

홍마늘 복합물이 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐의 분변 지질 함량 및 간 조직의 항산화 효소 활성화에 미치는 영향

이수정¹ · 권민혜¹ · 권효진¹ · 신정혜² · 강민정² · 김성희¹ · 성낙주^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원
²(재)남해마늘연구소

Effect of Red Garlic-Composites on the Fecal Lipid Level and Hepatic Antioxidant Enzyme Activity in Rats Fed a High Fat-Cholesterol Diet

Soo-Jung Lee¹, Min-Hye Kwon¹, Hyo-Jin Kwon¹, Jung-Hye Shin²,
Min-Jung Kang², Sung-Hee Kim¹, and Nak-Ju Sung^{1*}

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

²Namhae Garlic Research Institute, Gyeongnam 668-812, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the effects of the hot water extract of red garlic (RG) and RG-composites on fecal lipid levels and hepatic antioxidant enzyme activity in rats fed a high fat-cholesterol diet. Three different types of RG-composites prepared: RG and green tea (RGT), RG and dietary fiber (RGF), and RG, green tea, and dietary fiber (RGTF). Rats were divided into six groups: the control, the group fed a high fat-cholesterol diet (HFC), the RG-supplemented group (HRG), the RGT supplemented group (HRGT), the RGF supplemented group (HRGF), and the RGTF supplemented with HFC group (HRGTF). The antioxidant activity of these composites was tested, *in vitro*. The DPPH radical scavenging activity was higher RGT and RGTF than RG. ABTs radical scavenging activity of RGT was similar to RGTF. Their activities were significantly higher than RG. The reducing power was similar to their radical scavenging activities. Total lipid levels in the liver and triglyceride levels in the heart were lower in the groups fed RG-composites than the HRG group. Fecal total lipid level was higher in the HRGF and HRGTF groups than the HRG group after 4 weeks diet supplementation during 4 weeks. Lipid peroxide content was reduced to anywhere between 6.2% and 12.1% in the groups fed RG-composites, compared to the HFC group. Antioxidant activity was significantly higher in the groups fed RG-composites than the HFC group. Hepatic SOD activity was higher in the groups fed RG-composites than the HRG group. The HRGT group in catalase activity, and the HRGT and HRGTF groups in GSH-px activity were increased significantly compared to the HFC group. Hepatic UDPGT activity was increased significantly in the HRGT and HRGTF groups to the HFC group, as well. These results indicate that antioxidant activities of the RG-composites were related to the decrease of lipid levels by increasing the fecal excretion and enhancement of hepatic antioxidant enzyme activity in rats fed a high fat-cholesterol diet.

Key words: red garlic-composites, fecal lipids, antioxidant

서 론

현대인의 식생활패턴이 양적으로나 질적으로 다양하고 풍요로운 식단을 선호하는 경향이 높아짐에 따라 동물성 식품 섭취가 크게 증가되었고, 이로 인해 지방 섭취와 열량은 과잉되는 반면 활동 부족과 에너지 소비는 감소되어 비만인의 수가 증가되고 있는 추세이다. 비만은 체지방의 과다 축적이 근본 원인으로 체형의 변화뿐 아니라 고지혈증, 지방간 및 심순환기계 질환에 대한 위험을 높이므로 사망의 주요

원인과도 직결되고 있어 현대인에게 비만 예방에 대한 개선책은 사회적 문제의 해결 차원에서도 요구도가 높아지고 있다. 비만의 근본적인 해소는 체중 감량 및 체지방 저하가 주 목적으로 운동, 약물 및 식이요법 등이 다양하게 활용되고 있으나, 가장 우선적인 방법은 식이요법인 것으로 인지되고 있다(1). 따라서 식이요법과 관련하여 체내 콜레스테롤이나 중성지방의 수준을 낮출 수 있으며, 안전성의 확보와 함께 상용될 수 있는 천연물에 대해 관심이 높아지고 있다(2). 이는 천연식물에 항비만 활성의 유효물질로 알려져 있는 폴

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

리페놀 화합물, 플라보노이드, 섬유소 등이 함유되어져 있기 때문이다(3,4). 최근의 항비만 활성 연구는 천연물 소재의 단독 사용보다 여러 종류가 혼합된 복합물의 활성에 대한 연구에 집중되고 있는데(1,5-8), 여러 물질의 혼합으로 나타나는 생리활성의 증가는 시료 중 유효물질의 상대적인 양에 의존적이거나(9) 천연물의 혼합에 따른 시료간의 상호작용에 의한 시너지효과에 기인되기 때문이다(10).

마늘은 오래전부터 혈중 지질 감소, 동맥경화 예방, 항고혈압제 등의 약리효과가 알려져 있다(11,12). 마늘을 열처리하여 제조한 흑마늘은 가공 공정 중 페놀 화합물 및 갈변물질 등 유효성분이 생마늘보다 증가되며, 이들 유효성분에 의존적으로 항산화 활성, 체내 지질 저하 및 항비만 활성이 높은 것으로 보고된 바 있다(2,13,14). 또 다른 숙성마늘 가공품인 홍마늘은 흑마늘 제조에 소요되는 고온 장기간의 숙성 과정을 단축함으로써 흑마늘에 비해 짙은 흑색이 적고 붉은색을 띄며 생마늘보다는 항산화 활성, 체지방 축적 억제 및 지질 저하 작용 등의 생리활성이 높다(14-17). 더욱이 홍마늘에 녹차 및 식이섬유를 혼합한 복합물은 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 혼합 급여 하였을 때 혈중 지질 저하 효과가 있었는데, 복합물의 구성성분 중 총 페놀 화합물의 함량에 의존적인 것으로 보고되어 있다(8). 본 연구는 전보(8)에 이어 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 홍마늘 복합물을 급여 했을 때 흰쥐의 간, 심장 조직 중 지질 함량, 분변 중의 지질 배설 및 간 조직내 항산화 효소계에 미치는 영향을 알아봄으로써 향후 이를 이용한 기능성식품의 개발을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 복합물의 제조

