

## 브로콜리 싹 에탄올 추출물이 고지방식을 급여한 흰쥐의 콜레스테롤 저하 및 비만 억제효과에 미치는 영향

이재준 · 신형덕 · 이유미 · 김아라 · 이명렬<sup>†</sup>  
조선대학교 식품영양학과

### Effect of Broccoli Sprouts on Cholesterol-lowering and Anti-obesity Effects in Rats Fed High Fat Diet

Jae Joon Lee, Hyoung Duck Shin, Yu Mi Lee, Ah Ra Kim, and Myung Yul Lee<sup>†</sup>

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

#### Abstract

This study was conducted to investigate the cholesterol lowering and anti-obesity effects of an ethanol extract of broccoli sprouts (BS) in rats fed high fat diet. Male Sprague-Dawley rats weighing 150~155 g, were divided into 6 groups: a normal diet group (ND), a high fat diet group (HFD), a normal diet and BS with 200 mg/kg treated group (ND-BSL), a normal diet and BS with 400 mg/kg treated group (ND-BSH), a high fat diet and BS with 200 mg/kg treated group (HFD-BSL), and a high fat diet and BS with 400 mg/kg treated group (HFD-BSH). The body weight gain and mesenteric adipose tissue weight were increased by high fat diet, but gradually decreased to the corresponding level of ND group after administration of BS extract. The liver and epididymal adipose tissue weights of HFD group were the highest among the six groups, although the difference was not significant. Food intake was lower in high fat diet groups compared with normal diet groups. The serum ALT and AST activities that were elevated by the high fat diet were significantly decreased after BS administration. Levels of serum total cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride and the atherogenic index tended to be decrease in the BS administered groups compared with HFD group. However, HDL-cholesterol level in serum decreased in HFD group and markedly increased in BS administered groups. There were no differences in the contents of serum triglyceride, LDL-cholesterol and HDL-cholesterol between normal diet groups. Levels of total cholesterol and triglyceride in liver and adipose tissues were also lower in BS administrated groups than in HFD group. The activities of heparin-releasable lipoprotein lipase (HR-LPL) and total-extractable LPL (TE-LPL) in adipose tissue were increased in HFD group compared with the BS administered groups, but those of the ND-BSL group and ND-BSH group were similar to ND group. These results suggest that BS ethanol extract may exert cholesterol-lowering effect and potentially reduce lipid storage.

**Key words:** broccoli sprouts, high fat diet, cholesterol, obesity

#### 서 론

발아채소(seed sprout)는 씨앗에서 싹이 나와 잎이 1~3 개 정도 되는, 싹이 발아한지 1주일 남짓 된 어린잎의 채소를 말하는데, 일반적으로 새싹채소로 불린다. 두꺼운 껍질과 배아 속에서 안전하던 씨앗이 수분과 온도가 주어지면서 싹이 트는데 이때 식물은 곰팡이, 박테리아 등 외부의 적으로부터 자신을 방어할 무기로서의 생리활성물질을 생산하게 된다. 싹이 트는 시기에 따라 3일에서 9일 정도로 본 잎이 나오기 전의 어린 떡잎 상태일 때가 이러한 유용한 생리활성물질의 생성량이 최대가 되며 완전히 자란 식물에 비하여 4~100배 정도 이상 함유하고 있다(1,2).

식물 종자는 발아가 진행되는 동안에 성숙한 채소에 비하여 기능성 성분인 비타민과 무기질을 비롯한 식이섬유소와 기능성 생리활성물질을 다량 함유하고 있다(3-7). 메밀은 발아과정 중 불용성 식이섬유소와 수용성 식이섬유소가 증가하고 rutin과 같은 생리활성물질도 증가하며(8-10), 단백질 함량도 비교적 높은 편으로 필수아미노산의 함량도 높아 우수한 아미노산 조성을 갖고 있다(11). 유채도 발아 과정 중 필수 아미노산과 항산화 비타민 함량이 현저히 증가되었다(4). 무순 싹은 항산화 비타민, 식이섬유소 및 isothiocyanates 함량이 높으며(3), 알팔파 싹은 polyphenol을 비롯하여 양질의 단백질, 불포화지방산 및 식이섬유소가 풍부하다고 보고(12)되었다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: mylee@mail.chosun.ac.kr  
Phone: 82-62-230-7722, Fax: 82-62-225-7726

발아채소의 생리활성 효능 검증에 관한 연구로는 무순 짝은 당뇨유발 실험동물의 고혈당을 완화시켜 항당뇨효과가 있는 것으로 보고(13)되었다. 메틸채소 추출물은 *in vitro* 연구에서는 콜레스테롤 생합성의 주된 조절효소인 HMG-CoA reductase 활성 저해효과가 있으며, 메틸채소 분말은 *in vivo* 연구에서 간 조직 및 혈청 지질대사 개선효과가 있는 것으로 알려졌다(14). 알팔파 짝에서 추출한 사포닌을 급여한 실험동물에서는 혈청 콜레스테롤 저하작용이 있는 것으로 보고(15)되었다. Seo 등(16)은 4주간 사람에게 발아생식을 섭취한 후 체중과 피하지방 두께의 감소, 혈당 및 혈청지질 성분이 개선되었다고 하였다. 본 연구진들도 고지방식을 급여한 흰쥐의 경우 새싹채소 분말 급여로 지질대사 개선효과와 항비만효과가 있음을 관찰하였다(17).

브로콜리(*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck)는 십자화과에 속하는 채소로 항산화물질로 알려진 ascorbic acid,  $\beta$ -carotene, rutin, selenium, glutathione, quercetin 등을 다량 함유하고 있어 항암효과 및 해독효소의 유도효과가 큰 것으로 알려져 있다(18,19). 이들 성분 중 순환계 질환에 유용한 물질로 알려진 rutin과 quercetin 같은 플라보노이드계통 성분은 동맥경화 예방효과가 있다고 보고(20,21)되었다. 즉 플라보노이드 성분들은 동맥경화증과 심장질환의 주요 발병 인자인 LDL의 산화를 억제하고 안정화시키는 것으로 보고(22)되었다. 또한 브로콜리는 sulforaphane, indole-3-carbinol, glucaric acid 및 그 외의 isothiocyanates도 다량 함유하고 있는데 이들 성분이 암(18,19,23,24)뿐만 아니라 동맥경화 예방효과가 있는 것으로 보고되었으며, *in vitro* 연구에서 이들 성분이 담즙산과 결합력이 높아 콜레스테롤 저하효과가 있는 것(25,26)으로 알려졌다. Suido 등(27)도 브로콜리와 양배추 혼합분말을 흰쥐에게 급여하였을 때 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량이 현저히 저하되었으며, 브로콜리와 양배추 혼합 음료를 사람에게 섭취시켰을 때도 LDL-콜레스테롤 함량이 저하된 결과(28)를 얻었는데 이들 결과를 토대로 브로콜리는 혈청 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 보인다. 이와 같이 브로콜리 분말에 관한 *in vivo* 연구와 브로콜리 유기용매 추출물에 관한 *in vitro* 연구는 수행되었으나, 고지혈증 및 체지방 축적에 관한 브로콜리 추출물 중에서 생리활성 물질을 다량 함유하고 있는 브로콜리 짝 추출물의 *in vivo* 효능에 관한 연구는 미비한 편이다.

