

갯기름나물이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사 및 항산화 활성에 미치는 영향

손희경 · 강수태 · 이재준[†]

조선대학교 식품영양학과

Effects of *Peucedanum japonicum* Thunb. on Lipid Metabolism and Antioxidative Activities in Rats Fed a High-Fat/High-Cholesterol Diet

Hee-Kyoung Son, Su-Tae Kang, and Jae-Joon Lee[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

ABSTRACT This study was carried out to investigate the effects of *Peucedanum japonicum* Thunb. (PJT) powder on lipid metabolism and antioxidative activity in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet for 4 weeks. Male Sprague-Dawley rats were assigned to four groups: normal diet group (N), high-fat/high-cholesterol group (HFC), high-fat/high-cholesterol with 5% PJT powder (HFC-PBL), and high-fat/high-cholesterol with 10% PJT powder (HFC-PBH). Body weight gain and food efficiency ratio (FER) increased in the HFC group, whereas they gradually decreased in the PJT powder-fed groups. Food intake was not significantly different between the experimental groups. Liver and adipose tissue weights of the HFC group were heavier than that of the N group, whereas the groups fed PJT powder showed gradual reduction of tissue weights. Serum alkaline phosphatase (ALP) activity significantly decreased after PJT powder administration. Serum triglyceride level significantly decreased in groups fed PJT powder compared to the HFC group. The serum low density lipoprotein cholesterol (LDL-cholesterol) level of the HFC group increased by 73.70% than that of the N group, whereas serum high density lipoprotein (HDL-cholesterol) tended to decrease in groups fed PJT powder compared to the HFC group. Levels of triglycerides in epididymal and mesenteric adipose tissues, as well as cholesterol levels in liver and adipose tissues were lower in the groups fed 10% PJT powder compared to the HFC group. The liver glutathione (GSH) level increased in the groups fed PJT powder compare to the HFC group. The liver thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) content significantly decreased in the groups fed PJT powder compared to the HFC group. These results suggest that PJT powder may improve lipid metabolism in the serum, liver, and adipose tissue and prevent oxidative stress by stimulating antioxidative systems in rats fed a high fat-high cholesterol diet.

Key words: *Peucedanum japonicum* Thunb., high-fat/high-cholesterol diet, cholesterol, antioxidative activity

서 론

최근 생활환경과 식생활의 다양화 및 서구화로 인해 고칼로리 및 동물성 식품의 섭취 증가함에 따라 비만, 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압, 심장병 및 당뇨병 등의 성인병 발병이 증가하고 있으며, 특히 심혈관계 질환은 주요 사망원인 중 하나이다(1,2). 2011년 한국인의 주요 사망원인 보고서에 의하면 암에 이어 수위를 차지하는 뇌혈관질환, 심장질환, 당뇨병 등의 심혈관계 질환에 의한 사망률이 23.8% 이상이며 이들 질환의 발병률은 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다(3). 이러한 만성 퇴행성 질환들은 생체 내 지질대사와 깊은 관련이 있는 것으로 알려져 있다(4).

혈액 중 콜레스테롤, 중성지방, 인지질, 유리지방산 등 지질 성분은 체내에서 각각 중요한 역할을 하지만 농도가 비정상적으로 증가되면 심혈관계 질환의 원인이 되는 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia)과 고중성지방혈증(hypertriglyceridemia) 같은 고지혈증과 밀접한 상관관계가 있다(5). 뿐만 아니라 생체 내 과잉의 free radical 축적, 내피세포의 lipoxygenase 및 과산화지질에 의하여 쉽게 지질과산화 반응을 일으켜 체내 과산화지질을 축적함으로써 생체 기능이 저하됨으로써 심혈관계 질환 및 노화를 초래하는 것으로 알려져 있다(6,7). 지질과산화는 체내 산화적 스트레스(oxidative stress)를 증가시켜 항산화방어계에 불균형을 초래하여 세포의 단백질, 탄수화물, 지질뿐만 아니라 DNA까지 손상시켜 노화, 심혈관계 질환 및 암 등을 유발한다고 보고되었다(8,9). Superoxide dismutase(SOD), catalase(CAT)와 같은 항산화 효소계 및 glutathione(GSH)과 같은

Received 21 January 2014; Accepted 15 March 2014

[†]Corresponding author.

E-mail: leejj80@chosun.ac.kr, Phone: +82-62-230-7725

내인성 제거제와 식품 중에 존재하는 비타민 A, C, E, flavonoid 계열 및 polyphenol류 등의 생리활성 물질들이 활성 산소에 의한 조직손상을 막아 산화적 스트레스를 감소시키고 체내 균형적인 항산화방어체계를 구성할 수 있다(10-12). 이러한 항산화 효소들은 인체에 안전하고 우수한 효능을 가진 천연식물로부터 분리하여 천연 항산화제로의 개발을 위한 연구들이 수행되고 있다.

