모시잎이 고지방-고콜레스테롤 식이 흰쥐의 지질대사 개선 및 항비만 효과에 미치는 영향

이재준 · 박미란 · 김아라 · 이명렬*
조선대학교 식품영양학과

Effects of Ramie Leaves on Improvement of Lipid Metabolism and Anti-obesity Effect in Rats Fed a High Fat/High Cholesterol Diet

Jae-Joon Lee, Mi-Ran Park, Ah-Ra Kim, and Myung-Yul Lee*
Department of Food and Nutrition, Chosun University

Abstract This study was performed to investigate the effects of ramie (*Boehmeria nivea*) leaf powder on improvements in lipid metabolism in serum, liver and adipose tissue, and the anti-obesity effect in rats fed a high fat/high cholesterol diet for 4 weeks to induce a hyperlipidemic and obese model rat. Male Sprague-Dawley rats weighting 210 g were divided into four groups; a normal diet group (N), a high fat/high cholesterol diet group (HFC), a high fat/high cholesterol diet with 5% ramie leaf powder group (HFC-RL), and a high fat/high cholesterol diet with 10% ramie leaf powder group (HFC-RH). The body weight gain increased with a high fat/high cholesterol diet, but gradually decreased in the ramie leaf powder fed groups compared with the HFC group. The liver index in the HFC group was highest among the four groups, although the difference was not significant compared with the ramie leaf powder fed groups. The adipose tissues weight in the HFC group was heavier than that of the N group, whereas those of groups fed ramie leaf powder decreased gradually. Alkaline phosphatase activity was not different between the HFC groups, but serum alkaline aminotransferase and lactate dehydrogenase activities decreased significantly after ramie leaf powder feeding. Levels of serum triglyceride, total cholesterol, LDL-cholesterol, atherogenic index and cardiac risk factors tended to decrease in the ramie leaf powder fed groups compared with the HFC group, whereas serum HDL-cholesterol level decreased in the HFC group and markedly increased in the ramie leaf powder fed groups. Levels of triglyceride and total cholesterol in the liver were significantly lower in the ramie leaf powder fed groups than in the HFC group. Levels of triglyceride and total cholesterol in adipose tissues were also lower in the ramie leaves powder fed groups than in the HFC group. The activities of heparin-releasable lipoprotein lipase (LPL) and total-extractable LPL in adipose tissues increased in the HFC group compared to that of the N group, but those of the ramie leaf powder fed groups decreased significantly. These results suggest that ramie leaf powder may improve lipid metabolism in serum, liver and adipose tissue and potentially reduce lipid storage.

Keywords: ramie (*Boehmeria nivea*), high fat/high cholesterol diet, anti-obesity, cholesterol lowering, lipoprotein lipase

서 론

최근 우리나라는 경제성장과 더불어 국민소득이 향상되고 생활이 서구화되면서 각종 동물성 식품과 가공식품의 섭취량이 늘고 있다. 2008년 국민건강·영양조사에 따르면 국민 1인당 하루 평균 식품섭취량 중 식물성 식품이 전체의 80.5%이고 동물성 식품이 19.5%로 집계되어 동물성 식품의 섭취 비율이 국민건강 영양조사를 처음 시작한 1969년에 조사된 3%에 비하여 6배 이상 증가하였다(1). 이러한 식생활의 변화는 질병 발생 추이와 사망 원인에 영향을 미쳐 비만 인구가 늘어나고 고혈압, 고지혈증, 동맥경화, 심근경색 등과 같은 순환기계 질환의 발생이 증가하고

있으며, 2008년 통계청의 자료에 의하면 사망원인이 암, 뇌혈관 질환, 심장 질환 순으로 나타났다(2). 심혈관계 질환의 위험요인으로는 고지혈증, 고혈압, 당뇨병, 비만, 가족력, 흡연, 스트레스 및 성격 등이 있다고 보고되고 있으며, 특히 고지혈증은 심혈관계 질환 중 관상동맥 질환의 가장 중요한 독립인자로 알려져 있다(3).

고지혈증을 유발하는 환경적 요인 중 식이요인의 영향이 크다고 알려져 있으며(4) 그 요인으로는 고지방, 고당질, 포화지방산 및 콜레스테롤 등이 있다. Watts 등(5)은 고콜레스테롤혈증 환자에게 6개월 동안 식이지방과 콜레스테롤 섭취를 감소시킨 결과, 혈청 중 LDL-콜레스테롤 농도가 크게 감소하였으며, 철저한 식이요법을 한 관상동맥경화증 환자의 경우는 동맥경화증의 협착이 저하되고 병변 부위가 감소하였다고 보고하였다. 또한, 비만은 지방의 섭취가 주요 원인으로 특히 동물성 지방의 과다섭취로 인한 에너지 과잉으로 비만증에 걸릴 확률이 매우 높다고 보고되었으며(6), 이로 인한 동맥경화, 심근경색 등의 심혈관계 질환의 발생이 증가하는 추세이다. Poller(7)는 이러한 심혈관계 질환의 발생 증가는 동물성 지방과 단백질의 섭취가 증가하고 식

*Corresponding author: Myung-Yul Lee, Department of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea
Tel: 82-62-230-7722
Fax: 82-62-225-7726
E-mail: mylee@mail.chosun.ac.kr
Received October 18, 2010; revised November 18, 2010;
accepted November 30, 2010

이섬유소 섭취량이 감소되고 있기 때문인 것으로 보고하고 있다. 따라서, 식사요법의 중요성이 인식되면서식이섬유소나 올리고당을 함유한 저칼로리 식품을 섭취하려는 욕구가 날로 증가하고 있으며, 독성이 없고 안전하여 장기간 복용이 가능한 기능성 식품에 관한 관심이 높아져 이를 통한 성인병 예방 및 치료효과에 따른 건강기능성 식품에 관한 많은 연구와 개발이 행해지고 있다.