따라서 본 연구는 브로콜리 짝 에탄올 추출물의 이미 알려진 항암효과(18,19,23,24) 이외의 생리활성 효능의 검증을 위하여 고지방식을 급여한 흰쥐의 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선효과 및 항비만효과에 미치는 영향을 알아보고자 시도하였다. 이러한 생리활성 구명을 통하여 건강기능성 식품 제조용 신소재 개발의 기초 자료로 제공하여 브로콜리 짝의 이용성을 증대시키는데 기여하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시료 추출

브로콜리 짝은 2006년 12월 대농바이오 영농조합(경기도)으로부터 구입하여 동결 건조하였다. 동결 건조한 브로콜리 짝 100 g와 80% 에탄올 500 mL를 혼합하여 65°C에서 환류냉각기를 부착하여 2시간씩 3회 추출 후 여과지로 여과하였다. 여액을 합하여 40°C에서 rotary vacuum evaporator (R-144, Buchi, Switzerland)로 용매를 제거하고 감압·농축한 후 냉동 건조하여 -70°C에 냉동보관 하면서 시료로 사용하였다(29).

### 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 36마리를 중앙실험동물(주)(서울)에서 구입하여 1주일 동안 기본 식이로 적응시킨 후, 평균 체중 150~155 g인 것을 난괴법에 따라 각 처리 군 당 6마리씩 6군으로 나누어 플라스틱 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군(Table 1)은 정상식이군(ND), 고지방식이군(HFD), 정상식이와 브로콜리 짝 에탄올 추출물 저용량 병합 투여군(ND-BSL), 정상식이와 브로콜리 짝 에탄올 추출물 고용량 병합 투여군(ND-BSH), 고지방식이와 브로콜리 짝 에탄올 추출물 저용량 병합 투여군(HFD-BSL) 및 고지방식이와 브로콜리 짝 에탄올 추출물 고용량 병합 투여군(HFD-BSH)으로 나누어 실시하였다. 실험에 사용된 식이는 AIN-93 정제식이를 기준(30)으로 변형하여 조제하였으며, Table 2와 같다. 정상식이군은 5 wt%의 라아드를 지방 급원으로 사용하였고, 고지방식이군은 Shaw 등의 방법(31)에 준하여 정상식이군과 동일하되 20 wt%의 라아드를 함유한 식이를 공급하였다. 브로콜리 짝 에탄올 추출물 투여 용량은 예비실험 결과를 토대로 LD<sub>50</sub>이 2,500 mg/kg 이상으로 독성이 나타나지 않으며 사람이 섭취하는 양과 흰쥐의 식이섭취량을 고려하여 브로콜리 짝 에탄올 추출물 저용량 투여군(ND-BSL과 HFD-BSL)은 1일 흰쥐 체중 kg 당 200 mg으로 고용량 투여군(ND-BSH과 HFD-BSH)은 1일 흰쥐 체중 kg 당 400 mg으로 생리식염수

Table 1. Experimental design

Groups	Diet composition
ND <sup>1)</sup>	Normal diet
HFD <sup>2)</sup>	High fat diet
ND-BSL	Normal diet + BSL <sup>3)</sup>
ND-BSH	Normal diet + BSH <sup>4)</sup>
HFD-BSL	High fat diet + BSL
HFD-BSH	High fat diet + BSH

<sup>1)</sup>Modified AIN-93 diet (30).

<sup>2)</sup>HFD (high fat diet): purified lard (Daegyoung O & T Co., Korea) fat, 100%.

HFD diet: carbohydrate, 44.0%; fat, 39.1%; protein, 16.9%.

<sup>3)</sup>BSL: Broccoli sprouts ethanol extract 200 mg/kg of b.w./day.

<sup>4)</sup>BSH: Broccoli sprouts ethanol extract 400 mg/kg of b.w./day.

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

Diet composition	Normal diet	High fat diet
Casein	200.0	200.0
L-methionine	3.0	3.0
Corn starh	550.0	400.0
Sucrose	100.0	100.0
Lard	50.0	200.0
Cellulose	50.0	50.0
Vitamin mixture (AIN 93) <sup>1)</sup>	35.0	35.0
Mineral mixture (AIN 93) <sup>2)</sup>	10.0	10.0
Choline bitartate	2.0	2.0
Energy (kcal)	3850	4600
Fat energy (%)	11.7	39.1

<sup>1)2)</sup>AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (30).

에 용해시켜 매일 일정한 시간에 경구투여 하였다. 정상식이군(ND)과 고지방식이군(HFD)은 생리식염수만을 브로콜리 싹 에탄올 추출물 투여군과 동일한 방법으로 경구투여 하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고, 사육실 온도는 18 ± 2°C로 유지하였으며 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다. 최종 체중에서 실험개시 전의 체중을 감하여 실험개시 전의 체중으로 나누어 체중증가량으로 표시하였고, 사육기간의 체중증가량을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율을 구하였다.

#### 실험동물의 처리

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO<sub>2</sub>로 가볍게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하고 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 시킨 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 측정한다 다음 효소 활성 저하를 예방하기 위하여 급속 동결 후 -70°C의 deep freezer에 보관하였다.

#### 혈청 지질 함량 측정

혈청 중 중성지방, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량, alanine transaminase(ALT), asparate transminase (AST) 및 alkaline phosphatase(ALP) 활성은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3,500, Fujifilm, Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald 식 {총콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤 - 중성지방/ 5)}(32)에 의하여 계산하였다. 심혈관계질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}(33)에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)(33)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

#### 간과 지방조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량 측정

간조직, 부고환지방조직 및 장간막지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 방법(34)

에 의하여 각각의 조직에서 총지질을 추출하였다. 간과 지방조직 0.1 g에 chloroform-methanol(2:1, v/v)를 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후 H<sub>2</sub>O를 첨가하고 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 시킨 후 지질층인 하층부를 취한 다음 총콜레스테롤과 중성지방 함량 분석을 위하여 사용하였다. 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(35)에 의하여 측정하였으며, 중성지방 함량은 Biggs 등의 방법(36)으로 측정하였다.