갯기름나물(식방풍, *Peucedanum japonicum* Thunb.)은 미나리과(Umbelliferae)에 속하는 다년생 초본으로, 한약재명 또는 한명으로는 식방풍으로 통칭하고, 뿌리는 갯방풍(해방풍, *Glehnia littoralis* Fr. Schm.), 원방풍(방풍, *Ledebouriella seseloides* Wolff=*Saposhnikovia divaricata* Schis.)과 함께 한약재의 방풍 대용으로 이용하는 약용식물의 하나이다(13). 민간에서는 어린잎과 줄기를 병풍나물, 방풍나물이라고도 하며 향이 강하고 특유의 짝새래한 맛과 줄기가 질기고 단단한 조직감 때문에 조리하기 전 물에 담가두거나 blanching한 다음 장아찌, 무침 등으로 이용한다. 또한 한방에서는 고혈압 또는 뇌졸중으로 발병되는 중풍병, 해독 등의 효능이 있어 가래, 기침, 두통, 전신마비, 해열, 신경통 등에 이용될 뿐 아니라 이질간균, 고초간균, 일부 피부진균에 억제작용이 보고되어 활용성이 높은 약초로 향후 연구대상 약용작물로 각광받을 가능성이 큰 항균성 약용작물이다(14). 현재까지 갯기름나물에 대한 연구로는 갯기름나물의 성분 분리 및 생리활성(15), 갯기름나물 중의 coumarin 성분의 확인 및 정량(16), 갯기름나물의 근과 경엽의 면역 및 항암 활성 비교연구(17), 갯기름나물로부터 추출 정제한 팔카린디올을 이용한 항진균제(18), 갯기름나물이 첨가된 막국수 및 이의 제조방법(19) 등 특허 및 연구가 보고되었다. 그러나 갯기름나물의 이러한 생리활성을 뒷받침할 수 있는 과학적 연구결과는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 갯기름나물의 생리활성 효능 검증을 위하여 갯기름나물 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청, 간 및 지방조직의 지질대사 개선효과

및 항산화 효과에 미치는 영향을 살펴봄으로써 갯기름나물의 다양한 기능성 식품소재로 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 갯기름나물(*Peucedanum japonicum* Thunb.)은 2012년 4월 전라남도 여수에서 수확된 것을 구입하여 흐르는 물에서 3회 수세한 다음 동결 건조하고 분쇄하여 분말로 제조한 다음 -70°C 에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

실험동물의 사육 및 식이조성

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 수컷 흰쥐 32마리를 오리엔트바이오(주)(Seongnam, Korea)에서 구입하여 1주일 간 고형배합사료로 적응시킨 후, 평균 체중 140~141g인 것을 난괴법(randomized block design)에 따라 각 처리군당 8마리씩 4군으로 나누어 스테인리스 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군은 정상식이군(N: 23% fat calories), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, HFC: 42% fat calories), 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 갯기름나물 분말 첨가군(HFC-PBL: 44% fat calories), 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 갯기름나물 분말 첨가군(HFC-PBH: 46% fat calories)으로 나누어 실험하였다. 실험에 사용된 식이는 AIN-93 정제식이를 기준(20)으로 변형하여 조제하였으며 Table 1과 같다. 정상식이군은 식이 무게의 10%의 라아드를 지방 급원으로 사용하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이군들은 식이 무게의 20%의 라아드와 0.1%의 콜레스테롤을 함유한 식이를 공급하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고 사육실 온도는 $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였으며 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다. 최종 체중에서 실험개시 전의 체중을 감하여 실험개시 전의

Table 1. Composition of experimental diet

Diet composition	N	HFC	HFC-PBL	HFC-PBH
Casein	200.0	200.0	200.0	200.0
DL-Methionine	3.0	3.0	3.0	3.0
Corn starch	500.0	390.0	340.0	290.0
Sucrose	100.0	100.0	100.0	100.0
Cellulose	50.0	50.0	50.0	50.0
Lard	100.0	200.0	200.0	200.0
Mineral mix ¹⁾	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix ²⁾	10.0	10.0	10.0	10.0
Choline chloride	2.0	2.0	2.0	2.0
Cholesterol	—	10.0	10.0	10.0
<i>Peucedanum japonicum</i> Thunb. powder	—	—	50.0	100.0
Total energy (kcal)	3,952.0	4,502.0	4,302.0	4,102.0
Fat energy ratio (%)	23.0	42.0	44.0	46.0

^{1),2)}AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture.

체중으로 나누어 체중증가율로 표시하였고, 사육기간의 체중증가량을 동일기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율(feed efficiency ratio, FER)을 구하였다. 본 논문에서의 동물실험은 조선대학교 동물실험윤리위원회의 승인을 받고 그 규정에 따라 실행하였다.

실험동물의 처리

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO₂로 가볍게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하고 1,150 ×g에서 20분간 원심분리 시킨 후 혈청을 분리하여 혈청 지질 함량 및 효소활성 측정용 시료로 사용하였다. 그리고 간과 지방조직을 적출하여 0.9% 생리식염수로 남아있는 혈액 및 기타 부착물질을 제거하고 여지로 수분을 제거한 후 중량을 측정한 다음 효소활성 저하를 예방하기 위해 급속 동결하여 -70°C의 deep freezer(VIP™ Series, SANYO Electric Co., Ltd., Osaka, Japan)에 보관하였다.

혈청 효소활성 측정

혈청 중 alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST), alkaline phosphatase(ALP) 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성 측정은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

혈청 중 지질 함량 측정

혈청 중 중성지방(TG), 총콜레스테롤(TC), HDL-콜레스테롤 함량은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식 {총콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤 - 중성지방/5)}(21)에 의하여 계산하였다.

