

고수 에탄올 추출물의 고지방식이 비만 동물모델에서의 항비만효과

이 락 원* · †강 순 아**,**

호서대학교 벤처대학원 융합공학과 박사과정 학생, *호서대학교 보건산업연구소 연구원,
호서대학교 벤처대학원 융합공학과 교수, *호서대학교 보건산업연구소 소장

Ant-Obesity Effect of *Coriandrum sativum* L. Ethanol Extract in High Fat-Induced Obesity Animal Model

Rak Won Lee* and †Soon Ah Kang**,**

Ph. D. Student, Dept. of Convergence Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

*Researcher, Institute of Health Industry, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

**Professor, Dept. of Convergence Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

***Director, Institute of Health Industry, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

Abstract

This study investigated the anti-obesity effects of *Coriandrum sativum* L. ethanol extracts in a high fat diet-induced obesity model (DIO). We confirmed the anti-obesity effects by analysing the expression of the related proteins, weight gain, dietary intake, dietary efficiency, blood biochemistry, histological analysis and western blot analysis. After oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extracts at concentrations of 250 and 500 mg/kg, a significant improvement in dietary efficiency, reduction in weight gain, triglycerides, total cholesterol and LDL-cholesterol in blood lipid was observed for 8 weeks. In addition, improvement in blood glucose and metabolism confirmed through glucose tolerance test was observed. Further, the concentration of alanine transaminase (ALT) in blood was significantly decreased, which improved the fatty liver caused by high-fat diet intake as confirmed by liver tissue analysis. This phenomenon was confirmed to decrease the expression of fat accumulation-related PPAR γ and FAS protein in the liver tissue. Especially, it is believed that FAS, a liposynthetic enzyme, has a stronger inhibitory effect than PPAR γ . Therefore, *Coriandrum sativum* L. ethanol extract is thought to improve obesity by reducing blood lipids levels, improving glucose metabolism and inhibiting synthesis of the fat that accumulates in the liver in high-fat diet-induced obesity animal models.

Key words: *Coriandrum sativum* L., anti-obesity effect, high fat diet-induced obesity model

서 론

코로나로 인한 생활양식의 변화가 실내에서의 생활시간을 증가시키면서 발생한 운동부족, 스트레스 증가, 작업시간의 비효율화, 불규칙한 식생활로 비만, 고혈압, 당뇨, 동맥경화 등 다양한 질병에 노출되어 건강에 관한 관심도가 매우 높아지고 있다. 비만(obesity) 또는 비만증(adipositas)은 지방이 과도하게 축적되는 질병으로 세계 보건 기구는 체질량 지수가 30 이상인 경우를 비만증이라고 한다. 특히 비만은 에

너지 불균형에 의하여 발생하여 과도한 지방으로 인한 고혈압, 제 2형 당뇨병, 심혈관계 질환, 수면 무호흡증, 암 등과 같은 합병증의 위험을 증가시키는 질병으로 전 세계 국가들이 겪고 있는 건강문제이다(Sharma 등 2009). WHO(2017) 보고에 의하면, 매년 약 400만 명이 과체중현상, 비만으로 인하여 합병증을 유발하며 사망하고 1975년부터 2016년까지 과체중 및 비만 유병율이 4배 이상 증가하였고, 2030년에는 미국의 비만 성인 비율이 42%로 예측하면서 비만인 개인대비 연간 의료비용으로 지출이 매년 지속적으로 상승하고 있

† Corresponding author: Soon Ah Kang, Professor, Dept. of Convergence Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 06724, Korea. Tel: +82-2-2059-2353, Fax: +82-2-2059-1405, E-mail: sakang@hoseo.edu

다고 보고하고 있다(WHO 2017; Cardel 등 2020).

비만은 일반적으로 식이 섭취 조절과 생활 패턴 개선, 지속적 운동이 복합적으로 병행되어야 치료가 가능하지만, 비만치료제 혹은 보조제 섭취에 가장 간편하게 의존하는 경향이 있다(Jang 등 2011). 비만 치료제 약물의 부작용을 감소하기 위한 천연 약용물질, 페놀성 화합물, 식물성 스테롤 등 식품 및 천연물 소재를 활용한 연구가 진행되고 있다(Heal 등 1998; Yoo & Shin 2012; Lee & Kang 2018; Kim 등 2020; Kim & Kang 2021a; Oh & Kang 2021; Park 등 2021). 부작용을 최소화 할 수 있는 최근 연구로는 꾸찌뽕 엽위별 추출물(Park 등 2021), 바나나 껍질 추출물(Kim 등 2020) 등과 같이, 식품 자체의 활성 조사 연구들이 활발히 수행되어지고 있다.

고수(*Coriandrum sativum* L., Coriander)는 미나리과에 속하는 한해살이풀로 6월에서 7월에 걸쳐 흰꽃 혹은 핑크빛 꽃이 피는데 원산지는 지중해 동쪽지역, 북아프리카, 중앙아시아 등이며 현재 중국, 호주, 인도, 러시아 등에서 널리 재배되고 있다. 고수는 인류가 최초로 사용한 향신료(Potter & Fagerson 1990)로서 음식의 비린내를 제거하거나, 튀김요리 혹은 다양한 요리에 장식용으로 사용되고 있다. 중국인들은 향채라고 하며 고수를 가장 많이 섭취하는 이유는 기름진 중국음식을 보완하기 위함이며 우리나라에서는 사찰 음식에서 주로 사용한다. 향신료는 항균 및 항산화작용, 방향작용, 방부작용을 하면서 식품 품질을 보존하거나 향상시키는 역할을 한다. 가공식품 제조에서 보존과 유통기한 연장 및 모양과 색을 좋게 하고자 화학적 합성품보다 천연 항균성 물질 특성을 가진 식품 소재를 사용하기 위하여 연구가 활발하다. 이에 따라 천연보존제 개발의 일환으로 고수 에탄올 추출물의 에틸아세테이드 분획물에서 그람 양성균과 음성균의 생육억제효과를 보이면서 항균활성효과(Kim 등 2001) 연구, 추출물의 항산화, 항염 및 피부장벽 기능 효과(Ning & Lee 2023)가 보고되고 있다.

수는 잎, 열매, 정유 등 다양한 용도로 활용하며 생리활성 물질을 가지고 있다. 식품재료 혹은 생약재료부터 천연 항균제 물질을 탐색을 하며 이를 활용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 고수는 고대시대부터 약이나 치료제로 사용한 약용작물로서 한방에서는 호유자(胡荽子)라는 한약재로 명하는 고수의 종자는 소화촉진작용 및 위장보호작용 효능이 알려져 있다(Potter & Fagerson 1990; Chaudhry & Tariq 2006). 또한 췌장의 기능에 도움을 주면서 인슐린 분비의 정상화로 혈당 조절작용을 하며(Lewis & Elvin-Lewis 1982; Gray & Flatt 1999), 위액의 분비를 도와서 식욕을 촉진하는 활성(Potter & Fagerson 1990)을 가지고 있다고 한다.

현재 고수에 관한 기능성 연구로는 고수첨가가 고중성지방 식이를 하는 쥐의 중성지방 및 콜레스테롤 감소효과

(Hwang 등 2001a), 고수 첨가에 의한 당뇨병 흰쥐의 혈당조절효과 및 혈장과 간의 지질과산화를 억제하는 항산화성 효과(Hwang 등 2001b), 췌장의 기능을 도와서 인슐린 분비를 조절하여 혈당저하효과(Gray & Flatt 1999), 고수 에탄올 추출물의 높은 플라보노이드 함량에 의한 항산화효과(Nan 등 2019), 고수 에탄올 추출물의 염증매개인자 및 염증성 싸이토카인의 생성량을 감소시키면서 항염증효과(Nan 등 2019), 고수 잎의 에탄올 추출물의 유방암 억제효과 및 항염증효과(Sathishkumar 등 2016), 고수의 뿌리, 잎 및 줄기 추출물의 DNA 손상 보호 효과(Tang 등 2013; Ishida 등 2017)가 보고되었다. 고수의 기능성 연구 중 지질대사와 관련된 연구는 고수의 잎과 씨가 고지혈증을 완화시키며 관상동맥경화 예방 및 치료에 도움을 줄 수 있다고 보고(Hwang 등 2001a)된 바 있다. 또한 고수 추출물은 3T3-L1 비만세포에서 중성지방 형성을 감소시키면서 지방세포 비대를 개선하는 것으로 나타났다(Patel 등 2011). 네팔 목굴 벌나무(*Aegle marmelos*), 노니(*Morinda citrifolia*) 및 고수종자를 각각 50 mg을 혼합하고 혼합물을 분말로 분쇄하여 제제화한 것을 인체에 공급 시 지질 축적을 줄이고 고용량에서 지방 생성을 예방하는 능력을 입증하였다(Ngamdokmai 등 2022).