#### 지방조직 중 LPL 활성 측정

부고환지방조직과 장간막지방조직 중 heparin-releasable LPL(HR-LPL) 활성은 heparin을 함유한 배양액 중으로 방출된 지방조직의 세포외액에 함유된 LPL만의 활성을 측정하는 것으로, Nilsson-Ehle과 Schotz의 방법(37)을 변형시킨 Fried와 Zechner의 방법(38)에 의하여 측정하였다. 지방조직의 LPL은 세포외액 뿐만 아니라 세포내액에도 함유되어 있는데, microsome 안에 있는 잠재적인 LPL을 포함한 총체적인 LPL 활성을 측정하는 것이 total extractable LPL(TE-LPL) 활성 측정으로 Iverius와 Brunzell의 방법(39)에 의하여 실시하였다.

#### 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS package를 이용해서 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 및 식이섭취량

고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 200 mg/kg/day과 400 mg/kg/day으로 4주간 경구투여 후 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 3과 같다.

체중증가량은 Table 3에서와 같이 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 증가하여 에너지의 39.1%를 지방으로 급여하는 고지방식이로 인한 비만 유도를 관찰할 수 있었다. 정상식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여한 경우에는 체중증가량에 영향을 미치지 않았으나, 고지방식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여한 경우에는 유의차를 보였다. 고지방식이 유도 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여 시 체중증가량이 고지방식이군(HFD)에 비하여 19.39% 정도 저하되었다. 특히 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여한 HFD-BSH군의 체중증가량은 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH)과 유사한 경향을 보여 체중 저하효과를 볼 수 있었다. 따라서 본 연구결과 고지방식이로 인한 체중 증가효과를 확인할 수 있었으며, 브로콜리 싹 에탄올 추출물의 고용량 병합 투

Table 3. Changes in body weight gain, food intake and food efficiency ratio of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts

Groups <sup>1)</sup>	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	Energy intake (kcal/day)	FER <sup>2)</sup>
ND	4.67±0.52 <sup>3)4)</sup>	21.42±0.52 <sup>a</sup>	82.47±6.29 <sup>NS5)</sup>	0.22±0.02 <sup>b</sup>
HFD	5.88±0.79 <sup>a</sup>	16.63±0.76 <sup>b</sup>	76.49±5.10	0.35±0.02 <sup>a</sup>
ND-BSL	4.65±0.34 <sup>b</sup>	20.53±0.48 <sup>a</sup>	79.04±9.01	0.23±0.03 <sup>b</sup>
ND-BSH	4.72±0.41 <sup>b</sup>	20.13±0.65 <sup>a</sup>	77.50±4.28	0.23±0.01 <sup>b</sup>
HFD-BSL	5.63±0.46 <sup>a</sup>	17.01±0.34 <sup>b</sup>	78.25±8.41	0.33±0.04 <sup>a</sup>
HFD-BSH	4.74±1.50 <sup>b</sup>	17.29±0.48 <sup>b</sup>	79.54±2.76	0.27±0.02 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>FER (food efficiency ratio): weight gain (g/day)/ food intake (g/day).

<sup>3)</sup>The results are mean±SE for 6 rats in each group.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

<sup>5)</sup>NS: not significantly different among groups.

여로 체중 저하효과가 관찰되었다.

식이섭취량은 고지방식이군들(HFD, HFD-BSL 및 HFD-BSH)이 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH)에 비하여 유의하게 감소하였다. 고지방식이 혹은 정상식이를 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물의 병합 투여는 식이섭취량과 식이효율에는 영향을 미치지 않았다. 고지방식이군(460 kcal/100 g diet)이 저지방식이군(385 kcal/100 g diet)에 비하여 식이섭취량이 적은 이유는 에너지 밀도가 높아 에너지균형을 맞추기 이루기 위한 적응현상이 나타난 것으로 사료된다. 따라서 식이효율도 에너지 밀도가 높은 고지방식이군들(HFD, HFD-BSL 및 HFD-BSH)이 에너지 밀도가 낮은 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH)에 비하여 높게 나타났다. 고지방식에 의한 식이섭취량 감소효과에 관한 연구는 사람의 경우 고지방식이를 섭취한 군이 식사간격과 횟수가 줄어 덜 섭취하게 된다고 하였으며(40), 또 다른 연구(41)에서도 저지방식이를 섭취한 군에서 식사횟수가 늘어 고지방식이를 섭취한 군에 비하여 식이섭취량이 증가한다고 하였다. 또한 Dodge(42)는 고지방식은 식이지방이 위내의 체류시간을 지연시켜 식이섭취량이 감소시키기 때문이라고 하였다. 본 연구결과 저지방식이와 고지방식이 사이의 에너지 섭취량의 차이는 관찰되지 않았으나 고지방식이식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 체중이 증가하였는데 이는 에너지 섭취량과 무관하게 총에너지에서 지방이 차지하는 비율이 높아 체중이 증가된 것(43)으로 사료된다.

#### 간조직 및 지방조직의 무게

체중 당 간조직 및 부고환과 장간막지방조직의 무게는 Table 4에서와 같다. 체중 당 간조직의 무게는 실험군 간에 유의차가 없었다. 부고환과 장간막지방조직의 무게는 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 증가되었다. 정상식이를 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여한 경우 지방조직의 무게에는 영향을 미치지 않았으나, 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여한 경우에는 유의차가 보였다. 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여

Table 4. Changes in liver and adipose tissue weights of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (g/100 g body wt.)

Groups <sup>1)</sup>	Liver	Epididymal AT <sup>2)</sup>	Mesenteric AT
ND	2.40±0.11 <sup>3)NS4)</sup>	3.55±0.24 <sup>b5)</sup>	2.29±0.26 <sup>b</sup>
HFD	3.32±0.12	6.07±0.34 <sup>a</sup>	4.97±0.31 <sup>a</sup>
ND-BSL	2.66±0.14	4.65±0.25 <sup>b</sup>	2.30±0.22 <sup>b</sup>
ND-BSH	2.61±0.19	3.79±0.25 <sup>b</sup>	2.42±0.23 <sup>b</sup>
HFD-BSL	3.04±0.15	5.05±0.32 <sup>ab</sup>	4.10±0.32 <sup>a</sup>
HFD-BSH	2.81±0.14	4.76±0.28 <sup>b</sup>	2.91±0.22 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>AT: adipose tissue.

<sup>3)</sup>The results are mean±SE for 6 rats in each group.

<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

<sup>5)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

군(HFD-BSH)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 부고환지방조직과 장간막지방조직의 무게가 각각 21.86%와 41.45%의 현저한 감소효과를 나타내었다. 특히 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여군(HFD-BSH)의 부고환지방조직과 장간막지방조직의 무게는 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH)과도 비슷한 경향을 보였다.

