

참비름의 라디칼 소거활성 및 콜레스테롤 급이 흰쥐에 대한 혈액 지질성분에 미치는 영향

황초롱¹ · 이수정¹ · 류지현¹ · 강재란¹ · 강신권² · 성낙주^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

²한국국제대학교 식품의약학과

Effects of Chambirum on Radical Scavenging Activity and Serum Lipid Levels in Rats Fed Cholesterol

Cho-Rong Hwang¹, Soo-Jung Lee¹, Ji-Hyeon Ryu¹, Jae-Ran Kang¹,
Shin-Kwon Kang², and Nak-Ju Sung^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences,
Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

²Dept. of Food Medicinal, International University of Korea, Gyeongnam 663-759, Korea

Abstract

To evaluate of biological activity of Chambirum (*Amaranthus lividus*) *in vitro* and *in vivo*, we investigated the free radical scavenging activity of its extracts *in vitro* and the effect of lyophilized powder on the serum lipid profile of rats fed cholesterol. ABTS, DPPH, and NO radical scavenging activities were tested from water and 80% ethanol extracts of Chambirum, and biological activities of the ethanol extracts were significantly higher than the water extracts. The total lipid and total cholesterol content of serum, atherogenic index (AI), and cardiac risk factor (CRF) were decreased significantly for the groups fed with a 5% and 10% supplement of Chambirum powder (HCA1 and HCA2) in comparison with the group fed cholesterol (HC). Triglyceride content decreased drastically in the HCA2 group, while its content was not decreased in the other group. HDL-cholesterol content was elevated in the HCA1 and HCA2 groups, but was not significantly different to the supplemented amount of Chambirum powder. GPT and γ -GTP activities were decreased significantly in the groups fed with Chambirum powder compared to the HC group. And the content of the lipid peroxide level was the same trend. Therefore, these results give evidence that Chambirum might be useful in the control of induced disorders by dietary cholesterol and/or lipids.

Key words: *Amaranthus lividus* L., radical scavenging activity, serum lipids profile

서 론

순환기계 질환의 주요 원인이 되는 외인성 콜레스테롤의 과다 섭취는 동맥혈관내 플라그 형성을 촉진하며(1), 혈액 및 간 조직의 지질과산화물 생성을 증가시킴으로써 체내의 산화적 손상이나 동맥경화증을 초래할 가능성이 큰 것으로 알려져 있다(2,3). 더욱이 콜레스테롤에 기인된 심혈관 질환은 여타의 만성 소모성 질환보다 식이 의존도가 높아(4) 최근에 와서는 천연식물류를 이용한 체내 콜레스테롤 수준을 효율적으로 감소시키기 위한 연구가 이루어지고 있는데, 대부분이 식물류 중의 섬유소나 페놀성 화합물에 의한 효능인 것으로 보고되어 있다(5-7). 따라서 동물성 식품의 섭취 감소와 식물성 식품의 섭취 증가는 체내 지질 수준을 낮추고 산화적 손상으로부터 조직을 보호하여 건강 증진과 밀접한

상관관계를 갖는다고 볼 수 있다. 특히 식물류로부터 유래한 폴리페놀 성분은 생체 내 자유 라디칼과 반응함으로써 산화 과정의 진행을 방해하는 항산화제 효과가 있으며(8), 섬유소는 체내에서 콜레스테롤 흡수 저해제 효과(9)가 있는 것으로 알려져 있다.

참비름(Chambirum, *Amaranthus lividus* L.)은 비름과(Amaranthaceae)에 속하는 식물로 세계적으로 56속 900여 종이 자생하고 있으며 주로 열대 및 아열대에 분포하나 우리나라의 경우 3속 7종이 자생하는 것으로 알려져 있는데, 눈비름(*A. deflexus* L.), 털비름(*A. retroflexus* L.), 청비름(*A. viridis* L.), 가시비름(*A. spinosus* L.) 등과 구별되며, 주로 나물로 섭취되는 것은 참비름에 제한적이다(10). 비름과 식물에는 phytic acid, phytin-P, oxalate 및 tannin 등 기능성 물질이 풍부하며, Ca, Mg, Zn 및 K 등의 무기물과 glutamic

*Corresponding author. E-mail: snakju@gnu.ac.kr
Phone: 82-55-772-1431, Fax: 82-55-772-1439

acid, alanine, aspartic acid 및 leucine 등과 같은 아미노산이 풍부하여 영양학적으로 볼 때 꽤 우수한 식품에 해당된다(11). 비름의 잎으로부터 분리된 nerolidol은 *in vitro*에서 라디칼 소거활성이 높으며, 지질과산화 억제효과(12), 동물체의 간 및 신장 조직에서 lactate, malate, glucose-6-phosphate dehydrogenase 및 glucose-6-phosphatase 등의 효소 활성을 증가시킨다는 연구보고도 있다(13). 특히 항당뇨(14,15), 고지혈증 및 고콜레스테롤혈증에 대한 효과 등에 대한 보고가 많으며(16-18), 국내 연구로는 항균활성(10)과 항바이러스 효과(19) 등에 대한 연구에 제한되어 있다.

