels, platelet aggregation and liver tissue in sprague rats. *Korean J Nutr* 35: 15-23.
8. Kim SH, Park HY, Park WK. 1988. Determination and physical properties of dietary fiber in seaweed products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 17: 320-325.
9. Cho KJ, Lee YS, Ryu BH. 1990. Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward sarcoma-180. *Bull Korean Fish Soc* 23: 345-352.
10. Hurch F, Meade J, Treanor R, Whinna H. 1989. Antithrombotic activity of fucoidin with heparin cofactor II, antithrombin III and thrombin. *J Biol Chem* 6: 361-375.
11. Ren D, Noda H, Amano H, Nishino T, Nishizawa K. 1994.

- Study on antihypertensive and antilipidemic effects marine algae. *Fish Sci* 60: 83-88.
12. Yu HJ. 2004. Inhibitory effect on the melanogenesis of ethanol extract of *Capsosiphon fulvescens*. *PhD Dissertation*. Wonkwang University.
 13. Kang YS. 2000. *A comprehensive bibliography on the fishery special commodity in Korea*. Suhyepmunhwasa, Seoul. p 418-421.
 14. Park JC, Choi JS, Song SH, Choi MR, Kim KY, Choi JW. 1997. Hepatoprotective effect of extracts and phenolic compound from marine algae in bromobenzene-treated rats. *Korean J Pharmacogn* 28: 239-246.
 15. Han HA. 2002. A study of flavor on *Capsosiphon fulvescens*. *MS Thesis*. Yosu University.
 16. Reeves PG, Nielson FH, Fahey GC Jr. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
 17. McGowan M, Artiss J, Strandbergh D. 1983. A peroxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. *Clin Chem* 29: 538-542.
 18. Richmond W. 1976. Use of cholesterol oxidase for assay of total and free cholesterol in serum by continuous flow analysis. *Clin Chem* 22: 1579-1588.
 19. Eng L, Noble E. 1957. The maturation of rat brain myelin. *Lipids* 3: 157-162.
 20. Takayama M, Itoh S, Naguski T, Tanimizn I. 1977. A new enzymatic method for determination of serum choline-containing phospholipids. *Clin Chim Acta* 79: 93-98.
 21. Noma A, Nakayama K, Kota M, Okabe H. 1978. Simultaneous determination of serum cholesterol in high and low density lipoprotein with use of heparin, Ca^{2+} and an anion exchange resin. *Clin Chem* 24: 1504-1580.
 22. Friedwald W, Levy R, Fredrickson D. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
 23. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
 24. Zlatkis A, Zak B. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143-148.
 25. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. 1975. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin Chem* 21: 437-441.
 26. Nilsson-Ehle P, Schotz MC. 1976. A stable radioactive substrate emulsion for assay of lipoprotein lipase. *J Lipid Res* 17: 536-541.
 27. Fried SK, Zechner R. 1989. Cachectin/tumor necrosis factor decreases human adipose tissue lipoprotein lipase mRNA levels, synthesis, and activity. *J Lipid Res* 30: 1917-1923.
 28. Iverius PH, Brunzell JD. 1985. Human adipose tissue lipoprotein lipase: changes with feeding and relation to postheparin plasma enzyme. *Am J Physiol* 249: E107-E114.
 29. Miller NE. 1987. The evidence for the antiatherogenicity of high density lipoprotein in man. *Lipid* 13: 914-919.
 30. Oda T, Shikate T, Natio C, Suzuki H, Kametaka T. 1970. Phospholipid fatty liver: a report of three cases with a new type of fatty liver. *Jpn J Exp Med* 40: 127-140.
 31. Gordon T, Castelli W, Dawber T. 1981. Lipoprotein, cardiovascular disease and death, the Framingham study. *Arch Inter Med* 141: 1128-1135.
 32. Tall A. 1990. Plasma high density lipoproteins metabolism and relationship to atherogenesis. *J Clin Invest* 86: 379-384.
 33. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med* 113: 1101-1110.
 34. Yun YP, Kang WS, Lee MY. 1996. The antithrombotic effects of green tea catechins. *J Food Hyg Safety* 11: 77-82.
 35. Kang SM, Shin JY, Hwang SJ, Hong S, Jang HE, Park MH. 2003. Effects of Saengshik supplementation on health improvement in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 906-912.
 36. Lee JH. 2006. Effect of *Capsosiphon fulvescens* extract on lipid metabolism of rats. *MS Thesis*. Chosun University.
 37. Simon JA, Hodgkins ML, Browner WS, Neuhaus JA, Bernert JT, Hulley SB. 1995. Serum fatty acids and the risk of coronary heart disease. *Am J Epidemiol* 142: 469-476.
 38. Grundy SM, Denke MA. 1990. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J Lipid Res* 31: 1149-1172.
 39. Rustan AC, Nossen JO, Christiansen EN, Drevon CA. 1988. Eicosapentaenoic acid reduces hepatic synthesis and secretion of triacylglycerol by decreasing the activity of acyl-coenzyme A: 1,2-diacylglycerol acyltransferase. *J Lipid Res* 29: 1417-1426.
 40. Willumsen N, Hexeberg S, Skorve J, Lundquist M, Berge RK. 1993. Docosahexaenoic acid shows no triglyceride-lowering effects but increases the peroxisomal fatty acid oxidation in liver of rats. *J Lipid Res* 34: 13-22.
 41. Wong SH, Marsh JB. 1988. Inhibition of apolipoprotein secretion and phosphatidate phosphohydrolase activity by eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in the perfused rat liver. *Metabolism* 37: 1177-1181.
 42. Schreiner CF, Klahr S. 1991. Diet and kidney disease: the role of dietary fatty acids. *Proc Soc Exp Med* 230: 1-11.
 43. Kim WY, Lee SJ, Jeong HJ. 1998. Effect of different types of dietary fats on renal functions in aged rats. *Korean J Nutr* 31: 253-262.
 44. Lee JJ, Chun CS, Kin JG, Choi BD. 2000. Effect of fasting refeeding on rat adipose tissue lipoprotein lipase activity and lipogenesis: Influence of food restriction during refeeding. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 471-478.
 45. O'Brien KD, Gordon D, Deeb S, Ferguson M, Chait A. 1992. Lipoprotein lipase is synthesized by macrophage-derived foam cells in human coronary atherosclerotic plaques. *J Clin Invest* 89: 1544-1550.
 46. Semenkovich CF, Coleman T, Daugherty A. 1998. Effects of heterozygous lipoprotein lipase deficiency on diet-induced atherosclerosis in mice. *J Lipid Res* 39: 1141-1148.