

# 회향종자(*Foeniculi fructus*)의 물 추출물이 비만과 관련된 지질대사 효소의 활성화에 미치는 효과

서동주<sup>1</sup>, 김태혁<sup>1</sup>, 김현숙<sup>2</sup>, 최 면<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 생명건강공학과, <sup>2</sup>강원대학교 웰빙특산물산업화지역혁신센터

## Effects of *Foeniculi fructus* Water Extracts on Activities of Key Enzymes of Lipid Metabolism Related with Obesity

Dong Joo Seo<sup>1</sup>, Tae Hyuck Kim<sup>1</sup>, Hyun Sook Kim<sup>2</sup> and Myeon Choe<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Bio-Health Technology, <sup>2</sup>Wellbeing Bioproducts Regional Innovation Center, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**Abstract** - This study was carried out to estimate beneficial effects of *Foeniculi fructus* water extract on activities of key enzymes such as lipoprotein lipase (LPL), acyl-CoA synthetase (ACS), and hormone sensitive lipase (HSL) on lipid metabolism related with obesity. LPL and ACS were extracted from the epididymal adipose tissue and liver of C57BL/6J normal and obese mouse. *Foeniculi fructus* water extract treatment significantly reduced the activity of normal and obese LPL. When 100 ppm of *Foeniculi fructus* water extracts were tested, they decreased obese LPL activity by 12.0%. *Foeniculi fructus* water extract activated obese ACS activity by 7-fold compared with control at 1,000 ppm concentration. Expression of HSL mRNA was increased in *Foeniculi fructus* water extracts treated cells compared with non treated cells. All things considered, *Foeniculi fructus* water extract efficiently inhibits the influx of fatty acid into the cell, and activates metabolic process that uses fatty acids flowing as an energy source. Thus, it suggest that *Foeniculi fructus* water extract may have great potential as a novel anti-obesity agent.

**Key words** - Obesity, *Foeniculi fructus*, Lipoprotein lipase, Acyl-CoA synthetase, Hormone-sensitive lipase

### 서 언

최근 급속한 경제 성장과 생활수준 향상으로 식생활 패턴이 과잉섭취 형태로 변화되었고 자동차 등 문명의 발달로 에너지 소비량은 감소됨으로써 비만인구가 증가하고 있다. 비만은 유전적, 환경적 및 사회적 요인 등 다양한 원인들이 관여하는 복합적 증후군이지만 어떤 원인이든 섭취한 에너지 중 체내에서 소비되고 남은 것이 중성지방으로 전환축적되어 발생된다(Albu *et al.*, 1997; Grundy, 1998). 현재까지 개발된 비만치료제는 탁월한 효능을 나타내나 폐동맥 고혈압, 뇌졸중, 경련 등 심각한 부작용이 논란이 되고 있으며, 이러한 부작용으로 인해 최근 항비만 효능을 갖는 천연식물로부터 체중조절에 효과적인 기능성 소재들을

찾아내고 이들의 작용기전을 밝히는 연구들이 활발히 진행되고 있다.

비만은 과다한 지방세포의 분화와 이와 연관된 질병의 이해와 치료를 위해 지방세포 및 지질대사에 대한 연구가 진행되고 있다(Kim, 2001). 항비만을 위한 전략으로는 식욕조절, 지방의 소화 및 흡수방해, 적응성 열 발생을 통한 에너지 소비의 증가 및 지질대사 조절 등의 방법이 알려져 있으며(Ahn *et al.*, 2007), 이들 중 지질대사의 조절과 관련된 주요 효소들로 lipoprotein lipase(LPL), acyl-CoA synthetase(ACS), hormone sensitive lipase(HSL) 등이 있다(Chiu *et al.*, 1997; Mead *et al.*, 2002; Ryu *et al.*, 2005). LPL은 혈중 지방산을 세포내로 전달하는 효소로서 LDL이 활성화되면 중성지방이 지방산과 글리세롤로 분해되고 지방산은 세포로 유입되어 이용된다(Lee and Kim,

\*교신저자(E-mail) : mchoe@kangwon.ac.kr

2007). ACS는 혈액으로부터 세포내로 유입된 지방산을 acyl-CoA로 전환시키는 역할을 하는데, 생성된 acyl-CoA는 carnitine-acetyl transferase로 활성화되어 지방을 에너지원으로 사용하면서 비만을 억제할 수 있다. HSL은 지방분해 효소로 cAMP의 영향을 받아 세포내 작은 덩어리 형태로 존재하는 중성지방을 분해하여 지방산과 글리세롤을 생성하는 역할을 담당하며(Langin and Arner, 2006), HSL의 활성이 높아지게 되면 세포 및 조직 내 중성지방 분해를 촉진하게 된다. 본 연구에서는 HSL 및 ACS의 활성을 증가시키고, 또한 LPL의 활성을 감소시켜 항비만에 도움을 줄 수 있는 천연소재를 찾고자 하였다.