많은 연구에서 에너지 섭취량보다는 식이조성 특히 지방의 섭취비율이 체지방 축적에 더 영향을 미친다고 보고되었다(43). 본 연구결과에서도 식이 중 지방으로부터 에너지 섭취 비율이 높았던 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 부고환과 장간막지방조직의 무게가 모두 증가하였다. 그러나 고지방식에 의하여 증가되어진 지방조직의 무게는 브로콜리 싹 에탄올 추출물 투여로 감소되었다. 천연물 추출물이 지방조직의 무게에 미치는 영향에 관한 연구로는 고지방식이를 급여한 비만흰쥐의 경우 산마늘 추출물(44), *Bulnesia sarmienti* 단일 혹은 복합 추출물(45)을 투여하였을 경우에는 부고환지방조직의 무게가 감소하였으나, 팽잎분말 추출물을 급여하였을 경우에는 영향을 미치지 않았다(46)고 하였다. 비만은 체중의 증가보다는 체지방의 증가, 특히 피하지방보다는 복강 내에 위치한 지방조직의 증가가 건강상의 위해요인으로 작용한다고 알려져 있다(47,48).

Despres(49)도 체지방 함량이 동일하더라도 복부지방 함량이 증가할수록 대사성 합병증이 증가한다고 보고하였다. 본 연구결과 체지방 축적을 대표하는 부고환과 장간막지방조직의 축적이 고지방식이로 증가되었으나 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 감소되었던 효과가 관찰되어 브로콜리 싹 에탄올 추출물이 복부비만억제효과와 더불어 대사성 질환 예방효과도 어느 정도 있을 것으로 사료된다.

**혈청 중의 ALT, AST 및 ALP 활성**

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 4주간 경구투여 후 혈청 중의 ALT, AST 및 ALP 활성을 측정된 결과는 Table 5와 같다.

혈청 중의 ALT와 AST 활성은 Table 5에서와 같이 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이에 의하여 증가되었던 혈청 중의 ALT와 AST 활성은 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여로 유의하게 저하되었으며, 정상식이군(ND)과 유사한 경향을 보였다. 혈청 중의 ALT 및 AST 활성은 정상식이에 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여한 경우에는 영향을 보이지 않았다. 혈청 중의 ALP 활성은 실험군 간의 유의차가 없었다.

혈청 중 AST와 ALT 활성은 고지방식이, 고콜레스테롤식이, 알코올 등으로 간세포의 독성이 생기면 간 실질세포의 장애가 발생하여 간세포가 파괴되고 혈액 중으로 이들 효소의 방출이 항진되어 활성이 증가한다고 보고(50)되었는데 본 연구에서도 고지방식으로 인하여 혈청 AST와 ALT 활성이 증가되었다. 또한 급성 신부전증, 고지혈증 및 폐경색증이 있을 경우에도 간세포 장애가 고도로 진행되면 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성 수치가 동시에 높아져 간장의 담즙산 배설장애가 유발되고 이로 인해 혈청 콜레스테롤 함량이 상승되는 것으로 알려져 있다(51). 본 실험 결과 고지방식으로 증가되었던 ALT 및 AST 활성이 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여로 감소하는 것을 보아 브로콜리 싹 추출물이 간기능 개선효과가 있는 것으로 사료된다.

**Table 5. Activities of ALT, AST and ALP in serum of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (U/L)**

Groups <sup>1)</sup>	ALT	AST	ALP
ND	38.20 ± 3.58 <sup>2) b3)</sup>	91.83 ± 8.54 <sup>b</sup>	44.93 ± 2.47 <sup>NS4)</sup>
HFD	56.13 ± 4.22 <sup>a</sup>	135.85 ± 10.01 <sup>a</sup>	50.53 ± 2.89
ND-BSL	39.50 ± 2.99 <sup>b</sup>	101.51 ± 5.84 <sup>b</sup>	46.80 ± 2.15
ND-BSH	38.33 ± 3.50 <sup>b</sup>	94.26 ± 7.55 <sup>b</sup>	46.12 ± 2.09
HFD-BSL	50.41 ± 4.12 <sup>a</sup>	111.27 ± 6.22 <sup>ab</sup>	49.59 ± 2.31
HFD-BSH	35.52 ± 2.87 <sup>b</sup>	99.10 ± 6.05 <sup>b</sup>	35.03 ± 2.88

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.  
<sup>2)</sup>The results are mean ± SE for 6 rats in each group.  
<sup>3)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.  
<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

**혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량**

흰쥐에 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 저용량(200 mg/kg/day)과 고용량(400 mg/kg/day)으로 달리하여 4주간 경구투여 후 측정된 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 6과 같다.

Table 6에서와 같이 브로콜리 싹 에탄올 추출물이 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량에 미치는 영향이 유사한 경향을 보였다. 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 증가되었다. 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여로 고지방식이에 의하여 증가된 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 유의하게 감소하였다. 특히 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여군(HFD-BSH)은 정상식이군(ND)과 유사한 경향이 있었다. 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH) 간에는 유의차가 없었다.

본 연구결과 고지방식이 급여로 혈청 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 증가되었는데 이는 여러 연구 결과(52,53)와 유사한 경향을 보였다. Davignon과 Cohn(54)는 혈청 중 중성지방 함량 감소효과는 관상심혈관계 질환의 위험을 감소시키는 것으로 보고하였는데 고지방식으로 인하여 증가된 중성지방 함량은 브로콜리 싹 추출물 고용량 병합 투여로 개선되어짐을 알 수 있었다. 또한 브로콜리 싹 에탄올 추출물에 의하여 혈청 중 총콜레스테롤 함량이 저하되었는데, 이와 같이 브로콜리를 비롯한 십자화과 채소에 의한 혈청 중 콜레스테롤 저하효과는 십자화과 채소 내 함유된 기능성 성분들과 담즙산이 결합하여 담즙산의 재흡수를 억제하여 그 결과 지질 흡수를 감소시키고, 암유발 독성물질인 담즙산이차 분해산물의 배설을 촉진하여 콜레스테롤로부터 더 많은 담즙을 생성함으로써 혈청 내 콜레스테롤 함량을 저하시키는 것으로 알려졌다(25,26). 이러한 현상은 브로콜리에 다량 함유되어 있는 플라보노이드 계통의 기능성 물질이 혈청 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시키는 것(20-22,46)으로 생각되어진다. 또한 발아채소는 수용성식이섬유소를 풍

**Table 6. Contents of triglyceride and total cholesterol in serum of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (mg/dL)**

Groups <sup>1)</sup>	Triglyceride	Total cholesterol
ND	95.67 ± 9.88 <sup>2) b3)</sup>	97.02 ± 6.76 <sup>b</sup>
HFD	121.83 ± 4.42 <sup>a</sup>	125.52 ± 7.01 <sup>a</sup>
ND-BSL	92.17 ± 6.15 <sup>b</sup>	85.67 ± 6.57 <sup>b</sup>
ND-BSH	94.84 ± 3.42 <sup>b</sup>	87.86 ± 5.89 <sup>b</sup>
HFD-BSL	122.29 ± 5.87 <sup>a</sup>	119.54 ± 5.59 <sup>a</sup>
HFD-BSH	99.33 ± 7.38 <sup>b</sup>	99.83 ± 5.66 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.  
<sup>2)</sup>The results are mean ± SE for 6 rats in each group.  
<sup>3)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