본 연구에서는 여름철 우리나라 산야에 자생되어 나물류로 이용되는 참비름을 이용하여 라디칼 소거활성 및 콜레스테롤 급이 흰쥐에 보충함으로써 혈액 내 지질 성분 변화를 측정하여 참비름의 순환기계 질환 예방을 위한 기능성식품 소재로서 이용가능성에 대해 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시료 추출

참비름은 경남 진주시 도매시장에서 구입하여 흐르는 물에서 3회 수세한 다음 동결 건조하여 분쇄한 후(80~100 mesh) -70°C에서 냉동 보관해 두고 실험동물의 사료에 사용하였다. 참비름의 물 및 에탄올 추출물은 건조 분말시료의 중량에 대해 10배의 증류수 및 80% 에탄올을 각각 가하여 60°C의 수욕상에서 3시간 동안 환류냉각하면서 2회 반복 추출하였으며, 이를 여과한 후 60°C에서 감압 농축하여 완전 건조시킨 다음 -70°C에서 냉동 보관해 두고 라디칼 소거활성용 시료로 사용하였다.

라디칼 소거활성 측정

ABTS[2,2-azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonate)] 라디칼 소거활성은 7 mM의 ABTS 수용액에 potassium persulfate를 2.4 mM 되도록 용해시켜 암실에서 12시간 동안 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석시킨 ABTS 용액을 사용하였으며, 여기에 동량의 시료액 50 µL를 혼합하여 실온에서 10분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(20). DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거활성은 DPPH 용액(5 mg/100 mL methanol) 100 µL에 동량의 시료액을 혼합하여 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다(21). Nitric oxide 라디칼 소거활성은 5 mM sodium nitropruside 용액 0.5 mL에 시료액 0.5 mL 및 20 mM phosphate 완충용액 2 mL를 혼합하여 25°C의 수욕상에서 150분간 반응시킨 후 Griess reagent[2% sulfanilamide-4% H₃PO₄:0.2% naphthylethylenediamide=1:1(v/v)] 0.5 mL를 가하여 542 nm에서 흡광도를 측정하였다(22). 라디칼 소거활성(%)은 $[1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{시료 무첨가구의 흡광도})] \times 100$ 으로 계산하였다.

실험동물의 사육 및 식이

Sprague-Dawley계 150±10 g의 생후 5주령의 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양받아 1주일간 순화 과정을 거친 후 난괴법에 의해 7마리씩 4그룹으로 사육 상자에 한 마리씩 분리하여 사육하였다. 실험군은 일반식이군(normal), 콜레스테롤 식이를 급이한 대조군(HC), 콜레스테롤 식이와 5%의 참비름 분말 첨가군(HCA1) 및 콜레스테롤 식이와 10%의 참비름 분말 첨가군(HCA2)으로 구분하여 4주간 실험 사육하였다. 동물 사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)은 온도 22±2°C, 습도 50±5%, 명암주기 12시간(07:00~19:00)으로 자동조절 하였으며, 각 실험군의 식이조성은 Table 1과 같다.

실험 사육의 최종일에 실험동물은 16시간 절식시킨 다음 에테르로 가볍게 마취 후, 심장 채혈하였으며 혈액은 빙수중에 30분간 방치한 다음 980×g에서 15분간 원심분리 하여 혈청을 분리하여 -70°C에 보관해 두고 분석하였다.

혈중 지질 및 혈당 분석

혈청의 총 지질 함량은 Frings 등(23)의 방법에 따라 혈청 20 µL에 진한 황산 200 µL를 가하여 분해한 다음 phospho-vanillin 시약을 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시킨 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 콜레스테롤, 중성지방 및 HDL-콜레스테롤 함량은 시판 AM kit(Asan Pharm. Co., Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였으며, LDL-콜레스테롤 함량은 Friedewald 등(24), VLDL-콜레스테롤 함량은 Cheung (25)의 방법에 따라 계산하였다. 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 Haglund 등(26), 심혈관질환 위험지수(car-

Table 1. Diet compositions in experimental group
(g/100 g diet)

Ingredients	Groups	
	Normal diet	Cholesterol diet
Corn starch	39.8	38.55
Casein	20	20
Dextrin	13.2	13.2
Cellulose	5	5
Sucrose	10	10
Vitamin mix. ¹⁾	1	1
Mineral mix. ²⁾	3.5	3.5
L-Cysteine	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2
Soybean oil	7	7
Cholesterol	-	1
Sodium cholate	-	0.25
Experimental design		
Normal	Normal diet	
HC	Cholesterol diet fed group	
HCA1	Cholesterol diet+5% <i>Amaranthus lividus</i> powder ³⁾ fed group	
HCA2	Cholesterol diet+10% <i>Amaranthus lividus</i> powder ³⁾ fed group	

¹⁾AIN-93 vitamin mixture.

²⁾AIN-93 mineral mixture.

³⁾Lyophilized powder (80~100 mesh).

diac risk factor, CRF)는 Kang 등(27)의 방법에 따라 산출하였다. 혈당 함량은 glucose 측정용 AM kit(Asan Pharm. Co.)를 사용하여 측정하였다.

GOT, GPT, γ -GTP 및 ALP 활성 측정

혈청의 GOT(glutamic oxaloacetic transaminase), GPT(glutamic pyruvic transaminase), γ -GTP(glutamyl transpeptidase) 및 ALP(alkaline phosphatase) 활성도는 AM kit(Asan Pharm. Co.)를 사용하여 측정하였다.