그러나 고수잎 에탄올 추출물의 동물실험을 통한 항비만 및 항당뇨 활성의 연구는 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고수잎 에탄올 추출물의 고지방식이 유도 동물 모델(diet induced obesity)의 부고환지방에서 지방축적관련 단백질인 PPAR γ 와 FAS의 발현 효과를 검증하며 당대사에 미치는 영향도 실시하였으며, 이를 통해 고수 에탄올 추출물의 항비만 효능을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험물질제조

연구에 사용한 고수는 경기도 파주시에서 구입하여 식물체(100 g)를 음건하여 분말화한 것을 ethyl alcohol 95%(HPLC 급) 1 L를 첨가하여 30 cycle(40 KHz) 초음파 추출기(SDN-900H, SD-ULTRASONIC CO., LTD)로 실온에서 1,500 W, 15분 초음파 처리하면서 주기당 120분 방치하였다. 여과(Qualitative Filter No.100, HYUNDAI MICRO Co., Ltd) 후 감압 건조하여 추출물(8.06 g)을 얻었다.

2. 실험동물 사육조건

C57BL/6 mice 수컷 3주령 36마리를 (췌대한바이오링크(Eumseong, Korea)에서 구입하였고 사육조건은 온도 22±2°C, 상대습도 50.0±15.0%, 명암주기 간격 12시간(07:00~19:00:명주기), 조도 150~300 Lux, 환기 횟수는 10~20회/시간 등 자동

설정된 SPF(specific pathogen free) 조건에서 동물 사육실 (Polysulfone, 331 D × 159 W × 132 H(mm))을 이용하여 8주간 사육하였다. 실험 전에 동물의 외관 검사를 실시하고 체중을 측정하여 개체식별법에 따라 7일간의 순화 기간을 설정하고 매일 1회 일반증상 등을 관찰하였다. 순화기간 종료일에 체중변화와 일반증상을 확인한 후 체중증가에 이상이 없는 동물을 선택하여 체중을 균등하게 배치하였다. 실험용 고품사료로 사용하는 일반동물식이(20% protein, R3+, SAFE Inc, France)는 (주)우정바이오테에서 구매하여 자유섭취 시켰다. 음용수는 UV로 멸균소독 후 필터로 여과한 250 mL polysulfone 음수병으로 자유섭취하게 하였다. 실험에 사용한 시험물질은 투여용량에 맞게 투여당일에 멸균수와 혼합 후sonication 30분간 한 후 존데(DAZ01, Fuchigami, Japan)로 경구투여하였다.

3. 고지방식으로 유도된 비만 동물모델

고지방식이 비만동물모델을 유도하기 위하여 4주령 C57BL/6 mice 수컷 생쥐에게 식이의 종류를 CON 그룹은 10 kcal% fat의 함량이 존재하는 식이를 제공하고, DIO(diet induced obesity) 그룹은 60 kcal% fat의 함량이 존재하는 고지방식이를 제공하였다. 고수에탄올 추출물 처리군은 고지방식이섭취하면서 oral injection 250 mg/kg, 500 mg/kg로 1일 1회 56일간 투여하였다. 투여 용량은 고수 연구논문을 참고로 적정 범위를 선정하였고(Hwang 등 2001a; Aissaoui 등 2011), 다른 약용식물소재 실험에서 사용한 용량을 참고로 선정하였다(Park 등 2015; Kim & Kang 2021b; Oh & Kang 2021). 2-3 일간의 독성증상 및 사망유무를 관찰하며 시험물질을 투여하였다. 이때 대조군은 생리식염수를 동량으로 구강 내에 투입하였다. 따라서 실험군은 CON 군, DIO 군, DIO+CE250 군, DIO+CE500 군으로 총 4군으로 나누었다. 총 5개 군으로 구성하였다. 체지방율과 지방세포크기는 6주에서 10주 사이에 유의하게 증가하였고 혈중 렙틴의 발현과 조직에 따른 UCP 발현도 의미있는 차이를 보이면서 고지방 동물모델을 유도 시 8주 실험을 하였다(Kang SA 2002; Park 등 2015). 본 연구에서는 비만을 유도하면서 치료식이를 함께 제공하여 체지방이 증가하는 시간에 치료식이가 체지방의 증가를 얼마나 억제하였나를 보는 실험으로 본 실험은 비만 예방실험에 해당한다. 본 실험은 실험동물 관리 및 사용에 관한 모든 규정을 준수하였고, 1991년 제정된 동물보호법(제정: 1991년 5월 21일 법률 제 4379호, 일부개정: 2020년 2월 11일 법률 제 16977호)에 근거를 두고 우정유전체연구소 동물실험윤리위원회(IACUC)에서 승인(승인번호: WJIACUC131211-4-05)을 받았고, 시험 규정은 우정유전체연구소 실험동물 윤리위원회 내부 규정에 따라 수행되었다.

4. 혈액 및 시료채취

사육 기간 동안 실험동물의 식이 섭취량은 매일 측정하였고, 체중은 7일 주기로 일정한 시간에 측정하였다. 투여기간 동안 각 개체의 일반적 증상을 관찰하였고, 체중을 측정하였으며, 실험기간 종료 시 부검을 실시하였다. 시험기간 종료 후 안와정맥총 채혈을 실시하여 혈액을 채취한 후 혈청을 분리하였고, 채혈 후 경추탈구로 안락사를 진행한 후 주요 장기 지방과 췌장 조직을 적출하고 개량하였다. 조직은 10% 포르말린용액에 고정시킨 후 H&E stain을 실시하였다. 남은 개별 조직들은 액체 질소에 급속 냉동하여 보관하였다. 시험동물의 주요 장기 무게검사는 시험 마지막 부검을 끝내고 채혈 후 장기무게 등 분리 후 초정밀저울로 fat(subcutaneous, peritoneal, mesentric, epididymal), kidney(renal hypertrophy), heart(cardiac hypertrophy) 및 Liver의 무게를 측정하였다. 관찰 기간 종료 시점에 생존동물들은 이소푸르란/질소/산소를 이용하여 흡입 마취시켜 복대동맥(abdominal aorta)으로부터 전혈을 채혈하였고, 혈액을 BD microtainer tube(K2E, K2EDTA)에 냉장보관 후 혈액을 원심 분리하여 얻은 혈장에 대하여 생화학적 자동분석기(7020, HITACHI, Japan)로 다음 항목들을 검사하였다.

5. Western blot 실험

실험이 종료된 조직(liver, fat)을 PBS 용액으로 2회 세척한 다음 lysis buffer를 넣고 4°C에서 10분간 용해시켰다. 수거한 lysate를 4°C에서 13,000 rpm, 20분간 원심분리하여 상층액만 회수하여 단백질 정량을 하였다. 각각의 상층액에서 단백질 30 µg을 취하여서 SDS loading buffer(60 mM Tris, 2% SDS, 25% glycerol, 0.5% 2-mercaptoethanol, 0.1% bromophenol blue) 용액과 혼합한 후 10% SDS polyacrylamide gel 판에 loading한 후 전기영동법으로 nitrocellulose membrane에 전이과정을 하였다. 이 과정 후 membrane은 5% 무지분유가 함유된 TTBS(10 mM Tris, 0.1% tween 20, 100 mM NaCl) 용액에 담가서 1시간 동안 상온에서 blocking 하였다. TTBS 용액으로 10분간 3번 세척 후 일차항체(PPAR γ 1:200, FAS 1:200)로 2시간 반응시킨 후 TTBS 용액으로 3번 세척을 반복하였다. 그 다음에 peroxidase가 포함된 2차항체(goat anti-mouse IgG-HRP, 1:2000)와 1시간 반응시킨 후 항체 검출은 chemiluminescent substrate 용액으로 가시화한 후 ChemiDoc MP Imaging System(Bio-Rad)으로 측정하여 Image Lab 4.1(Bio-Rad) software로 분석하였다.

6. 조직의 병리학적 표본 제작, 염색 및 관찰

관찰기간 종료 후 부검 진행 시 주요 장기 등을 10% 농도의 중성 완충 포르말린 용액에 고정한 후 주요 조직을 cross

section해서 hematoxylin과 eosin염색하여 관찰, 측정하였다. 조직 포매 및 표본 제작은 조직의 무게와 크기를 확인한 후 10% 중성 완충 포르말린에 고정되었던 장기를 파라핀 처리 후 조직은 포매기(embedding center, Milipore)로 포매하였다. 포매된 조직을 미세조직절단기(microtome, Microm)로 연속 관상절편을 5 μ m 두께의 제작하였다. H&E(Hematoxylin-Eosin) 염색과정은 연속 관상절편 5 μ m 두께를 유리슬라이드에 부착시킨 다음 xylene 용액으로 탈파라핀 한 후, 알콜 함수과정을 통하여 염색하였다. 흐르는 물(tap water)에 수세한 후 핵을 염색하기 위하여 hematoxylin(Harris hematoxylin, MUTO)에 5분간 염색하고 염색의 정도에 따라 탈염과정을 시행하였다. 세포질 염색을 위하여 H&E 염색이 끝난 조직표본슬라이드를 Eosin(Sigma) 용액에 2분 동안 염색한 다음 연속하여 알콜탈수과정을 거친다. 봉입을 위한 치환과정은 Histo-solve(Shandon)를 처리하여 Consul-mount(Shandon)로 봉입하였다. 조직표본의 염색 정도 및 형태 관찰은 연구용 광학현미경 TS100(Nikon, Japan)을 사용하였다.