Table 7. Contents of LDL-cholesterol, and HDL-cholesterol, atherogenic index (AI) and cardiac risk factor (CRF) in serum of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (mg/dL)

Groups <sup>1)</sup>	LDL-cholesterol <sup>2)</sup>	HDL-cholesterol	AI <sup>3)</sup>	CRF <sup>4)</sup>
ND	50.52 ± 3.56 <sup>5)6)</sup>	92.52 ± 4.93 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.99 ± 0.05 <sup>b</sup>
HFD	68.57 ± 2.85 <sup>a</sup>	73.83 ± 5.05 <sup>b</sup>	0.62 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.05 <sup>a</sup>
ND-BSL	49.43 ± 3.17 <sup>b</sup>	82.67 ± 4.28 <sup>ab</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.04 <sup>b</sup>
ND-BSH	49.82 ± 2.84 <sup>b</sup>	83.83 ± 4.84 <sup>ab</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.04 ± 0.05 <sup>b</sup>
HFD-BSL	49.50 ± 2.99 <sup>b</sup>	85.67 ± 4.32 <sup>ab</sup>	0.50 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.06 <sup>b</sup>
HFD-BSH	47.26 ± 3.15 <sup>b</sup>	86.83 ± 4.41 <sup>ab</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.06 ± 0.03 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>LDL cholesterol = {total cholesterol - (HDL-cholesterol - triglyceride/ 5)}.

<sup>3)</sup>AI (atherogenic index) = (total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol.

<sup>4)</sup>CRF (cardiac risk factor) = total cholesterol / HDL-cholesterol.

<sup>5)</sup>The results are mean ± SE for 6 rats in each group.

<sup>6)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p < 0.05) between groups by Tukey's test.

부하게 함유하고 있으며(25,26), 수용성 식이섬유소는 장내 콜레스테롤 및 담즙산을 흡착해서 대변으로의 배설 촉진 및 지단백질 대사에 변화를 주어 혈청 콜레스테롤 수준을 저하시키고 그 결과 심혈관계 질환의 발병률을 낮추는 것(55)으로 보인다. 고지방식이를 급여한 실험동물에게 빵잎분말과 빵잎 추출물의 지질저하효과 차이를 보았는데 빵잎분말의 5%에 해당하는 식이섬유소를 함유한 빵잎 추출물도 식이섬유소가 풍부한 빵잎 분말과 마찬가지로 혈청 중 지질저하효과를 관찰하였다(46). 그러나 본 연구에서는 브로콜리 싹 분말이 아니라 추출물만을 가지고 수행하여서 수용성 식이섬유소에 의한 혈청 중 지질대사의 영향은 크지 않은 것으로 사료된다.

#### 혈청 중의 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수

흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물과 고지방식이를 4주간 급여 후 혈청 중의 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수에 미치는 영향은 Table 7과 같다.

Table 7에서와 같이 혈청 중의 LDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이에 의하여 증가되었던 혈청 중의 LDL-콜레스테롤 함량은 브로콜리 싹 에탄올 병합 투여로 유의하게 저하되었다. 혈청 중의 LDL-콜레스테롤 함량은 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH) 간에는 차이가 없었다. 혈청 중의 HDL-콜레스테롤 함량은 정상식이군(ND)에 비하여 고지방식이군(HFD)이 유의하게 감소하였다. 혈청 중의 HDL-콜레스테롤 함량은 고지방식 혹은 정상식이에 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병용 투여하였을 경우에는 영향을 미치지 않았다. 혈청 중의 동맥경화지수와 심혈관위험지수도 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 높았다. 고지방식이에 의하여 증가된 동맥경화지수와 심혈관위험지수는 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 유의하게 저하되었다. 따라서 브로콜리 싹 에탄올 추출물 투여 시 동맥경화 및 심혈관 위험도

를 낮추는 것으로 사료된다. 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH) 간에는 동맥경화지수와 심혈관위험지수에 영향을 미치지 않았다.

본 연구결과에서도 고지방식이에 의하여 비만도가 커지면 혈청 중의 LDL-콜레스테롤 함량은 높아지고, HDL-콜레스테롤 함량은 낮아진다는 연구 결과(52)와 유사한 경향을 보였다. 고지방식이 유도 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 LDL-콜레스테롤 함량, 심혈관위험지수 및 동맥경화지수가 감소되었던 것으로 보아 브로콜리 싹이 고지혈증 개선효과가 있는 것으로 사료되어진다.

#### 간과 지방조직 중의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물의 농도를 달리하여 투여한 흰쥐 간과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 8, 9와 같다.

Table 8에서와 같이 간조직 중의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방식이 혹은 정상식이에 브로콜리 싹 에탄올 추출물의 병합 투여는 간조직 중의 중성지방 함량 변화에는 영향을 미치지 않았다. 일반적으로 고지방식은 간조직의 콜레스테롤 함량을 증가시키는 것(56)으로 알려져 있는데 본 연구에서도 같은 경향을 보였다. 그러나

Table 8. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (mg/g, wet weight)

Groups <sup>1)</sup>	Triglyceride	Total cholesterol
ND	10.79 ± 0.63 <sup>2)3)</sup>	8.73 ± 0.51 <sup>b</sup>
HFD	15.84 ± 0.85 <sup>a</sup>	13.63 ± 0.89 <sup>a</sup>
ND-BSL	10.69 ± 0.65 <sup>b</sup>	7.63 ± 0.53 <sup>b</sup>
ND-BSH	10.44 ± 0.61 <sup>b</sup>	7.40 ± 0.55 <sup>b</sup>
HFD-BSL	13.89 ± 0.74 <sup>ab</sup>	8.72 ± 0.82 <sup>b</sup>
HFD-BSH	13.58 ± 0.65 <sup>ab</sup>	8.65 ± 0.54 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>The results are mean ± SE for 6 rats in each group.

<sup>3)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p < 0.05) between groups by Tukey's test.