간과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 측정

간조직, 부고환지방조직 및 장간막지방조직의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 방법(22)에 의하여 간조직에서 총지질을 추출하였다. 적출한 간조직 및 지방조직 중 0.1 g을 칭량하여 6 mL CHCl₃-MeOH(2:1, v/v)을 첨가하고 냉장상태에서 3일간 방치한 후 H₂O를 첨가하여 1,900×g에서 20분간 원심분리 시킨 후 지질층인 하층부를 취한 다음 총콜레스테롤과 중성지방 함량 분석을 위하여 사용하였다. 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(23)에 의하여 측정하였으며 중성지방 함량은 Biggs 등(24)의 방법으로 측정하였다.

간조직 중 GSH 함량 측정

간조직 중 glutathione(GSH) 함량은 Tietze의 방법(25)을 변형하여 측정하였는데 간조직 0.1 g과 10배(w/v)의 5%(w/v) sulfosalicylic acid 2 mL를 첨가하여 마쇄한 다음 10,000×g에서 10분간 원심분리 한 후 상정액을 GSH 함량

측정을 위하여 사용하였다. 시험관에 working buffer 700 μL, 5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoic acid 100 μL, 20 μL 시료액 및 180 μL 증류수를 가하여 30°C에서 3분간 방치한 후 GSSG reductase 용액 5 μL를 첨가하고 412 nm에서 1분 동안 변화되는 흡광도를 측정하였다. 0.04 mM GSH를 제조하여 표준곡선을 그린 후 흡광도에 대한 농도를 환산하였다.

간조직 중 과산화지질 함량 측정

과산화지질(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) 함량 측정은 Buege와 Aust의 방법(26)에 따라 균질화한 간조직의 단백질을 일정하게 맞춘 다음 thio-barbituric acid(TBA) 시약(0.375% TBA in 0.25 N HCl)에 butylated hydroxytoluene의 최종 함량이 0.01%가 되도록 첨가하고 균질액을 가하여 잘 혼합한 후 98°C로 15분간 가열한 다음 즉시 냉각시켜 1,500×g로 15분간 원심분리하였다. 상정액의 흡광도는 535 nm에서 측정하였는데 과산화지질 함량은 TBA법을 사용하여 malondialdehyde(MDA) 함량으로 정량하였다.

통계처리

실험결과는 SPSS program(SPSS version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 실험군당 평균±표준오차로 표시하였고, 세 집단 이상의 평균치 분석은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 P<0.05 수준에서 Tukey's test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말을 4주간 급여한 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 체중증가량 및 식이효율은 고지

Table 2. Changes in body weight gain, food intake and food efficiency ratio of rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder

Groups ¹⁾	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER ²⁾
N	5.72±0.02 ^{bc3)4)}	20.87±1.03 ^{NS}	0.28±0.02 ^b
HFC	6.84±0.02 ^a	20.57±0.55	0.34±0.02 ^a
HFC-PBL	5.73±0.01 ^{bc}	23.15±0.85	0.28±0.01 ^b
HFC-PBH	5.30±0.01 ^c	21.31±1.11	0.27±0.01 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾FER (food efficiency ratio)=weight gain (g/day)/ food intake (g/day).

³⁾The results are mean±SE for 8 rats in each group.

⁴⁾Values with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different (P<0.05) between groups by Tukey's test.

방-고콜레스테롤 식이를 급여한 대조군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 대조군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 식이섭취량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 가장 낮았으나 실험군들 간의 유의차는 나타나지 않았다. 이는 고콜레스테롤식이에 참나물 에탄올 추출물 투여 결과 체중증가량 및 식이효율은 고콜레스테롤식이 급여군이 정상식이군에 비하여 증가하였고, 참나물 에탄올 추출물 투여군들은 HC군에 비하여 감소되는 경향이었다고 보고한 Lee 등(27)의 연구결과와 유사한 경향이였다. Choi 등(28)은 미나리즙을 7주간 급여한 결과 체중증가량 및 식이효율은 대조군이 정상군에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방식이와 미나리즙 경구투여군은 대조군에 비해 감소하는 경향이였으나 유의한 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 또한 갯기름나물에는 다량의 식이섬유소가 함유되어 있는데(29), Chai 등(30)은 고콜레스테롤식이를 급여한 흰쥐에게 식이섬유소의 양을 달리하여 급여한 결과 식이섬유소를 공급한 모든 군에서 체중증가량과 식이효율이 무식이섬유소군에 비하여 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 따라서 본 연구결과에서 고지방-고콜레스테롤 식이로 비만이 유도된 흰쥐에서 갯기름나물 분말의 첨가로 인해 체중증가량과 식이효율이 감소되었는데, 이는 식이섬유소를 다량 함유하고 있는 갯기름나물의 섭취로 인해 생긴 포만감과 관련된 것으로 사료된다.