7. 통계 분석

모든 시험 분석결과는 평균값과 표준편차 값으로 나타내었고, 각 군간의 비교 방법은 ANOVA(software StatView: version 4.51, Abacus Concepts, Berkeley, CA, USA) 통계방법에 의하여 실행하였고 사후검정과정은 Duncan's multiple test를 통하여 $p < 0.05$ 수준에서 실시하였다. 통계프로그램은 SPSS v18 statistical software package(SPSS Inc., Westlands, Hong Kong)로 모든 실험 결과를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 체중, 식이섭취량 및 식이효율 변화

모든 실험군에서 시험 시료 투여 전후 시점과 부검 전까지 특이 이상 증상은 보이지 않았다. 실험기간 동안에 실험동물의 체중변화를 보여준 결과는 Table 1에 보여주었다. 56일간의 실험기간 동안 CON 군의 체중 증가는 8.2 ± 1.3 g으로 나타났다, DIO 군은 22.6 ± 1.9 g, DIO+CE250 군은 19.3 ± 3.0 g, DIO+CE500 군은 13.2 ± 3.6 g으로 나타났다. 결과적으로 실험기간동안 유의적($p < 0.05$)으로 가장 많이 증가된 군은 DIO 군 즉 고지방식이 섭취군이었으며, 고수 추출물 투여량에 의존하여 유의적으로 증가량이 감소함($p < 0.05$)을 관찰할 수 있었다. DIO 군에 고수 추출물 250 mg/kg 경구투여한 군의 경우는 DIO 군에 비해, 대략 15% 감소를 보였고, 500 mg/kg 경구투여 군의 경우는 41.6% 감소율을 보여 그 차이가 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). Table 2는 실험기간동안 관찰된 식이섭취량과 식이효율을 보여주고 있다. 총 실험기간 동안 나타난 하루 식이섭취량은 CON, DIO, DIO+CE250, DIO+CE500 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 식이효율의 경우, CON 군은 2.5 ± 0.4 , DIO 군은 6.6 ± 0.5 , DIO+CE250 군은 5.8 ± 0.9 , DIO+CE500 군은 4.1 ± 1.1 로 나타나, CON 군에 비해 고지방식이 섭취군이 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$), 고수 추출물 투여군의 경우는 투여량에 의존적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 이는 고지방식이 섭취로 증가된 식이효율을 고수 추출물이 영향을 미쳐 낮추는 것으로 관찰되었다. Hwang 등(2001b)의 연구에서는 당뇨병성 고지혈증 흰쥐에게 고수(잎, 씨, 뿌리) 분말을 혼합한 식이를 제공한 결과 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 고수 섭취에 의하여

Table 1. Change of body weight among groups

Group	Weeks after administration									Weight gain (g)
	Initiate	1	2	3	4	5	6	7	8	
CON	22.2 \pm 1.2	24.3 \pm 1.4	25.3 \pm 1.9	25.9 \pm 1.7	26.8 \pm 1.9	27.5 \pm 2.3	28.7 \pm 2.1	29.3 \pm 2.0	30.4 \pm 2.0	8.2 \pm 1.3
DIO	22.3 \pm 0.9	25.6 \pm 1.8	28.2 \pm 1.9 ^{a*}	31.9 \pm 2.5 ^{a*}	34.3 \pm 2.6 ^{a*}	36.6 \pm 2.9 ^{a*}	39.3 \pm 3.4 ^{a*}	41.7 \pm 2.7 ^{a*}	44.9 \pm 2.3 ^{a*}	22.6 \pm 1.9 ^{a*}
DIO+CE250	22.3 \pm 0.7	25.2 \pm 1.3	27.3 \pm 1.9 ^{ab}	30.6 \pm 2.7 ^{ab}	32.6 \pm 3.2 ^{ab}	35.5 \pm 3.3 ^{ab}	38.3 \pm 3.5 ^{ab}	40.4 \pm 3.2 ^{ab}	41.6 \pm 3.1 ^b	19.3 \pm 3.0 ^b
DIO+CE500	22.3 \pm 0.4	23.6 \pm 1.1	25.3 \pm 1.3 ^b	27.5 \pm 1.7 ^b	28.6 \pm 1.9 ^b	31.0 \pm 2.9 ^b	32.6 \pm 3.5 ^b	34.5 \pm 3.8 ^b	35.4 \pm 3.7 ^c	13.2 \pm 3.6 ^c

Number of each group = 9.

Each value represents the mean \pm S.D.

*Significantly different from CON vs DIO ($p < 0.05$).

^{a-c}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾ CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE: oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extract 250 mg/kg or 500 mg/kg.

Table 2. Change of food intake and food efficiency ratio (FER) among groups

Group	Food intake (g/day)	Feed efficiency ratio
CON	3.3±0.3	2.5±0.4
DIO	3.5±0.4	6.6±0.5 ^{a*}
DIO+CE250	3.3±0.5	5.8±0.9 ^{ab}
DIO+CE500	3.2±0.6	4.1±1.1 ^b

Each value represents the mean±S.D.

*Significantly different from CON vs DIO ($p<0.05$).

^{a-c}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

¹⁾ CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE: oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extract 250 mg/kg or 500 mg/kg.

영향을 받지 않았다. 그러나 Hwang 등(2001a)의 연구에서는 고 중성지방식을 공급한 흰쥐보다 고수를 섭취를 군에서 식이섭취량이 증가하였으나 이 효과는 고수 잎, 뿌리, 씨에 따라 다르게 나타났다.

2. 지방조직 무게의 변화

실험동물 내에 여러 부위(부고환, 장간막, 피하, 복막)에 존재하는 지방량은 Fig. 1에 보여주고 있다. 부고환 지방량의 경우는 CON 군이 1,037.8±324.6 mg, DIO 군이 2,725.6±545.2 mg, DIO+CE250 군이 2,725.9±323.6 mg, DIO+CE500 군이 2,352.6±269.7 mg으로 나타나, 부고환 지방량의 경우는 CON 군과 DIO 군만이 유의적으로 차이를 나타내었고($p<0.05$), 고수 추출물 500 mg 투여군에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 장간막 지방량의 경우는 CON 군이 329.7±67.3

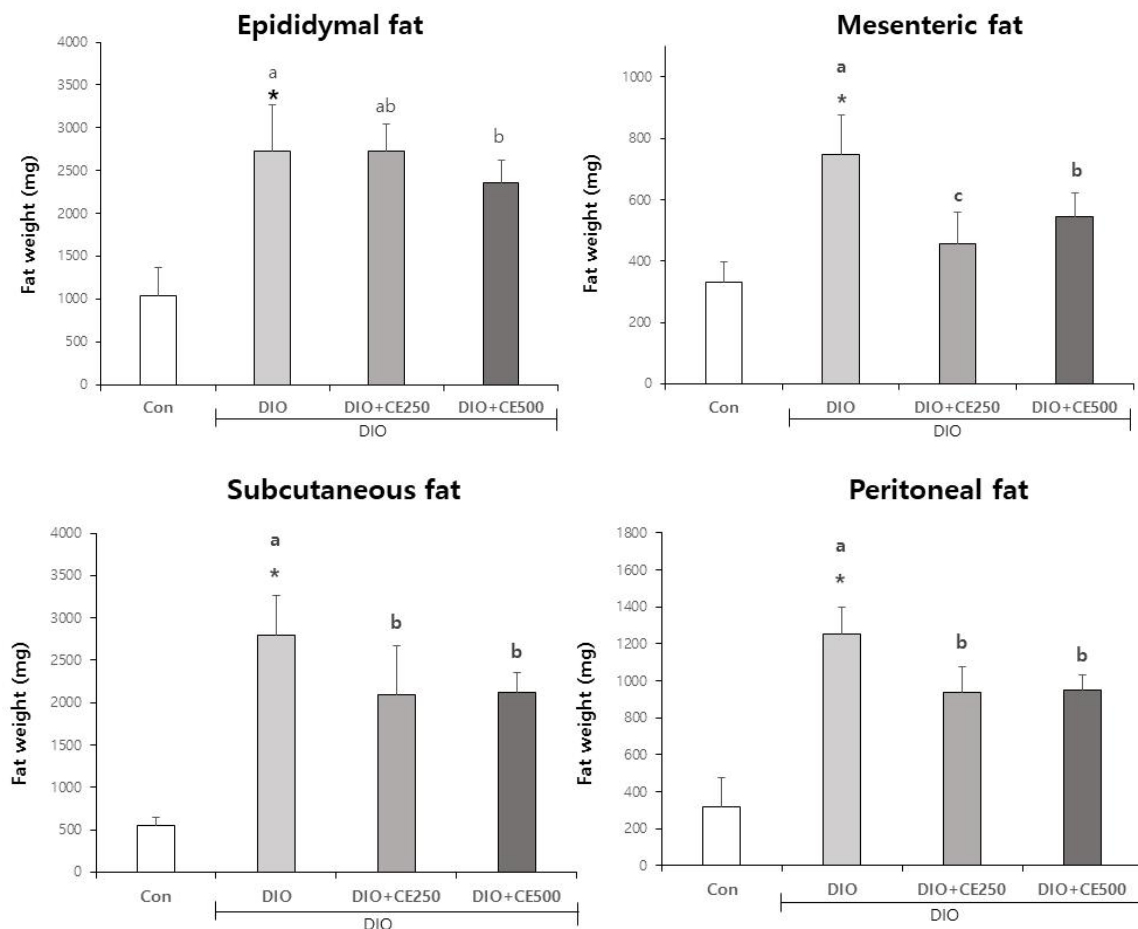


Fig. 1. Fat tissue weight changes in diet-induced obesity model. Each value represents the mean±S.D. *Significantly different from CON vs DIO ($p<0.05$). ^{a-c}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE:oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extract 250mg/kg or 500 mg/kg.