모시풀(*Boehmeria nivea*, ramie)은 켄치과(Urticaceae)에 속하는 여러해살이 풀로, 줄기의 껍질을 벗겨 옷을 만드는 섬유재료로 이용하고, 뿌리와 잎은 음식으로 이용하거나 약재로 쓰이기도 한다(8). 한방에서 뿌리는 저마근(苧麻根)이라 하고, 잎은 저마엽(苧麻葉)이라 하며 청열, 지혈, 해독, 산어 등에 효능이 있으며, 객혈, 토혈, 하혈, 응종, 혈뇨, 항문의 부종과 동통, 타박상 등을 치료하는데 쓰인다고 알려져 있다(9). 모시풀과 같은 약용식물의 잎에는 식이섬유소, 비타민, 무기질과 같은 영양 성분이 풍부하고 carotenoids, flavonoids와 같은 페놀성 화합물들이 다량 존재하며 다양한 생리활성 물질이 들어 있다고 알려져 있으며(10), Kim 등(8)의 연구에서는 모시잎의 폴리페놀 계통 물질이 항산화 효과가 높게 나타났으며, 폐암 세포의 성장을 저해하였다고 보고하였다.

모시잎 분말의 총식이섬유소 함량은 39.7%로 그 중 불용성 식이섬유소와 수용성 식이섬유소 함량은 각각 20.3%와 19.4%로 보고되었으며, 식이섬유소가 풍부하다고 알려진 양배추와 당근 분말의 식이섬유소 함량 20.7%와 24.8%에 비하여 상당히 높은 것으로 보고되었다(11). 이와 같이 식이섬유소가 많이 들어있는 모시잎의 경우 지질대사 개선 작용과 비만을 억제하고 장의 정상 작용에 효과를 나타낼 것으로 보이며, 비타민과 다량의 무기질을 함유하여 영양적 가치가 크다고 할 수 있다. 이러한 모시잎에 대한 국내 연구로는 모시잎을 넣은 떡의 제조 조건, 조리법에 따른 관능적, 기계적 특성 분석(12), 닭고기 모시잎을 가루 첨가 머핀의 품질 특성(13), 모시잎 첨가량에 따른 절편의 품질 특성(14), 모시잎의 이화학적 특성과 항균 활성(15), 모시잎의 항산화 효과 및 암세포주에 대한 세포 독성(8) 등이 보고되어 모시잎을 이용한 식품으로의 활용이나 생리활성 연구는 매우 미흡한 실정이며, 동물실험을 통한 생리활성 연구 또한 거의 없어 앞으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 모시잎의 효능 검증을 위하여 모시잎 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청, 간 및 지방조직의 지질대사 개선 효과 및 항비만 효과에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 모시잎(*Boehmeria nivea* Leaves)은 2009년 7월에 옥당바이오식품 영농조합법인으로부터 구입하여 동결 건조하고 분쇄하여 분말로 제조한 다음 -70°C 에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 24마리를 다물 사이언스(주)(Daejeon, Korea)에서 구입하여 조선대학교 실험동물센터에서 1주일 간 고형배합사료로 적응시킨 후, 평균 체중 210g인 것을 난괴법(randomized block design)에 따라 각 처리 군당 6마리씩 4군으로 나누어 스테인레스 케이지(stainless cage)에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군(Table 1)은 정상 식이군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, HFC), 고지방-고콜

Table 1. Experimental design

Groups	Diet composition
N ¹⁾	Normal diet
HFC ²⁾	High fat/High cholesterol diet
HFC-RL ³⁾	High fat/High cholesterol diet+RL
HFC-RH ⁴⁾	High fat/High cholesterol diet+RH

¹⁾²⁾According to AIN-93 diet composition (19).

³⁾HFC-RL: High fat/High cholesterol diet+5% of Ramie leaf powder.

⁴⁾HFC-RH: High fat/High cholesterol diet+10% of Ramie leaf powder.

Table 2. Composition of experimental diet leaf (g/kg)

Diet composition	N	HFC	HFC-RL	HFC-RH
Casein	200	200	200	200
L-methionine	3	3	3	3
Corn starch	500	390	340	290
Sucrose	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50
Lard	100	200	200	200
Mineral mix ¹⁾	35	35	35	35
Vitamin mix ²⁾	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2
Cholesterol	-	10	10	10
Ramie leaves powder	-	-	50	100

¹⁾²⁾AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (19).

레스테롤 식이와 5% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)으로 나누어 실험하였다. 실험에 사용된 식이는 AIN-93 정제식이를 기준(16)으로 변형하여 조제하였으며 Table 2와 같다. 정상 식이군은 식이 무게의 10%의 라아드를 지방 공급원으로 사용하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이군은 식이 무게의 20%의 라아드와 0.1%의 콜레스테롤을 함유한 식이를 공급하였다. 모시잎 분말의 첨가량은 식이 무게의 5%와 10%로 하여 각각 첨가하였다. 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 체중으로 나누어 체중증가율로 표시하였고, 사육기간의 체중증가량을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율을 구하였다.

실험동물의 처리

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO_2 로 가법게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하고 $1,900\times\text{g}$ 에서 20분간 원심분리시킨 후 혈청을 분리하여 혈청 지질 함량 및 효소 활성 측정용 시료로 사용하였다. 그리고 간과 지방조직을 적출하여 0.9% 생리식염수로 남아 있는 혈액 및 기타 부착물질을 제거하고 여지로 수분을 제거한 후 중량을 측정한 다음 효소 활성 저하를 예방하기 위하여 급속 동결하여 -70°C 의 deep freezer에 보관하였다.

혈청 효소 활성 및 지질 함량 측정

혈청 중 aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT), alkaline phosphatase(ALP) 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성과 포도당, 중성지방, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500s, Fujif-

ilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식 {총콜레스테롤-(HDL-콜레스테롤-중성지방/5)}(17)에 의하여 계산하였다. 심혈관계 질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤-HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}(18)에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)(18)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

간과 지방조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량 측정

적출한 간조직, 장간막지방조직 및 부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 방법(19)에 의하여 각각의 조직에서 총지질을 추출하였다. 간과 지방조직 0.1 g을 칭량하여 6 mL CHCl_3 -MeOH(2:1, v/v)을 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후 2 mL H_2O 를 첨가하고 1,900×g에서 20분간 원심분리시킨 후 지질층인 하층부를 취한 다음 총콜레스테롤과 중성지방 함량 분석을 위하여 사용하였다. 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(20)에 의하여 측정하였으며, 중성지방 함량은 Biggs 등(21)의 방법으로 측정하였다.

