

## 순무 싹이 고지방식을 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

이재준 · 하태만 · 이유미 · 김아라 · 이명렬<sup>†</sup>

조선대학교 식품영양학과

### Effect of *Brassica rapa* Sprouts on Lipid Metabolism in Rats Fed High Fat Diet

Jae Joon Lee, Tae Man Ha, Yu Mi Lee, Ah Ra Kim, and Myung Yul Lee<sup>†</sup>

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

#### Abstract

This study was performed to investigate the effect of *Brassica rapa* (BR) sprouts on weight reduction and cholesterol-lowering action in rats fed high fat diet for 4 weeks. Weight-matched male Sprague-Dawley rats were assigned to four groups according to dietary fat levels (10% or 20% of diet wt.). Experimental groups were normal diet group (N), high fat diet group (HF), high fat diet with 5% BR sprouts powder group (HF-BRL), and high fat diet with 10% BR sprouts powder group (HF-BRH). The body weight gain was increased in HF group, but gradually decreased to the corresponding level of the N group fed BR sprouts powder. The concentrations of serum LDL-cholesterol, atherogenic index and cardiac risk factor tended to decrease in the BR sprouts powder fed groups compared with the HF group. However, HDL-cholesterol concentration in serum decreased in the HF group and markedly increased in the BR sprouts powder fed groups. Concentrations of triglyceride and total cholesterol in liver were also markedly decreased in the BR sprouts powder fed groups. Triglyceride concentrations of epididymal and mesenteric adipose tissues in the BR sprouts powder fed groups were also decreased compared with the HF group. These results indicate that BR sprouts powder may reduce fat accumulation and body weight, and have cholesterol-lowering effect.

**Key words:** *Brassica rapa* sprouts, high fat diet, weight reduction, cholesterol-lowering effect

#### 서 론

우리나라에서는 최근 10년 동안 심혈관계 질환의 발병률이 꾸준히 증가하고 있는데, 이는 동물성 지방 섭취가 많은 식생활로 고콜레스테롤혈증, 지방간, 동맥경화증, 고혈압 등 순환기계 관련 만성질환 발병의 중요한 요인으로 작용하고 있다. 또한 2007년 사망원인 통계자료에 의하면 총 사망의 23%가 순환기계 질환이었고 이중 85%를 심근경색, 협심증 등의 허혈성 심장질환, 고혈압성 질환 및 뇌혈관 질환이 차지하였으며, 이 질환들의 사망률은 인구 10만 명당 117.2명의 사망률을 나타내었다(1). 이런 점에서 볼 때 고칼로리 섭취와 포화지방산이나 콜레스테롤을 많이 함유하고 있는 고지방 섭취는 혈중의 콜레스테롤의 함량을 증가시킴으로써 동맥의 plaque 형성을 촉진하여(2) 심혈관계 질환의 발생을 증가시킨다고 볼 수 있다. 따라서 혈청 지질의 농도를 낮추기 위하여 최근에는 한방이나 민간요법에 근거하여 혈중 콜레스테롤 및 중성지질 함량 등을 효과적으로 감소시킴으로써 성인병의 예방 및 치료에 효능이 우수한 천연 건강기능식품에 대한 수요가 증대되고 있다(3,4).

발아채소(seed sprouts)는 싹이 발아 후 1주 남짓 된 잎이 1~3개 정도 되는 어린잎의 채소를 총칭하며, 다량의 생리활성물질을 함유하고 있다고 알려져 있다. 우리나라에서는 예로부터 콩, 녹두, 메밀 씨앗을 발아시켜 채소로 이용해 왔다(5). 현재 재배되는 발아채소의 종류는 메밀, 보리, 무, 알팔파, 브로콜리, 양배추 등이 다양하게 시판되고 있으며 발아채소는 환경 친화적인 기능성 청정채소로 연중 신선한 채소를 필요한 시기에 먹을 수 있는 이점이 있다. 식물 종자는 발아가 진행되면서 생리활성이 증대되고 성분의 변화가 일어나 성숙한 채소에 비하여 훨씬 많은 비타민, 무기질, 아미노산 등의 기능성 및 생리활성 물질을 다량 함유하게 되며, 특히 발아채소에 많은 식이섬유소는 섭취량이 증가할수록 담즙을 통한 콜레스테롤의 배설이 촉진되기 때문에 고지혈증을 비롯한 심혈관계 질환의 예방효과가 보고되고 있다(5-8).

순무(*Brassica rapa*)는 양귀비목(Papaveraceae) 십자화과(Brassicaceae)의 두해살이풀로서 여름철에 파종해서 가을에 발아하고 다음해 봄에 꽃줄기가 자란 후 노란 십자꽃이 피며 뿌리와 잎을 식용할 수 있는 채소이다(9). 원산지는 중앙아시아와 유럽 남부지방으로 우리나라에 도입된 시기

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

는 정확히 알 수 없으나 고려 중엽에 이규보가 지은 가포육영(家圃六詠)이라는 시속에 순무를 재료로 한 김치가 우리나라 문헌상 최초로 등장한다(10). 한방에 의하면 순무는 맛이 달고 이뇨와 소화에 좋을 뿐 아니라 만취 후 갈증해소에 특효가 있으며, 황달을 치료하고 오장에 이로워 순무의 씨를 아홉 번 찌고 말려서 오래 먹으면 장생활 수 있으며, 특히 눈과 귀를 밝게 하고 건강과 미용에 매우 좋다고 기록되어 있다(9).