홍마늘은 남해군에서 생산된 마늘을 이용하여 “숙성 홍마늘 제조방법” 특허(10-1178592)에 따라 제조된 것을 사용하였다(18). 홍마늘 추출물은 중량에 대해 10배의 물을 가하여 진공 추출기(COSMOS 660, Kyungseo Machine Co., Incheon, Korea)로 추출하였고, 녹차는 경남 하동군 화개농협에서 시판되는 작설차(우전, 하동군)를 구입하여 홍마늘과 동일한 방법으로 추출하였다. 홍마늘 및 녹차 추출물은 추출 후 여과액을 모아 진공 동결건조 시켜 분말화 하였으며, 식이섬유소는 감귤류에서 얻은 식이섬유(Citri-fi 100FG, Fiberstar Inc., Willmar, MN, USA)를 구입하여 사용하였다. 홍마늘 복합물은 전보(8)와 동일한 방법으로 홍마늘 추출물과 녹차 추출물을 87.5:12.5(w/w)의 비율로 혼합한 복합물(RGT), 홍마늘 추출물과 식이섬유를 87.5:12.5(w/w)의 비율로 혼합한 복합물(RGF), 홍마늘 추출물, 녹차 추출물 및 식이섬유를 각각 87.5:6.25:6.25(w/w/w)의 비율로 혼합한 복합물(RGTF)로 구성하였다.

in vitro 항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 DPPH 용액(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 5 mg/100 mL methanol) 100 μ L에 동량의 시료액을 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(19). ABTs[2,2-azinobis-(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 μ L를 혼합하여 실온에서 10분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(20). 라디칼 소거활성(%)은 $[1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{시료 무첨가구의 흡광도})] \times 100$ 으로 계산하였다. 환원력은 시료액 200 mM의 phosphate 완충용액(pH 6.6) 및 1% potassium ferricyanide 용액을 동량씩 혼합하여 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시킨 후 10% TCA 용액 1 mL를 가하여 반응을 정지시키고, 2,800 \times g에서 5분간 원심분리 하였다. 상침액을 1 mL 취하여 증류수 및 0.1% ferric chloride 용액을 동량으로 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정함으로써 Fe^{2+} 이온을 환원시키는 정도를 측정하였다(21).

실험동물의 사육 및 식이 조성

평균 체중이 90~110 g인 Sprague-Dawley계 4주령 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)에서 분양받아 실험실에서 1주간 순화시킨 후 난괴법에 의해 그룹 당 7마리씩 6군으로 구분하여 사육상자에 한 마리씩 사육하였다. 실험동물의 사육은 온도(22 \pm 2°C), 습도(50 \pm 5%) 및 명암주기(12시간; 07:00~19:00)가 자동 조절되는 동물사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)을 사용하였으며, 사육기간 동안 물과 식이는 자유 급여하였다. 식이 조성은 Table 1과 같이 정상군은 normal diet를 급여하였으며, 대조군(HFC)은 normal diet에 1%의 콜레스테롤과 15%의 돈지를 첨가하여 급여하였다. 실험군은 대조군(HFC)의 식이에 대해 1%의 RG, RGT, RGF 및 RGTF를 혼합하여 급여하였다.

실험 최종일에 실험동물은 16시간 절식시킨 후 에테르로 마취하여 장기를 적출하였으며, 간 및 심장 조직은 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하여 액체 질소로 급속 동결시킨 후 -70°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

간, 심장 조직 및 분변 중 지질 성분 분석

간, 심장 조직 및 분변은 일정량을 취하여 chloroform: methanol 혼합액(CM, 2:1, v/v)을 가하여 tissue grinder(WOS01010, DAIHAN, Wonju, Korea)로 마쇄한 후 24시간 동안 냉암소에서 지질을 추출하였다. 추출 후 CM용액을 완전건조 시켰으며, 총 지질 함량은 진한 황산 용액 0.2 mL를 가하여 98°C의 수조에서 10분간 반응시켜 지질을 분해한 후 phospho vanillin 시약을 가하여 37°C에서 15분간 반응시킨

Table 1. Diet compositions in experimental groups

	(g/kg diet)	
	Normal diet	HFC
Corn starch	397.4	234.9
Casein	200	200
Dextrin	132.6	132.6
Cellulose	50	50
Sucrose	100	100
Vitamin mix. ¹⁾	10	10
Mineral mix. ²⁾	35	35
L-cysteine	3	3
Choline bitartrate	2	2
Soybean oil	70	70
Lard	—	150
Cholesterol	—	10
Sodium cholate	—	2.5
Total energy (kcal)	3379.5	4819.5
Fat energy ratio (%)	16.8	43.0
Experimental design		
Normal	Group fed normal diet	
HFC	Group fed 1% cholesterol and 15% lard to the normal diet	
HRG	Group fed 1% RG ³⁾ to HFC diet	
HRGT	Group fed 1% RGT ⁴⁾ to HFC diet	
HRGF	Group fed 1% RGF ⁵⁾ to HFC diet	
HRGTF	Group fed 1% RGTF ⁶⁾ to HFC diet	

¹⁾AIN-93 vitamin mixture.

²⁾AIN-93 mineral mixture.

³⁾RG: hot water extract of red garlic.

⁴⁾RGT: RG+green tea extract by 87.5:12.5 ratio.

⁵⁾RGF: RG+citrus dietary fiber by 87.5:12.5 ratio.

⁶⁾RGTF: RG+green tea extract+citrus dietary fiber by 87.5:6.25:6.25 ratio.

후 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며, olive oil을 사용한 표준 검량선으로부터 총 지질 함량을 계산하였다. 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 kit(total cholesterol, AM 202-k; triglyceride, AM 157S-k, Asan pharm. Co., Seoul, Korea) 시약으로 측정하였다.

간 조직의 지질과산화물 함량 및 항산화 활성 측정

간 조직은 1.5% KCl 용액을 사용하여 10% 균질액을 제조하였으며, 지질과산화물 함량은 균질액 0.5 mL에 1% phosphoric acid 3 mL와 0.6% TBA 용액 1 mL를 가하여 잘 혼합한 후 95°C 수욕상에서 45분간 가열한 다음 butanol로 추출하여 531 nm에서 흡광도를 측정하였다(22). 1,1,3,3-Tetraethoxypropane(TEP, Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 사용하여 생성된 malondialdehyde(MDA) 함량을 mmol MDA/g으로 나타내었다.

간 조직의 항산화 활성은 균질액 100 µL에 pH 7.4의 100 mM tris-HCl 완충액 및 0.5 mM의 DPPH 용액(2.5 mg/100 mL methanol)을 각각 4 mL씩 가하여 37°C에서 15분간 반응시켰다. 이를 4 mL의 chloroform으로 추출하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다(23).