회향은 미나리과에 속하는 식물로 오래전부터 약재로 널리 이용된 식물이며, 회향종자는 전통적으로 항염증, 진통제, 구충제, 이노제, 진경제로 사용되어 왔다(Oktay *et al.*, 2003). 최근 연구에서 회향 추출물이 손상된 간세포의 회복에 긍정적인 효과를 나타냈고(Lee *et al.*, 2007), lipopolysaccharide(LPS)로 자극한 대식세포주에서 회향 열매 추출물 처리에 의해 염증성 매개물의 생성을 억제하였으며(Choi and Koo, 2004), Hwang 등(2007)은 회향 추출물의 급여가 자연발증 고혈압 쥐의 혈압강하 효과가 뛰어나음을 보여주었다. 또한 Lee 등(2003)은 초임계 유체 추출법을 이용하여 회향의 정유 성분이 휘발성 알코올 계 열임을 확인하였고, 생리활성 실험결과 항암, 항돌연변이 그리고 신경활성이 아주 높은 것으로 나타났다고 보고하였다. Kim 등(2008)은 회향 열수 추출물이 GTase를 효율적으로 저해하여 충치예방 목적으로 적용할 수 있음을 보고하였다. 한편, 회향종자에 대한 연구에서 정유는 충치균에 항균효과가 있으며, 이중 77% 정도 함유된 trans-anethole이 항균의 주된 물질이라는 보고가 있으며(Park *et al.*, 2004), 회향종자의 항산화 작용에 대한 연구가 진행되었다(Farooq *et al.*, 2009). 그러나 회향종자 추출물들에 의한 지질대사 관련 주요 효소들의 활성변화를 통한 항비만 효과에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 회향종자의 물 추출물이 비만과 관련된 지질대사 관련 주요 효소들의 활성변화에 미치는 효과를 살펴봄으로써 항비만 소재 선택을 위한 과학적 근거를 얻고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 추출물의 제조

본 실험에 이용된 회향(학명: *Foeniculum vulgare* mill, 영명: Sweet Fennel)은 미나리과(Apiaceae)에 속하는 다년생 식물이다. 회향의 종자 역시 회향(*Foeniculi fructus*)으로 명명되며 건위, 소염, 진경의 한약재로 널리 이용되고 있다.

회향종자는 춘천시 소재 한약건제상에서 구입하여 양질의 것을 엄선하여 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄한 후 10.7배 증류수를 가하여 60°C shaking incubator(KMC 8480SF, VISION, Korea)에서 24시간 추출하였다. 회향종자 물 추출물을 10,000 rpm, 30분간 원심분리하여 상등액을 취하고 0.45 μm로 여과한 후 감압 농축하여 동결 건조하였다.

### 실험동물

본 연구에서는 9주령의 C57BL/6J 수컷 17마리를 구입하여 일주일간 적응시킨 후 일반식이군과 고지방식이군으로 나누어 6주간 사육하여 비만을 유도하였다. 물과 식이는 *ad libitum*으로 급여하였고, 사육조건은 온도 21 ± 2°C, 습도 50 ± 10%에서 12시간 주기로 명암조절을 하였다. 본 연구에서의 모든 동물실험은 강원대학교 동물실험윤리위원회의 승인하에 수행하였다.

### 효소원 제조

동물로부터 부고환 지질을 적출하여 2배의 25 mM NH<sub>4</sub>Cl (pH 8.1) 용액에서 900 rpm, 5분간 균질한 후 2,000 rpm에서 10분간 원심 분리한 지방층을 제거하였고, 상등액을 다시 4,000 rpm에서 원심 분리하여 상등액을 취하여 LPL 효소원으로 사용하였다(Lee *et al.*, 2000; Mela *et al.*, 1987).

간 조직을 적출하여 buffer A(0.25 M sucrose, pH 7.4)를 이용하여 혈액 및 이물질을 제거한 뒤 buffer B(150 mM KCl, 5 mM EDTA, 5 mM MgCl<sub>2</sub>, 10 mM, 2-mercaptoethanol)를 10배 가하여 5분간 균질하였다. 균질액을 600 × g, 10분간 원심분리하여 상등액을 취한 뒤 다시 8,000 × g(JA-20, Beckman, USA)에서 10분 동안 원심 분리하여 침전물을 제거하고 상등액을 105,000 × g(70Ti,

Beckman, USA), 70분간 원심분리하여 상등액을 취하여 cytosol 분획물로 사용하였다.