순무를 비롯한 양배추, 배추, 브로콜리, 냉이, 갓 등 십자화과 채소들은 식물성 2차 대사물질인 여러 종류의 glucosinolate, flavonoid, phenol 화합물 등의 생리활성 물질 등이 풍부하게 존재하는 것으로 알려져 있다(11). 순무의 생리활성에 관한 연구로는 순무 뿌리로부터 분리한 인돌화합물인 caulilexin C, indoleacetonitrile 및 arvelexin이 *in vitro* 연구에서 human acyl coenzyme A:cholesterol acyltransferase 활성 저해효과를 나타내었으며(12), d-galactosamine로 유발한 간 장해 병태모델 흰쥐에게 순무 에탄올 추출물을 경구 투여 시 간독성 예방효과를 보고하였고(13), 순무로부터 분리한  $\beta$ -sitosterol이 고지혈증 유발 흰쥐 모델의 고지혈증 예방효과가 있는 것으로 보고되었다(14).

최근 발아채소가 새로운 기능성 채소로 주목받으면서 발아채소에 대한 수요가 증가하는 추세이지만, 발아채소에 관한 연구는 발아채소의 발아 중 영양성분 및 생리활성성분 변화에 관한 연구(15-19), 항산화·항암 효과 등의 생리활성의 효능 검증(20-24) 등이 보고되었으나 아직도 발아채소에 관한 연구는 매우 미비한 편이다. 또한 순무 싹은 다양한 생리활성 성분과 영양소를 함유하고 있으나 이들 성분들의 동물실험을 통한 체계적인 효능 검증은 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고지방식을 급여한 흰쥐의 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선효과에 미치는 영향을 알아보고, 이러한 순무 싹의 생리활성 효능의 검증을 함으로써 순무 싹의 이용 가치를 높이는데 기여하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

순무(*Brassica campestris* ssp *rapa*) 싹은 2008년 3월에 아시아종묘(주)에서 7일간 발아시켜 크기가 30~40 mm 내외 정도인 것을 구입하여 가피를 제거시킨 후 흐르는 물에서 3회 수세한 다음 동결 건조하고 분쇄하여 분말로 제조한 후 -70°C에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

### 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 24마리를 중앙실험동물(주)에서 구입하여 조선대학교 실험동물센터에서 1주일 동안 고형 배합사료(삼양사료)와 물로 적응시

Table 1. Experimental design

| Groups | Diet composition                |
|--------|---------------------------------|
| N      | Normal fat diet <sup>1)</sup>   |
| HF     | High fat diet                   |
| HF-BRL | High fat diet+BRL <sup>2)</sup> |
| HF-BRH | High fat diet+BRH <sup>3)</sup> |

<sup>1)</sup>According to AIN-93 diet composition (25).

<sup>2)</sup>BRL: 5% of *Brassica rapa* sprouts powder.

<sup>3)</sup>BRH: 10% of *Brassica rapa* sprouts powder.

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

| Diet composition              | Normal fat diet | High fat diet |
|-------------------------------|-----------------|---------------|
| Casein                        | 200.0           | 200.0         |
| L-methionine                  | 3.0             | 3.0           |
| Corn starch                   | 500.0           | 400.0         |
| Sucrose                       | 100.0           | 100.0         |
| Lard                          | 100.0           | 200.0         |
| Cellulose                     | 50.0            | 50.0          |
| Vitamin mixture <sup>1)</sup> | 35.0            | 35.0          |
| Mineral mixture <sup>2)</sup> | 10.0            | 10.0          |
| Choline bitartate             | 2.0             | 2.0           |

<sup>1,2)</sup>AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (25).

킨 후 평균 체중 110~130 g인 것을 난괴법에 따라 각 처리군 당 6마리씩 4군으로 나누어 완전 임의배치하고 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군(Table 1)은 정상식이군(N), 고지방식이군(HF), 고지방식이와 5% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRL) 및 고지방식이와 10% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRH)으로 나누어 실시하였다. 식이조성은 AIN-93을 기준(25)으로 Table 2와 같다. 식이 내 지방 함량은 식이 무게의 10%와 20%로 정상지방과 고지방으로 나누어 첨가하였으며, 순무 싹 분말은 식이 무게의 5%와 10%로 하여 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 체중증가량으로 표시하였고, 체중증가량을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율(FER)을 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 원심분리시킨 후 혈청을 분리하여 혈청지질 함량 및 효소 활성 측정용 시료로 사용하였다. 간과 지방조직을 적출하여 0.9% 생리식염수로 남아 있는 혈액 및 기타 부착물질을 제거하고 여지로 수분을 제거한 후 중량을 측정 한 다음 효소 활성 저하를 예방하기 위하여 -70°C의 deep freezer에 냉동 보관하면서 분석에 이용하였다.