**Table 9. Contents of triglyceride and total cholesterol in adipose tissues of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (mg/g, wet weight)**

Groups <sup>1)</sup>	Epididymal AT <sup>2)</sup>		Mesenteric AT	
	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol
ND	79.94±4.21 <sup>3) b4)</sup>	18.02±0.95 <sup>b</sup>	39.36±2.31 <sup>b</sup>	15.39±0.91 <sup>ab</sup>
HFD	98.92±4.78 <sup>a</sup>	24.61±1.31 <sup>a</sup>	57.29±2.64 <sup>a</sup>	17.07±1.02 <sup>a</sup>
ND-BSL	75.94±4.30 <sup>b</sup>	21.75±1.03 <sup>ab</sup>	40.03±2.11 <sup>b</sup>	15.33±0.82 <sup>ab</sup>
ND-BSH	76.62±2.24 <sup>b</sup>	21.16±1.18 <sup>ab</sup>	41.06±2.43 <sup>b</sup>	12.39±0.53 <sup>b</sup>
HFD-BSL	78.61±4.21 <sup>b</sup>	22.55±1.08 <sup>a</sup>	51.62±2.54 <sup>ab</sup>	11.75±0.71 <sup>b</sup>
HFD-BSH	77.39±4.15 <sup>b</sup>	22.69±1.16 <sup>a</sup>	50.72±2.43 <sup>ab</sup>	11.61±0.74 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>AT: adipose tissue.

<sup>3)</sup>The results are mean±SE for 6 rats in each group.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

고지방식으로 증가된 간조직의 총콜레스테롤 함량은 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 유의하게 감소하였다. 고지방식과 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 간조직 중의 총콜레스테롤 함량이 저하된 것은 혈청 중의 총콜레스테롤의 함량이 브로콜리 싹 에탄올 추출물 투여로 저하되었기 때문으로 생각되어진다.

부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량도 Table 9에서와 같이 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방식으로 증가되어진 부고환지방조직 중의 중성지방 함량은 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여로 유의하게 저하되었으나 콜레스테롤 함량에는 변화가 없었다. 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 장간막지방조직 중의 중성지방 함량은 증가하였으나, 총콜레스테롤 함량은 변화가 없었다. 고지방식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 저하되었으나, 중성지방 함량에는 변화가 없었다.

**지방조직 중의 LPL 활성**

브로콜리 싹 에탄올 추출물이 부고환지방조직과 장간막지방조직 중의 HR-LPL과 TE-LPL 활성에 미치는 영향은 Table 10과 같다.

부고환지방조직 중의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 Table 10에서와 같이 고지방식이군(HFD)은 정상식이군(ND)에

비하여 증가하였다. 고지방식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여한 경우 부고환지방조직 중의 HR-LPL과 TE-LPL 활성 모두 고지방식이군(HFD)에 비하여 감소하였다. 특히 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 고용량 투여한 군(HFD-BSH)에서 유의한 감소효과를 보여 정상식이군(ND)과 활성이 비슷하였다. 장간막지방조직 중의 HR-LPL과 TE-LPL 활성도 부고환지방조직과 비슷한 양상을 보였다. 정상식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여하였을 경우에는 지방조직의 LPL 활성에 영향을 미치지 않았다.

LPL은 지단백질 중 중성지방이 풍부한 chylomicron과 VLDL을 가수분해하는 주된 효소로, LPL 활성은 식이섭취 후 증가하여 지단백질대사에 관여하며 과잉의 에너지를 지방세포에 중성지방의 형태로 저장시키기 때문에 체지방 축적인자로 알려져 있다(57). Kusunoki 등(53)의 흰쥐에게 고지방식이 급여로 장간막지방조직의 LPL 활성이 증가되었다는 결과는 본 연구와 일치하는 경향을 보였다. LPL 활성은 지방 부위에 따라 다르다고 보고(58)되었는데, 흰쥐의 경우 부고환지방조직과 같은 내부지방조직은 피하지방조직보다 LPL 활성이 높고, 장간막지방조직은 내부지방조직과 피하지방조직 사이의 중간 정도의 LPL 활성을 가지고 있다. 본 연구결과 장간막지방조직 중의 LPL 활성은 부고환지방조직에 비하여 HR-LPL 활성과 TE-LPL 활성 모두 낮게

**Table 10. HR-LPL and TE-LPL activities in adipose tissues of rats fed normal and high fat diet containing the ethanol extract of broccoli sprouts (Units/g)**

Groups <sup>1)</sup>	Epididymal AT <sup>2)</sup>		Mesenteric AT	
	HR-LPL	TE-LPL	HR-LPL	TE-LPL
ND	8.12±1.67 <sup>3) a4)</sup>	14.63±1.40 <sup>a</sup>	3.01±0.98 <sup>a</sup>	7.46±1.53 <sup>a</sup>
HFD	14.51±1.86 <sup>b</sup>	24.47±2.01 <sup>b</sup>	5.36±1.59 <sup>b</sup>	10.51±1.63 <sup>b</sup>
ND-BSL	8.95±1.74 <sup>a</sup>	18.26±1.58 <sup>a</sup>	2.81±0.48 <sup>a</sup>	7.07±1.56 <sup>a</sup>
ND-BSH	8.57±1.55 <sup>a</sup>	17.65±1.00 <sup>a</sup>	2.89±0.64 <sup>a</sup>	7.28±1.74 <sup>a</sup>
HFD-BSL	11.01±1.36 <sup>ab</sup>	21.50±1.86 <sup>b</sup>	4.22±0.72 <sup>ab</sup>	9.83±1.54 <sup>b</sup>
HFD-BSH	9.25±1.50 <sup>a</sup>	18.80±2.84 <sup>a</sup>	3.15±0.34 <sup>a</sup>	8.07±1.13 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>AT: adipose tissue.

<sup>3)</sup>The results are mean±SE for 6 rats in each group.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

나타났다. 또한 Table 4, 9에서와 같이 장간막지방조직이 부고환지방조직에 비하여 지방조직의 무게 및 중성지방 함량도 저하되었다. 이와 같이 본 연구에서도 지방조직의 부위에 따라 대사 조절이 다르게 나타나는 것으로 생각되어진다. 특히 지방조직 부위 별 LPL 대사 조절 기전이 다른 이유는 지방세포의 크기, 지방조직의 insulin 민감도, glucocorticoid 혹은 estrogen receptor 수의 차이에 의해 기인된다고(59) 하였으며, 특히 피하지방조직은 부고환지방조직보다 glucocorticoid receptor 수가 적다고 보고되었다. 그러나 본 연구에서는 이들 지방조직 부위에 따른 LPL 조절 기전이 어떻게 나타나는지에 관한 연구는 수행하지 않았다.

본 연구결과는 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 투여로 인한 동물 체내의 고지혈증 예방효과와 비만억제효과와 대사변동에 대해서 반드시 일치된 결론을 제시하지는 못하고 있는 실정이다. 이는 실험에 사용된 동물의 종, 성장 정도, 식이 종류, 에너지 함량, 시험기간 및 실험동물의 식이섭취량 등의 차이에 기인하는 것으로 간주된다.

