

Anti-Obesity Effect of Red Garlic Composites in Rats Fed a High Fat-Cholesterol Diet

Soo-Jung Lee¹, Cho-Rong Hwang², Jae-Ran Kang¹, Jung-Hye Shin², Min-Jung Kang² and Nak-Ju Sung^{1*}

¹Department of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

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

Received March 29, 2012 / Revised April 18, 2012 / Accepted April 18, 2012

Three kinds of dietary composites—R+T, R+F, and R+TF—were combined in green tea (T), dietary fiber (F), and green tea-dietary fiber mixture (TF) to red garlic extract (RG), respectively. The effects of their diets on anti-obesity were investigated *in vitro* and *in vivo* in obese rats induced high fat-cholesterol. In *in vitro* rats, the total phenolic content of the R+T and R+TF was 1.9~2.0 times higher, and their total cholesterol adsorption was 9.5~11.5 times higher than that of RG. In *in vivo* male Sprague-Dawley rats were divided into 6 groups (Normal, HFC, HRG, HR+T, HR+F and HR+TF). Afterwards, the diets of the HRG, HR+T, HR+F, and HR+TF groups were supplemented with 1% of RG and its dietary composites (R+T, R+F, and R+TF) for 4 weeks, respectively. The final body weight of the HRG, HR+T, HR+F, and HR+TF groups decreased significantly compared to the group fed high fat-cholesterol (HFC), but the food efficiency ratio was not significantly different from the HFC group. The liver weight of the HFC group doubled compared to the normal group, whereas that of HR+T and HR+TF groups decreased significantly. The weight of visceral and epididymal fat decreased significantly in the groups fed the composites compared to the HFC group. The obesity index of HR+TF group decreased significantly only when compared to the HFC group. The serum lipid profile such as total lipids, cholesterol, triglyceride, LDL- and VLDL-cholesterol, as well as the atherogenic index and cardiac risk factors decreased drastically in all experimental groups compared to the HFC group, and the levels of HR+T, HR+F and HR+TF groups were a similar trend. GPT activity was not significantly different among the groups fed the composites, and it decreased significantly in the HRG group. The content of the lipid peroxide level decreased significantly in the HRG group and in the groups fed the composites, compared to the HFC group. Serum antioxidant activity was the highest in the HR+T group. We suggest that the hypolipidemic and anti-obesity effect of the RG composites, achieved by mixing green tea extract and/or dietary fiber, was due to their total phenolic content and total cholesterol adsorption effect.

Key words : Red garlic composites, serum lipids, anti-obesity, total phenol

서 론

식생활 수준의 향상으로 식생활 패턴은 동물성 식품 섭취 증가와 과다영양을 초래하게 되었다. 또한 편리해진 생활 시스템은 활동량의 점차적인 감소로 이어져 체중 증가는 “비만”이라는 심각한 질병의 수준까지 이르게 되었으며, 과체중으로 인한 만성 소모성 질환이나 심혈관계 질환의 발병을 빠르게 진행시켜 사회적으로도 문제시화 되고 있다. 우리나라에서도 비만인구의 증가에 따른 사회경제적인 손실이 매년 증가되고 있으며, 동맥경화증, 뇌혈관 질환, 심혈관계 질환, 고혈압 및 당뇨병과 같은 순환계 질환을 일으키는 주원인으로 이로 인한 사망자 중 약 40% 이상이 비만인 것으로 볼 때 근본적인 개선책이 필요하다[37].

비만의 원인이 되는 대표적인 식이로 콜레스테롤을 포함하는 동물성 지방은 함께 섭취되는 식물성 식품에 함유된 폴리페놀류나 섬유소와 결합되어 배설된다[13,26]. 일반적으로 식이 섬유소의 다량 섭취에 의해 체내 지질 수준이 감소된다는 연구결과가 알려져 있어[9,13], 비만인은 이들을 이용함으로써 비만 해소나 체중 감량의 효과를 얻고자 하는 경향이 크다. 또한 혈청 콜레스테롤을 1% 저하시킬 경우 심근경색은 약 2%, 허혈성 뇌졸중은 약 5배 감소시킬 수 있으므로 생체 내에서 유리 라디칼을 소거하는 항산화 활성을 동시에 지니는 물질의 경우 이러한 질병의 치료에 더욱 효과적이라고 볼 수 있다. 그러나, 의약품일 경우 부작용의 위험성이 발생할 수 있으므로 체내 콜레스테롤 및 지질 수준을 안전하게 낮추기 위해서는 지속적인 천연물 소재의 발굴, 자연 건강식품의 개발과 기능성에 관한 연구가 필요할 뿐만 아니라 그 결과의 적극적인 활용이 요구된다[32].