### LPL 활성 측정

LPL 효소의 활성은 Quinn 등의 방법으로 측정하였다(Quinn *et al.*, 1982; Shirai and Jackson, 1982). Reagent A(100 mM sodium phosphate buffer with 150 mM sodium chloride and 0.5%(v/v) Triton X-100, pH 7.2) 800  $\mu$ l에 시료 100  $\mu$ l을 넣고 분획하여 얻은 LPL 효소용액 100  $\mu$ l와 reagent C[50 mM p-Nitrophenyl Butyrate(PNPB)을 reagent B로 녹임] 10  $\mu$ l로 발색시켜 570 nm에서 비색 정량하여 LPL의 활성을 측정하였다.

### ACS 활성 측정

ACS의 활성은 Shimizu의 방법으로 측정하였다(Shimizu *et al.*, 1979). E-tube에 reagent A(200 mM Tris Buffer with 20 mM Magnesium Chloride, 2 mM EDTA, 0.25% (w/v) Triton X-100, pH 8.1) 900  $\mu$ l, 시료 10  $\mu$ l, reagent C(14.5 mM ATP) 25  $\mu$ l, reagent D(42.7 mM Phospho(enol) pyruvate solution(PEP) in reagent B) 25  $\mu$ l, reagent E(72 units/ml myokinase enzyme solution in reagent B) 25  $\mu$ l, reagent F(120 units/ml of PK/LDH mixed enzymes in reagent B) 25  $\mu$ l, reagent G(49 mM CoA in reagent B) 50  $\mu$ l, reagent H(5.3 mM  $\beta$ -NADH)를 넣고 교반한 후 cytosol 100  $\mu$ l와 reagent J(0.98 mM sodium oleic solution in reagent I) 100  $\mu$ l를 넣고 큐벳에 옮겨 340 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 세포 배양

지방세포에서 분비되는 HSL 효소의 활성을 측정하기 위하여 3T3-L1 지방전구 세포를 한국세포주은행에서 구입하여 배양하면서 실험에 사용하였다. 3T3-L1 세포는 DMEM (Dulbeco's Modified Eagle Medium) 배지에 10% fetal bovine serum, 1% penicillin-streptomycin을 첨가하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 배양하였다.

### Total RNA 추출

3T3-L1 세포를 24-well plate에 1 $\times$ 10<sup>5</sup> cells/ml 농도로 1000  $\mu$ l씩 각 well에 첨가하여 5% CO<sub>2</sub>와 37°C 조건에서 72시간 동안 배양시킨 후 배지를 제거한 후 회향종자 물

Table 1. PCR primer sequences

Gene	Primer	Sequence <sup>1)</sup>
HSL	Forward	CTCCTCATGGCTCAACTCCTTCC
	Reverse	AGGGTCTTACTATGGGTG
GAPDH	Forward	GAAGGTCGGTGTGAACGGATT
	Reverse	GAAGACACCAGTAGACTCCACGACATA

<sup>1)</sup> Primers are shown 5 $\rightarrow$ 3.

추출물과 1  $\mu$ M DEX, 500  $\mu$ M IBMX, 10  $\mu$ g/ml insulin 1000  $\mu$ l를 첨가하여 72시간 동안 배양하였다. 72시간 후 시료 처리 배지를 제거한 다음 각 well에 trizol reagent (Invitrogen, Carlsbad, USA) 500  $\mu$ l를 가하여 완전히 용해시킨 후 total RNA 추출하였다.

### cDNA 합성

First-strand cDNA를 합성하기 위하여 Superscript reverse transcriptase(II)를 이용하였다. Oligo(dT) primer와 dNTP mix를 동일량 섞어 1  $\mu$ l PCR 튜브에 넣고 추출한 RNA (2  $\mu$ g)와 RNase-free 증류수로 최종 부피가 11  $\mu$ l가 되도록 맞추고 65°C에서 5분 반응시킨 후 냉각시켰다. 5 $\times$  first-strand 완충액 4  $\mu$ l, dNTP mix(10 mM each) 2  $\mu$ l, DTT (100 mM) 2  $\mu$ l 및 SuperScript reverse transcriptase (II) 1  $\mu$ l를 첨가한 후 42°C에서 50분, 70°C에서 15분간 반응시켜 cDNA를 합성하였다. Oligonucleotide primers의 염기서열은 Table 1과 같다.