간조직 및 지방조직 무게

고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말을 4주간 급여한 흰쥐의 체중당 간조직 및 지방간조직 무게를 비교한 결과는 Table 3과 같다. 체중당 간조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 이는 고지방식이가 간 내에 지방을 축적시켜 간의 무게가 증가하며(31), 고콜레스테롤 첨가로 간장 중 콜레스테롤 및 중성지질이 축적되어 간의 무게가 증가한다는 보고(32)와 일치한다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방

-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하였으나, 농도별 실험군 간의 유의차는 없었다. Park 등(33)은 같은 미나리과인 신선초를 0.5% 콜레스테롤 첨가 식이에 6주간 혼합 급여한 결과 체중당 간 중량 비율은 콜레스테롤 식이를 급여한 대조군이 정상군에 비하여 유의적으로 증가하였고, 신선초의 급여는 간 중량에 유의차는 없었다고 보고하였다. Lee 등(27)의 연구에서는 고콜레스테롤식이를 급여했을 때에 비해 참나물 에탄올 추출물을 병합 투여 시 체중당 간조직의 무게가 감소하였다고 보고하여 갯기름나물 분말의 혼합 급여로 체중당 간조직의 무게가 감소한 본 연구결과와 일치하였다.

체중당 부고환지방조직 및 장간막지방조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비해 유의적으로 감소되었으며, 특히 장간막지방조직의 무게는 갯기름나물 분말 급여로 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다. 일반적으로 체중의 증가보다는 체지방의 증가, 특히 복강 내 지방조직 또는 내장지방조직의 증가가 건강상의 위해요인으로 작용한다고 보고되고 있으며(34), 체지방 함량이 동일하더라도 복부지방 함량이 증가할수록 대사성 질환이 증가한다고 보고되고 있다(35). 따라서 본 연구결과 갯기름나물 분말의 혼합 급여는 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 증가된 간과 지방조직의 무게가 감소되었던 효과가 관찰되어 갯기름나물 분말은 간의 지방 축적을 억제하고 체내 지방대사에 관여하여 조직 내 지방 축적 억제효과가 있는 것으로 사료된다.

혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성

고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말을 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 혈청 중 ALT 및 AST 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의차는 없었으나 감소하는 경향이였다. Kwon과 Nam(36)은 1% 고콜레스테롤식이에 의해 혈청 ALT와 AST 활성이 정상식이군에 비하여 콜레스테롤 급여군이 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. ALT와 AST는 간세포에 존재하는 효소로 고지방식이, 고콜레스테롤식이, 알코올 등으로 인한 간세포의 독성 시에 간세포에 장애가 발생하여 간세포가 파괴되어 혈액 중으로 방출이 항진되어 나타나는 것으로 알려져 있다(37). 이와 관련하여 Heo 등(38)은 같은 미나리과 약용식물인 천궁 추출물을 고지방식이에 투여한 결과, ALT 활성은 고지방식이에 에탄올 투여군은 정상식이에 에탄올 투여군보다 1.41배 증가하였고, 고지방식이에 천궁 추출물 투여군은 고지방식이에 에탄올 투여군에 비해 102.91% 증가

Table 3. Changes in liver and adipose tissue weights of rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder

Groups ¹⁾	Liver	Epididymal AT ²⁾ (g/100 g body wt.)	Mesenteric AT
N	3.14±0.07 ^{c3)4)}	1.11±0.05 ^c	0.60±0.04 ^b
HFC	5.58±0.28 ^a	2.86±0.25 ^a	1.30±0.14 ^a
HFC-PBL	4.78±0.24 ^b	1.57±0.14 ^b	0.80±0.08 ^b
HFC-PBH	4.75±0.10 ^b	1.38±0.11 ^{bc}	0.63±0.19 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾AT: adipose tissue

³⁾The results are mean±SE for 8 rats in each group.

⁴⁾Values with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different ($P<0.05$) between groups by Tukey's test.

Table 4. Serum activities of ALT, AST, ALP, and LDH in rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder

Groups ¹⁾	ALT	AST	ALP	LDH
N	30.25±4.75 ^{b2)3)}	123.25±9.85 ^b	738.63±28.83 ^c	609.75±21.41 ^c
HFC	49.50±3.81 ^a	150.38±7.51 ^a	1,796.5±77.95 ^a	774.25±32.12 ^a
HFC-PBL	40.38±1.86 ^{ab}	146.75±8.57 ^a	1,422.9±50.17 ^b	704.88±30.89 ^{ab}
HFC-PBH	39.75±2.40 ^{ab}	133.63±8.95 ^a	1,274.6±46.12 ^b	673.50±13.74 ^{bc}

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean±SE for 8 rats in each group.

³⁾Values with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different ($P<0.05$) between groups by Tukey's test.

하였다. AST 활성은 고지방식이에 에탄올 투여군이 정상식에 에탄올 투여군보다 2.81배 증가하였고, 고지방식에 천궁 추출물 투여군은 고지방식에 에탄올 투여군에 비해 45.17% 감소되었다고 보고하였다.

혈청 중 ALP 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하는 경향이었으나 두 군 간의 유의차는 없었다.

혈청 중 LDH 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 고농도 첨가군(HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소되었다. 본 연구결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 ALT, AST 및 LDH 활성이 갯기름나물 분말의 급여로 유의적 차이는 없었지만 감소하는 경향을 보였고, 혈청 중 ALP 활성은 유의적으로 감소하여 갯기름나물이 혈청 및 간 기능 유지에 긍정적인 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 중 중성지방, 총콜레스테롤 농도, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 농도

고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말을 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 중성지방, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 함량의 변화는 Table 5와 같다. 혈청 중 중성지방 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들

(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하였으나 두 군 간의 유의차는 없었다.