### 혈청 효소활성 및 지질 함량 측정

혈청 중 alanine transaminase(ALT), aspartate transami-

nase(AST) 및 alkaline phosphatase(ALP) 활성과 중성지방, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량은 혈액생화학 적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식(총콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤 - 중성지방/5))(26)에 의하여 계산하였다. HDL-콜레스테롤의 총콜레스테롤에 대한 비율은 HDL-콜레스테롤을 총콜레스테롤로 나누어 계산하였다. 심혈관계 질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 ((총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤)(27)에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)(27)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

**간과 지방조직 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량 측정**

간조직, 장간막지방조직 및 부고환지방조직 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 등의 방법(28)에 의하여 각각의 조직에서 총 지질을 추출하였다. 적출한 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(29)에 의하여 측정하였으며, 중성지방 함량은 Biggs 등의 방법(30)으로 측정하였다.

**통계처리**

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Science)를 이용해서 통계 분석하였다. 실험군당 평균±표준오차로 나타내었고, 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**

고지방식이와 순무 싹 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중증가량과 식이섭취량 및 식이효율은 Table 3과 같다. 체중증가량은 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 다소 증가한 경향이었으나 유의차가 보이지 않았으며, 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 순무 싹 분말의 첨가 수준이 증가할수록 체중증가량이 유의하게 감소하는 경향이였다. 특히 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 정상식이군(N)보다도 체중증가량이 유의하게 낮아 순무 싹 분말의 첨가로 인한 체중저하 효과를 나타내었다. 이는 고지방식이와 식이섬유소를 동시에 섭취한 군이 고지방식이만을 섭취한 군에 비하여 체중증가량이 감소하였으며 저지방식이군과도 비슷한 경향을 보였

**Table 3. Changes in body weight gain, food intake and food efficiency ratio of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks**

| Groups <sup>1)</sup> | Body weight gain (g/day)    | Food intake (g/day)     | FER <sup>2)</sup>      |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|
| N                    | 7.13±0.26 <sup>3)ab4)</sup> | 18.83±0.29 <sup>a</sup> | 0.38±0.01 <sup>b</sup> |
| HF                   | 7.56±0.13 <sup>a</sup>      | 17.83±0.25 <sup>a</sup> | 0.43±0.01 <sup>a</sup> |
| HF-BRL               | 6.78±0.15 <sup>b</sup>      | 16.17±0.34 <sup>b</sup> | 0.42±0.01 <sup>a</sup> |
| HF-BRH               | 5.98±0.09 <sup>c</sup>      | 15.42±0.37 <sup>b</sup> | 0.39±0.01 <sup>b</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.

다는 결과와 유사한 경향이였다(31). 식이섭취량은 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 감소하였으나 유의한 차이는 없었다. 정상식이군(N)과 고지방식이군(HF) 간의 식이섭취량의 차이는 정상식이군(N)이 고지방식이군(HF)에 비하여 식이 내 지방 함량이 적어 즉, 에너지 밀도가 낮았기 때문으로 생각되어지며, 이는 흰쥐에서 에너지 밀도가 낮은 저지방식이군이 에너지 밀도가 높은 고지방식이군에 비하여 사료섭취량이 낮았다는 연구 결과(32)와도 유사한 경향이였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)의 식이섭취량은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였고, 순무 싹 분말 첨가 수준이 증가할수록 식이섭취량은 감소하였다. 식이효율은 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이와 5% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRL)은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의차를 보이지 않았으나, 고지방식이와 10% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 저하되었으며, 이는 정상식이군(N)과도 비슷한 경향이였다.

식이섬유소는 일반적으로 음식물의 점성을 증가시킴으로써 gastric emptying rate를 지연시켜 포만감을 주고, 영양소들의 흡수 및 소화를 지연시켜 식이섭취량과 식이효율을 저하시킨다고 보고(33)되었다. 이와 관련된 연구로 Shin과 Han(34)의 연잎 건분, Kim과 Kim(35)의 솔잎 건분, Shin 등(36)의 녹차 건분 등 식이섬유의 급여 시 대조군에 비하여 체중증가량과 식이섭취량이 감소됨이 보고되었다. 따라서 본 실험에서 순무 싹 분말의 급여로 인한 체중과 식이섭취량의 감소는 순무 싹에 함유된 식이섬유 등 식이성분의 영향을 받은 것으로 사료된다.