간 조직의 항산화 효소 활성 측정

간 조직 2 g에 0.25 M sucrose와 1 mM EDTA를 포함하는 50 mM 인산 완충액(pH 7.4) 10 mL를 가하여 4°C 이하의 저온상태를 유지하면서 tissue grinder로 마쇄하여 10% (w/v) 균질액을 제조하였다. 이를 1,100×g에서 10분간 원심분리 하였으며, 상층액은 다시 12,000×g에서 20분간 원심분리 하여 상층액은 105,000×g에서 1시간 초원심분리 하여 cytosol 분획물과 microsome 분획물로 구분하였다. 이때 잔사는 상기의 완충용액 3 mL를 가하여 12,000×g에서 20분간 재원심분리 하여 mitochondria 분획물을 얻었다. 각 분획물의 단백질 함량은 Lowry 등(24)의 방법에 따라 bovine serum albumin(Sigma Co.)으로 정량하였다.

SOD 활성은 간 조직의 cytosol 분획물 0.05 mL에 tris-HCl 완충액(50 mM tris+10 mM EDTA, pH 8.6) 1.4 mL와 15 mM pyrogallol 0.05 mL를 잘 혼합하여 25°C에서 10분간 반응시켰다. 여기에 0.05 mL의 1 N HCl을 가하여 반응을 정지시킨 다음 반응용액 중 산화된 pyrogallol의 양을 420 nm에서 흡광도로 측정하였다. SOD 유사활성은 시료를 첨가하지 않은 반응액의 pyrogallol 자동산화율 50% 억제하는 효소의 함량(U/mg protein)으로 나타내었다(25).

Catalase 활성은 0.1 mL의 mitochondria 분획물, 10.5 mM H₂O₂ 0.1 mL에 50 mM potassium phosphate 완충액(pH 7.0)을 가하여 총 부피를 3 mL로 하여 25°C에서 5분간 반응시켜 240 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소활성은 1분간 1 µM의 H₂O₂를 분해시키는데 소요되는 효소량(µmol/min/mg protein)으로 나타내었다(26).

GSH-px(glutathione peroxidase) 활성은 1 mM EDTA를 함유한 100 mM phosphate 완충액(pH 7.0)에 동량의 10 mM GSH, 10 mM NaN₃, GSSH reductase 100 unit/mL 및 NADPH 2 mM를 가하여 최종 부피를 2.5 mL로 한 후 cytosol 분획물 0.05 mL를 넣어 37°C에서 5분간 반응시키고 여기에 2.5 mM H₂O₂를 가한 후 340 nm에서 1분 동안의 흡광도 변화를 측정하였다(27).

간 조직의 uridin-diphosphoglucuronyl transferase (UDPGT) 활성 측정

간 조직의 UDPGT 활성은 간 microsome에서 측정하였다. 기질용액은 50 mM phosphate 완충액(pH 7.0), 15 mM UDP-glucuronic acid, 10 mM p-nitrophenol, 10 mM MgCl₂·6H₂O, 0.2% bovine albumin, 0.5% triton X-100을 혼합하여 제조하였다. 시험관에 기질용액 0.8 mL와 microsome 분획물 0.2 mL를 혼합하여 37°C에서 20분간 반응시키고, 0.3 N HClO₄ 0.5 mL를 가하여 원심분리한 후 얻은 상층액 0.5 mL에 1.6 mL의 glycine 완충액(pH 10.3)을 가하여 436 nm에서 흡광도를 측정하였다(28).

통계분석

본 실험결과를 SPSS package(ver. 12.0, SPSS Inc.,

Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 통계적 유의성은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 비교분석을 하였다.

결과 및 고찰

*in vitro*에서 홍마늘 복합물의 항산화 활성

홍마늘 복합물의 항산화 활성을 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 및 환원력으로 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 0.25~5 mg/mL의 농도 범위에서 시료의 농도가 많아질수록 항산화 활성이 유의적으로 증가하였다.

DPPH 라디칼 소거활성은 홍마늘 추출물(RG)에 비해 녹차 첨가 복합물인 RGT 및 RGTF에서 유의적으로 높았으나, 식이섬유가 첨가된 RGF의 활성은 RG와 유의차가 없었다. 5 mg/mL의 농도에서는 RGT의 활성이 63.5%로 가장 높았

으며, 그 외 실험구에서는 유의차가 없었다. ABTS 라디칼 소거활성은 RG와 RGF가 유사한 수준이었고 RGT와 RGTF의 활성은 RG에 비해 유의적으로 높았으며, 2.5 mg/mL의 농도에서는 85% 이상이였다. 환원력은 시료액의 농도에 따라 직선상의 증가 경향을 보였으며, 시료간의 활성 차이는 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과 동일한 경향이였다. 즉, 홍마늘 추출물 단독 실험구에 비해 식이섬유 복합물(RGF)은 항산화 활성이 낮았으나, 녹차 복합물(RGT)은 항산화 활성이 유의적으로 증가되어 녹차는 홍마늘의 항산화 활성 증진에 효과적인 것으로 확인되었다.

전보(8)에 의하면, 식이섬유가 첨가된 복합물의 총 페놀화합물의 함량은 홍마늘 추출물과 유의차가 없었으며, 녹차를 첨가한 복합물과 녹차+식이섬유가 첨가된 복합물은 홍마늘 추출물에 비해 총 페놀 화합물의 함량이 1.9~2.0배 정도 높았는데, 본 연구에서 항산화 활성도 이와 유사한 경향이였다.

마늘과 여러 한약재의 복합물에서 높은 항산화 활성은 고콜레스테롤 식이성 흰쥐의 간 조직에서 지질과산화 억제와 관련이 있다는 보고가 있다(7). 즉, 시료 중의 폴리페놀 화합물은 *in vitro*에서 유리라디칼의 직접적인 소거제로 작용하므로 생체 내 지질과산화 억제 가능성도 높다(29). 따라서 본 연구에 사용된 홍마늘 열수 추출물은 고지방 식이를 급이한 흰쥐에서 체지방 함량이나 비만 지수의 감소, 분변으로 콜레스테롤과 중성지방의 배출을 증가시킴으로써 항비만 활성을 보였는데(17), 녹차 및 식이섬유가 첨가된 복합물은 페놀 화합물의 함량에 의존적으로 항산화 활성을 보이므로 항비만 활성과 함께 생체 내 항산화 활성 증강에도 도움이 될 것으로 여겨진다.

간 및 심장 조직 중 지질 함량

홍마늘 추출물과 녹차 및 식이섬유가 혼합된 홍마늘 복합물이 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 각각 보충 급이되었을 때 간 및 심장 조직 중 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 정상군에 비해 고지방-콜레스테롤을 급이한 대조군의 지질 함량이 유의적으로 높았다. 간 조직의 총 지질 함량은 대조군에 비해 RG와 그 복합물을 급이한 실험군에서 유의적으로 감소되었으며, HRGF 및 HRGTF군에서 대조군보다 각각 15.1% 및 13.8%의 유의적인 감소를 보였다. 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 HRG군과 홍마늘 복합물 급이군간에 유의차가 없었다.