홍마늘(출원번호; 10-2010-0036798)은 흑마늘의 진한 흑색

*Corresponding author

Tel : +82-55-772-1431, Fax : +82-55-772-1439

E-mail : snakju@gnu.ac.kr

을 개량하기 위하여 저온에서 반복적인 열처리과정으로 적갈색을 띄는 마늘로 제조된 것을 일컬으며, 생리활성은 생마늘과 흑마늘의 중간정도로 평가되고 있다[25]. 홍마늘 분말의 체내 지질저하 효과는 고지방 식이에 의한 비만 유도 흰쥐에서 흑마늘 분말과 비슷한 결과를 보였으며[19], 15 brix의 홍마늘 열수추출물을 3~7% 첨가급이 시 체지방량 감소 및 체내 지질 배설효과가 있다는 연구가 보고되어 있다[24].

녹차는 체중 저하, 혈압 강하 및 혈중 지질개선 등의 심장순환기계 질환의 예방에 효과가 있는 것으로 알려져 있다[38]. 특히 catechin, kaempferol 및 quercetin 등의 플라보노이드는 폴리페놀 화합물의 일종으로 유리 라디칼 소거에 특징적인 구조를 가져며[28], 체중 조절과 에너지 소비 증가와 관련된 연구도 보고된 바 있다[16]. 식이섬유는 체내에서 수분과 결합하여 팽창되는 성질에 의해 정장작용이나 콜레스테롤 및 담즙산의 흡수를 저해함으로써 비만, 고지혈증 및 동맥경화 등의 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다[13,29].

본 연구는 항산화 활성 및 체내 지질 개선에 효과가 있는 것으로 보고[19,24,25]된 바 있는 홍마늘에 녹차 추출물과 식이섬유를 혼합하여 제조한 복합물이 고지방-콜레스테롤 식이에 의한 비만 유도 흰쥐의 혈중 지질 수준에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이로써 홍마늘을 이용하여 항비만 효과를 증대시킬 수 있는 기능성 식품으로 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 복합물의 제조

홍마늘은 남해군에서 생산된 마늘을 이용하여 “숙성 홍마늘 제조방법” 특허(10-2010-0036798)에 따라 제조하였다. 홍마늘 1 kg에 대해 10배의 물을 넣어 진공 추출기(COSMOS 660, Kyungseo Machine Co., Incheon, Korea)로 추출하였고, 녹차는 경남 하동군 화개농협에서 시판되는 작설차(우전)를 구입하여 시료 100 g에 10배의 물을 넣어 상기의 진공 추출기로 추출하였다. 홍마늘 및 녹차 추출물은 추출 후 여과액을 모아 진공 동결건조시켜 분말화하였다. 식이섬유소는 감귤류에서 얻은 식이섬유(Citri-fi 100FG, Fiberstar Inc., Willmar, Minnesota, USA)를 사용하였다.

홍마늘 복합물을 제조하기 위하여 홍마늘 추출물에 대한 녹차 추출물은 혼합비율을 달리하여 5점 척도법에 따라 관능평가한 후, 홍마늘의 맛과 향을 크게 변화시키지 않는 배합비인 87.5%:12.5%(7:1, w/w)의 혼합비를 설정하였다. 홍마늘 추출물에 대한 식이섬유 복합물(R+F)과 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)은 녹차 복합물(R+T)의 배합비를 기준으로 하였다 (Table 1). 이들 복합물은 각각 고지방-콜레스테롤 식이에 대해 1% 비율로 혼합하여 조제사료를 구성하였다.

총 페놀 함량 측정

홍마늘 추출물과 복합물을 일정농도로 조정된 후 Folin-Denis법[7]에 따라 총 페놀 함량을 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma Co., St Louis, MO, USA)를 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 계산하였다.

In vitro에서 콜레스테롤 흡착 활성

홍마늘 추출물 및 복합물을 2.5 mg/ml의 농도로 조정된 후 콜레스테롤과의 반응력을 in vitro에서 효소법에 의한 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea)으로 측정하였다[41]. 시료액 1 ml에 콜레스테롤 30 µg을 가하여 25℃에서 20분간 반응시킨 다음 50 µl의 0.1 M hexadecyltrimethylammonium bromide (Sigma Co., St Louis, MO, USA)를 가하여 25,000×에서 15분간 원심분리시켰다. 상층액 200 µl를 취하여 효소액 1.5 ml를 혼합하여 37℃에서 5분간 반응시켜 500 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료 무첨가구에 대한 시료의 콜레스테롤 흡착 활성(%)으로 나타내었다.