### RT-PCR 반응

PCR tube에 GoTaq<sup>®</sup>Green Master 10  $\mu$ l, forward primer와 reverse primer를 각각 0.5  $\mu$ l, nuclease free water 8  $\mu$ l, first-strand cDNA(DNA templet) 1  $\mu$ l을 첨가하여 잘 섞은 후 mouse HSL mRNA 발현을 보기 위해 mouse HSL primer를 함유하고 있는 혼합물을 94°C에서 4분간 pre-denature 시킨 후, 94°C에서 30초간, 54°C에서 30초간, 72°C에서 30초간 25 cycles 실시하였고, 최종적으로 72°C에서 5분간 extension 반응하였다. PCR 산물은 0.002% ethidium bromide가 첨가된 1.2% agarose gel, 100v에서 30분간 전기영동한 후 자외선 광으로 유전자 발현정도를 알아보았다. 밴드의 정량은 SigmaGel(Jandel Scientific, San Rafael, CA, USA) 소프트웨어에 의해 분석하였고, 내부 표준물질로써 GAPDH를 사용하였다(Oh *et al.*, 2009; Choi *et al.*, 2010).

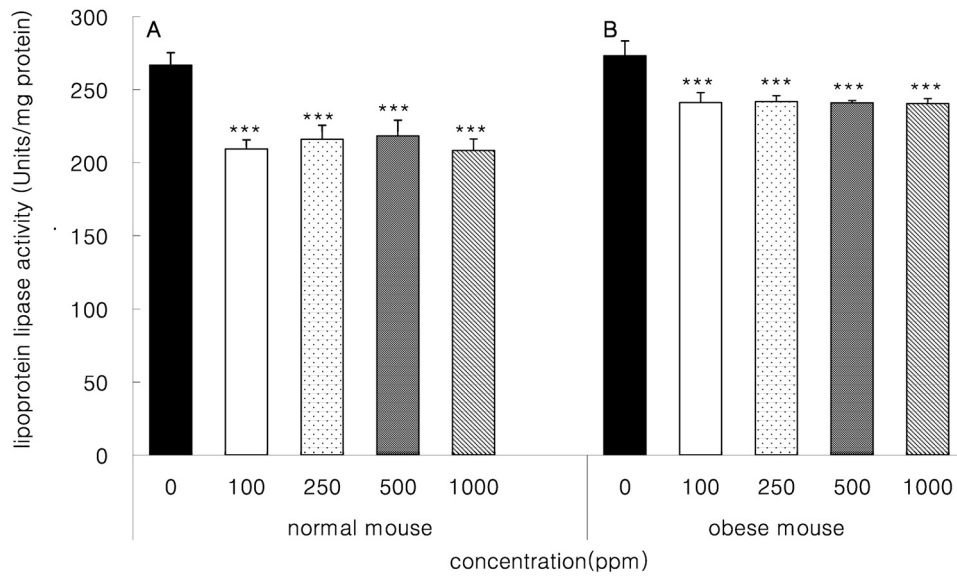


Fig. 1. Effect of *Foeniculi fructus* on lipoprotein lipase activity from the epididymal adipose tissue in normal (A) and obese mouse (B). Data values are expressed as mean  $\pm$  SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with control at \*\*\*  $p < 0.001$  vs. control.

**통계분석**

실험에서 얻어진 결과는 GraphPad InStat(GraphPad InStat Version 3.00, 2003)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 분산분석을 실시하여 유의성이 있는 경우 Tukey-Kramer multiple comparisons test에 의하여 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**Lipoprotein lipase 활성**

회향종자 물 추출물이 정상 쥐와 비만 쥐의 부고환 지질로부터 분리된 LPL의 활성에 미치는 영향을 알아보았다. Fig. 1에서와 같이 정상 마우스의 LPL 활성은 대조군과 비교하여 회향종자 물 추출물 각 처리 농도에 의해 현저하게 감소하였고, 회향종자 물 추출물의 농도가 1,000 ppm일 때 LPL의 활성은  $208.4 \pm 7.9$  Units/mg protein로 나타나서 LPL의 활성이 21.9% 억제되었다. 고지방식이 유도 비만 흰쥐에서는 무처리군인 대조군과 비교하여 회향종자 물 추출물의 처리에 의해 모든 농도에서 LPL의 활성이 감소하였고, 1,000 ppm 일 때  $240.5 \pm 9.5$  Units/mg protein로 12.0%의 LPL 활성억제가 나타났다. 결과적으로 회향종자 물 추출물이 LPL의 활성을 억제하여 혈중 중성지방의

세포내 유입을 저하시켜 비만의 개선과 예방에 도움이 될 것으로 사료된다.

LPL은 지방의 분해대사 촉진에 직접적으로 관여하지는 않지만 비만한 사람이 초저열량 식이를 실시하는 동안 체내 지방조직 내 지방축적 인자로 알려진 LPL 활성 및 LPL 유전자 발현이 현저하게 저하되었고 체중감소도 일어났다는 보고(Lee *et al.*, 2003)가 있어 비만한 사람이 회향종자 물 추출물을 섭취하면 LPL 활성 저해에 의해 비만을 개선할 수 있을 것으로 생각되며, 체중이 정상인 사람들에게는 비만을 방지하는 소재로 활용될 수 있을 것임을 시사하고 있다.