지질과산화물 함량 측정

지질과산화물 함량은 Yagi(28)의 방법에 따라 혈청 100 μ L에 1/12 N 황산 용액 및 10% phosphotungstic acid를 차례로 가한 후 980 \times g에서 15분간 원심분리 시켰다. 상층액을 제거한 잔사에 증류수 및 TBA(thiobarbituric acid) 시약을 1 mL 가하고, 95°C의 수욕상에서 60분간 반응시켜 형성된 지질과산화물을 butanol에 이행시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. TBARS 함량은 1,1,3,3-tetraethoxypropane (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 사용한 표준 검량선으로부터 산출하였고 mmol/mL로 나타내었다.

통계처리

각 실험 결과는 SPSS(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 시료 추출물간의 *in vitro* 라디칼 소거활성은 Student's t-test($p < 0.05$)로 분석하였으며, *in vivo*에서 각 실험군 간의 통계적 유의성 검정은 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

참비름 추출물의 라디칼 소거활성

참비름 동결건조 분말의 물 및 80% 에탄올 추출물로부터 ABTS, DPPH 및 nitric oxide 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 125~2000 μ g/mL 농도 범위의 참비름 추출물은 시료의 첨가 농도가 증가함에 따라 라디칼 소거활성은 유의적으로 상승하였다. ABTS 라디칼 소거활성 결과, 참비름 물 추출물의 IC_{50} 값은 274.1 μ g/mL, 에탄올 추출물은 135.0 μ g/mL 정도로 에탄올 추출물의 활성이 약 2배 정도 높았다. 더욱이 125~500 μ g/mL의 농도 범위에서는 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 유의적으로 높은 활성이었으나, 1000 μ g/mL 이상의 농도에서는 시료의 농도 및 추출물간에 유의차가 없었다. DPPH 라디칼 소거활성은 물 추출물의 IC_{50} 값이 247.0 μ g/mL로 에탄올 추출물(125 μ g/mL 이하)의 활성이 더 높았다. 또한 250 μ g/mL 이하의 농도에서는 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 유의적으로 활성이 높았으나, 500 μ g/mL 이상의 농도에서는 시료 간에 유의차를 보이지 않아 ABTS 라디칼 소거활성과 전반적으로 유사한 경향이 었다. Nitric oxide 라디칼 소거활성은 모든 실험 농도에서

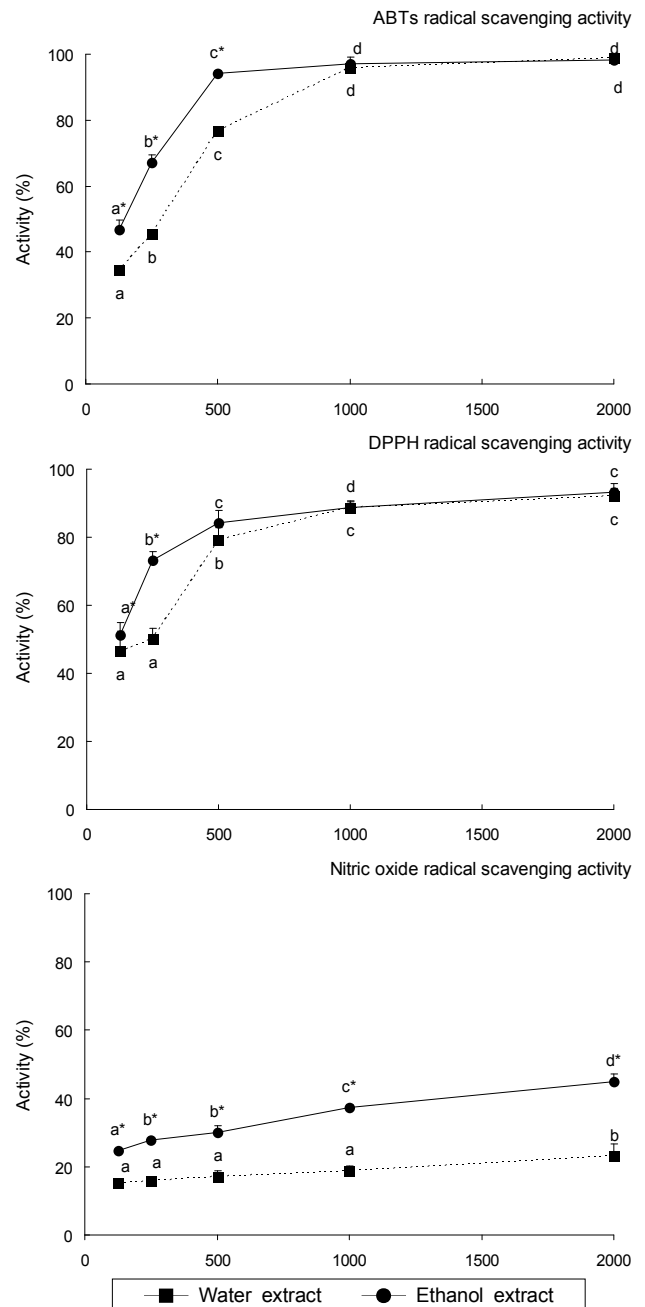


Fig. 1. Radical scavenging activity of water and ethanol extracts from *A. lividus*. ^{a-d}Mean in same extract with different superscripts are significantly different from each other by ANOVA, Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. *Significantly increased, compared between water and ethanol extract in the same concentration, by Student t-test at $p < 0.05$.