mg, DIO 군이 747.9±128.7 mg, DIO+CE250 군이 455.8±103.9 mg, DIO+CE500 군이 546.0±74.2 mg으로 나타나, CON 군과 DIO 군이 유의적인 차이가 있었고, 고수 추출물 250, 500 mg/kg 투여군 모두 DIO 군에 비해 통계학적으로 유의적인 감소가 나타났다($p<0.05$). 피하지방량은 CON 군이 542.8±98.0 mg, DIO 군이 2,791.7±467.7 mg, DIO+CE250 군이 2,090.3±580.1 mg, DIO+CE500 군이 2,115.5±235.6 mg으로 나타나, CON 군에 비하여 DIO 군이 유의적으로 증가한 것을 보였고($p<0.05$), 고수 추출물 250, 500 mg/kg 투여군 모두 DIO 군에 비하여 유의적인 감소현상($p<0.05$)을 관찰할 수 있었다. 마지막으로 복막 지방량의 경우는 CON 군이 316.8±159.2 mg, DIO 군이 1,250.4±144.5 mg, DIO+CE250 군이 939.3±133.8 mg, DIO+CE500 군이 949.5±83.6 mg으로 나타나, CON 군에 비하여 DIO 군이 유의적으로 증가한 것을 보였고($p<0.05$), 고수 추출물 250 및 500 mg/kg 투여군 모두 DIO 군에 비하여 유의적인 감소현상($p<0.05$)을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 결과로, 고수 추출물 투여군의 경우 고지방식이 섭취군에 비해 4가지 부위 중 장간막, 피하, 복막에 존재하는 지방량의 유의적인 감소를 보이는 것으로 나타났다($p<0.05$). 고수를 이용한 항비만 연구에서는 조직 무게 변화 및 혈장과 간의 지질의 함량변화에 대한 결과(Hwang 등 2001a; Dhanapakiam 등 2008; Aissaoui 등 2011)는 있으나 지방 조직별 무게를 관찰한 연구는 없었다. 고지방식으로 유도된 비만 동물모델에서 유산균 마분말을 투여한 결과(Park 등 2015) 부고환지방조직은 고지방군에서 높았으나 실험식이 투여에 의하여 유의적인 차이를 보이지 않았고 복막지방 혹은 신장지방은 유의하게 감소하면서 항비만의 지표로 지방조직의 중량을 측정하였다. 또한 고지방식으로 유도한 동물비만 모델에서 홍국 발효 대두 섭취에 의하여 지방 조직별(신장지방, 창자간막지방, 피하지방, 부고환지방) 무게가 유의하게 감소함을 보였다(Kim & Kang 2021b). 이에 본 연구의 지방조직별 무게 변화는 항비만의 지표로 사용함에 의미가 있었다.

3. 장기무게의 변화

실험동물 내에 존재하는 장기무게(심장, 신장, 간, 심장비대, 신장비대)를 Fig. 2에 보여주고 있다. 심장의 경우는 CON 군이 154.0±20.4 mg, DIO 군이 186.1±18.5 mg, DIO+CE250 군이 183.6±13.1 mg, DIO+CE500 군이 168.8±11.4 mg으로 나타나, CON 군과 DIO 군만이 유의적으로 차이($p<0.05$)를 나타내었고, 고수 추출물 500 mg/kg 투여군은 DIO 군에 비해 유의적으로 감소($p<0.05$)함을 관찰할 수 있었다. 신장(2개)의 경우는 CON 군이 387.6±32.8 mg, DIO 군이 407.8±10.1 mg, DIO+CE250 군이 411.9±18.6 mg, DIO+CE500 군이 381.2±23.7 mg으로 나타나, 모든 군간의 통계적으로 유의한 차이를

보이지 않았다. 간의 경우는 CON 군이 1,108.0±97.8 mg, DIO 군이 1,363.4±138.6 mg, DIO+CE250 군이 1,084.7±76.3 mg, DIO+CE500 군이 1,040.6±120.4 mg으로 나타나, CON 군에 비하여 DIO 군이 유의적으로 증가한 것을 보였고($p<0.05$), 고수 추출물 250, 500 mg/kg 투여군 모두 DIO 군에 비해 유의적으로 감소($p<0.05$)하였음을 관찰할 수 있었다. 심장비대나 신장비대의 경우는 고수 추출물 투여에 따른 유의적인 차이가 없었다. 이상과 같은 결과로, 고지방식이 섭취에 따라 지방량의 증가에 의해 심장무게 증가 및 간 무게의 유의적인 증가를 야기한 것으로 사료되며, 간의 경우는 고수 추출물 투여에 의해 효과적으로 지방량을 감소시킨 것으로 사료된다. Hwang 등(2001a)의 연구에서는 고중성지방식이를 공급한 흰쥐에게 고수(잎, 씨, 뿌리) 분말을 혼합한 식이를 제공한 결과 간과 심장의 무게는 대조군에 비하여 고수씨 섭취군이 유의하게 높게 나타났다. 신장의 무게는 고수 뿌리를 섭취한 군에서 높게 나타났다.

4. 혈중 지질 농도

고수 추출물이 고지방식이 유도 동물의 혈중지질에 미치는 영향을 본 결과는 Fig. 3에 보여주었다. 중성지질 함량은 CON 군이 24.5±2.3 mg/dL, DIO 군이 32.8±5.6 mg/dL, DIO+CE250 군이 34.3±2.7 mg/dL, DIO+CE500 군이 21.2±4.0 mg/dL로 나타나, CON 군에 비해 DIO 군이 유의적으로 중성지질 함량이 증가되었고, 고수 추출물의 투여량에 따라 500 mg/dL 투여한 군만이 고지방식이 섭취 군과 비교하여 유의적으로 감소하였음을 관찰할 수 있었다($p<0.05$). 총콜레스테롤 함량은 CON 군이 148.4±12.4 mg/dL, DIO 군이 211.0±23.4 mg/dL, DIO+CE250 군이 218.1±14.8 mg/dL, DIO+CE500 군이 157.8±2.2 mg/dL로 나타나, CON 군에 비해 DIO 그룹이 유의적으로 중성지질 함량이 증가되었고, 고수 추출물의 투여량에 따라 500 mg/dL 투여한 군만이 고지방식이 섭취군에 비하여 유의적인 감소현상을 관찰할 수 있었다($p<0.05$). LDL-콜레스테롤의 함량은 CON 군이 9.0±1.9 mg/dL, DIO 군이 14.8±4.4 mg/dL, DIO+CE250 군이 17.1±1.1 mg/dL, DIO+CE500 군이 10.0±2.4 mg/dL로 나타나, CON 군에 비교하여 DIO 군이 유의적으로 중성지질 함량이 증가되었고, 고수 추출물의 투여량에 따라 500 mg/dL 투여한 군만이 고지방식이 섭취군에 비하여 유의적으로 감소함을 보였다($p<0.05$). Aissaoui 등(2011)의 연구에서 비만-고혈당-고지혈증(OHH) Meriones shawi 쥐에서 30일 동안 매일 고수 물 추출물 투여는 TC, LDL-콜레스테롤 및 TG의 상승된 수준을 감소시키면서 대사증후군의 여러 구성 요소를 감소시켰고 심장보호지수를 증가시키면서 심혈관 보호 효과가 있다고 보고하였다. Hwang 등(2001a)의 연구에서는 고중성지방 식이를 흰쥐에게 고수(잎, 씨, 뿌리)

