

## 무청분말이 콜레스테롤식을 공급한 흰쥐의 장기능 및 분변 중 중성지질 및 Sterol 배설에 미치는 영향

장현서<sup>1</sup> · 안정모<sup>2</sup> · 구경형<sup>3</sup> · 이순재<sup>4</sup> · 강신권<sup>5</sup> · 최정화<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>한국생명공학연구원, <sup>2</sup>경북대학교 치과대학  
<sup>3</sup>한국식품연구원, <sup>4</sup>대구가톨릭대학교 식품영양학과  
<sup>5</sup>한국국제대학교 식품과학부

### Effect of Radish Leaves Powder on the Gastrointestinal Function and Fecal Triglyceride, and Sterol Excretion in Rats Fed a Hypercholesterolemic Diet

Hyun-Seo Jang<sup>1</sup>, Jung-Mo Ahn<sup>2</sup>, Kyung-Hyung Ku<sup>3</sup>, Soon-Jae Rhee<sup>4</sup>,  
Shin Kwon Kang<sup>5</sup>, and Jeong-Hwa Choi<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Daejeon 305-333, Korea  
<sup>2</sup>Dept. of Biochemistry, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu 700-422, Korea  
<sup>3</sup>Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea  
<sup>4</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea  
<sup>5</sup>School of Food Science, International University of Korea, Gyeongnam 660-759, Korea

#### Abstract

The current study examined the effects of radish leaves powder on the excretion of fecal triglyceride, and sterol and hepatic UDP-glucuronyl transferase (UDPGT) activity in rats fed hypercholesterolemic diet. Male Sprague-Dawley rats weighing  $100 \pm 10$  g were randomly assigned to normal control group (N group), normal diet with 5% radish leaves powder supplemented group (NR) and hypercholesterolemic groups, which were sub-divided into radish leaves powder free diet group (HC) and 2.5% (HRL), 5% (HRM), and 10% (HRH) radish leaves powder supplemented groups. The experimental diets were fed *ad libitum* for 4 weeks. Fecal weights and water contents were significantly increased in all radish leaves powder supplemented groups (NR, HRL, HRM, and HRH) than that of N and HC groups. Fecal total lipid contents including fecal neutral and acidic sterols in radish leaves powder supplemented groups were higher than those of the HC group, and especially that of HRH group was the highest among all experimental groups. Hepatic UDPGT activity of HRH group was 38% higher than that of HC group. Excretions of fecal bile acid were increased 2.3 and 2.7 folds in HRM and HRH groups compared with that of HC group. And neutral sterol, coprostanol, and coprostanone contents of them were higher in radish leaves powder supplemented groups than in HC group. These results suggest that radish leaves may act as potential substitute for a dietary fiber capable of improving a gastrointestinal function and lipid metabolism.

**Key words:** radish leaves powder, hypercholesterolemic diet, UDP-glucuronyl transferase (UDPGT), fecal sterol excretion

#### 서 론

성인병의 주된 발병원인으로써 동물성 지방 및 저질의 단백질이 함유된 육류 및 인스턴트식품 등 고칼로리 식품의 섭취 등의 식생활 패턴의 변화 및 서구화된 식습관이 가장 문제가 되고 있다(1), 이러한 식생활 패턴은 중성지방과 콜레스테롤의 체내축적을 일으킬 수 있고 결과적으로 동맥경화, 고지혈증 및 지방간 등의 성인병 등이 유발되게 된다(2,3).

식사로부터 섭취된 지질 가운데 콜레스테롤의 경우, 간으

로 운반된 후 일부는 담즙산을 형성하게 된다. 형성된 담즙산은 소장으로 분비되어 지방을 유화시켜 소화를 돕고 다시 간으로 흡수되는 장간 순환을 한다. 담즙산이나 스테롤류의 대사는 체내 콜레스테롤 함량에 영향을 미칠 수 있다. 즉, 콜레스테롤은 소장에서 담즙산과 만나 체내로 흡수되므로, 식사에 의해 증가된 간의 콜레스테롤을 제거하기 위해서는 담즙산 합성의 증가가 필수적이다. 또한 콜레스테롤 대사 과정에서 간에서는 UDP-glucuronyl transferase(UDPGT) 활성이 증가되는데 이 효소는 간의 해독작용뿐만 아니라(4),

\*Corresponding author. E-mail: jhappychoi@hanmail.net  
Phone: 82-55-751-8274, Fax: 82-55-751-8100

콜레스테롤의 이용을 증가시켜 조직과 혈중의 콜레스테롤을 저하시키는 작용을 한다(5,6).