에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 유의적으로 높았으나, 2000 μ g/mL 농도에서도 활성은 50% 미만이었다. 본 실험에 사용된 참비름의 물 및 80% 에탄올 추출물 중 총 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량은 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 유의적으로 높게 정량된 바 있어(29) 에탄올 추출물의 높은 라디칼 소거활성은 이들 물질의 함량과 정(+)의 관계인 것으로 판단된다.

참비름 용매별 추출물로부터 ABTS 라디칼 소거활성은 에틸아세테이트>물>메탄올 추출물 순이었으며, DPPH 라디칼 소거활성은 에틸아세테이트>메탄올>물 추출물 순으로 높았는데, 시료 중의 페놀 화합물의 함량에 비례적인 것으로 보고된 바 있다(30). 비름과 식물인 줄맨드라미의 DPPH 라디칼 소거활성도 ABTS 라디칼 소거활성보다 높았으며, 이는 시료 중 페놀 화합물의 함량이 DPPH 라디칼 소거활성과 상관성이 더 크기 때문이라고 하였다(31). 반면에 nitric oxide 라디칼 소거활성은 phenolic acids와 폴리페놀 화합물 이외에 ascorbic acid, cysteine 및 hydroquinone 등의 환원력에도 영향을 받은 것으로 알려져 있다(32). 더욱이 쇠비름의 용매별 추출물에서 라디칼 소거활성도 본 연구와 유사한 경향을 보여(33) 비름과 식물의 라디칼 소거활성에 주요 물질은 페놀 화합물인 것으로 추정된다.

지질성분 함량

콜레스테롤을 급이한 흰쥐를 대조군으로 하여 참비름 동결건조 분말을 각각 5%와 10% 수준으로 보충 급이하여 4주간 실험사육한 후 혈액 내 지질성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 총 지질, 중성지방 및 콜레스테롤 함량은 콜레스테롤을 급이하지 않은 정상군에 비하여 대조군에서 유의하게 증가하였다. 참비름 동결건조 분말을 첨가한 HCA1 및 HCA2군에서 총 지질 함량은 대조군에 비해 5.9~8.5% 정도 감소되었으나, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 HCA2군이 HCA1군에 비해 2배 이상의 감소를 보였다. 비름 분말 급이 시 HDL-콜레스테롤은 대조군에 비해 유의적으로 증가되었으나 첨가량에 따른 유의차는 없었다. LDL-콜레스테롤은 참비름 분말의 첨가량에 따라 대조군에 비해 유의적으로 감소되었으며, HCA2군은 HCA1군에 비해 약 2배 감소하였다. VLDL-콜레스테롤은 대조군에 비해 HCA2군에서 유의적인 감소를 보였다. 동맥경화지수와 심혈관질환 위험지수는 대조군에 비해 참비름 분말 첨가량에 따라 유의적으로 감소되었다.

고콜레스테롤 식이에 귀리 및 비름(*Amaranthus hypochondriacus*) 분말을 10% 혼합급이 하였을 때 혈청 총 콜레스테롤과 중성지방 함량은 대조군에 비해 유의적으로 감소되어 식이섬유소의 영향인 것으로 보고되어 있다(34). 뽕잎

분말은 52% 수준의 높은 섬유소 함량에 의해 고콜레스테롤 급이 흰쥐에서 식이효율을 낮추며, 혈청 내 중성지방이나 총 콜레스테롤 수준을 대조군에 비해 유의적으로 감소시킨다고 보고된 바 있다(5). 쇠비름 건조분말의 섬유소 함량은 약 31.35% 수준으로 콜레스테롤 급이 흰쥐에 5% 이상 보충 급이 시 총 지질, 중성지방 및 총 콜레스테롤 수준을 대조군에 비해 유의적으로 감소시킨다는 보고도 있다(6). 지방 식이에 1%의 녹차 건조 분말의 혼합급이 시에도 시료 중의 식이섬유소와 플라보노이드류에 의해 혈액 중 총 지질, 중성지방 및 LDL-콜레스테롤 함량이 유의적으로 감소되었으며, 특히 중성지방의 감소에 효과적인 것으로 보고되어 있다(7). 이와 같이 폴리페놀성 물질은 혈중 콜레스테롤 수준을 낮춤으로써 심혈관 질환의 예방에 효과적인 것으로 알려져 있는데(35), quercetin은 총 콜레스테롤이나 LDL-콜레스테롤 수준을 낮추고 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시킴으로써 혈액 내 지질 농도를 건강에 유익한 방향으로 개선시키는데 도움을 주는 것으로 알려져 있다(36). 참비름의 물 및 에탄올 추출물에는 항산화 물질로써 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 많을 것으로 보고되어 있으며(29), 특히 quercetin 유도체인 rutin이 동정된 바 있다(37). 더욱이 참비름 동결건조 분말의 섬유소 함량은 약 27.1% 정도로 정량되었으며, 이를 급이한 실험동물의 1일 식이섭취량은 정상군을 비롯한 모든 실험군에서 16.0~17.7 g으로 유의차가 없었으며, 4주간의 총 체중 증가량도 콜레스테롤을 급이한 대조군과 실험군 간의 통계적인 유의차를 보이지 않아(결과 미제시), 본 연구결과 참비름에 함유된 폴리페놀 성분이나 섬유소는 외인성 콜레스테롤 식이에 의한 체내 LDL-콜레스테롤 수준이나 동맥경화 지수를 낮추며 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 농도비를 높이는 효과에 의해 순환기계 질환의 예방에 도움이 될 것으로 사료된다.