실험동물의 사육 및 식이조성

평균체중이 90~110 g인 Sprague-Dawley계 4주령 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양받아 1주일간 순화과정을 거친 후 난괴법에 의해 7마리씩 6그룹으로 나누어 사육상자에 한 마리씩 사육하였다. 동물사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)의 조건은 온도(22±2℃), 습도(50±5%) 및 명암주기(12시간; 07:00~19:00)를 자동 조절하였으며, 사육 기간 동안 물과 사료는 자유급이하였다. 비만 유도 식이는 Table 2에 나타낸 바와 같이 정상군 식이(normal diet)에 대해 1% 콜레스테롤과

Table 1. Composition of red garlic extract, green tea extract and citrus dietary fiber for composite (%)

	RG ¹⁾	R+T ²⁾	R+F ³⁾	R+TF ⁴⁾
Red garlic extract (RG)	100	87.5	87.5	87.5
Green tea extract (T)	-	12.5	-	6.25
Citrus dietary fiber (F)	-	-	12.5	6.25

¹⁾RG: red garlic extract

²⁾R+T: red garlic extract+green tea extract by 87.5:12.5 ratio

³⁾R+F: red garlic extract+citrus dietary fiber by 87.5:12.5 ratio

⁴⁾R+TF: red garlic extract+green tea extract+citrus dietary fiber by 87.5:6.25:6.25 ratio

Table 2. Diet compositions in experimental groups

Ingredients	(g/100 g diet)	
	Normal diet	HFC
Corn starch	39.8	29.8
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
Lard	-	15
Cholesterol	-	1
Sodium cholate	-	0.25
Total energy (kcal)	3379.5	4819.5
Fat energy ratio (%)	16.8	43.0
Experimental design		
Control	Normal diet	
HFC	1% cholesterol and 15% lard fed group to the normal diet	
HRG	1% RG ³⁾ supplemented group to HFC diet	
HR+T	1% R+T ⁴⁾ composite supplemented group to HFC diet	
HR+F	1% R+F ⁵⁾ composite supplemented group to HFC diet	
HR+TF	1% R+TF ⁶⁾ composite supplemented group to HFC diet	

¹⁾AIN-93 Vitamin mixture

²⁾AIN-93 Mineral mixture

³⁻⁶⁾Refer to the Table 1

15%의 돈지를 첨가하였으며, 실험군은 대조군(HFC)의 식이에 각각 1%의 홍마늘 추출물(RG), 녹차 복합물(R+T), 식이섬유 복합물(R+F) 및 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)를 첨가하여 급이하였다.

식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

실험기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급여하였고 다음날 오전 10시경에 잔량을 조사하여 식이섭취량을 산출하였다. 물은 수도수를 매일 신선하게 공급하였으며, 체중은 1주일에 1회 일정 시간에 측정하였다. 실험사육 4주간의 총 체중 증가량(g)을 실험일수로 나누어 1일 평균체중을 산출하였으며, 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 체중 증가량을 동일 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

비만도 평가

실험사육 최종일에 실험동물의 코끝에서 항문까지의 체장(cm)과 체중(g)을 측정하여 전보[19,24]에 나타난 바와 같이 Röhler index, Lee index, T.M. index 및 체지방 함량(%)을 산출하여 비만도를 분석하였다

실험동물의 처리

실험 최종일에 16시간 절식시킨 후 에테르로 마취하여 심장으로부터 채혈하여 혈액을 얻었다. 혈액은 약 30분간 빙수 중에서 정치시킨 후 980×g에서 15분간 원심분리(Mega 17R, HANIL, Incheon, Korea)시켜 혈청을 분리하였다. 간장, 심장, 신장, 지라 및 고환 등의 장기 조직과 내장지방과 부고환 주변 지방을 적출하여 냉각된 생리식염수로 탈혈 후 중량을 측정하였다.

혈액 성분 분석

총 지질(total lipid)은 혈청 20 µl에 phospho-vanillin 시약을 첨가한 후 37°C에서 15분간 배양한 후 시료 무침가구를 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다[6]. 총 콜레스테롤(total cholesterol)은 총 콜레스테롤 측정용 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea), 중성지방(triglyceride)은 중성지방 측정용 kit시약(AM 157S-k, Asan, Korea), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol) 함량은 HDL-C 측정용 kit시약(AM 203-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol) 함량은 혈청 총 콜레스테롤 - (HDL-C+중성지방/5)의 계산식에 의해 산출하였고 [5], 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 및 심혈관 질환 위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량을 이용하여 계산하였다[8,15].