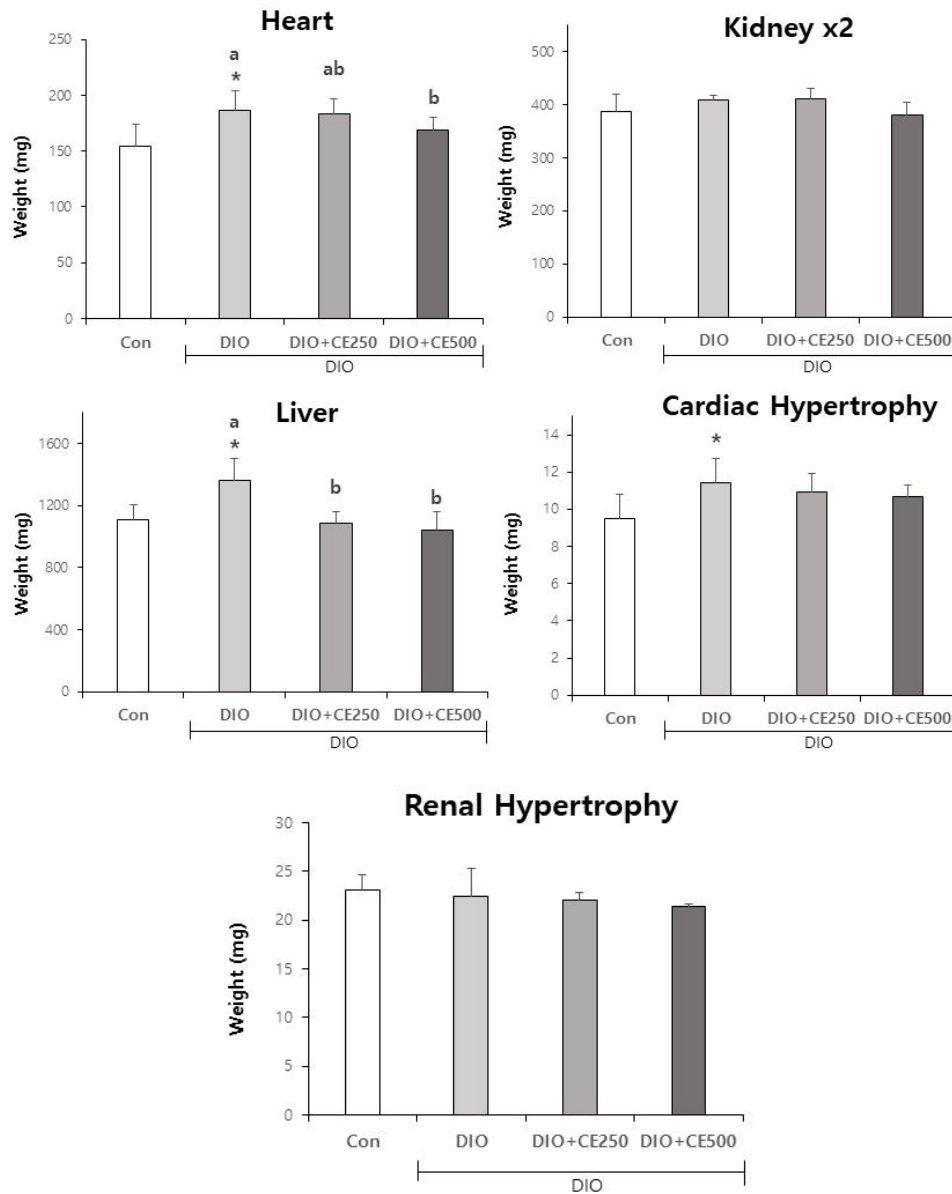


Fig. 2. Organ weight changes in diet-induced obesity model. Each value represents the mean±S.D. *Significantly different from CON vs DIO ($p<0.05$). ^{a,b}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE:oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extract 250mg/kg or 500 mg/kg.

분말을 혼합한 식이를 제공한 결과 혈장의 총콜레스테롤 농도는 고수 뿌리 섭취에 의하여 유의하게 낮아졌으며 HDL-콜레스테롤은 변화가 없었다. Rajeshwari 등(2011)의 연구에서는 고수 씨앗의 저지방활성에 관하여 연구하면서 아마도 종자에 존재하는 생리활성 화합물과의 시너지 효과에 의한 것으로 보았다. Ertas 등(2005) 연구에 의하면 고수에 존재하는 일부 지방산 즉, 리놀레산, 올레산, 팔미트산, 스테아르산 및

아스코르브산은 매우 효과적으로 혈중 콜레스테롤의 함량을 감소시키며 동맥이나 정맥벽에 침착되는 콜레스테롤의 양을 감소시킴으로써 저지방 활성화에 관여한다고 하였다. 또한 Dhanapakiam 등(2008) 연구에 의하면 고수씨앗의 섭취에 의한 혈중 및 조직 내 콜레스테롤 함량이 감소함은 담즙산 및 중성 스테롤로 분해되는 속도가 증가하는 반응과 연계될 것이라고 하였다. 따라서 고수는 고지혈증 예방 및 치료효과가

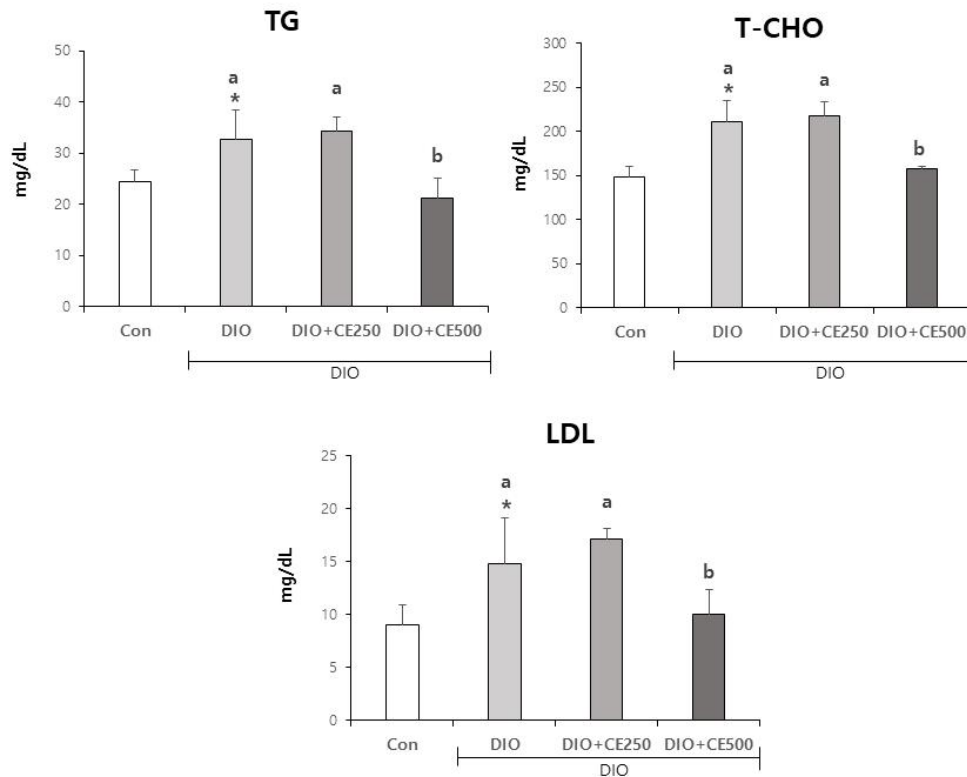


Fig. 3. Blood lipid profiles changes in diet-induced obesity model. Each value represents the mean±S.D. *Significantly different from CON vs DIO ($p<0.05$). ^{a,b}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE: oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extract 250 mg/kg or 500 mg/kg.

있는 약초로 가정용으로 대중화할 가능성이 높다고 하였다 (Lal 등 2004).

5. 혈중 생화학지표 농도

고수 추출물이 고지방식이 유도 동물의 독성지표를 나타내는 임상병리 생화학지표인 혈중 총단백질, 크레아티닌, 혈중 요소 질소함량에 미치는 영향을 본 결과는 Fig. 4에 보여주고 있다. 실험결과 혈중 총단백질, 크레아티닌, 혈중요소질소 함량에는 모든 군이 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

고수 추출물이 고지방식이 유도 동물의 간기능 관련지표로 사용되는 혈중 ALT, AST, LDH 함량에 미치는 영향을 본 결과는 Fig. 5에 보여주고 있다. 실험 결과 혈중 ALT 함량은 CON 군이 36.1 ± 11.2 U/L, DIO 군이 84.5 ± 16.4 U/L, DIO+CE250 군이 72.1 ± 11.9 U/L, DIO+CE500 군이 45.0 ± 2.2 U/L로 나타나, DIO 군이 CON 군에 비해 유의적으로 증가하였고, 고수 추출물 500 mg/kg 투여군의 경우 유의적으로 감소하는 것을 보였다($p<0.05$). 혈중 AST도 DIO 군에서 증가한 값이 고수 추출물 2,500 mg/kg 투여군의 경우 유의적으로 감소하

는 것을 보였다($p<0.05$). 이는 대사성질환인 비만에서 과잉으로 섭취한 탄수화물 혹은 지방이 에너지원으로 사용되지 않고 비정상적인 간 대사에 의하여 간독성 지표인 ALT 및 AST 수치가 증가하는데(Tomkin GH 2010) 본 연구에서도 고지방 식이에 의하여 증가한 ALT 및 AST 수치가 유의하게 증가하였고 고수 추출물 투여에 의하여 감소함으로써 간 독성을 감소하는 것으로 관찰되었다.