지방조직 중 LPL 활성 측정

장간막지방조직과 부고환지방조직 중 heparin-releasable LPL(HR-LPL) 활성은 heparin을 함유한 배양액 중으로 방출된 지방조직의 세포외액에 함유된 LPL만의 활성을 측정하는 것으로, Nilsson-Ehle와 Schotz 방법(22)을 응용한 Fried와 Zechner 방법(23)에 의하여 측정하였다. 지방조직의 LPL은 세포외액 뿐만 아니라 세포 내액에도 함유되어 있는데, microsome 안에 있는 잠재적인 LPL을 포함한 총체적인 LPL 활성을 측정하는 방법이 total extractable LPL(TE-LPL) 활성 측정으로 Iverius와 Brunzell의 방법(24)에 의하여 실시하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Science)를 이용하여 통계 분석하였다. 실험군당 평균±표준오차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Tukey's test를 이용하여 상호 검정하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말의 첨가 수준을 달리 하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 3과 같다. 실험기간 4주 동안의 체중증가는 실험군 간

의 유의차를 보였으며, 대조군인 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 13.7% 체중이 유의하게 증가되어 고지방-고콜레스테롤 식이로 인한 흰쥐의 비만 유도를 관찰할 수 있었다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)에서는 모시잎 분말의 첨가 수준이 증가할수록 체중이 유의하게 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)은 정상 식이군(N)과 유사한 수준으로 체중 저하효과를 볼 수 있었다.

식이섭취량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 감소하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)도 정상 식이군(N)에 비하여 감소하는 경향이었으나 유의차는 없었다. 이는 고지방-고콜레스테롤 식이가 정상 식이에 비하여 에너지 밀도가 높아 열량 섭취의 증가로 에너지균형을 맞추기 위한 적응현상이 나타나 식이섭취량이 감소한 것으로 사료된다. Dodge(25)는 고지방식이에서 식이섭취량이 감소되는 이유는 식이지방이 위내의 체류시간을 지연시키기 때문이라고 하였으며, Pellizzon 등(26)의 연구에서도 흰쥐에서 에너지 밀도가 높은 고지방식이군이 에너지 밀도가 낮은 저지방식이군에 비하여 식이섭취량이 낮았다고 보고하여 본 실험 결과와도 유사하였다. 식이효율은 에너지 밀도가 높은 대조군(HFC)이 에너지 밀도가 낮은 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 유의하게 감소하여 정상 식이군(N)의 식이효율 수준과 유사하게 나타났다.

Kim 등(27)은 고지혈증 유발 흰쥐에게 빵잎 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 결과 체중증가량과 식이효율이 10% 빵잎 분말 첨가군에서 유의하게 낮아졌다고 하여 본 실험 결과와 유사하였다. 또한, 모시잎에는 다량의 식이섬유소가 함유되어 있는데(11), Chai 등(28)은 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 식이섬유소의 양을 달리하여 급여한 결과 식이섬유소를 공급한 모든 군에서 체중증가량과 식이효율이 무식이섬유소군에 비하여 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 비만이 유도된 흰쥐에서 모시잎 분말 첨가로 인하여 체중증가량과 식이효율이 감소되었는데, 이는 모시잎에 다량 함유되어 있는 식이섬유소가 열량, 단백질 및 지질의 소화 흡수율을 저하시키고 지질을 흡착하여 배설을 촉진시킨 결과(29)로 사료되어진다.

간조직 및 지방조직 무게

고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중 당 간조직 및 지방조직 무게를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 체중 당 간조직의 무게는 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였는데, 이 결

Table 3. Changes in food intake, gained body weight and food efficiency ratio of the rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks

Groups ¹⁾	Initial body wt. (g)	Final body wt. (g)	Gained body wt. (g/day)	Food intake (g/day)	FER ²⁾
N	207.5±5.8 ^{3)NS4)}	397.4±7.6 ^{b5)}	6.8±0.1 ^{bc}	24.6±0.9 ^a	0.3±0.01 ^b
HFC	206.3±3.3	426.4±5.4 ^a	7.9±0.1 ^a	20.2±0.9 ^b	0.4±0.01 ^a
HFC-RL	206.4±2.5	409.3±8.1 ^{ab}	7.3±0.2 ^{ab}	22.7±0.9 ^{ab}	0.3±0.01 ^{ab}
HFC-RH	205.8±5.6	384.0±6.1 ^b	6.4±0.3 ^c	22.4±0.3 ^{ab}	0.3±0.02 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾FER (food efficiency ratio): total weight gain/total feed intake

³⁾Values are mean±SE of 6 rats per each group.

⁴⁾NS: not significantly different among groups

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

Table 4. Changes in liver and adipose tissue weights of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (g/100 g body weight)

Groups ¹⁾	Liver	Mesenteric AT ²⁾	Epididymal AT
N	3.3±0.1 ^{3)ab4)}	4.2±0.3 ^b	6.6±0.3 ^{ab}
HFC	5.3±0.3 ^a	5.4±0.5 ^a	7.7±0.2 ^a
HFC-RL	4.8±0.1 ^a	5.0±0.2 ^{ab}	7.0±0.2 ^{ab}
HFC-RH	4.7±0.1 ^a	4.0±0.3 ^b	6.2±0.3 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾AT: adipose tissue³⁾Values are mean±SE of 6 rats in each group.⁴⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

과는 고지방 식이와 식이 중 콜레스테롤 첨가로 인하여 간에서 콜레스테롤 및 중성지방 등이 축적되어 간 무게가 증가하였다는 보고(30)와 일치한다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 간조직의 무게가 감소하는 경향이었으나, 유의차는 없었다.

장간막지방조직의 무게는 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RL)은 대조군(HFC)과 유의차는 없었으나 감소하는 경향으로 나타났다. 또한, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 25.4% 유의하게 감소하였다. 부고환지방조직의 무게는 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 14.8% 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 그러나 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 19.4% 유의적으로 감소하였다.