지방 및 콜레스테롤의 체내축적에 의한 질병의 예방 및 치료에 있어서 운동 및 금연 등 생활양식의 변화와 부작용이 없는 치료제(7)에 대한 관심이 증가하고 있는 실정이나, 무엇보다도 저지방식사, 저염식, 식이섬유소 및 기능성 식품 등 식이요법에 의한 예방 및 치료방법이 가장 권장되고 있다(8). 식이요법으로부터 섭취되는 기능성 물질가운데 식이섬유소는 인체의 장내 미생물에 의해 발효되어 혈중지질을 낮춤으로써 심혈관계질환의 위험도를 조절하는 역할을 하는 등(9) 고지방 및 고콜레스테롤 관련 질환에 있어서 식이섬유소의 생리대사적 역할이 중요하다고 인식되고 있어(10-12) 식이섬유소를 다량 함유하고 있는 천연물을 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다(13,14).

무청은 십자화과 채소인 무의 잎 부분으로 우리나라에서 많이 재배되고 있으며, 식이섬유소 다량함유 천연물이다(15). 또한, 유해활성산소 소거능력이 있는  $\beta$ -carotene, anthocyanin 및 glucosinolate 등을 함유하고 있어 항산화 및 항암 작용을 나타내는 등 우수 생리활성이 기대되는 천연물이다(16,17). 그러나 무청관련 선행 연구들은 대부분 생리활성물질 분리와 관련된 연구들이며(18), 생리적 작용에 대한 연구보고는 활성화 되지 못하였고, 특히 무청을 이용한 동물 실험에서 sterol류 조성 및 배설과 관련된 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고콜레스테롤 식이를 공급한 흰쥐에서 무청분말의 공급이 분변의 중성지질 및 sterol류 배설 및 간조직의 UDPGT 활성변화에 미치는 영향을 관찰하고, 이러한 결과를 바탕으로 무청의 장기능 및 지질대사 개선효능을 검증하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 무청 준비

실험에 사용한 무청의 품종은 여름과 가을에 수확된 관동무로 하였다. 무청 가공의 초기 단계인 세척 공정, 건조 방법, 염장으로 전 처리하였으며, 무청의 품질 변화를 조사한 후 미농단백질을 제외하고 여름무와 가을무의 무청을 동결 건조시켜 동일한 크기의 입자로 분쇄한 후 사용하였다.

### 실험동물, 식이조성 및 사육

실험동물은 체중  $100 \pm 10$  g 내외의 Sprague-Dawley 중수컷을 바이오 제노믹스(Bio Genomics, Inc., Seoul, Korea)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 환경에 적응시키기 위해 일주일간 예비사육한 후, 난괴법(randomized complete block design)에 의해 대조군과 실험군으로 나눈 후 Table 1과 같이 나누어 4주간 사육하였다. 실험 기간 중 식이는  $4^\circ\text{C}$ 에서 보관하였으며 매일 일정 시간에 공급하여 자유로이

**Table 1. Compositions of diets in experiment groups**

Ingredients	Groups <sup>1)</sup> (g/kg diet)						
	N	NR	HC	HRL	HRM	HRH	
Corn starch <sup>2)</sup>	650	625	638	613	588	538	
Casein <sup>3)</sup>	150	150	150	150	150	150	
Sucrose <sup>4)</sup>	50	50	50	50	50	50	
Corn oil <sup>5)</sup>	50	50	50	50	50	50	
Salt mixture <sup>6)</sup>	40	40	40	40	40	40	
Vitamin mixture <sup>7)</sup>	10	10	10	10	10	10	
Cellulose <sup>8)</sup>	50	50	50	50	50	50	
Cholate <sup>9)</sup>	-	-	2	2	2	2	
Cholesterol <sup>10)</sup>	-	-	10	10	10	10	
Radish leaves powder <sup>11)</sup>	-	25	-	25	50	100	
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000	

<sup>1)</sup>N: normal diet, NR: normal diet+25 g radish leaves powder (2.5%), HC: hypercholesterolemic diet, HRL: hypercholesterolemic diet+25 g radish leaves powder (2.5%), HRM: hypercholesterolemic diet+50 g radish leaves powder (5%), HRH: hypercholesterolemic diet+100 g radish leaves powder (10%). The diet of experiment groups were supplemented with 0.4% (4 g/kg) the mixtures.

<sup>2)</sup>Pung jin Chem. Co., Seoul, Korea.