**간 및 지방조직 무게**

체중 당 간조직 및 부고환과 장간막지방조직의 무게는 Table 4와 같다. 체중 당 간조직의 무게는 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가하였는데, 이러한 결과는 Jayasooriya 등(37)의 연구에서도 고지방식이가 체중을 증가시키며 간에서 지방을 축적시켜 간 무게가

Table 4. Changes in liver and adipose tissue weights of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks

| Groups <sup>1)</sup> | Liver (g/100 g body wt.)  | Mesenteric adipose tissue (g) | Epididymal adipose tissue (g) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| N                    | 3.43±0.06 <sup>2)3)</sup> | 2.93±0.20 <sup>b</sup>        | 5.02±0.49 <sup>ab</sup>       |
| HF                   | 3.73±0.07 <sup>a</sup>    | 3.74±0.11 <sup>a</sup>        | 6.04±0.29 <sup>a</sup>        |
| HF-BRL               | 3.94±0.11 <sup>a</sup>    | 2.57±0.21 <sup>b</sup>        | 4.11±0.32 <sup>b</sup>        |
| HF-BRH               | 3.93±0.09 <sup>a</sup>    | 2.27±0.21 <sup>b</sup>        | 3.86±0.26 <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.

증가한다고 보고한 결과와 유사하였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의차가 없었다.

장간막지방조직의 무게는 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 증가되었고, 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하여 정상식이군(N)과 비슷한 지방조직의 무게를 나타내었다. 이는 순무 싹 분말이 지방조직의 지방 축적을 저해했기 때문으로 사료된다. 부고환지방조직의 무게는 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 장간막지방조직의 경우와 비슷하게 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였으며 정상식이군(N)보다도 낮은 경향을 나타내었다. Lee 등(38)은 고지방식이에 8종의 새싹채소 혼합분말 급여 시 새싹채소 혼합분말의 첨가 수준이 증가할수록 대조군에 비하여 부고환지방조직의 무게가 유의하게 감소하였으며, 지방조직의 무게뿐만 아니라 지방 함량도 저하되었다고 보고하였다.

이상의 연구 결과 고지방 식이를 급여한 흰쥐에게 순무 싹 분말의 첨가로 간조직의 무게에는 영향을 미치지 않았으나, 부고환 및 장간막지방조직의 무게는 유의하게 저하되어 순무 싹 분말은 체지방 축적을 대표하는 장간막지방조직과 부고환지방조직의 축적억제 효과에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

#### 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성

고지방식이와 순무 싹 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성을 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 간 효소치인 AST와 ALT는 간장과 심장에 다량 분포하여 간세포의 손상 시 간 효소치의 농도가 현저히 증가하므로 그 활성도는 간계질환의 지표가 된다(39). 고지방식이군(HF)은 정상식이군(N)에 비하여 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성 모두 유의하게 증가되었으나 순무 싹 분말의 첨가 수준이 증가할수록 유의하게 감소되었으며, 정상식이군(N)과도 유사한 경향을 보였다. 고지방식이군(HF)의 ALT 활성은 28.50±1.34 U/L로 정상식이군(N)

Table 5. Activities of ALT, AST and ALP in serum of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks (U/L)

| Groups <sup>1)</sup> | ALT                        | AST                      | ALP                      |
|----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N                    | 19.67±1.20 <sup>2)3)</sup> | 82.00±1.98 <sup>b</sup>  | 187.33±8.70 <sup>b</sup> |
| HF                   | 28.50±1.34 <sup>a</sup>    | 105.33±5.35 <sup>a</sup> | 245.83±9.84 <sup>a</sup> |
| HF-BRL               | 27.83±1.85 <sup>a</sup>    | 90.83±3.80 <sup>b</sup>  | 192.83±8.32 <sup>b</sup> |
| HF-BRH               | 22.83±0.91 <sup>b</sup>    | 86.67±3.00 <sup>b</sup>  | 190.00±6.19 <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.

의 19.67±1.20 U/L에 비하여 유의하게 증가되었고, 고지방식이와 5% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRL)은 고지방식이군(HF)에 비하여 약간 저하되었으나 유의차는 없었다. 고지방식이와 10% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 ALT 활성의 유의한 상승억제 효과를 보였으며, 정상식이군(N) 수준으로 낮게 나타났다. AST 활성은 ALT 활성과 마찬가지로 고지방식이군(HF)이 105.33±5.35 U/L로 정상식이군(N)의 82.00±1.98 U/L에 비하여 유의한 증가를 보였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의한 상승억제 효과를 보여 정상식이군(N)과 유사한 수치를 나타내었다. 고지방식으로 유발된 간 장해 흰쥐의 ALP 활성은 245.83±9.84 U/L로 정상식이군(N)의 187.33±8.70 U/L에 비하여 약 1.3배의 유의한 증가가 관찰되었다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 저하되어 ALP 활성의 상승을 억제하는 경향을 보였으며, 정상식이군(N) 수준으로 저하되었다. 본 연구 결과 고지방식으로 증가되어진 ALT, AST 및 ALP의 활성이 순무 싹 분말의 혼합식으로 고지방식이군(HF)에 비하여 감소하는 것을 보아 순무 싹이 간 세포내의 효소활성에 영향을 주어 간 기능의 개선효과가 있는 것으로 사료된다.