혈당 함량

콜레스테롤 식이에 참비름 분말을 보충급이 하였을 때 생체 내에 주 에너지원인 탄수화물 대사의 지표가 되는 혈중 포도당의 농도를 측정할 결과는 Fig. 2와 같다. 대조군이 238.88 mg/dL로 정상군(176.39 mg/dL)에 비하여 유의적으로 높았으며, HCA1군은 대조군과 유의차가 없었으나 HCA2

Table 2. Effect of *A. lividus* powder supplementation on the lipid profile and atherogenic index in rats fed cholesterol

	Normal	HC	HCA1	HCA2
Total lipid (mg/dL)	201.23±9.84 ^{a1)}	414.73±4.55 ^d	390.34±6.90 ^c	379.37±4.66 ^b
Total cholesterol (mg/dL)	89.77±2.78 ^a	139.77±2.78 ^d	128.09±4.83 ^c	108.03±3.71 ^b
Triglyceride (mg/dL)	35.17±1.09 ^a	54.67±5.42 ^c	51.83±2.97 ^c	47.17±1.92 ^b
HDL-C (mg/dL)	40.33±1.93 ^c	20.72±2.59 ^a	34.40±1.07 ^b	36.61±2.50 ^b
LDL-C (mg/dL)	41.89±5.69 ^a	108.12±1.77 ^d	83.32±5.23 ^c	61.98±2.36 ^b
VLDL-C (mg/dL)	7.03±0.22 ^a	10.93±1.08 ^c	10.37±0.60 ^c	9.43±0.38 ^b
AI	1.21±0.15 ^a	5.83±0.83 ^d	2.73±0.23 ^c	1.96±0.12 ^b
CRF	2.21±0.15 ^a	6.83±0.83 ^d	3.73±0.23 ^c	2.96±0.12 ^b

¹⁾Values are mean±SD (n=7). ^{a-d}Values in a row sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05
 Atherogenic index (AI)=(Total cholesterol-HDL-C)/ HDL-C.
 Cardiac risk factor (CRF)=Total cholesterol/ HDL-C.

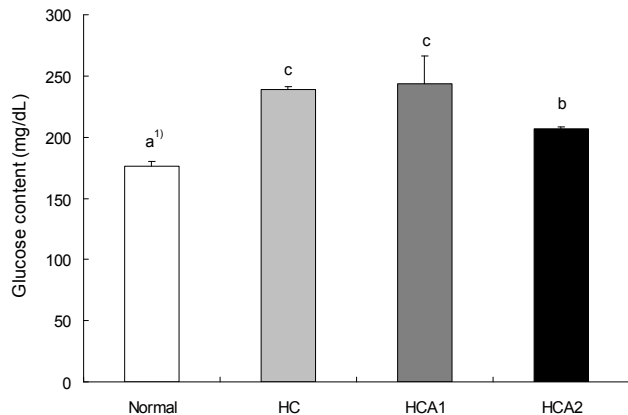


Fig. 2. Effect of *A. lividus* powder supplementation on the glucose content in serum of rats fed cholesterol. ¹⁾Values are mean±SD (n=7). ^{a-c}Different superscripts indicate a significantly different from each other by ANOVA, Duncan's multiple range test at p<0.05.

군에서는 206.58 mg/dL로 유의적인 감소를 보였다.

고지방 식이는 혈액 내 콜레스테롤이나 유리 지방산의 수준을 높이고 인슐린 저항성을 감소시킴으로써 고혈당 현상을 초래하므로, 심혈관 질환의 예방을 위해서 혈당 조절은 혈중 지질 조절과 함께 중요하다고 볼 수 있다(38). 플라보노이드의 일종인 quercetin이나 naringin 등과 같은 정제물질이 고콜레스테롤을 급이한 흰쥐에 혼합되었을 때 혈당의 함량에는 유의차를 보이지 않았으나, 지질개선 효과는 유의적인 감소효과를 보인 바 있다(36,39). 가시비름 추출물을 당뇨 쥐에 15일 동안 투여 시 정상군과 유사한 수준까지 혈당 강하 효과를 보였는데, 시료 추출물의 경우 여러 종류의 폴리페놀성 물질이나 가용성 섬유소에 의해 당뇨성 산화적 스트레스로 생성된 유리 라디칼을 효과적으로 소거함으로써 정상적인 혈당 수준을 회복하는 것으로 보고되어 있다(14). 본 연구 결과 콜레스테롤 식이에 참비름 분말의 10% 보충급이 시 혈당 저하에 효과적인 것으로 볼 때, 이는 시료 중의 섬유소가 체내 콜레스테롤 수준을 유의적으로 감소시켰기 때문에 나타난 결과라 추정된다.