한편, 저자들은 선행 연구에서 미나리와 울무 물 추출물 처리는 일반(lean) 및 비만(fa/fa) 흰쥐로부터 분리한 LPL 활성을 현저하게 감소시켰음을 보고한 바 있다(Lee *et al.*, 2009).

**Acyl-CoA synthetase 활성**

회향종자 물 추출물이 ACS 효소의 활성에 미치는 영향은 Fig. 2에 나타내었다. 정상 마우스에서의 ACS 활성은 회향종자 물 추출물 250 ppm 농도에서  $0.15 \pm 0.01$  Units/mg protein으로 나타나 무처리군인 대조군에 비하여 ACS의 활성이 151.8% 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 비만

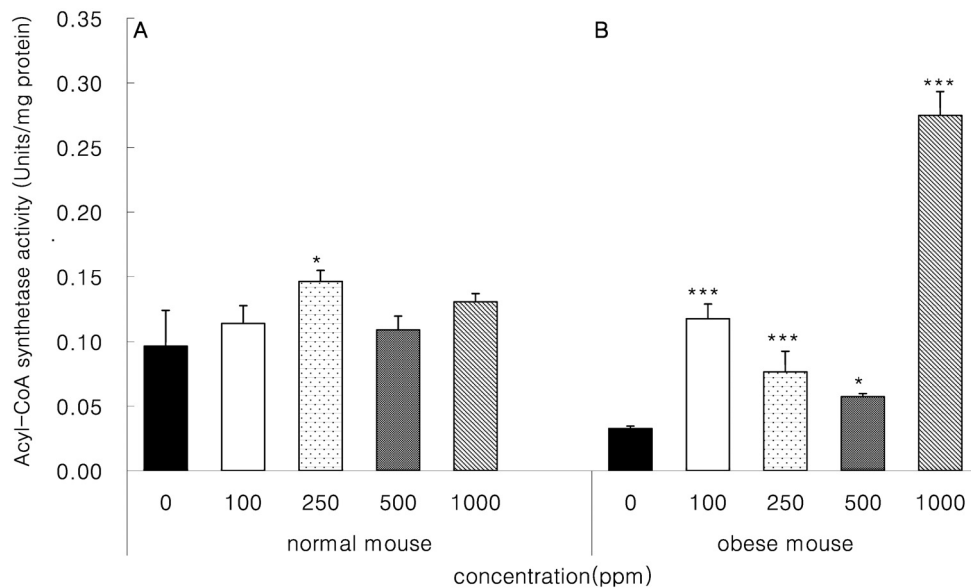


Fig. 2. Effect of *Foeniculi fructus* on acyl-CoA synthetase activity from the liver tissue in normal (A) and obese mouse (B). Data values are expressed as mean  $\pm$  SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with control at \* $p < 0.05$  vs. control, \*\*\* $p < 0.001$  vs. control.

마우스는 회향종자 물 추출물의 모든 농도에서 ACS 활성이 현저하게 유의적으로 증가되었으며, 특히 가장 고농도에 1,000 ppm 처리군에서는 대조군과 비교하였을 때 742%로 ACS의 활성이 증가하였다( $p < 0.001$ ). 결과적으로 회향종자 물 추출물이 ACS 효소의 활성화를 통해 이화경로를 촉진하여 지방산을 에너지원으로 사용하여 비만 개선에 효과적이라 사료된다.

ACS는 혈중 VLDL, chylomicron으로부터 세포내로 유입된 지방산을 acyl-CoA로 전환시키는 중추적인 역할을 하는데, 형성된 acyl-CoA는 CAT에 의해 미토콘드리아로 유입되어 이화경로인  $\beta$ -oxidation을 거쳐 분해되거나 세포질에서 효소에 의해 중성지방과 인지질로 전환된다. 경로의 선택은 긴사슬 지방산 acyl-CoA가 미토콘드리아로 운반되는 속도에 따라 달라진다. 따라서 ACS를 활성화시키는 물질이 동시에  $\beta$ -oxidation에 관여하는 효소들을 활성화시킬 수 있다면 항비만 효과에 이상적인 소재라 할 수 있다.

### HSL mRNA 발현

3T3-L1 지방세포의 HSL mRNA 발현에 회향종자 물 추출물이 미치는 영향을 농도별로 미분화세포와 분화유도된 세포에서 측정된 결과는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 3에서 미분화세포에서 측정된 결과 대조군과 비교하여 회향종자 물 추출물의 모든 처리농도에서 HSL mRNA 발현량이 증가되었으며, 250 ppm과 500 ppm 처리농도에서는 174%로 HSL mRNA 발현량이 유의적으로 증가되었다( $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$ ). Fig. 4와 같이 분화된 세포로 측정된 결과는 회향종자 물 추출물의 1,000 ppm 농도에서 HSL mRNA 발현량이 134.4%로 유의적으로 증가하였다( $p < 0.01$ ). 결과적으로 회향종자 물 추출물이 HSL mRNA의 발현량을 증가시킴으로써 지방분해를 촉진하여 비만개선 효과가 있을 것으로 사료되며, 향후 HSL의 단백질 발현량을 확인해 볼 가치가 있다고 판단된다.