비만은 체중의 증가보다는 체지방의 증가에 의하며, 특히 피하지방보다는 복강 내에 위치한 지방조직의 증가가 건강상의 위해 요인으로 작용하여 체지방 함량이 동일하더라도 복부지방 함량이 증가할수록 대사성 합병증이 증가하는 것으로 알려져 있다(31). 따라서 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 체지방 축적을 대표하는 부고환지방조직과 장간막지방조직의 무게가 증가되었으나, 모시잎 분말의 혼합 급여로 감소되었던 효과가 관찰되어 모시잎 분말이 복부비만을 억제하고 더불어 대사성 합병증을 낮추는데 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 중 AST, ALT, ALP 및 LDH 활성

고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말의 첨가 수준을 달리 하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중의 AST, ALT, ALP 및 LDH 활성을 측정하여 비교한 결과는 Table 5와 같다. 혈청 중 AST 활성은 Table 5에서와 같이 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 46.7% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)과 유의차가 없었다. 혈청 중 ALT 활성은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 60.5% 유의적으로 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 모두 대조군(HFC)에 비하여 각각 29.9%와 35.1%로 유의적으로 감소하였으며, 모시잎 분말 첨가 수준에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 간기능 지표 효소인 혈청 중 AST 및 ALT은 고지방 식이, 고콜레스테롤 식이, 알코올 등으로 지방간 등이 유발되어 지고 간 독성 물질에 의하여 간조직이 손상되어지면 혈중으로 이들 효소가 다량 유출되어 활성도가 높아지게 된다고 알려져 있으며(32), 본

Table 5. Activities of AST, ALT, ALP and LDH in serum of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (U/L)

Groups ¹⁾	AST	ALT	ALP	LDH
N	93.3±3.7 ^{2)ab3)}	19.8±0.3 ^c	478.0±23.0 ^b	442.2±27.8 ^b
HFC	175.3±5.0 ^a	50.2±1.9 ^a	777.0±30.4 ^a	716.0±32.7 ^a
HFC-RL	148.5±6.0 ^{ab}	35.2±1.9 ^b	751.2±23.2 ^a	684.5±19.8 ^a
HFC-RH	131.0±5.6 ^{ab}	32.6±1.5 ^b	702.7±22.6 ^{ab}	541.4±18.9 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾Values are mean±SE for 6 rats in each group.³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

연구 결과에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 흰쥐의 혈청 중 AST와 ALT 활성이 유의하게 증가하였음을 관찰할 수 있었다. 혈청 중 ALP 활성은 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 37.7% 유의하게 증가되었으나, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말을 동시에 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)과는 유의차를 보이지 않았다. 혈청 중 LDH 활성은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 38.2% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RL)은 대조군(HFC)과 유의차가 없었으나, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서는 대조군(HFC)에 비하여 24.4% 감소하여 유의적인 차이를 보였다. 혈청 ALP는 담도계 폐색 또는 간 질환 등에 의해 그 활성이 증가되어지는 효소로, 급성 신부전증, 고지혈증, 폐경색증과 같이 간세포 장애가 고도로 진행되면 AST, ALT 및 ALP 활성이 동시에 높아지며 이에 따라 간장에서 담즙산 배설장애를 유발하여 혈청 콜레스테롤 농도를 상승시킨다고 알려져 있다(33). 또한, 혈청 LDH는 체내 혐기적 해당계의 최종 단계에서 산화, 환원반응에 관여하는 효소로 급성 간염, 초기 간암, 심근경색, 악성빈혈, 백혈병 등에서 현저하게 상승한다고 한다(34).

본 실험 결과에서 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 흰쥐의 혈청 AST, ALT, ALP 및 LDH 활성이 증가하였는데, 모시잎 분말의 첨가로 혈청 ALT와 LDH 활성은 유의하게 감소하였으며, 특히 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서 감소효과가 크게 나타났다. 따라서 모시잎 분말이 혈청 및 간의 지질대사를 개선시키고, 고지혈증으로 인한 간의 손상을 방지하며 간 기능을 유지하는데 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말의 첨가 수준을 달리 하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤의 함량 변화는 Table 6과 같다. 혈청 중 중성지방 함량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 22.3% 유의하게 증가하였으며, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 27.8% 유의하게 감소하였고, 정상 식이군(N)의 중성지방 함량과 유사한 경향이였다. 피하지방에 대한 내장지방의 비가 혈중 중성지방 농도에 가장 영향을 미쳐 복부에 지방이 축적된 사람들에게서 중성지방 함량이 높다고 알려져 있는데(35), 본 연구 결과에서도 복부지방 부위를 차지하는 부고환지방조직의 무게가 가장 증가한 대조군(HFC)의 중성지방 함량이 가장 높았고, 부고환지방조직의 무게가 가장 적었던 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서 중성지방 함량도 가장 낮은 경향이였다. 혈청 중 총콜레스테롤 함

Table 6. Contents of triglyceride and total cholesterol in serum of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (mg/dL)

Groups ¹⁾	Triglyceride	Total cholesterol
N	81.3±5.5 ^{2)bc3)}	52.0±1.6 ^c
HFC	104.6±5.1 ^a	70.3±2.8 ^a
HFC-RL	86.5±5.9 ^{ab}	65.0±1.8 ^{ab}
HFC-RH	75.5±5.2 ^b	61.5±1.2 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾Values are mean±SE for 6 rats in each group.³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 26.1% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 각각 7.6%와 12.6%로 농도 의존적으로 감소하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서만 대조군(HFC)과 유의차를 보였다.

고콜레스테롤혈증은 심혈관계 질환의 위험인자로서 만성 성인병의 예방 및 치료를 위하여 혈중 지질의 개선이 중요함으로 이에 대한 식사요법 연구가 활발히 진행되고 있으며(36), 특히 녹황색 식용식물이 순환기 질환을 비롯한 성인병 예방에 효과적이라고 알려져 있다(37). 이러한 녹황색 식용식물에 많이 함유되어 있는 식이섬유소는 장내에서 지방의 흡수를 저해하고, 담즙산 합성을 증가시키며(38), 대장에서 지방산이 분해되어 탄수소가 적은 지방산을 형성하고 이들이 내인성 콜레스테롤 합성을 억제해 사람과 동물의 지질혈증을 개선시켜 준다는 보고가 있다(39). Jang 등(40)은 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 첨가한 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 식이섬유소 중 cellulose와 pectin을 첨가 급여하여 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 식이섬유소를 급여하지 않은 군에 비하여 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. 또한 Doi 등(41)은 1% 콜레스테롤 식이에 건조 빵잎 분말 10%를 첨가하여 토끼에게 급여 시 혈청 중 중성지방의 농도가 저하되었다는 연구 결과와 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서 중성지방의 함량이 다른 군들에 비하여 낮았던 본 연구 결과는 유사한 경향이었다.