#### 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방식이 및 순무 싹 분말 혼합식이를 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량의 변화는 Table 6과 같다. 고지방식이군(HF)의 중성지방의 함량은 120.17±8.90 mg/dL로 정상식이군(N)의 86.00±5.82 mg/dL에 비하여 유의하게 증가하였고, 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 20% 정도 유의하게 감소되었다. 총콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HF)이 69.33±4.08 mg/dL로 정상식이군(N)의 53.50±2.64 mg/dL에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 각각 66.00±2.46 mg/dL와 66.83±1.54 mg/dL로 고지방식이군(HF)에 비하여 약간 감소되었으나 유의성은 없었다. 식물성 스테롤은 동물성 콜레스테롤의 구조와 매우 유사하여 체내

Table 6. Contents of triglyceride and total cholesterol in serum of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks (mg/dL)

| Groups <sup>1)</sup> | Triglyceride                 | Total cholesterol       |
|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| N                    | 86.00±5.82 <sup>2)(c3)</sup> | 53.50±2.64 <sup>b</sup> |
| HF                   | 120.17±8.90 <sup>a</sup>     | 69.33±4.08 <sup>a</sup> |
| HF-BRL               | 95.50±7.85 <sup>bc</sup>     | 66.00±2.46 <sup>a</sup> |
| HF-BRH               | 96.17±4.03 <sup>bc</sup>     | 66.83±1.54 <sup>a</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.

에서 콜레스테롤의 흡수를 경쟁적으로 억제시키는 작용을 하는데, 이중 대부분을 sitosterol이 차지하고 있으며(40), Koo와 Lee(41)는 식물성 스테롤 처리가 혈장 지질 농도와 밀접한 상관관계가 있으며, 식물성 스테롤의 적정 처리량은 3%(w/w) 내외라고 보고하였다. Rhee 등(14)은 순무와 그 주요 성분인 β-sitosterol의 고지혈증 억제에 관한 연구에서 순무 에탄올 추출물은 6주간 고지방식을 섭취한 흰쥐의 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤의 함량을 농도 의존적으로 억제하였으나 저농도에서는 유의성이 없었고, β-sitosterol에서는 15 mg/kg부터 농도 의존적으로 유의한 감소효과를 나타내었다고 보고하였다. 또한 Choi 등(42)은 갈대로부터 분리한 β-sitosterol이 고 중성지질 흰쥐에 대하여 고농도(100 mg/kg)로 투여 시 혈청 중성지방의 농도를 35.82% 감소시켰다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서 순무 싹 분말 혼합식이 고지방식으로 증가한 혈청 중 지질 함량을 저하시켜 혈중 지질농도의 개선효과를 나타내었는데, 이는 순무 싹에 함유된 β-sitosterol이 고지혈증을 개선하는 성분 중의 하나일 것으로 사료된다.

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

흰쥐에게 순무 싹 분말과 고지방 혼합식을 4주간 급여 후 혈청 중 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량, 심혈관위험지수 및 동맥경화지수의 변화는 Table 7과 같다. 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HF)이 16.67±1.12 mg/dL로 정상식이군(N)의 24.83±2.24 mg/dL에 비하여 유의하게 감소하였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 각각 30.33±2.42 mg/dL와 31.33±1.31 mg/dL로 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 증가하였으며 정상식이군(N)보다도 높은 경향을 보였다. 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 정상식이군(N)이 11.47±1.40 mg/dL로 고지방식이군(HF)의 28.63±2.93 mg/dL에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 각각 16.57±1.41 mg/dL와 16.27±1.06 mg/dL로 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 저하되었으나, 순무 싹 분말 첨가 수준에 의한 차이는 나타나지 않았다. Rhee 등(14)은 고농도(200 mg/kg)에서 순무 에

Table 7. Contents of HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, cardiac risk factor (CRF) and atherogenic index (AI) in serum of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks

| Groups <sup>1)</sup> | HDL-cholesterol              | LDL-cholesterol <sup>2)</sup> | CRF <sup>3)</sup>      | AI <sup>4)</sup>       |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
|                      | (mg/dL)                      |                               |                        |                        |
| N                    | 24.83±2.24 <sup>5)(a6)</sup> | 11.47±1.40 <sup>b</sup>       | 2.20±0.13 <sup>b</sup> | 1.20±0.13 <sup>b</sup> |
| HF                   | 16.67±1.12 <sup>b</sup>      | 28.63±2.93 <sup>a</sup>       | 4.27±0.40 <sup>a</sup> | 3.27±0.40 <sup>a</sup> |
| HF-BRL               | 30.33±2.42 <sup>a</sup>      | 16.57±1.41 <sup>b</sup>       | 2.22±0.11 <sup>b</sup> | 1.22±0.11 <sup>b</sup> |
| HF-BRH               | 31.33±1.31 <sup>a</sup>      | 16.27±1.06 <sup>b</sup>       | 2.15±0.09 <sup>b</sup> | 1.15±0.09 <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>CRF(cardiac risk factor)=total cholesterol/ HDL-cholesterol.