한편, 완전 분화세포에 비해 인삼 사포닌처리 세포에서 HSL mRNA 발현이 유의적으로 증가되었다고 보고하였고(Kim and Choe, 2006), 후박 추출물은 항비만제로 HSL 단백질 수준을 증가시키고 지방세포에 특이적으로 transcription factors로 PPAR- $\gamma$ 의 단백질과 mRNA 수준을 억제함으로써 지방세포 분화를 억제한다고 보고하였다(Kim *et al.*, 2009). Park 등(2008)은 체감의이인탕 추출물이 고지방식으로 유도된 비만을 억제하였으며, 그 기전에 지방합성과 관련된 유전자인 SREBP1과 FAS의 발현 억제, 지방분해와 관련된 HSL과 LPL의 발현증가가 관여한다고 보고하였다.

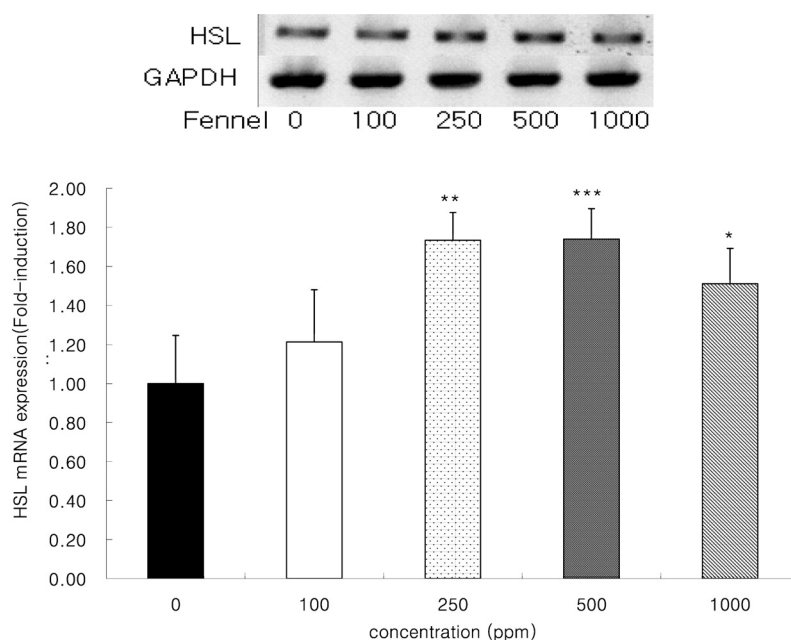


Fig. 3. Effect of *Foeniculi fructus* on gene expression of hormone sensitive lipase (HSL) mRNA expression in 3T3-L1 preadipocytes. Cells were incubated with medium alone or medium containing *Foeniculi fructus* water extracts for 48 h. HSL mRNA levels in each sample was normalized to the quantity of GAPDH mRNA. The fold induction of HSL mRNA in treated cells was calculated as ratio of the corresponding mean value of the control cells. Data values are expressed as mean  $\pm$  SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with control at \* $p < 0.05$  vs. control, \*\* $p < 0.01$  vs. control, \*\*\* $p < 0.001$  vs. control.