본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 유의하게 증가하였고, 모시잎 분말의 첨가로 인하여 감소하였다. 특히, 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)보다 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서 감소효과가 크게 나타났다. 이는 모시잎 분말에 함유되어 있는 식이섬유소와 같은 생리활성 물질이 작용한 것으로 생각되어지며, 모시잎 분말이 혈청 지질대사를 개선시키고 고지혈증의 예방 및 치료효과가 있는 것으로 사료된다.

혈청 중 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수

고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말의 첨가 수준을 달리 하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 및 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)의 변화는 Table 7과 같다. 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 44.3% 유의하게 감

Table 7. Contents of HDL-cholesterol and LDL-cholesterol, atherogenic index (AI) and cardiac risk factor (CRF) in serum of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (mg/dL)

Groups ¹⁾	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol ²⁾	AI ³⁾	CRF ⁴⁾
N	30.0±1.0 ^{5)ab6)}	40.9±1.4 ^c	1.0±0.1 ^c	2.0±0.1 ^c
HFC	17.0±1.5 ^c	72.0±1.4 ^a	3.3±0.3 ^a	4.3±0.3 ^a
HFC-RL	23.0±1.1 ^b	55.9±0.7 ^b	1.9±0.3 ^b	2.9±0.3 ^b
HFC-RH	25.0±1.3 ^b	51.6±1.4 ^b	1.6±0.2 ^{bc}	2.6±0.2 ^{bc}

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾LDL cholesterol=total cholesterol-(HDL-cholesterol-triglyceride/5)³⁾AI (atherogenic index)=(total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol⁴⁾CRF (cardiac risk factor)=total cholesterol/ HDL-cholesterol⁵⁾Values are mean±SE for 6 rats in each group.⁶⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

소하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 각각 25.0%와 32.0%로 모두 유의하게 증가하였으나, 정상 식이군(N)보다는 낮은 경향을 보였다. 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 43.2% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 각각 22.4%와 28.4%로 유의하게 감소하였으나, 정상 식이군(N)보다는 높은 경향이었다.

정상상태에서 식이성 중성지방과 콜레스테롤은 조직세포에서 합성된 지질과 균형을 이루며 혈관 내 순환 lipoprotein들의 농도는 항상성에 의해 적절하게 조절되나, 유전적 요인과 환경적 요인에 의해 체내 지질의 균형이 깨지게 되면 혈장 lipoprotein인 LDL-콜레스테롤 농도가 증가하고, HDL-콜레스테롤 농도가 감소하여 동맥경화증, 고혈압 및 심혈관계 질환을 유발하게 된다고 알려져 있다(42). Kim 등(27)은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에게 빵잎 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 결과 고콜레스테롤 식이만을 급여한 군이 다른 군들에 비하여 혈청 HDL-콜레스테롤 함량이 유의적으로 낮았고, 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 유의적으로 높았으나, 빵잎 분말의 첨가로 HDL-콜레스테롤 함량의 증가와 LDL-콜레스테롤 함량의 유의적 감소가 나타났다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 고콜레스테롤 식이 흰쥐에게 고들빼기의 잎 분말과 뿌리 분말을 급여한 Lim 등(43)의 연구에서도 고콜레스테롤 식이만을 급여한 군에 비하여 고들빼기의 잎 분말과 뿌리 분말을 급여한 군들에서 총콜레스테롤 함량의 유의적인 감소와 유의적인 차이는 아니었으나 HDL-콜레스테롤이 다소 증가하였고, 특히 고들빼기 잎 분말군에서 그 효과가 컸는데 이는 잎 분말 속에 함유되어 있는 식이섬유소와 클로로필에 의한 콜레스테롤 농도 저하효과 또는 활성성분의 작용으로 볼 수 있다고 보고하였다.

동맥경화지수와 심혈관위험지수는 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 모두 유의하게 감소하였다. Jang 등(40)은 고콜레스테롤혈증 흰쥐에게 식이섬유소 급여 시 동맥경화지수가 유의하게 감소하였다고 하였고, Kim 등(27)의 고콜레스테롤 식이 흰쥐에게 빵잎 분말을 첨가 급여한 연구에서는 빵잎 분말군에서 동맥경화지수와 심혈관위험지수의 수치가 유의하게 감소하였다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

Table 8. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (mg/g, wet weight)

Groups ¹⁾	Triglyceride	Total cholesterol
N	5.1±0.2 ^{2)c3)}	12.9±0.8 ^c
HFC	9.6±0.2 ^a	50.8±0.9 ^a
HFC-RL	7.8±0.3 ^b	39.7±0.9 ^b
HFC-RH	7.1±0.3 ^b	38.7±1.4 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾Values are mean±SE for 6 rats in each group.³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.**Table 9. Contents of triglyceride and total cholesterol in adipose tissues of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (mg/g, wet weight)**

Group	Mesenteric AT ²⁾		Epididymal AT	
	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol
N	7.5±0.3 ^{3)ab4)}	25.0±1.1 ^b	6.5±0.2 ^c	24.5±0.4 ^b
HFC	8.7±0.2 ^a	34.1±0.9 ^a	8.8±0.2 ^a	29.6±1.3 ^a
HFC-RL	7.6±0.2 ^{ab}	30.9±0.8 ^a	7.5±0.4 ^b	26.2±0.8 ^b
HFC-RH	6.9±0.4 ^b	27.6±0.9 ^b	7.4±0.3 ^b	25.8±0.8 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾AT: adipose tissue³⁾Values are mean±SE for 6 rats in each group.⁴⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

따라서 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 LDL-콜레스테롤 함량이 모시잎 분말 첨가로 감소하였고, 감소된 HDL-콜레스테롤 함량이 증가한 것은 모시잎 분말 속에 함유된 식이 섬유소와 클로로필 등이 작용한 것으로 생각되어지며, 심혈관계 질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수와 심혈관위험지수가 모시잎 분말의 첨가 급여로 유의하게 감소하여 모시잎 분말이 혈청의 지질대사를 개선하여 심혈관계 질환의 위험을 감소시키는 데 효과가 있는 것으로 사료된다.