6. 동물의 간, 췌장, 지방조직의 변화

고수 추출물에 의한 고지방식이 유도 동물의 간조직의 변화는 Fig. 6A에 보여주고 있다. CON 군과 DIO 군에서 동물 모세혈관 내에 내피세포(endothelial cell)와 쿠퍼세포(Kupffer cell)가 정상적인 형태와 수로 관찰되었다. 하지만 세포질 내에 지방방울의 구조가 DIO 군에서 비대해짐을 관찰되었고 이에 고수 추출물 투여군에서 비대의 차이를 확인할 수 있었으며, 따라서 고수 추출물이 지방간 개선에 관여할 것으로 사료된다.

고수 추출물에 의한 고지방식이 유도 동물의 췌장조직의

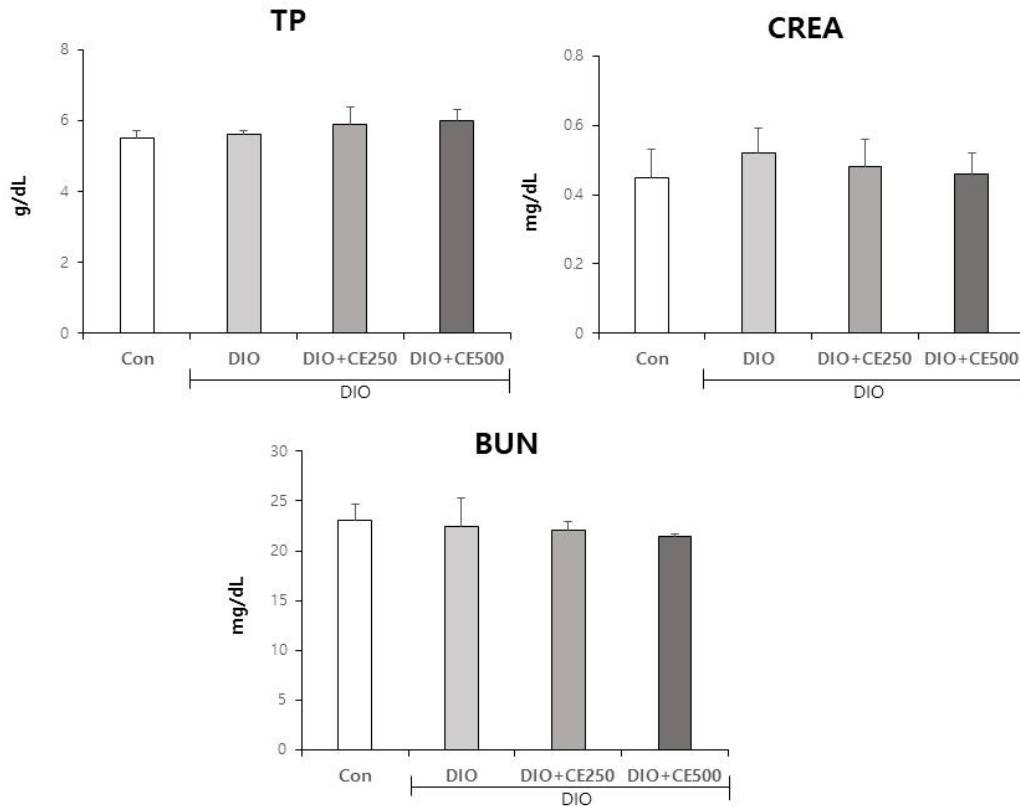


Fig. 4. Blood total protein, creatinine, and blood urea nitrogen changes in diet-induced obesity model. Each value represents the mean±S.D. CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE: oral administration of *Coriandrum sativum* L. ethanol extract 250 mg/kg or 500 mg/kg.

변화는 Fig. 6B에 보여주고 있다. 췌장의 경우에 CON 군 및 DIO 군, DIO+CE250 군, DIO+CE500 군에서 내분비기관인 랑겔한스섬(Langerhan's islet)이 정상적인 형태로 관찰되고 있었다. 한편 췌장의 랑겔한스섬(Langerhan's islet)의 내부를 구성하는 각종 세포의 타입 종류는 구별되지 않지만 정상적인 세포의 밀도를 형성하고 있어 병리소견의 큰 차이는 관찰되지 않았다.

고수 추출물에 의한 고지방식이 유도 동물의 지방조직의 조직학적 변화는 Fig. 6C에 보여주고 있다. CON 군에서 정상적인 형태와 수로 관찰되었으나 지방세포질 내에 지방구조가 DIO 대조군에서 크게 비대해짐을 관찰되었다. 이에 비해 고수 추출물 투여군에서 지방세포질 내 비대의 차이가 줄어들었음을 확인할 수 있었다. 실험 동물의 당뇨병에 대한 고수 에센셜 오일의 저혈당 활성화와 항산화 작용에 의하여 당뇨병으로 인한 췌장의 조직학적 변화를 방어함을 보였는데 이는 고수의 생체 활성 화합물인 linalool, geranyl acetate, γ -terpinene 성분 에 의한다고 하였다(EI-Soud 등 2012).

7. 동물의 부고환지방에서 지방축적 관련 단백질의 발현

고수 추출물이 고지방식이 유도 동물의 부고환지방과 간에서 단백질을 추출하여 지방축적관련 단백질인 PPAR γ 와 FAS의 발현을 Western Blot 이미지를 보여주는 결과는 Fig. 7에 보여주고 있다. 부고환지방에서의 PPAR γ 와 FAS의 단백질 발현은 PPAR γ 발현은 CON 군, DIO 군, DIO+CE250 군, DIO+500 군 모두 변화가 나타나지 않았고, FAS 발현은 CON 군보다 DIO 군의 발현이 증가되었고, 고수 추출물 투여군은 250 mg/kg 경구투여군에서 발현이 더 억제됨을 관찰할 수 있었다. 간에서는 CON 군보다 DIO 군의 발현이 증가되었고, 고수 추출물 투여군은 250 mg/kg 경구투여군에서 발현이 더 억제됨을 관찰할 수 있었다. FAS 발현은 고수 추출물 투여군 모두 고지방식이 섭취군에 비해 상당히 감소함을 관찰할 수 있었다. Peroxisome proliferator-activated receptors(PPAR)는 간, 지방 조직 및 근육의 에너지 대사를 조절하는 전사 인자로서 고지방식이(HFD)는 PPAR 발현 또는 활동에 부정적인 영향을 미쳐 비만, 이상지질혈증, 인슐린 저항성 및 기타 상태를 유발할 수 있다. 그러나 식물성 식품에서 발견되는 폴

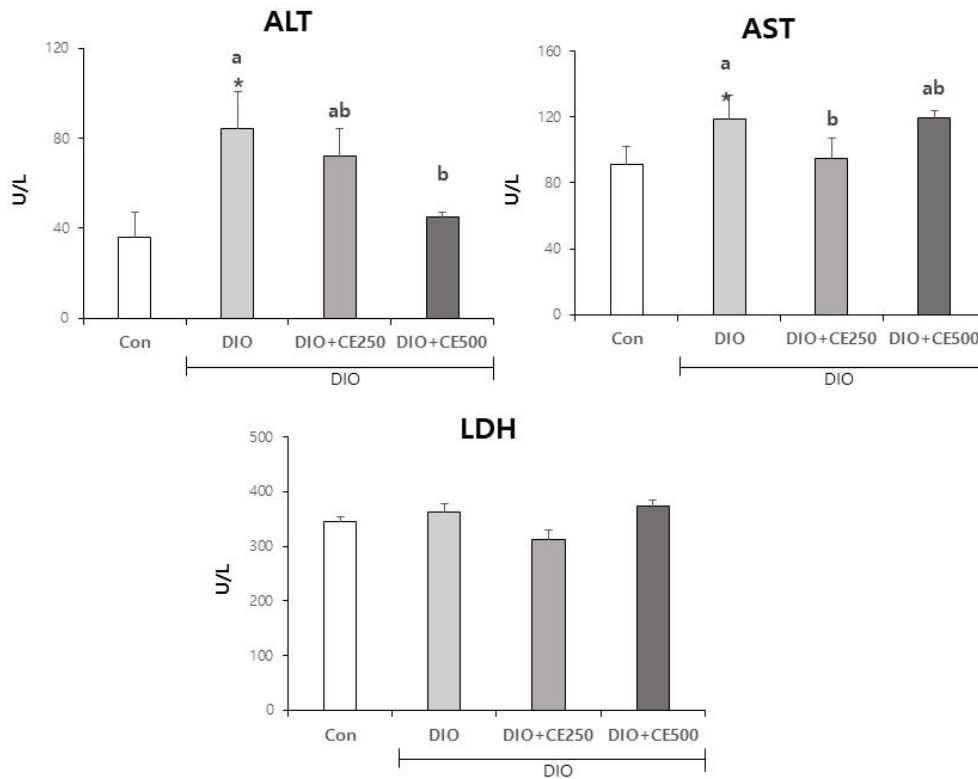


Fig. 5. Blood ALT, AST, and LDH changes in diet-induced obesity model. Each value represents the mean±S.D. *Significantly different from CON vs DIO ($p<0.05$). ^{a,b}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. CON: normal control, DIO: high-fat diet induced obesity animal, CE: oral administration of Coriandrum sativum L. ethanol extract 250 mg/kg or 500 mg/kg.