<sup>3)</sup>Lactic Casein, 30 mesh, New Zealand Dairy Board, Wellington, N.Z.

<sup>4)</sup>Sam Yang Co., Seoul, Korea.

<sup>5)</sup>Dong Bang Oil Co., Seoul, Korea.

<sup>6)</sup>AIN-76 likeness (g/kg mixture): calcium phosphate, dibasic ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 500, sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ) 74, potassium citrateminohydrate ( $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 220, potassium sulfate ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) 52, magnesium oxide ( $\text{MgO}$ ) 24, manganius carbonate (45~48% Mn) 3.5, ferric citrate (16~17% Fe) 6, zinc carbonate (70% ZnO) 1.6, cupric carbonate (53~55% Cu) 0.3, potassium iodate ( $\text{KIO}_3$ ) 0.01, sodium selenite ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 0.01, chromium potassium sulfate [ $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ] 0.55, filled up to 1,000 with sucrose.

<sup>7)</sup>ALN-76 likeness (mg/kg mixture): thiamin-HCl 600, riboflavin 600, pyridoxine · HCl 700, nicotinic acid (nicotinamide in equivalent) 3,000, D-calcium pantothenate 1,600, folic acid 200, D-biotin 20, cyanocobalamin (Vitamin  $\text{B}_{12}$ ) 1, retinyl palmitate or acetate (vitamin A) as stabilized powder to provide 400,000 IU vitamin A activity or 120,000 retinol equivalent, DL- $\alpha$ -tocopheryl acetate 5,000 IU, cholecalciferol (100,000 IU, may be in powder form) 2.5, menaquinone (vitamin K, menadione) 5, filled up to 1,000 with sucrose.

<sup>8)</sup>Sigma Chem. Co., CMC (sodium carboxyl methyl cellulose, non-nutritivefiber), St. Louis, Missouri, USA.

<sup>9)</sup>Sigma Chem. Co., St. Louis, Missouri, USA.

<sup>10)</sup>Sigma Chem. Co., St. Louis, Missouri, USA.

<sup>11)</sup>Radish leaves: minong danbakmoo.

섭취하게 하였다. 사육실의 온도는  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도는  $50 \pm 10\%$ 를 유지하였다. 식이군들은 정상군과 1% 고콜레스테롤식이 실험군으로 나눈 후 정상군은 정상식이 대조군(N-C group), 정상식이+5% 무청분말 공급군(NR group)으로 고콜레스테롤 실험군은 고콜레스테롤 대조군(HC group), 고콜레스테롤식이+2.5% 무청분말 공급군(HRL group), 고콜레스테롤식이+5% 무청분말 공급군(HRM group) 및 고콜레스테롤식이+10% 무청분말 공급군(HRH group)으로 총 6군으로 나누어 사육하였다.

### 분변수집 및 배설량 측정

실험기간 중 4주째에 3일간 대사 cage에서 분변을 수집하여 건조전의 무게를 칭량하였다. 분변은 급속냉동실(-70°C)에서 항량에 도달할 때까지 건조시킨 다음 건조중량을 칭량한 후 분변 sterol과 담즙산 측정 시까지 -80°C 냉동고에서 보관하였다.

### 분변의 총지질과 중성지질 함량 측정

실험 전 마지막 3일간 변의 wet 무게를 측정한 후 동결건조기(-70°C)에서 항량에 도달할 때까지 냉동건조시킨 뒤 건조 중량을 측정하여 변 중의 수분함량을 계산하였다. 변의 총지질은 Folch 등의 방법(19)에 의해 추출하여 중량을 측정하였고, 중성지방 함량은 Sale 등에 의해 수정된 방법(20)에 의해 500 nm에서 정량하였다.

### 분변의 bile acid 함량 측정

건조 분변 1 g을 시료로 채취하여 분쇄한 뒤 Czubayko 등의 방법(21)에 의해 담즙산을 추출한 후 Macdonald와 Crowell의 방법(22)에 따라 담즙산 분석용 효소시약(Sigma Diagnostics No 450, USA)으로 측정하였다. 즉 중성스테롤 추출단계 중 원심분리 하여 얻어진 수용성 하층 분획에 10 N NaOH 용액을 2 mL 넣어 15 psi로 가압 멸균기에서 3시간 비누화시킨 다음 증류수 5 mL를 가하고 25% HCl로 pH 1.5로 맞추고 diethyl ether 7 mL 넣어 상층액을 회전증발기로 농축시킨 후 질소가스로 완전히 건조시켜 MeOH:H<sub>2</sub>O(5:1) 혼합액에 용해시켜 일정량을 bile acid 측정용 시료로 취하여 효소법에 의해 340 nm에서 정량하였다.