간조직과 지방조직 중의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말의 첨가 수준을 달리 하여 4주간 급여한 흰쥐의 간조직과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 8, 9와 같다. 간조직 중 중성지방 함량과 총콜레스테롤 함량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 모두 대조군(HFC)에 비하여 유의하게 감소하였다. 모시잎 분말 첨가량에 의한 차이는 없었으나, 정상 식이군(N)보다는 유의하게 높은 경향이였다. 동물실험에서 식이 중의 콜레스테롤을 0.2-1.0% 수준에서 첨가하게 되면 고콜레스테롤혈증을 유발하게 되고, 간조직의 총 지질 함량은 약 3배 정도 증가하는 동시에 간조직 중 총콜레스테롤 함량은 약 10배 정도 증가하는 것으로 알려져 있다(44). Thomas 등(45)은 blackgram에서 추출한 식이섬유소를 급여한 흰쥐의 간조직에서 콜레스테롤 함량이 감소된 것은 간장에서 콜레스테롤이 담즙산으로 전환되는 속도가 더욱 높아졌기 때문이라고 하였고, Vahouny 등(46)의 연구에서도 15% 식이섬유소 식이를 흰쥐에게 6주간 급여한 결과 간조직의 중성지방의 농도가 현저하게 감소

Table 10. Activities of HR-LPL and TE-LPL in adipose tissues of rats fed a high fat/high cholesterol diet containing ramie leaf powder for 4 weeks (Unit/g)

Group	Mesenteric AT ²⁾		Epididymal AT	
	HR-LPL ³⁾	TE-LPL ⁴⁾	HR-LPL	TE-LPL
N	4.1±0.2 ^{5)c6)}	7.8±0.3 ^c	8.5±0.2 ^c	16.8±0.2 ^d
HFC	7.7±0.1 ^a	14.6±0.3 ^a	16.0±0.3 ^a	30.2±0.1 ^a
HFC-RL	5.8±0.1 ^b	9.2±0.3 ^b	12.2±0.3 ^b	25.0±0.2 ^b
HFC-RH	4.5±0.1 ^c	8.5±0.1 ^{bc}	11.4±0.2 ^b	20.2±0.2 ^c

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾AT: adipose tissue³⁾Heparin-releasable (HR-) LPL activity was measured in media samples after incubation of both adipose tissue fragments with 5×10^3 units/L heparin for 45 min at 24°C.⁴⁾Total extractable (TE-) LPL activity was measured in deoxycholate extracts of mesenteric or epididymal adipose tissue of rats.⁵⁾Values are mean±SE for 6 rats in each group.⁶⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$) among groups by Tukey's test.

하였다고 보고하였다. 이상의 결과로 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 간조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 유의하게 증가하였고, 모시잎 분말 첨가 급여로 유의하게 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 모시잎에 들어 있는 식이섬유소가 간에 중성지방이 축적되는 것을 방지하며 담즙산의 재흡수를 억제하여 콜레스테롤 함량의 저하를 유도함으로써 고지혈증 개선에 도움을 주는 것으로 사료된다. 이러한 작용에 또 어떠한 생리활성 성분이 작용을 하는지에 대해서는 추후 더 체계적인 연구가 필요할 것으로 생각되어진다.

장간막지방조직 중의 중성지방 함량은 대조군(HFC)이 가장 높았으며, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 20.8% 유의하게 감소하였으며, 정상 식이군(N)보다도 낮은 수준이었다. 장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 26.7% 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 각각 9.2%와 18.9%로 농도 의존적으로 감소하였으나, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)에서만 대조군(HFC)과 유의차를 보였다. 부고환지방조직 중의 중성지방 함량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 26.6% 유의하게 증가하였고, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 각각 14.5%와 16.1% 유의하게 감소하였으며, 정상 식이군(N)보다는 높은 경향이였다. 부고환지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 17.3% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 대조군(HFC)에 비하여 각각 11.4%와 12.7% 유의하게 감소하여 두군 모두 정상 식이군(N)과 유사한 경향이였다.

Han과 Han(47)의 연구에서는 고지방 식이와 고지방에너지 식이를 급여한 흰쥐에게 식이섬유소 중 pectin과 cellulose를 첨가 급여하여 부고환지방조직에서 추출한 지질의 함량이 pectin 첨가군에서 감소되었으며, 식이섬유소의 첨가로 부고환지방의 세포수와 세포 크기가 유의하게 줄어들었다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 증가된 지방조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 모시잎 분말 첨가에 의하여 감소하였는데, 이는 모시잎 분말이 지방의 합성을 감소시켜 지방조직에서 지방이 축적되는 것을 억제한 것으로 생각되어지며 모

시잎 분말이 지질대사 개선 및 항비만 효과가 있는 것으로 사료된다.

지방조직의 LPL 활성

모시잎 분말의 급여가 장간막지방조직과 부고환지방조직의 LPL 활성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 HR-LPL과 TE-LPL 활성을 측정된 결과는 Table 10과 같다. 장간막지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였으며, 고지방-고콜레스테롤 식이와 모시잎 분말 첨가군들(HFC-RL, HFC-RH)은 모두 대조군(HFC)에 비하여 유의하게 감소하였다. 특히, 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군에서 감소효과가 커 정상 식이군(N)과 유사한 수치를 나타내었다. 부고환지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 대조군(HFC)이 정상 식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 모시잎 분말의 첨가 급여로 모두 대조군(HFC)에 비하여 유의하게 감소하였다.