심장 조직의 총 지질 함량은 모든 실험군이 대조군에 비해 27.9~34.9% 정도 감소되어 간 조직의 총 지질 함량에 비해 감소폭은 훨씬 컸으나, 실험군간에 유의차는 없었다. 총 콜레스테롤 함량은 HRGT 및 HRGTF군이 대조군에 비해 유의적으로 감소하였으며, 중성지방 함량은 HRG군에서 정상군과 유사한 수준으로 감소되었고 홍마늘 복합물을 급이한 실험군들에서는 정상군보다 낮은 수준까지 감소되었다.

홍마늘 복합물 급이군은 HRG군과 비교해 볼 때 간 조직의 총 지질, 심장 조직의 중성지방 함량을 유의적으로 감소

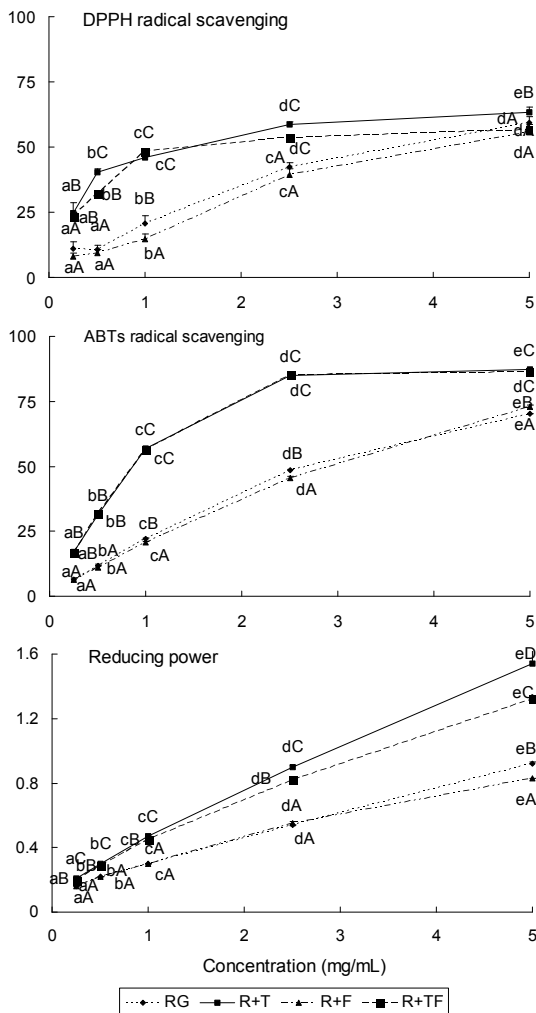


Fig. 1. Antioxidant activities in hot water extract of red garlic (RG) and its composites (RGT, RGF and RGTF). Means with different letters in the same sample (a-e) and concentration (A-D) are significantly different at $p < 0.05$ by ANOVA, Duncan's multiple range test.

Table 2. Lipid profiles of liver and heart tissues by the red garlic composites supplementation in the rats fed high fat-cholesterol diet (mg/g wet tissue)

Experimental groups ¹⁾	Liver			Heart		
	Total lipids	Total cholesterol	Triglyceride	Total lipids	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	30.55±2.24 ^{A2)}	2.33±0.27 ^A	18.27±0.80 ^A	6.90±0.80 ^A	0.95±0.09 ^A	3.46±0.27 ^B
HFC	127.77±2.71 ^E	6.76±1.47 ^C	27.25±1.49 ^C	10.70±1.18 ^B	1.50±0.15 ^C	5.15±0.13 ^C
HRG	121.53±1.83 ^D	5.60±0.21 ^B	24.42±0.98 ^B	7.27±1.60 ^A	1.36±0.04 ^{BC}	3.49±0.42 ^B
HRGT	115.47±3.63 ^C	5.40±0.52 ^B	23.23±1.34 ^B	7.72±1.52 ^A	1.32±0.16 ^B	2.93±0.08 ^A
HRGF	108.50±6.35 ^B	5.30±0.61 ^B	22.70±1.30 ^B	6.97±0.88 ^A	1.33±0.06 ^{BC}	2.66±0.13 ^A
HRGTF	110.20±2.03 ^B	5.04±0.44 ^B	22.74±1.16 ^B	7.10±0.63 ^A	1.31±0.17 ^B	2.77±0.43 ^A

¹⁾Refer to the Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-E}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

시켰으나 총 콜레스테롤의 함량에는 변화를 보이지 않았다. 홍마늘에 녹차 또는 식이섬유가 혼합된 복합물은 홍마늘 급이군에 비해 혈액 중 지질 성분의 함량 감소에는 유의적이었으나(8), 본 연구에서 홍마늘 복합물의 간 및 심장 조직 중 지질성분의 감소 효과는 작았다. 이는 고지방 식이에 홍마늘의 첨가 급이로 혈중 지질 수준을 유의적으로 낮추었으나, 간 및 심장 조직의 지질 수준 감소 효과는 상대적으로 낮았다는 보고(14,17)와 유사한 결과였다.

식물류의 플라보노이드는 hydroxyl기에 의해 효소나 단백질의 강한 복합체를 형성하여 침전하는데, *in vitro*에서 지방 분해효소의 작용을 방해함으로써 항비만 활성을 가진다(30). 카테킨류는 인지질이나 중성지방 분해효소의 활성을 저해시키는데 효과적이는데, 특히 녹차 중의 epigallocatechin gallate(EGCG)의 경우 인지질 분해효소의 활성이 중성지방의 분해 작용보다 높은 것으로 보고된 바 있다(30). 따라서 본 연구결과 홍마늘의 체내 지질저하 작용에서 중성지방에 대한 영향은 작으나, 총 지질의 함량이 대조군에 비해 유의적인 감소를 보인 것이 이와 관련성이 있는 것으로 추정된다. 또한 홍마늘의 지방 축적 억제활성을 지닌 유효물질이 극성 용매에 대해 용해성이 높다는 보고(16)도 이를 잘 뒷받침하는 결과라 사료된다.

분변 중 지질 함량

홍마늘 복합물이 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 지질 배설에 미치는 영향은 Table 3에 나타낸 바와 같이 실험 식이의 급이 1주 및 4주 후에 각각 측정하였다. 지질 배설량

은 실험 식이를 급이한 1주보다 4주 후에 증가되었으며, 정상군보다 대조군에서 유의적으로 높았다.