### 분변의 중성 cholesterol, coprostanol 및 coprostanone 함량 측정

분변의 중성 스테롤인 cholesterol, coprostanol 및 coprostanone 양은 Czubayko 등의 방법(21)에 따라 건조된 분변을 막자사발에 갈아서 1 g을 취한 후 internal standard로써 1 mg 5 $\alpha$ -cholestane을 첨가하였다. 여기에 1 N NaOH(in 90% ethanol) 10 mL를 가하여 67°C 수욕 상에서 1시간동안 알칼리로 가수분해시킨 후, 실온에서 식힌 다음 물 5 mL를 가하고 7 mL cyclohexane으로 세 번 추출하였다. 추출된 cyclohexane용액은 질소 gas하에서 건조시킨 후 cyclohexane 60  $\mu$ L로 용해시켜 GC로 정량하였다. GC의 분석 조건으로 column은 Superlco SAC<sup>TM</sup>5 Capillary column을, carrier gas는 N<sub>2</sub>(28 mL/min)을 사용하였다. Column temperature는 285°C, detector(FID) temperature는 300°C, injection temperature는 300°C로 하였다.

### 간조직의 UDP-glucuronyl transferase(UDPGT) 활성 측정

전 처리한 간 microsome에서 Reinke 등의 방법(23)으로 UDPGT 활성도를 측정하였다. 즉 시험관에 working substrate용액(0.05 M phosphate buffer(pH 7.0), 15 mM UDP-

glucuronic acid, 10 mM p-nitrophenol, 10 mM MgCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, 0.2% bovine albumin, 0.5%  $\nu$ /v Triton X-100)을 가하여 3분간 preincubation시킨 후 0.15 M KCl로 현탁시킨 microsome 시료와 증류수를 가하여 37°C에서 20분간 반응하고 0.3 N perchloric acid를 가하여 1,600 $\times$ g에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 0.5 mL 취하여 1.6 M glycine buffer(pH 10.3)를 가하여 436 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 단백질 정량

각 시료의 단백질량은 Lowry 등의 방법(24)으로 하였으며, bovine serum albumin을 표준품으로 사용하였다.

### 통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군 별로 표준차가 있는가를 검증하기 위해 분산분석을 수행하였으며 분산분석(ANOVA 검증)결과 유의성이 발견된 경우 Tukey's HSD test(25)에 의해 군 간의 유의도를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 분변의 배설량 및 수분 함량

분변의 배설량 및 수분함량에 대한 결과는 Table 2와 같다. 분변 배설량(wet weight)은 무청공급군들에서 유의적으로 배변량이 증가되었으며 HC군에 비해 HRL군, HRM군 및 HRH군에서 배설량이 135%, 136% 및 161%씩 각각 증가되었다. 분변중의 수분 함량은 무청공급군에서 유의적으로 증가되었으며 N군에 비해 NR군의 수분함량이 139% 증가되었으며 HC군에 비해 HRL군, HRM군 및 HRH군에서 수분함량이 145%, 148% 및 315%씩 각각 현저하게 증가되었다. 이러한 결과는 본 연구의 선행연구(26)에서 보고한 바와 같이 모든 그룹 간에 식이섭취량 및 식수섭취량에 유의적인 차이가 없었으므로, 본 실험에 사용한 무청 내에 함유되어 있는 식이섬유(1.53% 함유)에 의해 체내 포만감을 주어 동일한 섭취량에 비해 배설량이 증가된 것으로 사료된다. Stephen과 Cumming(27)은 수용성 섬유질은 대장에서 미생물의 성장을 자극하므로 배변량을 증가시킨다고 보고하였으며 Hideo(28)는 섬유소가 대장의 연동운동을 증가시켜 대

**Table 2. Feces weights and water contents in rats fed hypercholesterolemic diet with various levels of radish leaves**

Groups	Wet weight (g/day)	Dry weight (g/day)	Water content (g/day)
N	4.08 $\pm$ 0.31 <sup>1)a2)</sup>	3.64 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	0.44 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
NR	5.34 $\pm$ 0.61 <sup>b</sup>	4.75 $\pm$ 0.34 <sup>b</sup>	0.61 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
HC	4.30 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	3.84 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>	0.46 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
HRL	5.81 $\pm$ 1.53 <sup>b</sup>	5.12 $\pm$ 0.40 <sup>b</sup>	0.68 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>
HRM	5.85 $\pm$ 0.52 <sup>b</sup>	5.18 $\pm$ 0.47 <sup>b</sup>	0.67 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
HRH	6.93 $\pm$ 0.43 <sup>b</sup>	5.49 $\pm$ 0.43 <sup>b</sup>	1.45 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>

The experimental conditions are the same as Table 1.