<sup>4)</sup>AI(atherogenic index)=(total cholesterol-HDL-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.

탄올 추출물을 경구투여 시 고지혈증 흰쥐의 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량을 32.81% 정도 유의하게 감소하였고, 순무로부터 분리한 β-sitosterol을 고농도(15 mg/kg, 30 mg/kg) 투여 시에는 각각 36.47%와 40.26% 감소하여 β-sitosterol이 LDL-콜레스테롤에 의한 동맥경화증을 상당히 완화할 수 있다고 보고하였다.

또한 혈청 중 동맥경화지수와 심혈관위험지수도 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 유의하게 증가되었다. 고지방식에 의하여 증가된 동맥경화지수와 심혈관위험지수는 순무 싹 분말의 급여로 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 저하되었으며, 정상식이군(N)과도 비슷한 수치를 나타내었다. 간에서 말초조직으로 콜레스테롤을 운반하는 LDL-콜레스테롤이 높으면 심혈관계 질환의 위험이 높은 반면, HDL-콜레스테롤은 말초의 콜레스테롤을 간으로 이동시켜 담즙산으로 배설시킴으로써 심혈관계 질환의 억제효과를 가져온다(43).

따라서 본 연구결과 순무 싹 분말 첨가로 LDL-콜레스테롤 함량, 심혈관위험지수 및 동맥경화지수가 감소되었고, HDL-콜레스테롤 함량은 증가되어진 것으로 보아 순무 싹 분말이 심혈관계 질환의 억제 효과 및 고지혈증 개선 효과가 있을 것으로 사료되어진다.

**간과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량**

고지방식이와 순무 싹 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 간과 지방조직 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 8 및 Table 9와 같다.

간 조직 중 중성지방 함량은 Table 8과 같이 고지방식이군(HF)이 11.46±1.46 mg/g으로 정상식이군(N)의 4.03±0.47 mg/g에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이와 5% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRL)은 9.59±1.26 mg/g으로 고

Table 8. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks (mg/g)

| Groups <sup>1)</sup> | Triglyceride                | Total cholesterol       |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| N                    | 4.03±0.47 <sup>2)bc3)</sup> | 23.08±1.95 <sup>b</sup> |
| HF                   | 11.46±1.46 <sup>a</sup>     | 43.32±3.90 <sup>b</sup> |
| HF-BRL               | 9.59±1.26 <sup>a</sup>      | 31.00±2.08 <sup>b</sup> |
| HF-BRH               | 5.47±0.57 <sup>b</sup>      | 29.67±2.50 <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.

지방식이군(HF)에 비하여 약간 감소하였으나, 고지방식이와 10% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRH)은 5.47±0.57 mg/g로 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하여 정상식이군(N)과 비슷한 결과를 보였다. 간 조직 중 총콜레스테롤의 함량은 고지방식이군(HF)이 43.32±3.90 mg/g으로 정상식이군(N)의 23.08±1.95 mg/g에 비하여 유의하게 증가하였으며, 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 각각 31.00±2.08 mg/g과 29.67±2.50 mg/g으로 두 군 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였다. 식이섬유소는 체내 콜레스테롤 흡수를 억제하고 이화 및 배설을 촉진시키는 것으로 잘 알려져 있다. Kang과 Song(44)은 수용성 식이섬유소는 대체로 혈장 콜레스테롤 농도보다는 간 콜레스테롤 농도에 현저한 영향을 미치는 것으로 나타났다고 보고하였다. 이와 유사하게 본 연구결과도 순무 싹 분말의 급여하였을 경우 혈청 중 콜레스테롤 농도보다는 간 조직 중 콜레스테롤의 농도가 더 감소하였다. 이상의 결과 고지방식으로 증가된 간의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 순무 싹 분말 첨가로 저하된 것은 순무 싹에 함유된 식이섬유소의 영향으로 사료된다.

Table 9에서와 같이 부고환지방조직과 장간막지방조직 중 중성지방 함량은 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였고, 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였으며, 정상식이군(N)과도 유사한 경향이였다. 부고환지방조직과 장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HF)이 정상식이군(N)에 비

하여 유의적으로 증가하였다. 순무 싹 분말 급여로 부고환지방조직 중의 총콜레스테롤 함량에는 영향을 미치지 않았으나, 장간막지방조직 중의 총콜레스테롤 함량은 순무 싹 분말 첨가 수준이 증가할수록 고지방식이군(HF)에 비하여 감소되는 경향이였으나 유의차는 없었다.