분변 중 총 지질 함량은 홍마늘 추출물보다 복합물 급이군에서 증가되었는데, HRGF군이 대조군에 비해 유의적인 차이로 지질 배설량이 많았으며, HRGTF군은 HRG군보다는 유의적으로 증가된 경향이였다. 분변 중 총 콜레스테롤 함량은 초기 1주 후에 홍마늘 급이군이 대조군과 비슷한 수준이었으나, 홍마늘 복합물 급이군은 대조군에 비해 유의적으로 증가되었다. 반면에 4주 후에는 HRGF군만 대조군에 비해 유의적으로 배설량이 증가되었으며, 그 외 실험군에서는 대조군과 유의차가 작았다. 중성지방 함량은 초기 1주 후에 HRGF 및 HRGTF군이 대조군에 비해 유의적으로 배설량이 많았으나, 4주 후에는 모든 실험군에서 대조군에 비해 유의적으로 배설량이 증가되었으며 실험군간에는 유의차가 없었다.

홍마늘과 식이섬유의 복합물은 *in vitro*에서 콜레스테롤 흡착 활성이 홍마늘 추출물보다 유의적으로 높아, 항산화 활성은 낮아도 체내 지질 저하 측면에서는 효과적인 것으로 보고된 바 있다(8). 홍마늘은 숙성과정 중 S-allyl cysteine의 함량이 증가되어 최종 숙성단계에서는 홍마늘과 함량차가 작으며(31), 이들 물질에 의해 모델계 동물실험에서 마늘이나 마늘이 첨가된 복합물은 혈중 콜레스테롤 저하, 혈전 생성억제, 라디칼 소거작용 등에 의한 세포 손상 및 체내 지질 과산화 저해효과를 발휘하는 것으로 알려지고 있다(6,7,32).

고지방으로 유도된 비만쥐에 15 brix의 홍마늘 열수 추출

Table 3. Fecal lipid profiles by the red garlic composites supplementation in the rats fed high fat-cholesterol diet (mg/g dried feces)

Experimental groups ¹⁾	Total lipids		Total cholesterol		Triglyceride	
	1 week	4 weeks	1 week	4 weeks	1 week	4 weeks
Normal	7.30±0.35 ^{A2)}	7.51±1.36 ^A	1.27±0.10 ^A	1.97±0.09 ^A	0.44±0.03 ^A	0.48±0.04 ^A
HFC	20.86±1.44 ^{CD}	22.74±1.96 ^{BC}	9.12±0.68 ^B	11.22±0.79 ^B	1.13±0.11 ^B	1.31±0.04 ^B
HRG	18.85±1.08 ^B	21.37±0.83 ^B	10.10±1.64 ^{BC}	12.99±1.65 ^{BC}	1.28±0.13 ^{BC}	2.13±0.10 ^C
HRGT	20.12±0.92 ^{BC}	23.04±0.78 ^{BC}	11.32±0.65 ^C	12.38±0.87 ^{BC}	1.27±0.06 ^{BC}	2.21±0.09 ^C
HRGF	23.21±0.87 ^E	25.59±1.13 ^D	11.38±0.36 ^C	13.98±0.71 ^C	1.41±0.11 ^C	2.37±0.07 ^C
HRGTF	22.21±1.49 ^{DE}	23.85±1.57 ^{CD}	11.73±0.94 ^C	12.89±0.96 ^{BC}	1.33±0.13 ^C	2.34±0.60 ^C

¹⁾Refer to the Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-E}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

물을 5% 이상 급이시 분변 중의 총 콜레스테롤 및 중성지방 배설량이 증가되었으며(17), 홍마늘 동결건조 분말을 급이한 흰쥐에서 분변 중 총 지질 및 콜레스테롤 배설량은 흑마늘 분말 급이보다 유의적으로 높았다는 보고도 있다(14). 1%의 콜레스테롤 식이를 4주간 급이한 실험쥐에서 분변 중 지질 배설량은 정상군보다 대조군에서 총 지질은 3.4배, 총 콜레스테롤은 7.5배, 중성지방 함량은 4.9배 증가되었다는 보고가 있는데(3), 본 연구에서는 고지방-콜레스테롤을 4주간 급이한 결과 총 지질은 3.0배, 총 콜레스테롤은 5.7배, 중성지방 함량은 2.7배 증가되었다. 즉, 고지방 식이처럼 일시에 다량의 지방이 섭취되더라도 지질 흡수율이 높아지고 배설량은 일정하며(33), 분변 중의 지질 배설 정도는 시료 중의 식이섬유소 및 플라보노이드성 물질에 기인된다는 보고되어 있다(3). 따라서 본 실험과 같이 다량의 지방 섭취 시 홍마늘 복합물의 첨가 급이로 분변 중의 지질 함량이 증가된 것도 이와 관련 있는 결과라 여겨진다. 반면, 녹차가 첨가된 복합물 급이군(HRGT)에서는 분변 중의 지질 함량을 증가시키지는 못하였으나, 간 조직 중 지방 함량 감소에는 유의적인 것으로 보아 녹차 중의 catechin, quercetin 등과 같은 페놀 화합물이 생체 내 지질성분 축적 억제에 기여하는 것으로 생각된다. 고지방-콜레스테롤 식이성 실험쥐의 1일 분변 배설량은 대조군에 비해 실험군에서 높으나, 실험군간의 유의차는 작기 때문에 실험군에서 시료의 첨가 급이에 의한 지질 배설은 시료 중의 유효성분에 의존적인 경향이 높은 것으로 보고되고 있다(3,34). 또한 전보(8)에서 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에 홍마늘 추출물 및 홍마늘 복합물을 4주간 급이하는 동안 체중 증가량이 대조군에 비해 식이섬유, 녹차와 식이섬유의 복합물을 급이한 실험군에서만 유의적으로 감소하였기 때문에 홍마늘 복합물 급이군에서 분변 중의 지질 함량이 높은 것은 시료의 여러 유효 성분들에 의한 상호작용인 것으로 추정된다.

간 조직의 지질과산화물 함량 및 항산화 활성

고지방-콜레스테롤을 급이한 흰쥐의 간 조직 중 지질과산화물 함량 및 라디칼 소거에 의한 항산화 활성을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 지질과산화물 함량은 정상군에 비해 대조군에서 142.6% 증가되었는데, 대조군에 비해 HRG군은 25%, 홍마늘 복합물 급이군은 6.2~12.1%의 감소로 실험군간에 유의적인 차이를 보였다. 간 조직의 항산화 활성은 정상군에 비해 고지방-콜레스테롤 급이 시 32% 정도 감소되었으며, 홍마늘 복합물 급이군은 41.05~42.79%의 범위로 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다.