<sup>1)</sup>All values are mean $\pm$ SE (n=10).

<sup>2)</sup>Values within a column with different superscripts are significantly different among groups at p<0.05 by Tukey's test.

**Table 3. Effects of radish leaves on fecal total lipid, total cholesterol, and triglyceride contents in rats fed hypercholesterolemic diet**

Groups	Total lipid (mg/day)	Total cholesterol (mg/day)	Triglyceride (mg/day)
N	50.00±7.55 <sup>1)c2)</sup>	10.80±5.11 <sup>d</sup>	7.75±1.53 <sup>d</sup>
NR	62.50±4.89 <sup>c</sup>	13.48±3.91 <sup>d</sup>	7.84±1.11 <sup>d</sup>
HC	167.50±15.00 <sup>b</sup>	80.79±1.41 <sup>c</sup>	37.80±0.21 <sup>c</sup>
HRL	241.67±21.75 <sup>a</sup>	100.70±29.61 <sup>bc</sup>	47.52±4.53 <sup>b</sup>
HRM	251.25±24.09 <sup>a</sup>	150.37±0.64 <sup>ab</sup>	82.68±1.33 <sup>a</sup>
HRH	252.50±22.17 <sup>a</sup>	167.24±14.57 <sup>a</sup>	85.49±6.13 <sup>a</sup>

The experimental conditions are the same as Table 1.

<sup>1)</sup>All values are mean±SE (n=10).

<sup>2)</sup>Values within a column with different superscripts are significantly different among groups at p<0.05 by Tukey's test.

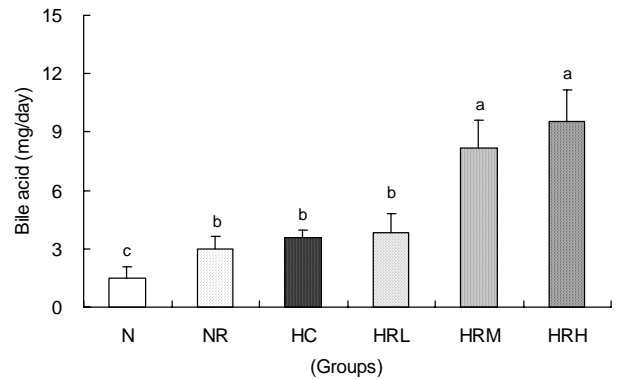
장내용물의 수분함량을 증가시키므로 변비를 해소하는 역할을 한다고 보고하였다.

**분변의 총지질, 총콜레스테롤 및 중성지방 함량**

분변으로의 지질배설량을 알아보기 위한 분변의 지질을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 분변의 총지질 함량은 정상군에 비해 HC군 및 무청을 공급한 군들에서 유의적으로 증가되었으며 HC군에 비해 무청공급군에서 증가되었다. 분변의 총콜레스테롤 함량은 정상군에 비해 HC군 및 무청 공급군들에서 유의적으로 증가되었으며 HC군에 비해 무청을 5% 및 10% 공급한 HRM 및 HRH군에서 86% 및 107% 각각 증가되었다. 분변 중의 중성지방의 함량은 정상군에 비해 HC군 및 무청 공급군들에서 유의적으로 증가되었으며 HC군에 비해 HRL, HRM 및 HRH군에서 26%, 119% 및 126% 각각 높았다. 이는 무청 내에 함유된 식이 섬유질과 flavonoids의 생리적 효과에 의한 것으로 사료된다. 이러한 결과는 An과 Kim의 연구(11)에서 무건분 및 양파즙을 공급하여 변 중의 총지방, 중성지방 및 총콜레스테롤 배설량을 높였고 특히 무건분에서 가장 많은 양의 지질을 배설하였다는 보고와 유사한 경향이였다.