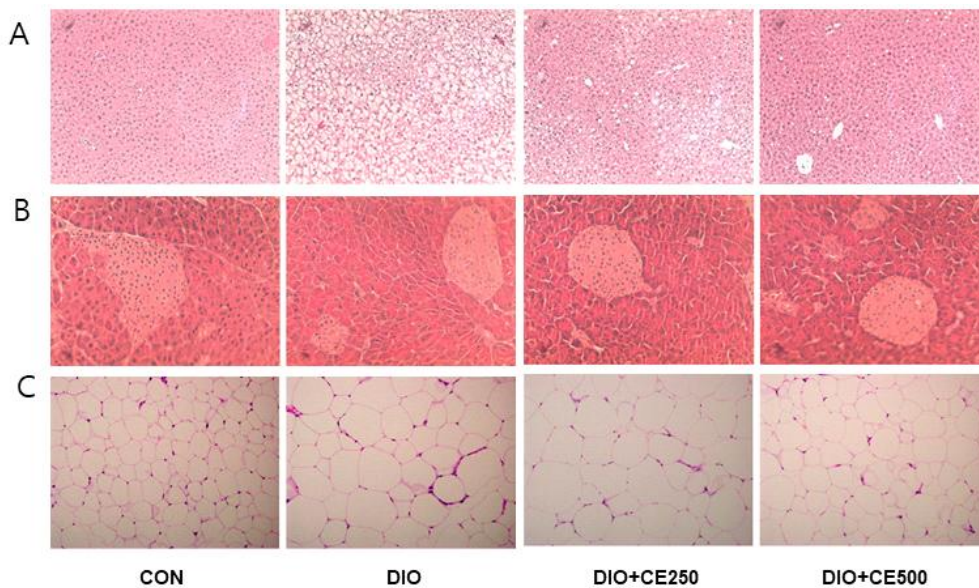


Fig. 6. Histological change of hepatic tissue(×100) (A), pancreatic tissue(×200) (B), epididymal fat tissue(×200) (B) by H&E stained.

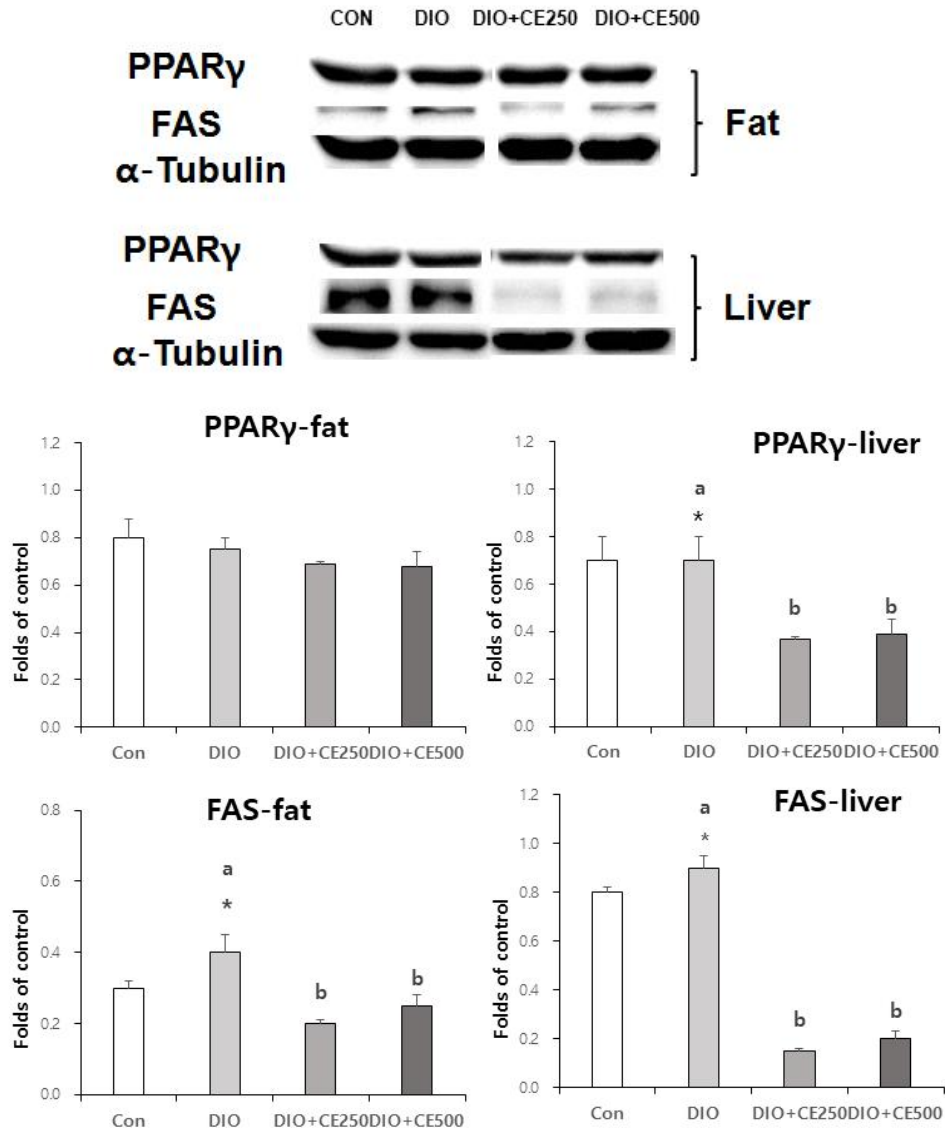


Fig. 7. PPAR γ and FAS protein expression on diet-induced obesity model. *Significantly different from CON vs DIO ($p < 0.05$). ^{a-c}Means indicated with different letters are significantly different among DIO groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

리페놀은 이 경로를 조절하여 동물 및 세포 모델에서 지방량, 간 및 혈청 지질 및 지질 생합성 감소와 관련된 유전자의 발현을 유도할 수 있다(Domínguez-Avila 등 2016). 본 연구에서는 지방축적관련 단백질인 PPAR γ 발현이 지방조직에서는 유의적인 차이는 없었으나 간에서는 고지방식이에 의하여 증가된 발현이 고수추출물에 의하여 유의하게 감소함을 볼 수 있었다. 또한 고지방식은 *de novo* 지질 합성에 관여하는 두 단백질인 아세틸 CoA 카르복실라아제(ACC) 발현과 지방산 합성 효소(FAS)의 간 단백질 발현을 감소시켰고 지방에 관여하는 단백질인 지단백 리파아제(LPL)의 간 단백질 발현

을 증가시켰다(Jacobs 등 2020). 고수는 약용 및 생물학적 특성 때문에 널리 사용되는 식물로서 고수 에센셜 오일과 추출물은 생물 활성 화합물의 흥미로운 공급원이며 독특한 향과 풍미로 인해 요리 실습에서 향신료로 널리 사용된다. 식물성 폴리페놀이 풍부한 고수 추출물은 비만, 대사증후군 및 당뇨병에 효능을 보인다고 본다(Scandar 등 2023).

이상과 같은 결과로, 일반적으로 PPAR γ 는 지방세포분화에 관여하는 전사인자로 알려진 유전자이고 FAS는 지방합성효소로 알려져 있는데 본 연구결과로는 조직면에서는 지방보다 간에서의 이들 단백질의 발현을 고수 추출물이 역

제하는 것으로 관찰되고, PPAR γ 보다는 지방합성효소인 FAS가 더 강력한 억제능을 보이는 것으로 사료된다. 이로 인해 고수 추출물이 지방합성효소를 조절하여 비만을 예방하는데 도움이 될 수 있을 것이라고 생각한다.

요약 및 결론

본 연구는 고지방식이 섭취로 비만을 유도하는 비만유도 모델(DIO)에서의 고수 추출물의 항비만 효능을 체중증가, 식이섭취량, 식이효율 및 혈중 생화학, 조직학적 분석 및 Western Blot 분석을 통한 지방축적관련 단백질 발현 분석하여 확인하고자 하였다. 고수 추출물의 농도를 250 mg/kg와 500 mg/kg으로 8주간 경구 투여한 결과 유의적으로 체중증가현상 감소, 식이효율의 개선현상, 혈중 중성지방, 총콜레스테롤(T-Chol) 및 LDL-콜레스테롤의 유의적인 감소현상을 보였다. 고수에 의하여 혈당의 개선효과 및 당대사 개선효과도 관찰됨에 해당뇨의 소재 가능성이 보였다. 또한 간지표로 사용하는 혈중 ALT의 농도가 고수첨가에 의하여 유의적으로 감소함을 보였고 간의 조직학적 분석에서도 고지방식이섭취에 의한 지방간 소견을 개선해 줌을 보였다. 이러한 결과는 간 조직의 지방축적관련 PPAR γ 와 FAS 단백질 발현량을 감소함을 보이면서 확인할 수 있었다. 특히, PPAR γ 보다는 지방합성효소인 FAS가 더 강력한 억제능을 보이는 것으로 사료된다. 이로 인해 고수 추출물이 지방합성효소를 조절하여 비만을 예방하는데 도움이 될 수 있을 것이라고 생각한다. 따라서 고수 추출물은 고지방식이 섭취로 유도된 비만동물 모델에서 혈중 지질개선, 간에 축적된 지방합성을 억제함으로써 비만을 개선하는 것으로 사료된다.