지질과산화는 생체 내에서 자연적으로 발생할 수 있는 여러 가지 유리라디칼에 의해 세포막의 다가 불포화 지방산이 과산화되는 현상인 바, 천연물의 경우 유리라디칼 소거활성이 클수록 지질과산화 저해 효과는 높다고 볼 수 있다(35). *in vitro* 상에서 홍마늘 추출물의 DPPH 라디칼 소거에 의한 항산화 활성은 흑마늘과 유사한 수준이었으며(15), 홍마늘

Table 4. Lipid peroxide content and antioxidant activity of the liver tissue by the red garlic composites supplementation in the rats fed high fat-cholesterol diet

Experimental groups ¹⁾	Lipid peroxide content (mmol MDA/g)	Antioxidant activity (%)
Normal	208.74±5.41 ^{A2)}	54.88±0.57 ^C
HFC	297.63±8.41 ^F	37.33±2.88 ^A
HRG	223.26±10.65 ^B	39.62±1.21 ^{AB}
HRGT	249.66±7.84 ^C	42.79±3.26 ^B
HRGF	279.31±5.98 ^E	41.29±2.27 ^B
HRGTF	261.62±2.90 ^D	41.05±1.57 ^B

¹⁾Refer to the Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-F}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

은 고지방으로 유도된 비만쥐에서 15 brix의 열수 추출물로서 5% 이상 급이되었을 때 혈청 지질과산화물의 함량을 유의적으로 감소시켰으며(17), 동결건조 분말의 3% 급이는 생마늘이나 흑마늘 분말에 비해 간 조직의 지질과산화물 함량 감소에 효과적이었다(14). 또한 고지방-콜레스테롤 급이 시 홍마늘 복합물의 첨가 급이는 혈청 지질과산화물 함량을 감소시켰으나, 복합물의 구성에 따른 차이는 보이지 않았다(8).

즉, 식물류의 페놀 화합물은 malondialdehyde의 생성을 저해함으로써 항산화 활성을 발휘하는데(36), 결명자 추출물의 라디칼 소거활성은 고콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 간 조직의 지질과산화물 함량 저하와 관련성이 있다는 보고가 있다(37). 홍마늘 중 페놀 화합물과 갈변물질은 고지방-콜레스테롤 식이의 급이 시 지질 수준의 감소, 항산화 활성 증가 등의 측면에서 생체 내 산화적 스트레스의 경감에도 효과적이라고 추정된 바 있다(8). 따라서 본 연구에서 홍마늘 복합물 급이군의 간 조직에서 지질과산화물 함량 감소도 시료의 라디칼 소거활성과 관련된 결과라 생각된다.

간 조직의 항산화 효소활성

간 조직의 생체 내 효소적 방어체계의 일종인 SOD, catalase 및 GSH-px의 활성을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 정상군에 비해 대조군의 항산화 효소활성이 유의적으로 감소되었다. SOD 활성은 HRG군보다 홍마늘 복합물 급이군이 대조군에 비해 1.3~1.4배 정도 유의적인 증가를 보였다. Catalase 활성은 HRGT군이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였으나, 그 외 실험군은 대조군과 유의차가 적었다. GSH-px 활성은 대조군에 비해 복합물 급이군에서 유의적인 활성 증가를 보였으며, 녹차가 첨가된 HRGT 및 HRGTF군의 활성이 다소 높았다.

산소를 이용하는 생물체에서 SOD는 자연적으로 발생하는 superoxide를 제거하며, SOD의 효소적 반응에 의해 생성되는 H₂O₂는 catalase에 의해 연쇄적으로 소거됨으로써 생체 방어기능이 이루어지고 있다(38). 이들 효소는 지방산화에 의해 생성되는 유리의 소거도 가능하며(39), 특히 GSH-px는 지질과산화물 분해를 촉매함으로써 조직의 과산화적

Table 5. Effect of the red garlic composites supplementation on SOD, catalase and GSH-px activities in liver fraction of the rats fed high fat-cholesterol diet

Experimental groups ¹⁾	SOD activity (U/mg protein)	Catalase activity (μmol/min/mg protein)	GSH-px activity (nmol/min/mg protein)
Normal	56.29±4.12 ^C	1.03±0.11 ^{AB2)}	371.23±29.78 ^{CD}
HFC	42.45±2.94 ^A	0.92±0.14 ^A	282.93±28.53 ^A
HRG	49.78±1.48 ^B	1.09±0.34 ^{AB}	323.81±44.95 ^{AB}
HRGT	58.14±1.55 ^C	1.32±0.23 ^B	407.90±14.51 ^D
HRGF	55.51±1.83 ^C	1.13±0.12 ^{AB}	341.99±19.93 ^{BC}
HRGTF	57.43±3.01 ^C	1.14±0.13 ^{AB}	372.70±24.95 ^{CD}

¹⁾Refer to the Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-D}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

손상을 방어할 수 있다(40).

고콜레스테롤 식이성 흰쥐에 민들레잎 추출물의 급이 시 플라보노이드성 물질의 함량이 높은 분획물을 급이한 실험군에서 항산화 효소활성이 높아 시료에 의한 유리기 소거작용에 의해 간 조직 손상이 저해된다고 보고되어 있다(41). 고지방 식이에 포도박을 첨가 급이한 경우 SOD, catalase 및 GSH-px 활성은 대조군에 비해 유의적으로 증가되었는데, 포도박 중의 폴리페놀 및 식이섬유가 유리 라디칼을 소거하여 생체 내 항산화계의 잠재적인 방어작용에 기여한다는 보고도 있다(42). 또한 당뇨쥐에 빵잎의 급이는 시료 중 플라보노이드 성분에 의해 superoxide anions가 제거되어 항산화 기능이 발휘된다고 보고되어 있다(43). 따라서 홍마늘 복합물도 시료 중 녹차 및 식이섬유 등과 같은 유효 성분의 작용으로 고지방 섭취에 따른 산화적 스트레스 시 과산화적 손상이 방지되므로 기능성식품으로 활용가치가 높을 것으로 예상된다.

간 조직의 UDPGT 활성

간 조직의 UDPGT 활성을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 대조군의 UDPGT 활성은 정상군에 비해 다소 낮았으나 유의차는 작았다. HRG 및 HRGF군은 대조군에 비해 활성이 증가되었으나 통계적인 유의차는 작았다. 반면에 HRGT 및 HRGTF군에서는 대조군에 비해 유의적인 차이로 UDPGT 활성이 증가되었다.