혈청 중 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의차는 없었으나 다소 감소하는 경향이 있었다. Park 등(33)은 신선초를 0.5% 콜레스테롤을 첨가 식이에 6주간 급여한 결과 혈중 중성지방 함량은 고콜레스테롤 식이군에 비해 고콜레스테롤식이와 신선초 급여군의 중성지방 함량이 유의적으로 감소하였고, 혈중 콜레스테롤 함량은 고콜레스테롤식이군에 비해 유의하게 증가하였으며, 고콜레스테롤식이와 신선초 급여군은 고콜레스테롤식이군에 비해 유의하게 감소되었다고 보고하였다. Jang 등(39)은 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 첨가한 고콜레스테롤식이를 급여한 흰쥐에게 식이섬유소 중 cellulose와 pectin을 첨가 급여하여 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 식이섬유소를 급여하지 않은 군에 비하여 감소하였다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 이는 수용성 식이섬유소가 소장에서 식이 콜레스테롤, 담즙산 및 유리지방산과 결합하여 담즙산의 배설과 합성을 촉진함으로써 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 것으로 보고되었다(40).

혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 고농도 첨가군(HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 혈청 중 HDL-콜

Table 5. Serum concentrations of triglyceride, total cholesterol, LDL-cholesterol, and HDL-cholesterol in rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder (unit: mg/dL)

Groups ¹⁾	Triglyceride	Total cholesterol	LDL-cholesterol	HDL-cholesterol
N	56.75±3.48 ^{b2)3)}	90.38±3.29 ^b	24.73±3.25 ^c	47.00±2.63 ^a
HFC	82.25±2.96 ^a	104.38±4.12 ^a	94.08±2.21 ^a	26.75±1.75 ^b
HFC-PBL	61.88±1.96 ^{bc}	101.25±2.45 ^{ab}	85.87±2.54 ^{ab}	27.75±1.40 ^b
HFC-PBH	61.50±3.00 ^{bc}	94.25±3.96 ^{ab}	73.55±3.27 ^b	33.00±2.54 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean±SE for 8 rats in each group.

³⁾Values with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different ($P<0.05$) between groups by Tukey's test.

레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 증가하는 경향이었으나 유의차는 없었다. Kang과 Song (41)은 고콜레스테롤식이와 함께 섭취된 수용성 식이섬유소는 혈장 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량을 낮추고 HDL-콜레스테롤 함량을 높인다고 보고하여 다량의 식이섬유소를 함유한 갯기름나물 분말 첨가에 의해 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 증가하였고, LDL-콜레스테롤 함량은 감소된 것으로 사료된다. 본 연구결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 혈청 중 중성지방, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 함량이 갯기름나물 분말의 급여로 감소된 것으로 보아 갯기름나물 분말이 혈청 지질대사 개선뿐만 아니라 고지혈증 및 동맥경화 등 심혈관계 질환의 개선에 효과가 있을 것으로 사료된다.

간조직과 지방조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말을 4주간 급여한 흰쥐의 간과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 6과 같다. 간조직 중 중성지방의 농도는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하였으나 두 군 간의 유의차는 없었다. 간조직 중 총콜레스테롤의 농도는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 고농도 첨가군(HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하여 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다. 고콜레스테롤식이를 급여한 흰쥐의 경우 혈청 내 중성지방과 콜레스테롤 함량이 증가하였으며, 간의 중성지방과 콜레스테롤 함량도 증가한다고 하여(42) 본 연구결과와 일치하였다. Lee 등(27)은 참나물 에탄올 추출물 급여군들이 고콜레스테롤 식이군에 비하여 간의 중성지방 농도가 유의하게 낮았으나 콜레스테롤 농도는 참나물 고용량 급여군만 유의하게 낮아

졌다고 보고하였고, Vahouny 등(43)은 15% 식이섬유소 식이를 흰쥐에게 6주간 급여한 결과 간조직의 중성지방의 농도가 현저하게 감소되었다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향이였다.

부고환지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비해 유의하게 감소하였다. 특히 갯기름나물 분말 급여로 부고환지방조직 중 총콜레스테롤 함량은 정상식이군(N)과 비슷한 경향을 보였다. 장간막지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 농도는 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 고농도 첨가군(HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 본 연구결과 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 갯기름나물 분말의 급여로 간조직, 부고환지방조직 및 장간막지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 모두 감소하는 경향을 보여 갯기름나물 분말이 지방조직의 지방 축적을 억제하여 지질대사 개선효과 및 비만 억제효과가 있는 것으로 사료된다.