GOT, GPT, γ -GTP 및 ALP 활성

흰쥐의 콜레스테롤 식이에 참비름 분말을 보충급이 하였을 때 혈액 내 간기능 효소로써 GOT, GPT, γ -GTP 및 ALP 활성을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 이들 효소 활성은 정상군에 비해 대조군에서 모두 유의적으로 상승하였으며, 참비름 분말 급이 시에는 낮아지는 경향이였다. 혈청 GOT 활

성은 대조군이 94.00 U/mL였는데, HCA2군에서는 83.91 U/mL로 유의적인 감소를 보였다. GPT 및 γ -GTP의 활성은 참비름 분말 첨가 시 대조군에 비해 유의적인 감소를 보였으나 첨가량에 따른 유의차는 없었다. ALP 활성은 대조군과 비교해 볼 때 유의차가 없었다.

쇠비름 분말의 보충식이이는 콜레스테롤 급이 흰쥐에서 혈중 GOT 및 GPT 활성을 유의적으로 감소시켰는데, 이는 LDH(lactate dehydrogenase)의 활성 감소와 함께 체외로 지질 배출량이 증가됨으로써 간세포 장애의 지연과 간기능 회복에 의한 결과이며(6), 또한 사염화탄소를 투여한 흰쥐에 가시비름 추출물을 투여한 경우 혈중 ALP 활성이 대조군에 비해 현저하게 감소되어 간 손상의 회복에 효과가 있었다는 보고도 있다(40). 이와 같이 혈중 GOT 및 GPT 활성은 식이성 콜레스테롤의 유입량에 따라 혈액 중에 증가되는데(27), 본 실험에서도 참비름의 급이 시 대조군에 비해 이들 효소 활성이 유의적으로 감소된 것을 볼 때, 참비름 분말은 콜레스테롤 급이로 인한 간조직의 지질 수준의 감소나 간기능의 유지에 효과적일 것으로 예상된다.

지질과산화물 함량

콜레스테롤 식이에 참비름 분말을 5% 및 10%의 수준으로 보충 급이하여 사육한 흰쥐에서 혈액 중 지질과산화물 함량은 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 정상군의 지질과산화물 함량은 37.01 mmol/mL이었으나, 대조군(41.54 mmol/mL)은 유의적으로 증가되었다. 참비름 분말 급이 시에는 각각 28.56 mmol/mL(HCA1) 및 22.93 mmol/mL(HCA2)로 대조군에 비해 첨가량이 증가됨에 따라 유의적인 감소를 보였다.

Malondialdehyde는 지질과산화 과정의 중간산물로 다가 불포화지방산이 유리기에 의해 산화분해 될 때 생성되며 지질과산화의 지표로 잘 알려져 있다(41). Kwak 등(3)은 혈청, 간 및 신장 조직에 대한 ascorbate-Fe²⁺에 의한 지질과산화 반응 결과, 고지방 및 고콜레스테롤 급이군에서 저지방 식이군보다 유의적으로 지질과산화물 함량의 증가를 보인 것으로 보고한 바 있다. 이는 외인성 콜레스테롤의 과다섭취가 생체 내 산화적 스트레스를 촉진시키고(42), 항산화계의 활성을 감소시켜 생체 내 지질과산화를 초래한다는 보고(43)와 유사한 것으로 생각된다. 더욱이 폴리페놀 화합물은 *in vitro* 지질과산화 억제에 높은 상관성($r^2=0.98$)을 지닌다는 보고(44)로 보아 비름과 식물류는 총 페놀, 플라보노이드 및 α -tocopherol 등에 의한 항산화 활성의 상호작용으로 체내 유리 라디칼의 직접적인 소거제로써 지질과산화를 억제(30)

Table 3. Effect of *A. lividus* powder supplementation on the GOT, GPT, γ -GTP and ALP activities in rats fed cholesterol (U/mL)

	Normal	HC	HCA1	HCA2
GOT	56.33±3.64 ^{a1)}	94.00±6.82 ^c	89.68±3.52 ^{bc}	83.91±1.70 ^b
GPT	16.02±1.15 ^a	28.68±1.13 ^c	24.58±1.63 ^b	24.17±1.50 ^b
γ -GTP	8.37±1.26 ^a	10.36±0.07 ^b	8.67±0.76 ^a	8.43±0.81 ^a
ALP	20.72±3.70 ^a	24.80±1.31 ^b	23.35±1.00 ^{ab}	22.24±2.87 ^{ab}

¹⁾Values are mean±SD (n=7). ^{a-c}Values in a row sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05

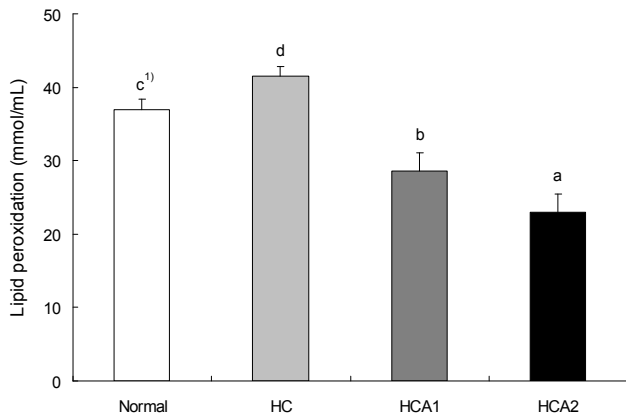


Fig. 3. Effect of *A. lividus* powder supplementation on the lipid peroxide level in serum of rats fed cholesterol. ¹⁾Values are mean±SD (n=7). ^{a-d)}Different superscripts indicate a significantly different from each other by ANOVA, Duncan's multiple range test at p<0.05.