**분변의 담즙산 및 중성스테롤 함량**

체내 콜레스테롤 대사의 최종 산물인 담즙산의 배설량을 측정하기 위해 변의 bile acid함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 정상군에 비해 NR군, HC군 및 무청공급군들에서 bile acid 함량이 증가되었으며 HC군에 비해 무청을 10% 및 15% 공급한 HRM 및 HRH군에서 130% 및 167%씩 각각 증가되었다. 담즙산의 배설에 있어서 Dietschy와 Wilson(29)은 장관 내에서 콜레스테롤이 미셀 형성에 참여 않는 경우는 장내 미생물에 의해 분변으로 배설되고 과량의 콜레스테롤이 흡수되면 생체의 보상작용으로 담즙산의 배설이 증가한다고 보고하였다. Vahouny 등의 보고(30)에 의하면 pectin 등 각종 식이섬유소는 흰쥐의 소장에서 콜레스테롤과 담즙산의 재흡수를 저해하여 이들의 배설을 촉진한다고 하여 무청의 작용으로 분변중의 담즙산의 배설량이 증가되어 체내 콜레



**Fig. 1. Effects of radish leaves on fecal bile acid content in rats fed hypercholesterolemic diet.** The experimental conditions are the same as Table 1. All values are mean±SE (n=10). Values within a column with different superscripts are significantly different among groups at p<0.05 by Tukey's test.

스테롤 감소효과를 나타낼 것으로 사료되어진다.

체내의 콜레스테롤을 체외로 제거하는 수단인 분변 중성스테롤의 배설량을 관찰하기 위해 분변 시료중 cholesterol, coprostanol, coprostanone 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 분변에서의 콜레스테롤 함량은 정상군에 비해 HC군 및 무청공급군들에서 유의적으로 증가되었고, HC군에 비해 HRM 및 HRH군에서 15% 및 30%씩 각각 증가되었다. Coprostanol 함량은 N군에 비해 NR군, HC군 및 무청공급군들에서 유의적으로 증가되었고, HC군에 비해 HRL, HRM 및 HRH군에서 62%, 21% 및 58%씩 각각 증가되었다. 또 coprostanone 함량도 정상군에 비해 무청공급군들에서 유의적으로 증가되었으며 HC군에 비해 무청을 10% 공급한 HRH군에서 151% 증가되었다. Chem 등(31)은 변 중으로 담즙산이 배설되는 것 이외에도 식물성 식이섬유를 보충했을 때 중성스테롤의 분변 배설이 증가된다고 보고하였다.

**간조직의 UDPGT 활성**

UDPGT는 UDP-glucuronic acid를 glucuronic acid로 전환·축매 하는 역할을 하며, 체내에 유입되는 화학물의 해독 기전에 중요한 역할을 하며 또한, 담즙합성에 필요한 황색 담즙색소인 빌리루빈 (bilirubin)의 생성에 관여하는 효소이

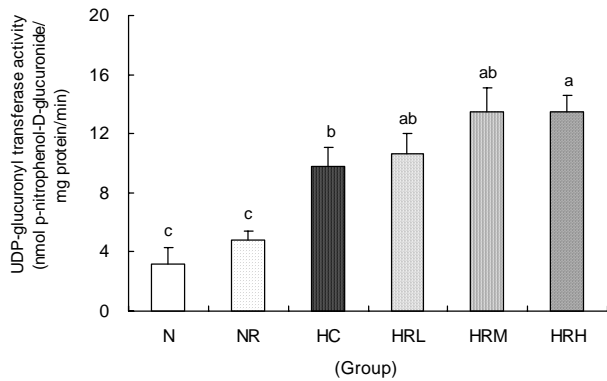
**Table 4. Effects of radish leaves on fecal neutral sterol content in rats fed hypercholesterolemic diet**

Groups	Cholesterol (mg/day)	Coprostanol (mg/day)	Coprostanone (mg/day)
N	6.30±1.54 <sup>1)d2)</sup>	1.10±1.34 <sup>c</sup>	0.45±0.25 <sup>a</sup>
NR	9.09±4.28 <sup>d</sup>	4.11±0.89 <sup>b</sup>	0.87±0.12 <sup>ab</sup>
HC	175.59±0.41 <sup>b</sup>	13.79±1.88 <sup>a</sup>	0.89±0.33 <sup>ab</sup>
HRL	152.35±10.02 <sup>c</sup>	22.28±6.99 <sup>a</sup>	2.04±0.86 <sup>bc</sup>
HRM	203.30±11.03 <sup>a</sup>	16.69±3.23 <sup>a</sup>	2.01±0.76 <sup>bc</sup>
HRH	227.52±12.34 <sup>a</sup>	21.73±6.85 <sup>a</sup>	2.23±0.36 <sup>c</sup>

The experimental conditions are the same as Table 1.

<sup>1)</sup>All values are mean±SE (n=10).

<sup>2)</sup>Values within a column with different superscripts are significantly different among groups at p<0.05 by Tukey's test.