LPL은 중성지방이 풍부한 lipoprotein을 monoacylglycerol과 지방산으로 가수분해하는 주된 효소로, LPL 활성은 식이섭취 후 증가하여 지단백질 대사에 관여하며 과잉의 에너지를 지방세포에 중성지방 형태로 저장시키고(48), 동맥내벽 세포에서 LDL receptor 결합력과 콜레스테롤 흡수를 촉진한다고 알려져 있다(49). Kusunoki 등(50)은 흰쥐에게 고지방 식이 급여로 장간막지방조직의 LPL 활성이 증가되었다고 하였으며, 이는 본 연구에서 고지방-고콜레스테롤 식이만을 급여한 대조군(HFC)의 LPL 활성이 유의하게 증가한 결과와도 일치한다. 따라서 본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 지방조직의 LPL 활성이 모시잎 분말의 급여로 감소하여 모시잎 분말이 지방축적을 억제하여 항비만 효과를 나타내는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 모시잎의 혈청, 간 및 지방조직의 체내 지질대사 개선 및 항비만 효과를 살펴보기 위하여 *in vivo*에서 5주령 된 흰쥐 수컷 24마리를 1주일간 적응시킨 후 정상 식이군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(HFC), 고지방-고콜레스테롤 식이와 5% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이와 10% 모시잎 분말 첨가군(HFC-RH)으로 나누어 4주간 실시하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 체중이 유의적으로 증가하였으나, 모시잎 분말의 첨가 수준이 증가할수록 체중이 유의하게 감소하였다. 식이섭취량은 대조군(HFC)이 가장 낮았으며, 모시잎 분말 급여로 감소하는 경향이였다. 식이효율은 10% 모시잎 분말 첨가로 유의하게 감소하여 정상 식이군(N)의 식이효율 수준과 유사하였다. 장간막지방조직과 부고환지방조직의 무게는 10% 모시잎 분말 첨가로 유의하게 감소하여 정상 식이군(N)보다 오히려 더 감소하는 경향을 보였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 혈청 중 AST, ALT, ALP 및 LDH 활성은 모시잎 분말 급여로 저하되었다. 혈청 중 중성지방 함량과 총콜레스테롤 함량도 고지방-고콜레스테롤 식이 급여로 증가되었으나, 모시잎 분말 첨가에 따라 농도 의존적으로 감소하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 감소되어진 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 모시잎 분말 급여로 모두 유의하게 증가하였으며, 증가되어진 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 모두 유의하게 감소하였다. 동맥경화지수와 심혈관위험지수는 5%와 10%의 모시잎 분말 급여로 모두 유의하게 감소하였으며, 특히 10% 모시잎 분말을 급여하였을 경우 감소효과가 커 정상 식이군(N)과 유사한 경향이였다. 간조직 중 중

성지방과 총콜레스테롤 함량은 모시잎 분말 급여로 모두 대조군(HFC)에 비하여 유의하게 감소하였다. 장간막지방조직과 부고환지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량도 모시잎 분말 급여로 유의하게 감소하였다. 지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 모시잎 분말의 첨가 급여로 농도 의존적으로 유의하게 감소하였다. 이상의 실험 결과 고지방-고콜레스테롤 식이와 함께 급여한 모시잎 분말은 체중, 간 및 지방조직의 무게 감소와 더불어 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 모시잎 분말에 다량 함유된 식이섬유소와 클로로필 등의 생리활성 물질이 지질대사를 개선시키고 지방축적을 억제하여 고지혈증의 예방 및 치료효과와 비만을 억제하는 효과를 나타내 대사성 합병증과 심혈관계 질환의 발생을 감소시키는데 효과가 있을 것으로 생각되어진다. 그 외에 어떠한 생리활성 성분이 어떻게 작용을 하는지에 대해서는 추후 더 체계적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