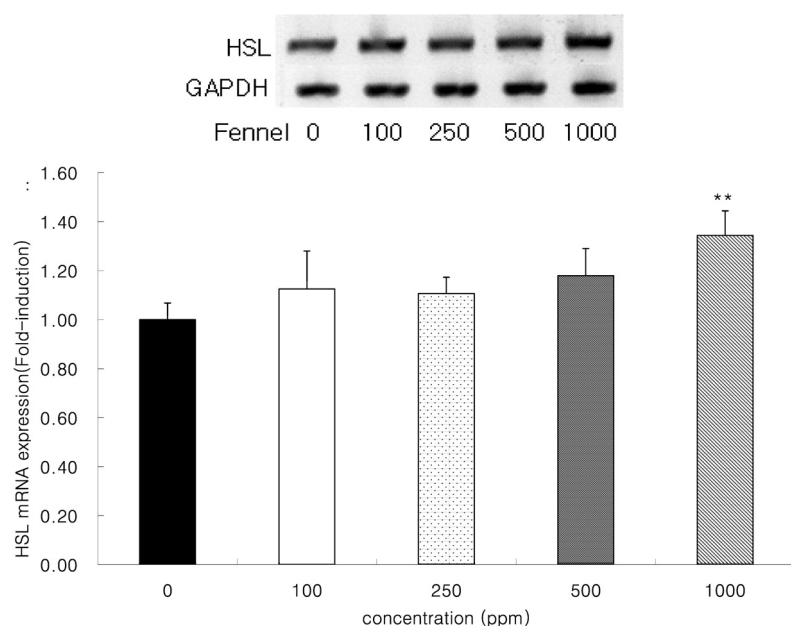


Fig. 4. Effect of *Foeniculi fructus* on gene expression of hormone sensitive lipase (HSL) mRNA expression in 3T3-L1 adipocytes. Cells were incubated with medium alone or medium containing *Foeniculi fructus* water extracts for 48 h. HSL mRNA levels in each sample was normalized to the quantity of GAPDH mRNA. The fold induction of HSL mRNA in treated cells was calculated as ratio of the corresponding mean value of the control cells. Data values are expressed as mean  $\pm$  SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with control at \*\* $p < 0.01$  vs. control.

## 적 요

본 연구는 회향종자 물 추출물이 비만과 관련된 지질대사를 조절하는 효소들 가운데 lipoprotein lipase(LPL), acyl-CoA synthetase(ACS), hormone sensitive lipase(HSL)의 활성에 미치는 효과를 알아보았다. 정상 마우스에서 회향종자 물 추출물의 LPL 활성은 최고 21.9% 억제되었고, ACS와 HSL의 효소 활성은 각각 151.8%, 174.0% 증가되었다. 고지방식이 유도 비만 마우스에서 LPL은 12.0% 활성이 억제되었으며, ACS와 HSL은 742.0%, 134.4% 활성이 증가하였다. 결과적으로 회향종자 물 추출물이 효과적으로 세포내로 지방산의 유입을 억제하며, 유입된 지방산을 에너지원으로 사용하는 대사과정을 활성화시킴으로써 항비만 효능을 갖는다는 것을 추정할 수 있다.

## 사 사

본 연구는 강원대학교 강원웰빙특산물산업화센터, Nutraceutical Bio Brain Korea 21의 일부 지원으로 수행한 연구결과입니다.

## 인용문헌

- Ahn, I.S., K.Y. Park and M.S. Do. 2007. Weight control mechanisms and antiobesity functional agents. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 36:503-513 (in Korean).
- Albu, J., D. Allison, C.N. Boozer, S. Heymsfield, H. Kissileff, A. Kretser, K. Krumhar, R. Leibel, C. Nonas, X. Pi-Sunyer, T. Vanltallie, and E. Wedral. 1997. Obesity solutions: report of a meeting. Nutr. Res. 55:150-156.
- Chiu, K.M., M.J. Schmidt, A.L. Shug, N. Binkley and S. Gravenstein. 1997. Effect of dehydroepiandrosterone sulfate on carnitine acetyl transferase activity and L-carnitine levels in oophorectomized rats. Biochim. Biophys. Acta. 1344: 201-209.
- Choi, E.M. and S.J. Koo. 2004. Inhibition of lipopolysaccharide-stimulated inflammatory mediator production in RAW264.7 macrophages by *Foeniculum vulgare* fruit extract. Kor. J. Soc. Food Cookery Sci. 20:505-510.
- Choi, H.J., M.J. Chung, and S.S. Ham. 2010. Antiobese and hypocholesterolaemic effects of an *Adenophora triphylla* extract in HepG2 cells and high fat diet-induced obese mice. Food Chem. 119:437-444.
- Choi, M.K. and M.H. Kim. 2005. Relation between obesity indices and nutritional knowledge, nutritional status and blood parameters in obese middle-school students. Kor. J. Food Sci Nutr. 34:181-189 (in Korean).
- Farooq, A., A. Muhammad, I. Abdullah and S. Muhammad. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan. Favour Fragr. J. 24:170-176.
- Grundy, S.M. 1998. Multifactorial causation of obesity: implications for prevention. Am. J. Clin. Nutr. 67:563S-572S.
- Hwang, H.Y., Y.S. Choi, B.H. Jung, B.W. Lim and J.D. Kim. 2007. Effect of *Foeniculum vulgare* Gaertner extracts on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. Proceedings of the Convention of the Korean Society of Applied Pharmacology. pp. 161-162 (in Korean).
- Kim, H.Y., Y.M. Lee, Y.H. Kim, S.I. Won, S.A. Choi and S.W. Choi. 2009. Inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes with *Magnolia officinalis* extracts. J. Soc. Cosmet. Scientists Korea. 35:117-123 (in Korean).
- Kim, J.B. 2001. New horizon in atherosclerosis research: Insights into fat cell differentiation and insulin sensitivity with ADD1/SREBP1 and PPAR- $\gamma$ . Kor. J. Lipidol. 11: 79-83 (in Korean).
- Kim, S.M., C.H. Choi, J.W. Kim, S.R. Won and H.I. Rhee. 2008. The anticaries activity of hot water extracts from *Foeniculum vulgare*. J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem. 51: 84-87 (in Korean).
- Kim, S.O. and W.K. Choe. 2006. The effects of ginseng saponin-Re, Rc and green tea catechine; ECGC (epigallocatechin gallate) on leptin, hormone sensitive lipase and resistin mRNA expressions in 3T3-L1 adipocytes. Kor. J. Nutr. 39:748-755 (in Korean).
- Langin, D. and P. Arner. 2006. Importance of TNF $\alpha$  and neutral lipases in human adipose tissue lipolysis. Trends Endocrinol. Met. 17:314-320.
- Lee, H.J., M.J. Chung, D.J. Kim and M. Choe. 2009. Effects of *Oenanthe javanica*, *Coicis lachryma-jobi* L. var., and *Plantaginis asiatica* L. water extracts on activities of key enzymes on lipid metabolism. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 38:1516-1521 (in Korean).
- Lee, J.C., E. Lee, Y.C. Lee, H. Oh, H.S. Yoon, T.K. Ha, and E.H. Hong. 2007. Effects of *Fructus foeniculi* extract on recovering liver function. Kor. J. Herbology 22:213-