**Fig. 2. Effects of radish leaves on hepatic UDP-glucuronyl transferase activity in rats fed hypercholesterolemic diet.** The experimental conditions are the same as Table 1. All values are mean  $\pm$  SE (n=10). Values within a column with different superscripts are significantly different among groups at  $p < 0.05$  by Tukey's test.

다(32,33). 간의 담즙대사와 관련된 glucuronidation을 알아보기 위해 UDPGT 활성을 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 정상군에 비해 고콜레스테롤군들에서 활성이 유의적으로 증가되었으며 HC군에 비해 HRL 및 HRM군에서 다소 증가하였으나 무청을 5% 공급한 HRH군에서 38% 유의적으로 증가되어 가장 높은 활성을 나타내었다. 따라서 콜레스테롤 공급군에서 증가한 결과는 간의 증가된 콜레스테롤을 제거하기 위해 담즙합성을 위한 bilirubin conjugation 및 UDPGT 활성이 증가되었으며 또한 무청을 공급함으로써 콜레스테롤의 이용을 증가시켜 조직과 혈중의 콜레스테롤을 저하시킨 결과로 사료된다.

## 요 약

본 연구에서는 고콜레스테롤 흰쥐에 무청과우더를 공급함으로써 분변을 통한 지질배설과 장기능 개선에 미치는 효과와 그 작용기전을 규명하고자 간조직의 UDP-glucuronyl transferase 활성변화와 분변중의 지질 및 sterol류의 조성을 관찰하였다. 실험동물은 체중 100 g내외의 Sprague-Dawley 중 수컷 흰쥐를 이용하였으며, 정상군과 고콜레스테롤 식이 실험군으로 나눈 후 정상군은 다시 무청과우더를 공급하지 않은 군(N group), 무청과우더를 공급한 군(NR group)으로 나누고 고콜레스테롤 식이 실험군은 무청과우더를 공급하지 않은 군(HC group)과 무청과우더를 각각 2.5%(HRL group), 5%(HRM group), 10%(HRH group)씩 공급한 군으로 나누었다. 식이와 식수는 자유섭식 시켰으며, 4주 간 사육한 후 희생시켰다. 분변량은 무청공급군들에서 무청의 공급량이 증가할수록 많은 배변량을 보였다. 수분함량 역시 HC군에 비해 무청공급군들에서 많은 함량을 보였다. 분변중의 총지질, 총콜레스테롤 및 TG 함량은 HC군에 비해 무청공급군들에서 현저하게 증가되었다. 분변중의 bile acid 함량은

HC군에 비해 HRM 및 HRH군에서 2.3배 및 2.7배씩 각각 증가되었다. 분변중의 중성 스테롤류인 cholesterol, coprostanol, coprostanone 함량은 HC군에 비해 다소 높은 경향이 있었다. 간 microsome의 UDPGT의 활성은 HC군에 비해 HRH군에서 38% 유의적으로 증가되어 가장 높은 활성을 나타내었다. 이상의 결과를 통해 무청은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에서 간조직의 UDPGT 활성의 증가로 담즙산의 흡수를 지연시킴으로써 고콜레스테롤 섭취 시 분변중으로 총지질, 총콜레스테롤, 중성지방, 중성스테롤 및 산성스테롤인 담즙산의 배설을 증가시키는 작용을 나타내었고, 따라서 장기능 및 지질대사 개선을 위한 우수 물질임을 알 수 있었다.

## 감사의 글

이 연구는 2004년 농림기술개발사업 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부이며 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

- Muller SA. 1999. Classification, pharmacology and side effects of common laxatives. *Ital J Gastroenterol Hepatol* 31: 234-237.
- Hill J, Lin D, Yakubu F, Peter JC. 1992. Development of dietary obesity in rats, influence of amount and composition dietary fat. *Int J Obes Relat Metab Disord* 16: 321-333.
- Lee HK. 1990. Recent progress in obesity research: Diseases associated with obesity. *Korean J Nutr* 23: 341-346.
- Singhal AK, Finver-Sadowsky J, Mcherry CK, Mosbach EH. 1983. Effect of cholesterol and bile acids on the regulation of cholesterol metabolism in hamster. *Biochem Biophysica Acta* 752: 214-222.
- Paul HA. 1979. Lipophilicity of acceptor substrate as a factor in late foetal rat liver microsomal UDP-glucuronosyl-transferase activity. *Biochem Pharmacol* 29: 999-1006.
- Bandary S, Reddy BS. 1981. Diet and excretion of bile acids. *Cancer Res* 41: 3766-3768.
- Hooper L, Bartlett C, Davey Smith G, Ebrahim S. 2003. Reduced dietary salt for prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev* 3: CD003656.
- Yoo VY. 2003. Review: For Healthy elderly life HRT: The controversy continues after decades of debate. *J Korean Soc Menopause* 9: 130-134.
- Vahouny GV. 1982. Dietary fiber, lipid metabolism, and atherosclerosis. *Fed Proc* 41: 2801-2806.
- Baik SO, Kim HK, Lee YH, Kim YS. 2004. Preparation of active fraction from radish water extracts for improving the intestinal functions and constipation activities. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 315-320.
- An SJ, Kim MK. 2001. Effect of dry powders, ethanol extracts and juices of radish and onion on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutr* 34: 513-524.
- Suh SH, Lee HR, Rhee SJ, Choi SW, Cho SH. 2003. Effects of peonia seed extracts and resveratrol on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diets. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1102-1107.
- Lee HS. 1997. Dietary fiber intake of Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 540-548.