이상의 결과 고지방식에 의하여 지방조직의 무게 및 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 및 LPL 활성은 증가하였으나 브로콜리 싹 에탄올 추출물 경구투여로 저하되었는데 이는 브로콜리 싹 추출물이 비만예방효과도 있는 것으로 사료되어진다. 그러나 더 나아가 비만관련 요인들 간의 상호작용에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

## 요 약

고지방식으로 고지혈 및 비만이 유도된 흰쥐에서 브로콜리 싹 에탄올 추출물 투여로 인한 혈 중 지질대사 개선 및 지방조직의 항비만효과에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 5주령 흰쥐 수컷 36마리를 1주일간 적응시킨 후 정상식이군(ND), 고지방식이군(HFD), 정상식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 저용량 병합 투여군(ND-BSL), 정상식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여군(ND-BSH), 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 저용량 병합 투여군(HFD-BSL) 및 고지방식이와 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여군(HFD-BSH)으로 나누어 4주간 사육하였다. 고지방식으로 증가되어진 체중증가량은 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여로 유의하게 감소되었으며, 정상식이군(ND)과는 비슷한 수준으로 저하되었다. 고지방식이군들(HFD, HFD-BSL 및 HFD-BSH)이 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH)에 비하여 식이섭취량은 낮았으나, 식이효율은 높게 나타났다. 간조직의 무게는 실험 군 간에 유의차가 없었으나, 부고환 및 장간막지방조직의 무게는 고지방식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 고용량 병합 투여한 경우에는 고지방식에 비하여 유의하게 저하되었다. 고지방식으로 증가되어진 혈청 중의 ALT 및 AST 활성, 중성지방, 총콜레스테롤 및 LDL-콜레

스테롤 함량, 심혈관위험지수와 동맥경화지수도 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여로 감소되었다. 혈청 중의 ALP 활성은 실험 군 간에 유의차가 없었다. 혈청 중의 HDL-콜레스테롤 함량은 정상식이군(ND)에 비하여 고지방식이군(HFD)이 유의하게 감소하였으나, 정상식이 혹은 고지방식을 급여한 흰쥐에게 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 투여하였을 경우에는 영향을 미치지 않았다. 고지방식으로 증가되어진 간조직과 장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 브로콜리 싹 에탄올 추출물 병합 투여로 저하되었다. 지방조직 중의 HR-LPL과 TE-LPL 활성 모두 정상식이군(ND)에 비하여 고지방식이군(HFD)이 증가하였고, 브로콜리 싹 에탄올 추출물 고용량 병합 투여한 모든 군은 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의하게 감소되었으나 정상식이군(ND)과는 비슷한 활성을 나타내었다. 특히 브로콜리 싹 에탄올 추출물의 효과는 고용량 병합 투여군이 저용량 병합 투여군에 비하여 더 좋은 효과를 나타내었다. 혈청 및 조직 중의 지질 함량 변화는 정상식이군들(ND, ND-BSL 및 ND-BSH) 간에는 유의차가 없었다. 따라서 고지방식을 급여하면서 브로콜리 싹 에탄올 추출물을 병합 투여 시에만 효과가 있는 것으로 여겨진다. 이상의 결과 브로콜리 싹 에탄올 추출물이 체중 및 지방조직의 무게 감소와 더불어 혈청 지질 개선 효과와 LPL 활성을 저하시켜 고지혈증 예방효과와 지방축적 억제 효과가 있는 것으로 사료되나 브로콜리 싹 추출물의 어떤 성분이 콜레스테롤 저하효과 및 비만을 억제시킬 수 있는지는 보다 자세한 연구가 요구된다.

## 감사의 글

본 연구는 학술진흥재단 2006년 문제해결형인력양성지원 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Sattar A, Shah A, Zeb A. 1995. Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars. *Plant Food for Human Nutr* 47: 63-70.
2. El-Adawy TA. 2002. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Food for Human Nutr* 57: 83-97.
3. Song MR. 2001. Volatile flavor component of cultivated radish (*Raphanus sativus* L). sprout. *Korean J Food & Nutr* 14: 20-27.
4. Kim IS, Han SH, Han KW. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1058-1062.
5. Tian Q, Rosselot RA, Schwartz SJ. 2005. Quantitative determination of intact glucosinolates in broccoli, broccoli sprouts, brussels sprouts, and cauliflower by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry. *Anal Biochem* 343: 93-99.
6. Sorensen M, Jensen BR, Poulsen HE, Deng XS, Tygstrup