생체 내에서 콜레스테롤은 담즙의 소재로 이용되어 장으로

이동된 후 흡수되거나 분변으로 배설되는데, 이때 UDPGT는 간 마이크로솜에서 담즙 합성에 관여하는 빌리루빈의 생성과 관련된 효소로서 체내 콜레스테롤 이용을 증가시켜 체외 배설을 촉진시키는 역할을 한다(44). 시판 식이섬유의 담즙산 흡수억제 지수는 citrus pectin이 30.4%로 구아검, 알긴산 및 apple pectin 등에 비해 훨씬 높아 citrus pectin의 담즙산 흡수 지연 효과가 가장 우수하였으며, 식이섬유의 종류에 따라 담즙산 흡수 지연 효과에 차이가 큰 것으로 보고된 바 있다(45). 하지만 식이섬유는 재흡수되는 담즙산의 함량을 낮추며 분변 중으로 배설을 촉진시키므로(46) 체내 콜레스테롤 수준의 저하에는 효과적인 것으로 알려져 있다.

콜레스테롤을 급이한 실험쥐는 간 조직에 축적된 콜레스테롤 함량을 감소시키기 위해 UDPGT 활성이 증가되어 담즙 합성이 촉진되지만(47) 식이 중의 콜레스테롤 함량 및 식이 지방의 구성에 따라 담즙산의 배설에 차이를 보인다는 보고도 있다(48). 본 연구에서 고지방-콜레스테롤 식이를 급이한 대조군의 UDPGT 활성이 정상군에 비해 다소 낮은 것은 식이 중에 함유된 콜레스테롤 이외의 지방 수준과도 관련된 것으로 추정되며, 홍마늘 및 복합물 급이군의 UDPGT 활성이 정상군 및 대조군에 비해 다소간 증가된 것은 시료 중의 식이섬유소나 페놀 화합물이 조직 중의 콜레스테롤 이용을 증가시키기 때문으로 판단된다. 이는 고콜레스테롤 식이성 흰쥐에 무청을 급이하였을 때 간 조직의 UDPGT 활성이 상승되었으며 시료 중의 식이섬유에 의해 콜레스테롤 이용이 증가되었기 때문이라는 보고와 유사한 결과였다(3).

마늘은 맛이나 향이 강하여 단일품으로는 기능성 가공식품을 제조하는데 한계가 있으나 여러 식물류를 혼합시킬 경우 마늘의 맛이나 향이 완화되며, 그 기능성을 유지시키거나 증가시킬 수 있다(6-8,17). 특히 우리 식생활의 대부분이 혼합 식품인 것을 고려한다면 이들 복합물의 섭취는 체내 지질 수준의 감소 및 생체 방어시스템의 보강에 도움이 될 것으로 기대된다.

요 약

홍마늘 추출물(RG)과 홍마늘 추출물에 녹차 및 식이섬유를 혼합한 복합물(RGT, RGF 및 RGTF)이 고지방-콜레스

Table 6. Effect of the red garlic composites supplementation on UDPGT activity in liver fraction of the rats fed high fat-cholesterol diet

Experimental groups ¹⁾	UDPGT activity (μmol/min/mg protein)
Normal	1.82±0.08 ^{AB2)}
HFC	1.75±0.39 ^A
HRG	1.97±0.14 ^{ABC}
HRGT	2.09±0.08 ^{ABC}
HRGF	2.02±0.34 ^{ABC}
HRGTF	2.18±0.11 ^C

¹⁾Refer to the Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-C}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

테를 식이성 환취에 급이 시 체내 지질 배설 및 간 조직의 항산화 효소활성에 미치는 영향을 알아보고 *in vitro*에서 이들 복합물의 항산화 활성을 비교하였다. *in vitro*에서 DPPH 라디칼 소거활성은 홍마늘 추출물(RG)에 비해 RGT 및 RGTf에서 높았으며, ABTs 라디칼 소거활성은 RGT와 RGTf의 활성이 유사하였고 이는 RG보다 유의적으로 높은 활성이었다. 환원력은 라디칼 소거활성과 비슷한 경향이였다. 간 조직의 총 지질, 심장 조직의 중성지방 함량은 HRG군에 비해 홍마늘 복합물 급이군에서 유의적인 감소를 보였다. 실험 식이를 급이한 4주 후에 분변 중의 총 지질 함량은 HRGf 및 HRGTf군이 대조군에 비해 유의적으로 증가되었다. 간 조직의 지질과산화물 함량은 대조군에 비해 홍마늘 복합물 급이군에서 6.2~12.1% 감소되었으며, 항산화 활성은 복합물 급이군이 대조군에 비해 유의적으로 증가되었으나 그 차이는 미미하였다. 간 조직의 SOD 활성은 복합물 급이군이 HRG군보다 높았다. Catalase 활성은 HRGT군, GSH-px 활성은 HRGT 및 HRGTf군의 활성이 대조군보다 높았다. UDPGT 활성은 대조군에 비해 HRGT 및 HRGTf군에서 유의적으로 높았다. 따라서 홍마늘 복합물은 치료 중의 폐놀 화합물, 식이섭유에 의해 분변 중으로 지질 배설 작용이 촉진됨으로써 간 조직의 지질 수준 감소와 항산화 효소활성의 증가에 기여하는 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업(109137-03-1-HD110)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문헌