간조직 중 GSH 및 과산화지질 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말을 4주간 급여한 흰쥐의 간조직 중 GSH 및 과산화지질 함량에 미치는 영향은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 간조직 중의 GSH 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 갯기름나물 분말 고농도 첨가군들(HFC-PBH)은 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 유의하게 증가하였다. 간조직의 glutathione(GSH)은 산화적 세포손상에 대한 방어 작용을 나타내는 효소인 GSH-Px와 GST의 기질로 사용되는 물질로 활성산소, 과산화지질 및 친전자성 물질들이 세포내에서 최종적으로 무독화 되는 과정에 관여하며 세포 내 지질과산화물질과 이물질의 제거, 아미노산 수송 및 저장, 간 해독 등 다양한 기능을 수행하는 중요한 물질로 알려져 있다(44). 갯기름나물 분말의 급여로 고지방-고콜레스테

Table 6. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver and adipose tissues of rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder (unit: mg/g)

Groups ¹⁾	Liver		Epididymal AT ²⁾		Mesenteric AT	
	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol
N	16.51±0.60 ^{c3)4)}	3.14±0.21 ^b	37.46±1.30 ^c	7.60±0.48 ^b	26.95±1.79 ^c	17.69±2.06 ^b
HFC	48.95±3.11 ^a	5.23±0.88 ^a	81.57±6.45 ^a	10.09±0.32 ^a	56.86±4.02 ^a	27.35±0.58 ^a
HFC-PBL	33.36±1.66 ^b	4.22±0.19 ^{ab}	64.63±2.15 ^b	8.02±0.12 ^b	47.81±5.18 ^{ab}	23.41±1.00 ^{ab}
HFC-PBH	38.38±2.37 ^b	3.19±0.57 ^b	48.88±4.32 ^{bc}	8.06±0.16 ^b	38.13±1.39 ^{bc}	19.51±2.66 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾AT: adipose tissue.

³⁾The results are mean±SE for 8 rats in each group.

⁴⁾Values with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different ($P<0.05$) between groups by Tukey's test.

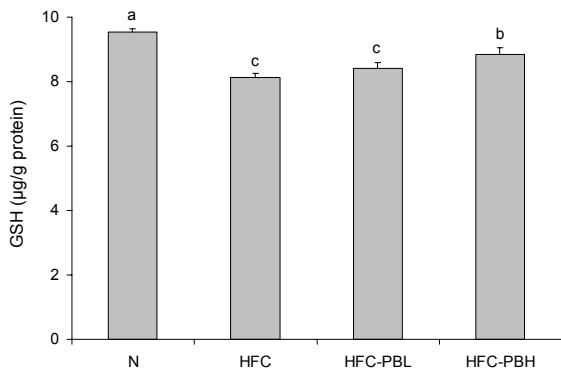


Fig. 1. Contents of GSH in liver of rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder. Abbreviations: See the legend of Table 1. Values are mean±SE for 8 rats in each group and different letters (a-c) are significantly different ($P<0.05$) between groups by Tukey's test.

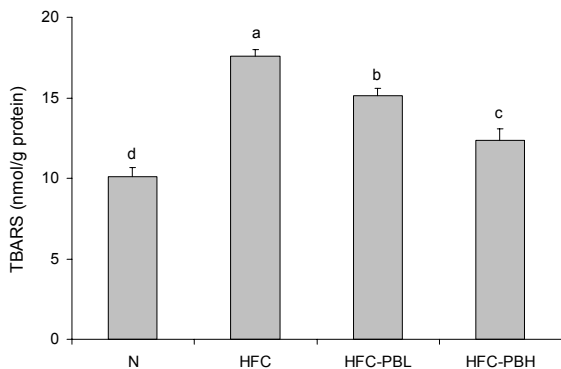


Fig. 2. Contents of TBARS in liver of rats fed high-fat/high-cholesterol diet containing *Peucedanum japonicum* Thunb. powder. Abbreviations: See the legend of Table 1. Values are mean±SE for 8 rats in each group and different letters (a-d) are significantly different ($P<0.05$) between groups by Tukey's test.

를 식이 급여로 감소된 간조직 중 GSH를 증가시켜 간조직의 항산화계에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

간조직 중의 과산화지질 함량은 Fig. 2와 같이 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)은 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 이는 Lee 등(45)이 고지방식을 섭취한 흰쥐에서 지질과산화물인 TBARS의 함량이 증가하였다고 보고한 연구결과와 유사한 경향이었다. 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)에 비하여 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 농도 의존적으로 유의하게 감소하였다. 지질 과산화 반응은 생체 조직막의 다가불포화지방산 free radical에 의해 산화적 분해를 일으키는 것으로 지표로 TBARS 수준을 사용하며 이의 증가는 산화적 스트레스의 증가를 나타낸다. 이는 결과적으로 생체막의 기능저하, 유동성 감소, 항상성 유지 장애 등을 초래하여 암과 같은 만성적 성인병을 발생시키는 주요 원인이 되고 있으며 특히 세포의 노화와 관련성이 있다고 본다(46). Kim 등(47)은 고지방-고콜레스테롤 식이 흰쥐에서 고추씨 물추출물의 공급 결과 정상식이군에 비해 고지방-고콜레스테롤 식이군의