- N, Dalhoff K, Loft S. 2001. Effects of a brussels sprouts extract on oxidative DNA damage and metabolism enzymes in rat liver. *Food Chemical Toxicol* 39: 533-540.
7. Kim SL, Kim SK, Park CH. 2004. Introduction and nutritional of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res Int* 37: 319-327.
  8. Lee MH, Woo SJ, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in contents and composition of dietary fiber during buckwheat germination. *Korean J Food & Nutr* 7: 274-283.
  9. Kwon TB. 1994. Changes in rutin and fatty acids of buckwheat during germination. *Korean J Food & Nutr* 7: 124-127.
  10. Kim YS, Kim JG, Kang IJ, Lee YS. 2005. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 81-86.
  11. Pomeranz Y, Marshall HG, Robbins GS, Gilbertson JT. 1975. Protein content and amino acid composition of maturing buckwheat. *Cereal Chem* 52: 479-485.
  12. Lee YA, Kim HY, Cho EJ. 2005. Comparison of methanol extracts from vegetables on antioxidative effect under *in vitro* and cell system. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1151-1156.
  13. Tangiguch I, Kobayashi-Hattori K, Tenmyo C, Uda Y, Sugita-Konishi Y, Oishi Y, Takita T. 2006. Effect of Japanese radish (*Raphanus sativus*) sprout (Kaiware-dai-kon) on carbohydrate and lipid metabolism in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Phytotherapy Res* 20: 274-278.
  14. Choi YS, Sur JH, Kim CH, Kim YM, Ham SS, Lee SY. 1994. Effects of dietary buckwheat vegetables on lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 212-218.
  15. Cho YS, Horigoma T. 1989. Effect of alfalfa saponin on the serum cholesterol level in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 18: 430-434.
  16. Seo JS, Bang BH, Yeo IB. 2001. Effect of improve obesity with sprout raw grains and vegetables. *Kor J Food & Nutr* 14: 150-160.
  17. Lee JJ, Lee YM, Shin HD, Jeong YS, Lee MY. 2007. Effects of vegetable sprout powder mixture on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 965-974.
  18. Kim MR, Kim JH, Wi DS, Na JH, Sok DE. 1999. Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1201-1207.
  19. Sok DE, Kim JH, Kim MR. 2003. Isolation and identification of bioactive organosulfur phytochemicals from solvent extract of broccoli. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 315-319.
  20. Keli SO, Hertog MGL, Feskens EJM, Kromhout D. 1996. Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke: The Zutphen study. *Arch Intern Med* 154: 637-642.
  21. Hertog MGL, Kromhout D, Aravanis C, Blackburn H, Fidanza F, Giamoaoli S, Jansen A, Menotti A, Nedeljkovic S, Pekkarinen M, Simic BS, Toshima H, Feskens EJM, Hollman PCH, Katan MB. 1995. Flavonoids intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the countries study. *Arch Intern Med* 155: 381-386.
  22. Steinberg D, Parthasarathy S, Carew TE, Khoo JC, Witztum JL. 1989. Beyond cholesterol: Modification of low density lipoproteins that increase its atherogenicity. *N Engl J Med* 320: 915-924.
  23. Dinkova-Kostova AT, Jenkins SN, Fahey JW, Ye L, Wehage SL, Liby KT, Stephenson KK, Wade KL, Talalay P. 2006. Protection against UV-light-induced skin carcinogenesis in SKH-1 high-risk mice by sulforaphane-containing broccoli sprout extracts. *Cancer Letters* 240: 243-252.
  24. Hecht SS. 1999. Chemoprevention of cancer by isothiocyanates, modifiers of carcinogen metabolism. *J Nutr* 129: 768S-774S.
  25. Kahlon TS, Chapman MH, Smith GE. 2007. *In vitro* binding of bile acids by spinach, kale, brussels sprouts, broccoli, mustard greens, green bell pepper, cabbage and collards. *Food Chem* 100: 1531-1536.
  26. Kahlon TS, Chiu MC, Chapman MH. 2008. Steam cooking significantly improves *in vitro* bile acid binding of collard greens, mustard greens, broccoli, green bell pepper, and cabbage. *Nutr Res* 28: 351-357.
  27. Suido H, Takeuchi A, Makino T, Tanaka T. 2003. Serum cholesterol-lowering effects of a broccoli and cabbage mixture in rats. *Atherosclerosis Suppl* 4: 238.
  28. Takai M, Suido H, Tanaka T, Kotani M, Fujita A, Takeuchi A, Makino T, Sumikawa K, Nakashima M. 2003. LDL-cholesterol-lowering effects of a mixed green vegetable and fruit beverage containing broccoli and cabbage in hypercholesterolemic subjects. *Atherosclerosis Suppl* 4: 239.
  29. Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. The antioxidative, antimicrobial and nitrite scavenging effects of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (Omija) seed. *Korean J Food Sci Technol* 32: 928-935.
  30. 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.
  31. Shaw MA, Rasmussen KM, Myers TR. 1996. Composition of high fat impairs reproductive performance in Sprague-Dawley rats. *J Nutr* 127: 64-69.
  32. Friedwald WT, Levy RL, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
  33. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med* 113: 1101-1110.
  34. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
  35. Zlatkis A, Zak B. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143-148.
  36. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. 1975. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin Chem* 21: 437-441.
  37. Nilsson-Ehle P, Schotz MC. 1976. A stable radioactive substrate emulsion for assay of lipoprotein lipase. *J Lipid Res* 17: 536-541.
  38. Fried SK, Zechner R. 1989. Cachectin/tumor necrosis factor decreases human adipose tissue lipoprotein lipase mRNA levels, synthesis and activity. *J Lipid Res* 30: 1917-1923.
  39. Iverius PH, Brunzell JD. 1985. Human adipose tissue lipoprotein lipase: change with feeding and relation to post-heparin plasma enzyme. *Am J Physiol* 249: E107-E114.
  40. Melanson KJ, Westerterp-Plantenga MS, Saris WHM, Canofied LA. 1999. Blood glucose patterns and appetite in time-blinded humans: carbohydrate versus fat. *Regul Integr Comp Physiol* 46: R337-345.
  41. Westerterp-Plantenga MS, Kovacs EMR, Melanson KJ. 2002. Habitual meal frequency and energy intake regulation in partially temporally isolated men. *Int Obes Relat Disord* 26: 102-110.

42. Dodge JA. 1994. Dietary fat and gastrointestinal function. *Eur J Clin Nutr* 48: S8-S16.
43. Miller WC, Lindeman AK, Wallace J, Niederpruem M. 1990. Diet composition, energy intake, and exercise in relation to body fat in men and women. *Am J Clin Nutr* 52: 426-430.
44. Choi J, Lee KT, Kim WB, Park KK, Chung WY, Lee JH, Lim SC, Jung HJ, Park HJ. 2005. Effect of *Allium victorialis* var. *platyphyllum* leaves on triton WR-1339-induced and poloxamer-407-induced hyperlipidemic rats and on diet-induced obesity rats. *Kor J Pharmacogn* 36: 109-115.
45. Park CH, Kim DI, Jung HK, Lee GD, Kim KS, Hong JH. 2008. Effect of *Bulnesia sarmienti* single and complex extracts on serum lipid and body fat in rats fed high-fat diet. *Korean J Food Sci Technol* 40: 449-454.
46. Cho YS, Shon MY, Lee MK. 2007. Lipid-lowering action of powder and water extract of mulberry leaves in C57BL/6 mice fed high-fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 405-410.
47. Bjorntorp P. 1988. The associations between obesity, adipose tissue distribution and disease. *Acta Med Scand* 723: 121-134.
48. Bjorntorp P. 1990. "Portal" adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Atherosclerosis* 10: 493-496.
49. Despres JP. 1993. Abdominal obesity as important component of insulin-resistant syndrome. *Nutrition* 19: 452-459.
50. 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. p 839-870.
51. Kim KH. 1980. *The clinical application of the results of the test: A translation*. Ko Moon Sa, Seoul. p 164-167.
52. Kwon JY, Cheigh HS, Song YO. 2004. Weight reduction and lipid lowering effects of kimchi lactic acid powder in rats fed high fat diets. *Korean J Food Sci Technol* 36: 1014-1019.
53. Kusunoki M, Tsutsumi K, Iwata K, Yin W, Nakamura T, Ogawa H, Nomura T, Mizutani K, Futenma A, Utsumi K, Miyata T. 2005. 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.
54. Davignon J, Cohn JS. 1996. Triglyceride: a risk factor for coronary heart disease. *Atherosclerosis* 124: S57-S64.
55. Kay RM, Truswell AS. 1977. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am J Clin Nutr* 30: 171-177.
56. Ghasi S, Nwobodo E, Ofili JO. 2000. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed wistar rats. *J Ethnopharmacol* 69: 21-25.
57. Lee JJ, Chung CS, Kim JG, Choi BD. 2000. Effect of fasting refeeding on rat adipose tissue lipoprotein lipase activity and lipogenesis: Influence of food restriction during refeeding. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 471-478.
58. Fried SK, Kral JG. 1987. Sex differences in regional distribution of fat cell size and lipoprotein lipase in morbidly obese patients. *Int J Obes* 11: 129-140.
59. Bjorntorp P. 1992. Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Ann Med* 24: 465-468.

(2008년 11월 13일 접수; 2009년 2월 13일 채택)