## 요 약

순무 싹이 *in vivo*에서 고지방식으로 유발된 고지혈증 환자의 지질대사 개선 및 체중저하 효과를 측정된 결과는 다음과 같다. 체중증가량과 식이섭취량은 고지방식이와 순무싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였으며, 순무 싹 분말 첨가 수준이 증가할수록 식이섭취량은 감소하였다. 체중 당 간조직의 무게는 순무 싹 분말의 첨가로 간조직의 무게에는 영향을 미치지 않았으나, 고지방식으로 증가되어진 부고환조직 및 장간막지방조직의 무게는 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였다. 고지방식으로 증가되어진 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성은 순무 싹 분말의 혼합식으로 감소되었다. ALT 활성은 고지방식이와 10% 순무 싹 분말 첨가군(HF-BRH)의 경우 고지방식이군(HF)과 유의차를 보이며 감소하였고, AST 및 ALP 활성은 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)과 유의차를 보이며 감소하였다. 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 혈청 중 중성지방 함량은 유의하게 감소되었고, 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 약간 감소하였으나 유의성은 없었다. 순무 싹 분말의 급여로 인하여 고지방식으로 감소된 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 증가되었고, 고지방식으로 증가된 혈청 LDL-콜레스테롤 함량과 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 유의하게 감소되었다. 간조직 중 총콜레스테롤 함량은 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH) 모두 고지방식이군(HF)에 비하여 유의하게 감소하였고, 간조직 중 중성지방 함량은 고지방식이군(HF)에 비하여 고지방식이와 10% 순

Table 9. Contents of triglyceride and total cholesterol in adipose tissues of rats fed high fat diet containing *Brassica rapa* sprouts powder for 4 weeks (mg/g)

| Groups <sup>1)</sup> | Epididymal adipose tissue    |                         | Mesenteric adipose tissue |                          |
|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                      | Triglyceride                 | Total cholesterol       | Triglyceride              | Total cholesterol        |
| N                    | 88.69±2.86 <sup>2)bc3)</sup> | 22.02±0.86 <sup>b</sup> | 72.85±1.52 <sup>b</sup>   | 17.41±1.25 <sup>b</sup>  |
| HF                   | 110.65±6.56 <sup>a</sup>     | 26.29±0.76 <sup>a</sup> | 97.91±5.48 <sup>a</sup>   | 25.92±0.71 <sup>a</sup>  |
| HF-BRL               | 97.05±1.41 <sup>b</sup>      | 25.85±0.95 <sup>a</sup> | 80.24±4.65 <sup>b</sup>   | 24.20±1.89 <sup>a</sup>  |
| HF-BRH               | 94.36±1.97 <sup>b</sup>      | 26.09±1.55 <sup>a</sup> | 76.45±3.84 <sup>b</sup>   | 21.22±1.00 <sup>ab</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.

무싹 분말 첨가군(HF-BRH)에서 유의한 감소 효과를 보였다. 부고환지방조직과 장간막지방조직의 총콜레스테롤 함량은 순무 싹 분말 첨가로 유의적인 감소 효과는 없었다. 부고환지방조직과 장간막지방조직 중 중성지방 함량은 고지방식이와 순무 싹 분말 첨가군들(HF-BRL, HF-BRH)은 고지방식이군(HF)에 비하여 유의적인 감소 효과를 보였다. 이상의 결과 순무 싹이 흰쥐의 고지방식에 의한 체중 및 지방조직의 무게 감소 효과와 체내 중성지방 및 총콜레스테롤 상승을 억제시키는 등 지질대사 개선에 효과가 있다고 사료되나 이와 관련된 기능성분 및 작용기전에 대해서는 더욱 구체적이고 체계적인 연구가 요구된다.