- Jang YS, Jeong JM. 2010. Effects of phyto-extract mixture on adiposity and serum lipid levels in obese mice induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1439-1445.
- Lee HS, Yang ST, Ryu BH. 2011. Effects of aged black garlic extract on lipid improvement in rats fed with high fat-cholesterol diet. *J Life Sci* 21: 884-892.
- Jang HS, Ahn JM, Ku KH, Rhee SJ, Kang SK, Choi JH. 2008. Effect of radish leaves powder on the gastrointestinal function and fecal triglyceride, and sterol excretion in rats fed a hypercholesterolemic diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1258-1263.
- Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 358-369.
- Chin HS, Paek KJ, Paek SH, Kim JK. 2009. The effects of herbal extract mixture on anti-obesity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 32-38.
- Shin JH, Lee SJ, Jung WJ, Seo JK, Sung NJ. 2010. Effect of the plants mixture and garlic composition on serum lipid level of hypercholesterolemic rats. *J Life Sci* 20: 396-402.
- Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Yang SM, Ju JC, Sung NJ. 2009. Effect of garlic and medicinal plants composites on antioxidant activity and lipid levels of liver in hypercholesterolemic rats. *J Life Sci* 19: 1769-1776.
- Lee SJ, Hwang CR, Kang JR, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ. 2012. Anti-obesity effect of red garlic composites in rats fed a high fat-cholesterol diet. *J Life Sci* 22: 671-680.
- Shin JH, Kang MJ, Lee SJ, Yang SM, Rue GH, Sung NJ. 2009. Biological activities of dried garlic, red ginseng and their mixture. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1633-1639.
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36: 333-338.
- Banerjee SK, Maulik SK. 2002. Effect of garlic on cardiovascular disorder: a review. *Nutr J* 1: 1-14.
- Chi MS. 1982. Effects of garlic products on lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 171: 174-178.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Kim JG, Sung NJ. 2008. Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J Life Sci* 18: 1123-1131.
- Kim RJ, Lee SJ, Kim MJ, Hwang CR, Kang JR, Jung WJ, Sung NJ. 2010. Effects of fresh, red and black garlic powder on lipid metabolism of obese rats induced by high fat diet. *J Agric Life Sci* 44: 159-170.
- Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Jung WJ, Ryu JH, Kim RJ, Sung NJ. 2010. Antioxidant activity of aged red garlic. *J Life Sci* 20: 775-781.
- Hwang CR, Shin JH, Kang MJ, Lee SJ, Sung NJ. 2012. Antioxidant and antiobesity activity of solvent fractions from red garlic. *J Life Sci* 22: 950-957.
- Lee SJ, Kim RJ, Ryu JH, Shin JH, Kang MJ, Kim IS, Sung NJ. 2011. Effects of the red garlic extract for anti-obesity and hypolipidemic in obese rats induced high fat diet. *J Life Sci* 21: 211-220.
- Sung NJ, Shin JH, Kang MJ, Lee SJ. 2012. Manufacturing method of red garlic. *Korean Patent* 10-1178592.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
- Mihara M, Uchiyama M. 1978. Determination of malondialdehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid. *Anal Biochem* 86: 271-278.
- Lim BO, Seo TW, Shin HM, Park DK, Kim SU, Cho KH, Kim HC. 2000. Effect of *Betulae Platyphyllae Cortex* on free radical in diabetic rats induced by streptozotocin. *Kor J Herbology* 15(2): 69-77.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
- Abei H. 1974. Catalase *in vitro* methods. In *Methods of Enzymatic Analysis*. Bergmeyer HU, ed. Academic Press, Inc., New York, NY, USA. Vol 2, p 673-684.
- Flohe L, Wolfgang A, Gunzler WA. 1984. Assay of glutathione peroxidase. In *Methods Enzymology*. Packer L, ed. Academic Press, Inc., New York, NY, USA. Vol 105, p 114-121.

28. 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.
29. Ozsoy N, Yilmaz T, Kurt O, Can A, Yanardag R. 2009. *In vitro* antioxidant activity of *Amaranthus lividus* L. *Food Chem* 116: 867-872.
30. Wang S, Noh SK, Koo SI. 2006. Green tea catechins inhibit pancreatic phospholipase A(2) and intestinal absorption of lipids in ovariectomized rats. *J Nutr Biochem* 17: 492-498.
31. Kang MJ, Yoon HS, Jeong SH, Sung NJ, Shin JH. 2011. Physicochemical characteristics of red garlic during processing. *Korean J Food Preserv* 18: 898-906.
32. Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, Kasuga S, Itakura Y. 2001. Intake of garlic and its bioactive components. *J Nutr* 131: 955S-962S.
33. Shimomura Y, Tamura T, Suzuki M. 1990. Less body fat accumulation in rats fed a safflower oil diet than in rats fed a beef tallow diet. *J Nutr* 120: 1291-1296.
34. Lee JJ, Kim AR, Lee H, Kim CH, Chang HC, Lee MY. 2011. Effects of soybean, *Cheonggukjang* and *Doenjang* on serum cholesterol level and weight reduction in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet. *Korean J Food Preserv* 18: 226-235.
35. Park JO, Lee IS, Choi JW. 2004. Effect of *Terminalia chebula* extract on liver in rat. *J Life Sci* 14: 141-147.
36. Kwon TD, Choi SW, Lee SJ, Chung KW, Lee SC. 2001. Effects of polyphenol or vitamin C ingestion on anti-oxidative activity during exercise in rats. *Kor J Physical Education* 3: 891-899.
37. Ha TY, Cho IJ, Seong KS, Lee SH. 2001. Effect of *Cassia tora* ethanol extract on the lipid levels of serum and liver in rats fed high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1171-1176.
38. Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. 1996. Effects of pine needle extracts on enzyme activities of serum and liver, and liver morphology in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 374-378.
39. Fritsche KL, Johnston PV. 1988. Rapid autoxidation of fish oil in diets without added antioxidants. *J Nutr* 118: 425-426.
40. Chance B, Sies H, Boveris A. 1979. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol Rev* 59: 527-605.
41. Cho SY, Oh YJ, Park JY, Lee MK, Kim MJ. 2003. Effect of dandelion (*Taraxacum officinale*) leaf extracts on hepatic antioxidative system in rats fed high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 458-463.
42. Zhang XH, Choi SK, Seo JS. 2009. Effect of dietary grape pomace on lipid oxidation and related enzyme activities in rats fed high fat diet. *Korean J Nutr* 42: 415-422.
43. Yoo SK, Lee SJ. 2002. Effects of YK-209 mulberry leaves on antioxidative defense system of liver in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1065-1070.
44. Scragg I, Celier C, Burchell B. 1985. Congenital jaundice in rats due to the absence of hepatic bilirubin UDP-glucuronyl transferase enzyme protein. *FEBS Lett* 183: 37-42.
45. Lee KS, Lee SR. 1996. Retarding effect of dietary fibers on the glucose and bile acid movement across a dialysis membrane *in vitro*. *Korean J Nutr* 29: 738-746.
46. Story JA. 1985. Dietary fiber and lipid metabolism. *Proc Soc Exp Biol Med* 180: 447-452.
47. Kim SO, Rhee IK, Rhee SJ. 2001. Effects of dietary xylooligosaccharide on hepatic UDP-glucuronyl transferase activity and compositions of fecal sterols in rat fed high cholesterol diets. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1197-1203.
48. Lim HS, Kim SO. 1988. Effect of level and P/S ratio of dietary fat on neutral sterols and bile acids extraction of rats. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 103-109.

(2012년 9월 12일 접수; 2012년 11월 5일 채택)