- 218 (in Korean).
- Lee, J.J., C.S. Chung, J.G. Kim and B.D. Choi. 2000. Effects of fasting-refeeding on rat adipose tissue lipoprotein lipase activity and lipogenesis : Influence of food restriction during refeeding. Kor. J. Food Sci. Nutr. 29:471-478 (in Korean).
- Lee, J.J., M.S. Choe, C.S. Chung and B. Choe. 2003. Effect of food restriction on rat adipose lipoprotein lipase activity and lipogenesis. Kor. J. Exercise Nutr. 7:135-141 (in Korean).
- Lee, S.K. and O.S. Kim. 2007. Lipoprotein lipase hind 3 polymorphism, blood lipid levels and obesity in Korean women. J. Kor. Endocrinol. 34:133-138 (in Korean).
- Mead, J.R., S.A. Irvine and D.P. Ramji. 2002. Lipoprotein lipase: structure, function, regulation, and role in disease. J. Mol. Med. 80:753-769.
- Mela, D.J., R.S. Cohen and P.M. Kris-Etherton. 1987. Lipoprotein metabolism in a rat model of diet-induced adiposity. Am. J. Nutr. 117:1655-1662.
- Oh, H.T., M.J. Chung, S.H. Kim, H.J. Choi and S.S. Ham. 2009. Masou salmon (*Oncorhynchus masou*) ethanol extract decreases 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase expression in diet-induced obese mice. Nutr. Res. 29:123-129.
- Oktay, M., I. Gulcin and O.I. Kufrevioglu. 2003. Determination of vitro anti-oxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. Lebensm. Wiss. Technol. 36:263-271.
- Park, J.S., H.H. Back, D.H. Bai, T.K. Oh and C.H. Lee. 2004. Antibacterial activity of Fennel(*Foeniculum vulgare* Mill) seed essential oil against the growth of *Streptococcus mutans*. Food Sci. Biotechnol. 13:581-585 (in Korean).
- Park, T.Y., B.C. Shin, J.C. Kang, M.Y. Song, E.K. Kim, E.A. Seo, D.G. Ryu and K.B. Kwon. 2008. Study on anti-obesity effect of Chegameuiin-tang. Kor. J. Orient. Physiol. Pathol. 22:642-648 (in Korean).
- Quinn, D.M., K. Shirai, R.L. Jackson and J.K. Harmony. 1982. Lipoprotein lipase catalyzed hydrolysis of water-soluble p-nitrophenyl esters inhibition by apolipoprotein C-I. Amer. J. Biochem. 21:6872-6879.
- Ryu, M.H., J.W. Daily and Y.S. Cha. 2005. Effect of starvation on hepatic acyl-CoA synthetase, carnitine palmitoyl-transferase-I, and acetyl-CoA carboxylase mRNA levels in rats. Nutrition 21:537-542.
- Shimizu, S., K. Inoue, Y. Tani and H. Yamada. 1979. Enzymatic microdetermination of serum free fatty acids. Anal. Biochem. 98:341-344.
- Shirai, K. and R.L. Jackson. 1982. Lipoprotein lipase-catalyzed hydrolysis of p-nitrophenyl butyrate. J. Biochem. 257:1253-1258.

(접수일 2010.6.7; 수락일 2011.2.16)