### 문 헌

1. Korea National Statistical Office. 2008. 2007 Summary Report of the Cause of Death Statistics.
2. Wu JH, Kao JT, Wen MS. 1993. Coronary artery disease risk predicted by plasma concentration of HDL cholesterol, apolipoprotein AI, apolipoprotein B, and lipoprotein(a) in a general Chinese population. *Clin Chem* 39: 209-215.
3. Kim NJ, Jung EA, Kim DH, Lee SI. 1999. Studies on the development of antihyperlipidemic drugs from oriental herbal medicines (I). *Kor J Pharmacogn* 30: 368-376.
4. Kim NJ, Jung EA, Kim DH, Lee SI. 2000. Studies on the development of antihyperlipidemic drugs from oriental herbal medicines (II). *Kor J Pharmacogn* 31: 190-195.
5. Woo N, Song ES, Kim HJ, Seo MS, Kim AJ. 2007. The comparison of antioxidative activities of sprouts extract. *Korean J Food & Nutr* 20: 356-362.
6. Fernandez ML, Lin ECK, Trejo A, McNamara DJ. 1992. Prickly pear (*Opuntia* sp.) pectin reverses low density lipoprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pig. *J Nutr* 122: 2330-2340.
7. Kim YS, Min BY, SB GB. 1983. Effects of dietary fiber on lipid metabolism of albino rats. *Korean J Food & Nutr* 12: 310-315.
8. Aro A, Unsutupa M, Voutilaninen E, Korhonen T. 1984. Effects of guar gum in male subjects with hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 39: 911-916.
9. Yook CS. 1981. *An Illustrated Guide of Korean Medicine Flora*. Jin Myoung Press, Daegu, Korea. p 120.
10. Kang IH. 1991. *Korean Food Culture History*. 2nd ed. Sam Young Sa, Masan, Korea. p 197.
11. Choi AR, Lee GS, Chae HJ. 2008. Effects of ultrasonication on the analysis of sulforaphane content in vegetables. *KAIS* 9: 794-799.
12. Bang MH, Lee DY, Oh YJ, Han MW, Yang HJ, Chung HG, Jeong TS, Lee KT, Choi MS, Baek NI. 2008. Development of biologically active compounds from edible plant sources X X II. Isolation of indoles from the roots of *Brassica campestris* ssp *rapa* and their hACAT inhibitory activity. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 51: 65-69.
13. Choi HJ, Han MJ, Baek NI, Kim DH, Jung HG, Kim NJ. 2006. Hepatoprotective effects of *Brassica rapa* (turnip) on d-galactosamine induced liver injured rats. *Korean J Pharmacogn* 37: 258-265.
14. Rhee YH, Lee EU, Park SY, Lee HJ, Yoon BJ, Yoon JH, Yoon SH. 2005. Effects of *Brassica rapa* L. extracts and  $\beta$ -sitosterol on hyperlipidemic rats. *Korean J Oriental Physiol Path* 19: 1528-1533.
15. 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.
16. Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. *Korean J Food Sci Technol* 20: 188-193.
17. Kwon TB. 1994. Changes in rutin and fatty acids of buckwheat during germination. *Korean J Food & Nutrition* 7: 124-127.
18. Lee MH, Woo SJ, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in contents and composition of dietary fiber during buckwheat germination. *Korean J Food & Nutrition* 7: 274-283.
19. Lee EH, Kim CJ. 2008. Nutritional changes of buckwheat during germination. *Korean J Food Culture* 23: 121-129.
20. Hwang EJ, Lee SY, Kwon SJ, Park MH, Boo HO. 2006. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic activities of *Fagopyrum esculentum* Mönch extract in germinated seeds. *Korean J Medicinal Crop Sci* 14: 1-7.
21. Kim SH, Lee EY, Ham SS. 2007. Antioxidation and anti-genotoxic effects of buckwheat sprout extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 955-959.
22. Cui CB, Lee EY, Ham SS, Lee DS. 2008. Antimutagenic and cytotoxic effects of and ethanol extract of buckwheat sprout. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 51: 212-218.
23. Woo N, Song ES, Kim HJ, Seo MS, Kim AJ. 2007. The comparison of antioxidative activities of sprouts extract. *Korean J Food & Nutr* 20: 356-362.
24. Lee JS, Park SJ, Sung KS, Han CK. 2000. Effects of germinated-buckwheat on blood pressure, plasma glucose and lipid levels of spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 32: 206-211.
25. 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.
26. 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.
27. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med* 113: 1101-1110.
28. 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.
29. Zlatkis A, Zak B. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143-148.
30. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. 1975. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clinical Chem* 21: 437-441.
31. Artiss JD, Brogan K, Brucal M, Moghaddam M, Catherine Jen KL. 2006. The effects of a new soluble dietary fiber on weight gain and selected blood parameters in rats. *Metab Clin Exp* 55: 195-202.
32. Pellizon M, Busion A, Jen KL. 2000. Short-term weight cycling in aging female rats increases rate of weight gain but not body fat content. *Int J Obes* 24: 236-245.
33. Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. 1996. Effects of pine needle extracts on serum and liver lipid contents in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 367-373.
34. Shin MK, Han SH. 2006. Effects of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner) leaf powder on lipid concentrations in rats fed high fat diet rats. *Korean Food Culture* 21: 202-208.
35. Kim ES, Kim MY. 1999. Effects of dried leaf powders and

- ethanol extracts of persimmon, green tea and pine needle on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutrition* 32: 337-352.
36. Shin MK, Kim DH, Han SH. 2003. Effects of dried green tea leaf powder of serum on lipid concentrations in rats fed high fat. *Korean J Food Culture* 18: 226-234.
37. 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 lipid param-free and lipid param enriched diets. *J Ethnopharmacame* 72: 331-336.
38. 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.
39. Kim EJ, Kim YE, Kim GY. 2007. The anti-obesity effects of treadmill exercise and *Gastrodia elata* on the obesity rats induced high-fat diet. *Korean J Exerc Nutr* 11: 61-68.
40. Choi YS. 2002. Characteristics of mayonnaise quality by addition of sterol. *MS Thesis*. Kyung Hee University, Seoul, Korea.
41. Koo BS, Lee JW. 2004. Effect of phytosterol treatment on plasma lipids and glucose in rats. *Korean J Food Culture* 19: 429-434.
42. Choi JS, Lee JH, Young HS. 1995. Anti-hyperlipidemic effect of *Phragmites communis* and its active principles. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 523-529.
43. Nam BS, Lye YJ, Jin HH, Ha KY. 2002. Effects of green tea consumption on serum lipid profiles. *Korean J Nutr* 35: 854-862.
44. Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 358-369.

(2010년 2월 17일 접수; 2010년 4월 5일 채택)