References

- Aissaoui A, Zizi S, Israili ZH, Lyoussi B. 2011. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of *Coriandrum sativum* L. in Meriones shawi rats. *J Ethnopharmacol* 137:652-661
- Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. 2020. Obesity treatment among adolescents: A review of current evidence and future directions. *JAMA Pediatr* 174: 609-617
- Chaudhry NM, Tariq P. 2006. Bactericidal activity of black pepper, bay leaf, aniseed and coriander against oral isolates. *Pak J Pharm Sci* 19:214-218
- Dhanapakiam P, Joseph JM, Ramaswamy VK, Moorthi M, Kumar AS. 2008. The cholesterol lowering property of coriander seeds (*Coriandrum sativum*): Mechanism of action. *J Environ Biol* 29:53-56
- Domínguez-Avila JA, González-Aguilar GA, Alvarez-Parrilla E, De la Rosa LA. 2016. Modulation of PPAR expression and activity in response to polyphenolic compounds in high fat diets. *Int J Mol Sci* 17:1002
- El-Soud NHA, El-Lithy NA, El-Saeed GSM, Wahby MS, Khalil MY, El-Kassem LTA, Morsy F, Shaffie N. 2012. Efficacy of *Coriandrum sativum* L. essential oil as antidiabetic. *J Appl Sci Res* 8:3646-3655
- Ertas ON, Güler T, Çiftçi M, Dalkılıç B, Yılmaz O. 2005. The effect of a dietary supplement coriander seeds on the fatty acid composition of breast muscle in Japanese quail. *Rev Méd Vét* 156:514-518
- Gray AM, Flatt PR. 1999. Insulin-releasing and insulin-like activity of the traditional anti-diabetic plant *Coriandrum sativum* (coriander). *Br J Nutr* 81:203-209
- Heal DJ, Aspley S, Prow MR, Jackson HC, Martin KF, Cheetham SC. 1998. Sibutramine: A novel anti-obesity drug. A review of the pharmacological evidence to differentiate it from d-amphetamine and d-fenfluramine. *Int J Obes Relat Metab Disord* 22:S18-S28
- Hwang GH, Heo YR, Lee HJ, Choi OJ, Kang SK, Kim YD. 2001a. Effects of *Coriandrum sativum* L. on lipid metabolism in rats with hypertriglyceridemic diet. *Nutr Sci* 4:13-19
- Hwang GH, Yoon YH, Choi IS, Choi OJ, Kang SK, Kim YD. 2001b. Effects of *Coriandrum sativum* L. on lipid contents in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:684-691
- Ishida M, Nishi K, Kunihiro N, Onda H, Nishimoto S, Sugahara T. 2017. Immunostimulatory effect of aqueous extract of *Coriandrum sativum* L. seed on macrophages. *J Sci Food Agric* 97:4727-4736
- Jacobs AJ, Roskam AL, Hummel FM, Ronan PJ, Gorres-Martens BK. 2020. Exercise improves high-fat diet- and ovariectomy-induced insulin resistance in rats with altered hepatic fat regulation. *Curr Res Physiol* 3:11-19
- Jang YJ, Kwon SO, Yeo KM, Hong MJ, Kim BN, Han DS. 2011. Anti-obesity effect of *Sargassum confusum* ethanol extract in obese rats. *Korean J Food Sci Technol* 43: 189-194
- Kang SA. 2002. Altered expression of uncoupling protein 1 by high-fat diet: Improving the obesity by fructose polymer. Health and Medical Technology R&D project final report. Ministry of Health & Welfare. pp.10-17. HMP-00-B-22000-

- 0156
- Kim RH, Lee SC, Kim GN. 2020. Effect of banana (*Musa acuminata* Colla) peel extract on the anti-adipogenic activity in 3T3-L1 adipocytes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49: 1335-1341
- Kim SH, Kang SA. 2021a. Antioxidant and anti-diabetic activities of soybean fermented with *Monascus*. *Korean J Food Nutr* 34:187-195
- Kim SH, Kang SA. 2021b. Anti-obesity effect of soybean fermented with *monascus* in high-fat diet induced obese mice model. *J East Asian Soc Diet Life* 31:333-343
- Kim YD, Kang SK, Choi OJ. 2001. Antimicrobial activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:692-696
- Lal AAS, Kumar T, Murthy PB, Pillai KS. 2004. Hypolipidemic effect of *Coriandrum sativum* L. in triton-induced hyperlipidemic rats. *Indian J Exp Biol* 42:909-912
- Lee MS, Kang SA. 2018. Improved effects of fermented stockfish of alaska pollack skin (FSAP H-I, II) on adiposity and serum lipids levels in high fat-induced obese mouse. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1059-1068
- Lewis WH, Elvin-Lewis MPF. 1982. Medical Botany: Plants Affecting Man's Health. pp.58-84. Wiley
- Nan L, Lee CH, Choi YN, Choo BK. 2019. Anti-oxidant and anti-inflammatory effects of ethanol extracts from aerial part of *Coriandrum sativum* L. *Korean J Org Agric* 27:513-528
- Ngamdokmai N, Ingkaninan K, Scholfield CN, Insumrong K, Neungchamnong N, Minale G, Warinhomhoun S. 2022. A Thai traditional triple-fruit formulation "Phikud Tri-Phon" may provide fat loss and nutritional benefits. *Foods* 11:3067
- Ning C, Lee JA. 2023. Anti-oxidant, anti-inflammatory, and skin barrier function of *Coriandrum sativum* extract. *Int Soc Health Beauty* 17:56-66
- Oh DC, Kang SA. 2021. Anti-obesity and lipid lowering effect of *Dioscorea japonica* Thunb. fermented with *Monascus* in high-fat diet induced obese C57BL/6J mice model. *Korean J Food Nutr* 34:526-536
- Park JH, Guo L, Kang HM, Son BG, Kang JS, Lee YJ, Park YH, Je BI, Choi YW. 2021. Leaves of *Cudrania tricuspidata* on the shoot positional sequence show different inhibition of adipogenesis activity in 3T3-L1 cells. *J Life Sci* 31:209-218
- Park YM, Oh HG, Kang YG, Kim YP, Sin HS, Jang SH, Kim HJ, Lee SW, Lee HY. 2015. Anti-obesity effects of lactic acid bacteria-fermented *Dioscoreae rhizoma* powder on high fat diet-fed animal model. *J Phy Pathol Korean Med* 29:267-272
- Patel DK, Desai SN, Devkar RV, Ramachandran AV. 2011. *Coriandrum sativum* L. aqueous extract mitigates high fat diet induced insulin resistance by controlling visceral adiposity in C57BL/6J mice. *Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat* 10:127-135
- Potter TL, Fagerson IS. 1990. Composition of coriander leaf volatiles. *J Agric Food Chem* 38:2054-2056
- Rajeshwari U, Shobha I, Andallu B. 2011. Comparison of aniseeds and coriander seeds for antidiabetic, hypolipidemic and antioxidant activities. *Spatula DD* 1:9-16
- Sathishkumar P, Preethi J, Vijayan R, Mohd Yusoff AR, Ameen F, Suresh S, Balagurunathan R, Palvannan T. 2016. Anti-acne, anti-dandruff and anti-breast cancer efficacy of green synthesised silver nanoparticles using *Coriandrum sativum* leaf extract. *J Photochem Photobiol B* 163:69-76
- Scandar S, Zadra C, Marcotullio MC. 2023. Coriander (*Coriandrum sativum*) polyphenols and their nutraceutical value against obesity and metabolic syndrome. *Molecules* 28:4187
- Sharma AM, Caterson ID, Coutinho W, Finer N, Van Gaal L, Maggioni AP, Torp-Pedersen C, Bacher HP, Shepherd GM, James WPT, SCOUT Investigators. 2009. Blood pressure changes associated with sibutramine and weight management - an analysis from the 6-week lead-in period of the sibutramine cardiovascular outcomes trial (SCOUT). *Diabetes Obes Metab* 11:239-250
- Tang ELH, Rajarajeswaran J, Fung SY, Kanthimathi MS. 2013. Antioxidant activity of *Coriandrum sativum* and protection against DNA damage and cancer cell migration. *BMC Complement Altern Med* 13:347
- Tomkin GH. 2010. Atherosclerosis, diabetes and lipoproteins. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 8:1015-1029
- World Health Organization. 2017. The statistics of obesity. Available from https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1 [cited 20 May 2023]
- Yoo HS, Shin KS. 2012. Effect of yam extract on body weight levels and serum lipid profiles in C57BL/6J mice fed a high fat diet. *J East Asian Soc Diet Life* 22:231-238

Received 21 July, 2023
 Revised 8 August, 2023
 Accepted 14 August, 2023