14. Gordon DT. 1992. The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Korean J Nutr* 25: 75-76.
15. Zia-ur-Rehman Z, Islam M, Shah WH. 2003. Effect of microwave and conventional cooking on insoluble dietary fibre components of vegetables. *Food Chem* 80: 237-240.
16. Malisorn C, Suntornsuk W. 2008. Improved  $\beta$ -carotene production of *Rhodotorula glutinis* in fermented radish brine by continuous cultivation. *Biochem Engineer J* doi:10.1016/j.bej.2008.08.005.
17. Tatsuzawa F, Toki K, Saito N, Shinoda K, Shigihara A, Honda T. 2008. Anthocyanin occurrence in the root peels, petioles and flowers of red radish (*Raphanus sativus* L.) *Dyes and Pigments* 79: 83-88.
18. Boyd JN, Babisch JG, Stoewsand GS. 1982. Modification by beet and cabbage diets of aflatoxin B<sub>1</sub>-induced rat plasma  $\alpha$ -foetoprotein elevation, hepatic tumorigenesis and mutagenicity of urine. *Food Chem Toxicol* 20: 47-52.
19. Folch JM, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226: 497-509.
20. Sale FD, Marchesini S, Fishman PH, Berra B. 1984. *A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts*. Academic Press Inc, New York. p 347-350.
21. Czubayko F, Beumers B, Lammsfass S, Lutjohann D, Bergmann KA. 1992. Simplified micro-method for quantification of fecal excretion of neutral and acidic sterols for outpatient studies in humans. *J Lipid Res* 32: 1861-1867
22. Macdonald LA, Crowell MJ. 1980. Enzymic determination of 3 $\alpha$ -, 7 $\alpha$ -, and 12 $\alpha$ -hydroxyl groups of fecal bile salts. *Clin Chem* 26: 1298-1300.
23. Reinke LA, Moyer MJ, Notley KA. 1986. Diminished rats of glucuronidation and sulfation in perfused rat liver after chronic ethanol administration. *Biochem Pharmacol* 35: 439-447.
24. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
25. Sreel RGD, Torrie JH. 1990. *Principles and procedures of statistics*. McGraw Hill, New York, USA.
26. Rhee SJ, Ahn JM, Ku KH, Choi JH. 2005. Effects of radish leaves powder on hepatic antioxidative system in rats fed high-cholesterol diets. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1157-1163.
27. Stephen AM, Cumming JH. 1980. Mechanism of action of dietary fiber in the human colon. *Nature* 284: 283-284.
28. Hideo T. 1994. Health effects of oligosaccharides. *Food Technology* 48: 61-65.
29. Dietschy JM, Wilson JD. 1970. Regulation of cholesterol metabolism. *N Engl J Med* 282: 1128-1138.
30. Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story J, Kritchevsky D, Cassidy M, Grund BM, Treadwell CR. 1978. Dietary fiber and lymphatic absorption of cholesterol in the rat. *Am J Clin Nutr* 31: S208-S212.
31. Chem WL, Andersom JW, Jenning D. 1984. Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibers in cholesterol fed rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 175: 215-218.
32. Scragg I, Celier C, Burchell B. 1985. Congenital jaundice in rats due to the absence of hepatic bilirubin UDP-glucuronyltransferase enzyme protein. *FEBS Letters* 183: 37-42.
33. Bandary S, Reddy BS. 1981. Diet and excretion of bile acids. *Cancer Res* 41: 3766-3768.

(2008년 8월 23일 접수; 2008년 10월 9일 채택)