TBARS 함량이 유의적으로 증가되었고 고지방-고콜레스테롤 식이에 비해 고추씨 물추출물 공급군의 TBARS 함량은 감소하였는데, 이는 고추씨의 풍부한 항산화 성분들로 인하여 체내에서 생성된 free radical의 영향으로 지질과산화반응을 억제시킨 것으로 사료된다고 보고하였다. 갯기름나물 분말을 급여로 간조직 중 과산화지질 함량이 감소된 것은 갯기름나물 분말에 함유된 polyphenol 및 flavonoid 등의 생리활성 물질과 항산화 비타민 및 항산화 무기질 등(29)으로 인하여 체내 free radical의 생성을 억제시킬 수 있는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 갯기름나물의 혈청, 간 및 지방조직의 체내 지질대사 개선 및 항산화 효능을 살펴보기 위하여 5주령 된 흰쥐 수컷 32마리를 1주일간 적응시킨 후 정상식이군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, HFC), 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 갯기름나물 분말 첨가군(HFC-PBL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 갯기름나물 분말 첨가군(HFC-PBH)으로 나누어 4주간 실시하였다. 체중증가량 및 식이효율은 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 대조군이 정상식이군에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 갯기름나물 분말 첨가군들(HFC-PBL, HFC-PBH)은 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다. 식이섭취량은 대조군이 가장 낮았으나 실험군들 간의 유의차는 나타나지 않았다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 간 및 지방조직의 무게는 갯기름나물 분말 첨가로 대조군에 비해 감소하는 경향이었으며, 장간막지방조직 무게는 유의하게 감소하여 정상식이군과 비슷한 경향을 보였다. 갯기름나물 분말 첨가군들의 혈청 중 ALT 및 AST 활성은 대조군에 비하여 유의차는 없었으나 감소하는 경향이었으며, 혈청 중 ALP 활성은 유의적으로 감소하는 경향이었다. 혈청 중 LDH 활성은 갯기름나물 분말 고농도 첨가군(HFC-PBH)은 대조군에 비하여 유의적으로 감소되었다. 혈청 중 중성지방 함량은 갯기름나물 분말 첨가군들이 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였고, 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 유의차는 없었으나 다소 감소하는 경향이었다. 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 정상식이군에 비하여 대조군이 유의하게 증가하였고, 데친 갯기름나물 분말 고농도 첨가군에서 유의한 감소효과를 보였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 간과 지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 갯기름나물 분말 첨가로 감소하는 경향이었으며, 부고환지방조직과 장간막지방조직의 중성지방 함량, 간조직과 지방조직 중 총콜레스테롤 함량은 데친 갯기름나물 분말 고농도 첨가군에서 대조군에 비해 유의하게 감소하여 정상식이군과 비슷한 경향이었다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 감소되어진 간조직 중 GSH 함량은 갯기름나물 분말 첨가로 유의하게 증가하였으며 증가된 과산화지질 함량은 유의하게 감소하였다. 이상의 실험결과