문 헌

1. Ministry of Health & Welfare. Report 2008 National Health and Nutrition Examination Survey. 11-1351159-000027-10: pp. 24-26 Korea Centers for Disease Control & Prevention, Seoul, Korea (2008)
2. Korea National Statistical Office. Annual report on the cause of death statistics. General statistics 10154: p.7 Korean Statistical Information Service, Seoul, Korea (2008)
3. Krauss RM. Triglycerides and atherogenic lipoproteins: rationale for lipid management. Am. J. Med. 105: 58S-62S (1998)
4. Janes PJ, Leith CA, Pederson RA. Meal-frequency effects on plasma hormone concentrations and cholesterol synthesis in human. Am. J. Clin. Nutr. 57: 868-874 (1993)
5. Watts GF, Lewis B, Brunt TNH, Lewis S, Coltart DJ, Smith DR, Mann JI, Swan AV. Effects on coronary artery disease of lipid lowering diet of diet plus cholestyramine. in the St. Thomas, atherosclerosis regression study (STARS). Lancet 339: 563-569 (1992)
6. Golan M, Fainaru M, Weizman A. Role of behavior modification in the treatment of childhood obesity with the parents as the exclusive agent of change. Int. J. Obesity 22: 1217-1224 (1998)
7. Poller L. Fiber and diabetes. Lancet 24: 434-435 (1970)
8. Kim IS, Park KS, Yu HH, Shin MK. Antioxidant activities and cell viability against cancer cells of *Adenophora remotiflora* leaves. J. East Asian Soc. Dietary Life 19: 384-394 (2009)
9. Bae KH. The Medicinal Plants of Korea. Kyohaksa. Paju, Korea. pp. 74-75 (2000)
10. Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, Lee IS. Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zizyphus jujuba* var. *inermis* rehder. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 128-134 (2006)
11. Park MR. Effects of ramie leaves on improvement of lipid metabolism and anti-obesity effect in rats fed high fat-high cholesterol diet. MS thesis, Chosun University, Gwangju, Korea (2010)
12. Kim SI. Sensory and instrumental texture properties of songpyuns and mosipulpyuns according to the cooking condition during storage. MS thesis, National Fisheries University of Pusan, Busan, Korea (1992)
13. Lee YJ. Quality characteristics of dukeum (pan-fired) ramie leaves powder added muffin. MS thesis, Chungbuk National University, Cheongju, Korea (2008)
14. Yoon SJ, Jang MS. Characteristics of quality in *jeolpyeon* with different amounts of ramie. Korean J. Food Cookery Sci. 23: 636-641 (2006)
15. Son MH. The physicochemical properties and antimicrobial activity of *Boehmeria nivea* (L.) gaudich. MS thesis, Sunchon National University, Suncheon, Korea (2007)
16. Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC. 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 (1993)
17. Friedwald W, Levy R, Fredrickson D. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. Clin. Chem. 18: 499-502 (1972)
18. Rosenfeld L. Lipoprotein analysis. Arch. Pathol. Lab. Med. 113: 1101-1110 (1989)
19. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509 (1957)
20. Zlatkis A, Zak B. Study of a new cholesterol reagent. Anal. Biochem. 29: 143-148 (1969)
21. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. Clin. Chem. 21: 437-441 (1975)
22. Nilsson-Ehle P, Schotz MC. A stable radioactive substrate emulsion for assay of lipoprotein lipase. J. Lipid Res. 17: 536-541 (1975)
23. Fried SK, Zechner R. Cachectin/tumor necrosis factor decreases activity. J. Lipid Res. 30: 1917-1923 (1989)
24. Iverius PH, Brunzell JD. Human adipose tissue lipoprotein lipase: Change with feeding and relation to postheparin plasma enzyme. Am. J. Physiol. 249: E107-E114 (1985)
25. Dodge JA. Dietary fat and gastrointestinal function. Eur. J. Clin. Nutr. 48: S8-S16 (1994)
26. Pellizzon M, Busion A, Jen KL. Short-term weight cycling in aging female rats increase rate of weight gain but not body fat content. Int. J. Obesity 24: 236-245 (2000)
27. Kim AJ, Kim SY, Choi MK, Kim MW, Han MR, Chung KS. Effects of mulberry leaves powder on lipid metabolism in high cholesterol-fed rats. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 636-641 (2005)
28. Chai YM, Lim BK, Lee JY, Kim YH, Rhee SJ. Preparation of soluble dietary fiber from oak wood (*Quercus Mongolica*) and its physiological function in rat fed high cholesterol diets. J. Korean Nutr. Soc. 36: 9-17 (2003)
29. Southgate DAT. Dietary Fiber-basic and Clinical Aspects. Plenum Press, New York, NY, USA. p.35 (1986)
30. Jayasooriya AP, Sakono M, Yukizaki C, Kawano M, Yamamoto K, Fukuda N. 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 (2000)
31. Despres JP. Abdominal obesity as important component of insulin-resistant syndrome. Nutrition 19: 452-459 (1993)
32. Plaa GL, Charbonneau M. Principles and methods of toxicology. Raven Press, New York, NY, USA. pp. 839-870 (1994)
33. Lim SS, Kim MH, Lee JH. Effect of *Artemisia princeps* var *orientalis* and *Cirsium japonicum* var *ussuriense* on liver function body lipid and bile acid of hyperlipidemic rat. Korean J. Nutr. 30: 797-802 (1997)
34. Ki HY, Song SW, Ha CS, Han SS. Effects of the population density on growth and various physiological values of sprague-dawley rats. Korean J. Anim. 9: 71-82 (1993)
35. Kim HK. Obesity and fat metabolism. J. Korean Soc. Study Obes. 9: 63-65 (2000)
36. Lampe JW. Health effects of vegetables and fruit: Assessing mechanism of action in human experimental studies. Am. J. Clin. Nutr. 70: 475S-490S (1999)
37. Kim CM, Heo MY, Kim HP, Sin KS, Pachaly P. Pharmacological activities of water extracts of *Umbelliferae* plants. Arch. Pharm. Res. 14: 87-92 (1991)
38. Story JA. The role of dietary fiber in lipid metabolism. Adv. Lipid Res. 18: 229-246 (1981)
39. Anderson JW, Bridges SR. Plant fiber metabolites alter hepatic glucose and lipid metabolism. Diabetes 30: 133-139 (1981)
40. Jang JY, Lee MK, Kim MJ, Cho SY. Effect of fiber on serum lipid metabolism in rats with diet-induced cholesterolemia. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 1211-1216 (1998)
41. Doi K, Kojima T, Fujimoto Y. Mulberry leaf extract inhibits the oxidative modification of rabbit and human low density lipoprotein. Biol. Pharm. Bull. 23: 1066-1071 (2000)
42. Park SH, Jang MJ, Hong JH, Rhee SJ, Choi KH, Park MR. Effects of mulberry leaf extract feeding on lipid status of rats fed high cholesterol diets. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 43-50 (2007)
43. Lim SS, Jung HO, Jung BM. Effect of *Ixeris sonchifolia* H. on serum lipid metabolism in hyperlipidemic rats. J. Korean Nutr. Soc. 30: 889-894 (1997)
44. Jennings CD, Boleyn K, Bridges SR, Wood PT, Anderson JW. A comparison of the lipid-lowering and intestinal morphological effects of cholestyramine, chitosan and oat gum in rats. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 189: 13-20 (1988)
45. Thomas M, Leelamma S, Kurup PA. Effect of blackgram fiber (*Phaseolus mungo*) on hepatic hydroxymethylglutaryl CoA reductase activity, cholesterologenesis and cholesterol degradation in rats. J. Nutr. 113: 1104-1108 (1983)
46. Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevsky D, Cassidy M. Dietary fibers. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. Am. J. Clin. Nutr. 33: 2182-2191 (1980)
47. Han JS, Han YB. The effect of high fat diet and dietary fiber on lipid metabolism in rats. J. Korean Soc. Food Nutr. 23: 541-547 (1994)
48. Lee JJ, Chun CS, Kin JG, Choi BD. 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 (2000)
49. O'Brien KD, Gordon D, Deeb S, Ferguson M, Chait A. Lipoprotein lipase is synthesized by macrophage-derived foam cells in human coronary atherosclerotic plaques. J. Clin. Invest. 89: 1544-1550 (1992)
50. Kusunoki M, Tsutsumi K, Iwata K, Yin W, Nakamura T, Ogawa H, Nomura T, Mizutani K, Futenma A, Utsumi K, Miyata T. NO-1886 (ibrolipim), a lipoprotein lipase activator, increases the expression of uncoupling protein 3 in skeletal muscle and suppresses fat accumulation in high-fat diet-induced obesity in rats. Metabolism 54: 1587-1592 (2005)