할 가능성이 있으므로 이는 본 연구 결과와도 잘 일치하는 것으로 여겨진다. 따라서 본 연구에서 참비름은 생체 내 항산화 활성 증가를 예상할 수 있으며, 식이성 콜레스테롤에 의한 고지혈증 개선에도 효과적인 것으로 사료되어 향후 이를 이용한 기능성식품의 개발에 이용가능성이 높을 것으로 기대된다.

요 약

참비름의 *in vitro* 라디칼 소거활성 및 콜레스테롤 급이 흰쥐에 보충 급이할 경우 혈액 중 지질 성분의 함량에 미치는 영향을 분석하였다. 참비름 물 및 80% 에탄올 추출물의 ABTS, DPPH 및 nitric oxide 라디칼 소거활성은 물 추출물보다 에탄올 추출물에서 유의적으로 높았다. 콜레스테롤을 급이한 대조군에 비해 5%(HCA1) 및 10%(HCA2)의 참비름 분말 급이 시 혈청 총 지질, 총 콜레스테롤 함량, 동맥경화 지수 및 심혈관질환 위험지수는 시료의 첨가량이 증가됨에 따라 유의적으로 감소하였다. 중성지방은 HCA2군에서만 유의적인 감소를 보였으며, HDL-콜레스테롤은 대조군에 비해 참비름 분말 급이 시 증가하였으나, 첨가량에 따른 유의차는 없었다. 혈중 GPT 및 γ -GTP 활성은 대조군에 비하여 참비름 분말 급이군에서 유의적으로 감소하였다. 혈중 지질과산화물 함량도 같은 경향이였다. 따라서 참비름은 식이성 콜레스테롤에 의한 질환의 조절에 유효할 것으로 생각된다.

문 헌

1. Wu JH, Kao JT, Wen MS, Wu D. 1993. Coronary artery disease risk predicted by plasma concentrations of high-density lipoprotein cholesterol, apolipoprotein AI, apolipoprotein B, and lipoprotein(a) in a general Chinese population. *Clin Chem* 39: 209-215.
2. Mantha SV, Kalra J, Prasad K. 1996. Effects of probucol

- on hypercholesterolemia-induced changes in antioxidant enzymes. *Life Sci* 58: 503-509.
3. Kwak CS, Kim MY, Lee MS. 2005. Antioxidant effect of plant food mixtures in rat fed on high fat-high cholesterol diet. *Korean J Nutr* 38: 352-363.
4. Glowinska B, Urban M, Koput A. 2002. Cardiovascular risk factors in children with obesity, hypertension and diabetes: lipoprotein(a) levels and body mass index correlate with family history of cardiovascular disease. *Eur J Pediatr* 161: 511-518.
5. Kim AJ, Kim SY, Choi MK, Kim MH, Han MR, Chung KS. 2005. Effects of mulberry leaves powder on lipid metabolism in high cholesterol-fed rats. *Korean J Food Sci Technol* 37: 636-641.
6. Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Kim MJ, Kim SH, Sung NJ. 2011. Effects of *Portulaca oleracea* on the lipid levels of rats fed a hypercholesterolemia inducing diet. *J Food Sci Nutr* 16: 202-209.
7. Shin MK, Kim DH, Han SH. 2003. Effects of dried tea leaf powder of serum on lipid concentrations in rats fed high fat. *Korean J Food Culture* 18: 226-234.
8. Gupta M, Mazumdar UK, Gomathi P, Kumar RS. 2004. Antioxidant and free radical scavenging activities of *Erva-tamia coronaria* Stapf. leaves. *Iran J Pharm Res* 2: 119-126.
9. Russell DW, Setchell FDR. 1992. Bile acid biosynthesis. *Biochem* 31: 4737-4749.
10. Oh YS, Lee SH. 2005. Isolation and identification of antimicrobial compound from *Amarantus lividus*. *J Korean Microbiol Biotechnol* 33: 123-129.
11. Fasuyi AO. 2007. Bio-nutritional evaluations of three tropical leaf vegetables (*Telfairia occidentalis*, *Amaranthus cruentus* and *Talinum triangulare*) as sole dietary protein sources in rat assay. *Food Chem* 103: 757-765.
12. Pacifico S, Abrosca B, Golino A, Mastellone C, Piccolella S, Fiorentino A, Monaco P. 2008. Antioxidant evaluation of polyhydroxylated nerolidols from redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) leaves. *Food Sci Technol-LEB* 41: 1665-1671.
13. Holmberg D. 1978. The effect of amaranth treatment on some kidney and liver enzymes in the rat. *Toxicol Appl Pharm* 46: 257-260.
14. Ashok Kumar BS, Lakshman K, Nandeesh R, Arun Kumar PA, Manoj B, Kumar V, Sheshadri Shekar D. 2011. *In vitro* alpha-amylase inhibition and *in vivo* antioxidant potential of *Amaranthus spinosus* in alloxan-induced oxidative stress in diabetic rats. *Saudi J Biol Sci* 18: 1-5.
15. Kim HK, Kim MJ, Cho HY, Kim EK, Shin DH. 2006. Antioxidative anti-diabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cell Biochem Funct* 24: 195-199.
16. Sangameswaran B, Jayakar B. 2008. Anti-diabetic, anti-hyperlipidemic and spermatogenic effects of *Amaranthus spinosus* Linn. on streptozotocin-induced diabetic rats. *J Natural Med* 62: 79-82.
17. Grageta H. 1999. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats depending on the kind of dietary fats. *Nahrung* 43: 114-117.
18. Plate Andrea YA, Aréas Jose AG. 2002. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chem* 76: 1-6.
19. Cho KJ, Yi SI, Kim YT, Hwang YS. 1995. Purification and characterization of antiviral protein (AAP29) from the leaves of *Amaranthus mangostanus*. *Agric Chem Biotechnol* 38: 528-533.
20. Re R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M, Rice EC. 1999.

- Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
21. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 22. Song HS, Moon KY. 2006. *In vivo* antioxidant activity profiles of β -glucans isolated from yeast *Saccharomyces cerevisiae* and mutant *Saccharomyces cerevisiae* IS2. *Food Sci Biotechnol* 15: 437-440.
 23. Frings CS, Frendley TW, Dunn RT, Queen CA. 1972. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin Chem* 18: 763-764.
 24. Friedewald WT, Levy RI, 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.
 25. Cheung PCK. 1998. Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed straw mushroom diets. *J Nutr* 128: 1512-1516.
 26. Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. 1991. The effect of oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in man supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172.
 27. Kang SM, Shim JY, Hwang SJ, Hong SG, Jang HE, Park MH. 2003. Effects of Saengshik supplementation on health improvement in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 906-912.
 28. Yagi K. 1984. Assay for blood plasma or serum. In *Method in Enzymology*. Packer L, ed. Academic Press, New York, NY, USA. Vol 105, p 328-331.
 29. Lee SJ, Hwang CH, Kim MJ, Seo JK, Sung NJ. 2010. Biological activities of extracts from Bireum (*Amaranthus lividus*). Abstract No 188 (P 2-35) presented at 51th Journal of Life Science. Kyungnam University of Science and Technology, Jinju, Korea.
 30. Ozsoy N, Yilmaz T, Kurt O, Can A, Yanardag R. 2009. *In vitro* antioxidant activity of *Amaranthus lividus* L. *Food Chem* 116: 867-872.
 31. Repo-Carrasco-Valencia R, Peña J, Kallio H, Salminen S. 2009. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J Cereal Sci* 49: 219-224.
 32. Shin JH. 2002. The formation and inhibition of N-nitrosamine in common Korean foods. *PhD Dissertation*. Gyeong-sang National University, Jinju, Korea. p 159.
 33. Kim MJ, Lee SJ, Kim RJ, Jeong BY, Sung NJ. 2011. Mineral content and antioxidants activity of *Portulaca oleracea*. *J Life Sci* 21: 1393-1400.
 34. Czerwiski J, Bartnikowska E, Leontowicz H, Lange E, Leontowicz M, Katrich E, Trakhtenberg S, Gorinstein S. 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J Nutr Biochem* 15: 622-629.
 35. Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet* 342: 1007-1011.
 36. Hwang EK. 2009. Effect of quercetin supplement on major biochemical parameters in sera of rats fed high fat and high cholesterol diet. *J Vet Clin* 26: 413-418.
 37. Kim YH. 2000. Isolation on rutin from *Amaranthus mangostanus*. *Kor J Pharmacogn* 31: 249-251.
 38. Park HS, Yang KM, Jung JW. 2009. Effect of water extract from *Hordeum vulgare* L. with medicinal herb on plasma lipid status and glucose in rats fed high fat diet. *Kor J Herbology* 24: 15-21.
 39. Hwang EK. 2009. Effect of naringin on major biochemical parameters in sera of rats fed high fat and cholesterol diet. *J Vet Clin* 26: 231-237.
 40. Zeashan H, Amresh G, Singh S, Rao CV. 2009. Hepatoprotective and antioxidant activity of *Amaranthus spinosus* against CCl₄ induced toxicity. *J Ethnopharmacol* 125: 364-366.
 41. Ohkawa H, Ohishi N, Yake K. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobabituric acid reaction. *Anal Biochem* 95: 351-358.
 42. Lee JJ, Kim AR, Lee H, Kim CH, Chang HC, Lee MY. 2010. Effects of powders of soybean and Doenjang on cholesterol level and antioxidant activities in rats fed with a high cholesterol diet. *J Life Sci* 20: 1134-1142.
 43. Cha JY, Kim HJ, Cho YS. 2000. Effects of water-soluble extract from leaves of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata* on the lipid peroxidation in tissues of rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 531-536.
 44. Sexena R, Venkaiah K, Anitha P, Venu L, Raghunath M. 2007. Antioxidant activity of commonly consumed plant foods of India: contribution of their phenolic content. *Int J Food Sci Nutr* 58: 250-260.

(2011년 12월 30일 접수; 2012년 2월 16일 채택)