*in vivo*에서 고지방-고콜레스테롤 식이와 함께 섭취한 갯기름나무 분말은 체중, 간 및 지방조직의 무게 감소와 더불어 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 갯기름나무에 함유된 항산화 비타민 및 무기질, polyphenol, flavonoid 등 생리활성 물질에 의해 지방조직의 체지방 형성을 억제하고 산화적 스트레스를 완화시킴으로써 체내 지질대사 개선과 심혈관계 질환 예방효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Byun JH. 1995. *The goals and strategy for health promotion*. Korean Institute for Health and Social Affairs, Seoul, Korea. p 225-229.
- Lee HK. 1996. Korean disease pattern and nutrition. *Korean J Nutr* 29: 381-383.
- National Statistical Office Republic of Korea. 2011. *Annual report on the cause of death statistics*. Statistics Korea, Seoul, Korea.
- Nordmann R, Ribière C, Rouach H. 1990. Ethanol-induced lipid peroxidation and oxidative stress in extrahepatic tissues. *Alcohol Alcohol* 25: 231-237.
- Bergmeyer HU. 1974. *Methods of enzymatic analysis*. 2nd ed. Academic press, New York, NY, USA. p 860-864.
- Kim HJ, Hwang Bo MH, Lee JW, Im HG, Lee IS. 2007. Antioxidant effects of ginseng powder on liver of benzo (a)pyrene-treated mice. *Korean J Food Sci Technol* 39: 217-221.
- Lovlin R, Cottle W, Pyke I, Kavanagh M, Belcastro AN. 1987. Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 56: 313-316.
- Halliwell B. 1996. Antioxidants in human health and disease. *Annu Rev Nutr* 16: 33-50.
- Yokozawa T, Nakagawa T, Kitani K. 2002. Antioxidative activity of green tea polyphenol in cholesterol-fed rats. *J Agric Food Chem* 50: 3549-3552.
- Cross CE, Halliwell B, Borish ET, Pryor WA, Ames BN, Saul RL, McCord JM, Harman D. 1987. Oxygen radicals and human disease. *Ann Intern Med* 107: 526-545.
- Liu RH. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J Clin Nutr* 78: 517S-520S.
- West IC. 2000. Radicals and oxidative stress in diabetes. *Diabetes Med* 17: 171-180.
- Nam JY, Pyu KS. 1975. Pharmacogenetics studies on Korean "Bang Poong". *Kor J Pharmacogn* 6: 151-159.
- Moon KS, Choi OJ. 1991. *Composition and use of medicinal herbs*. Ilwolbooks, Seoul, Korea. p 449-450.
- Kim DH, Han CS, Kim GE, Kim JH, Kim SG, Kim HK, Oh OJ, Whang WK. 2009. Biological activities of isolated compounds from *Peucedani radix*. *Yakhak Hoeji* 53: 130-137.
- Shin KH, Kang SS, Chi HJ. 1992. Analysis of the coumarin constituents in *Peucedanii radix*. *Kor J Pharmacogn* 23: 20-23.
- Cho YH, Seong NS, Ham IH, Choi HY. 2004. A comparative study on the immunization and anti-cancer effect of the root and the aerial part of *Peucedanum japonicum* Thunb. *Kor J Herbology* 19: 137-145.
- Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services. 2006. Antifungal which the faltarindiol isolated from *Peucedanum japonicum* is used. *Korean Patent* 1020000083 118.
- Shim WS. 2013. Makguksu containing *Peucedanum japonicum* Thunberg and method for manufacturing the same. *Korean Patent* 1020110075622.
- Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC. 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.
- 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.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
- Zlatkis A, Zak B. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143-148.
- Biggs HG, Erikson JM, Moorehead WR. 1975. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin Chem* 21: 437-441.
- Tietze F. 1969. Enzymatic methods for quantitative determination of nanogram amounts of total and oxidized glutathione: applications to mammalian blood and other tissues. *Anal Biochem* 27: 502-522.
- Buege JA, Aust SD. 1978. The thiobarbituric acid assay. *Methods in Enzymol* 5: 306-307.
- Lee JJ, Choo MH, Lee MY. 2006. Effect of *Pimpinella brachycarpa* extract on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1151-1158.
- Choi MY, Choi EJ, Lee E, Park HJ. 2000. Effect of *Oenanthe javanica* sap on plasma lipid composition in rats with high-fat diet. *Korean J Plant Res* 13: 54-60.
- Son HK. 2013. Effects of *Peucedanum japonicum* Thunb. powder on lipid metabolism and antioxidative activities in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet. *MS Thesis*. Chosun University, Gwangju, Korea.
- Chai YM, Lim BK, Lee JY, Kim YH, Rhee SJ. 2003. Preparation of soluble dietary fiber from oak wood (*Quercus mongolica*) and its physiological function in rat fed high cholesterol diets. *Korean J Nutr* 36: 9-17.
- Jayasooriya AP, Sakono M, Yukizaki C, Kawano M, Yamamoto K, Fukuda N. 2000. Effects of *Momordica charantia* powder on serum glucose levels and various lipid parameters in rats fed with cholesterol-free and cholesterol-enriched diets. *J Ethnopharmacol* 72: 331-336.
- Wursch P. 1979. Influence of tannin-rich carob pod fiber on the cholesterol metabolism in the rat. *J Nutr* 109: 685-692.
- Park JR, Park SK, Cho YS, Chun SS, Choi SH, Park JC. 1997. Effects of *Angelica keiskei* on lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 308-313.
- Björntorp P. 1988. The associations between obesity, adipose tissue distribution and disease. *Acta Med Scand Suppl* 723: 121-134.
- Despres JP. 1993. Abdominal obesity as important component of insulin-resistant syndrome. *Nutrition* 19: 452-459.
- Kwon MJ, Nam TJ. 2006. Effects of Mesangi (*Capsosiphon fulvecens*) powder on lipid metabolism in high cholesterol fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 530-535.
- Plaa GL, Charbonneau M. 1994. Detection and evaluation of chemically induced liver injury. In *Principles and Methods of Toxicology*. Hayes AW, ed. Raven Press, New York, NY, USA. p 839-870.

38. Heo YY, Ha BJ. 2011. Effect of *Ligusticum chuonxiang* Hort extracts on the bioactivity in high-fat diet-fed obese rats. *J Fd Hyg Safety* 26: 370-376.
39. Jang JY, Lee MK, Kim MJ, Cho SY. 1998. Effect of fiber on serum lipid metabolism in rats with diet-induced cholesterolemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1211-1216.
40. Buhman KK, Furumoto EJ, Donkin SS, Story JA. 1998. Dietary psyllium increases fecal bile acid excretion, total steroid excretion and bile acid biosynthesis in rats. *J Nutr* 128: 1199-1203.
41. Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 358-369.
42. Kang JA, Kang JS. 1997. Effects of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triglyceride and platelet aggregation in rats on basal or cholesterol supplemented diets. *Korean J Nutr* 32: 132-138.
43. Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevsky D, Cassidy M. 1980. Dietary fibers. III. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am J Clin Nutr* 33: 2182-2191.
44. Nam JH, Park HS. 1993. Effect of quality and quantity of dietary fat on status of tocopherol and lipid peroxidation of plasma tissue in rats. *Korean J Nutr* 26: 566-577.
45. Lee JS, Lee KH, Jeong JH. 1999. Effects of extract of *Pueraria radix* on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 218-224.
46. Joo HY, Lim KT. 2009. Protective effect of glycoprotein isolated from *Cudrania tricuspidata* on liver in CCl₄-treated A/J mice. *Korean J Food Sci Technol* 41: 93-99.
47. Kim YN, Ku KH, Kwon KS, Hwa CJ. 2011. Effects of water extracts of red pepper seeds powder on antioxidative enzyme activities and oxidative damage in rats fed high-fat and high-cholesterol diets. *Korean J Nutr* 44: 284-291.