GOT (glutamic oxaloacetic transaminase) 및 GPT (glutamic pyruvic transaminase) 활성도는 GOT, GPT 측정용 kit시약(AM 101-k, Asan, Korea)으로 분석하였으며, 혈액 1 ml 당 Karmen unit로 표시하였다. ALP (alkaline phosphatase) 활성도는 ALP 측정용 kit시약(AM 105S-k, Asan, Korea)으로 측정하여 K-A unit로 나타내었다.

혈청 지질과산화물 함량 측정

지질과산화물 함량은 Yagi [43]의 방법에 따라 혈청 300 µl에 1/12 N 황산 용액 및 10% phosphotungstic acid를 차례로 가한 후 2,800×g에서 10분간 원심분리시켰다. 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 산출하여 mmol/ml로 나타내었다.

항산화 활성 측정

항산화 활성은 혈청 100 µl에 100 mM Tris-HCl 완충액(pH 7.4) 및 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, 2.5 mg in 100 ml methanol) 용액 4 ml를 가한 다음 실온의 암실에서 20분간 반응시켰다. 여기에 chloroform 4 ml를 가하여 진탕 혼합하였

다. 2,800× g에서 10분간 원심분리시킨 후 chloroform층을 회수하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 무침가구에 대한 흡광도 비(%)로 나타내었다[27].

통계처리

본 실험결과는 SPSS package를 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

홍마늘 추출물과 복합물의 총 페놀 함량

시료의 총 페놀 함량은 홍마늘 추출물(RG)이 8.08 mg/g이었으며, 녹차 복합물(R+T) 및 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)은 16.35 mg/g 및 15.53 mg/g으로 홍마늘 추출물에 비해 약 1.9~2.0배 높았으며, 식이섬유 복합물(R+F)은 7.95 mg/g으로 홍마늘 추출물과 비슷한 함량이었다(Fig. 1).

홍마늘 열수추출물의 총 페놀 함량은 27.15 mg/g으로 생마늘보다 높으며 흑마늘 보다는 다소 낮은 것으로 보고된 바 있으며[25], 투석 처리한 홍마늘 추출물은 투석막 외액에서 총 페놀 함량이 15~20 mg/g의 범위로 생마늘이나 흑마늘보다 높았는데, 이는 항산화 활성과 (+)상관관계인 것으로 보고되어 있다[36]. 본 연구에서 홍마늘 추출물의 총 페놀 함량은 상기 보고와 다소 차이가 있는데, 식물류의 가공에서 원료의 상태, 품종, 제조과정상의 차이, 추출과정 등에 따라 유용성분의 용출이 다를 수 있기 때문이라 사료된다. 녹차 열수추출물 중 총 페놀 함량은 6.62 mg/100 g[42], 35.7~46.8 mg/100 g [40]으로 시료의 종류나 상태, 측정 방법 등에 따라 상당한 차이를 보이거나, 녹차와 유사한 보이차, 우롱차, 홍차와 비교시 녹차의 총 페놀 함량이 가장 높으며, 특히 녹차의 카테킨류 중 EGCG (epigallocatechin gallate)의 함량이 가장 높아 이들 성분이 비례적으로 항산화 활성을 증가시킨다는 보고가 있다[11].

홍마늘 추출물과 복합물의 콜레스테롤 흡착 활성

홍마늘 추출물과 복합물의 콜레스테롤에 대한 흡착 활성을 *in vitro*에서 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 2.5 mg/ml의 농도에서 비교한 결과, 홍마늘 추출물(RG)의 콜레스테롤 흡착 활성(3.85%)에 비해 녹차 복합물(R+T)은 36.54%로 9.5배, 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)은 44.23%로 11.5배 높은 활성을 보였다.

실험동물에 녹차를 급여한 결과 혈중 콜레스테롤 수준이 감소되었는데, 이는 녹차가 콜레스테롤 흡수를 억제하였거나 담즙산 형태로 배출을 촉진시켰기 때문인데[31], 이와 같은 결과는 녹차 중의 카테킨 성분인 EGCG의 효과가 지배적이라는 보고가 있다[12]. 식이섬유 중 펙틴은 순환기계 질환을 포함한 만성 퇴행성 질환의 예방에 효과적이며[39], 고콜레스테롤혈

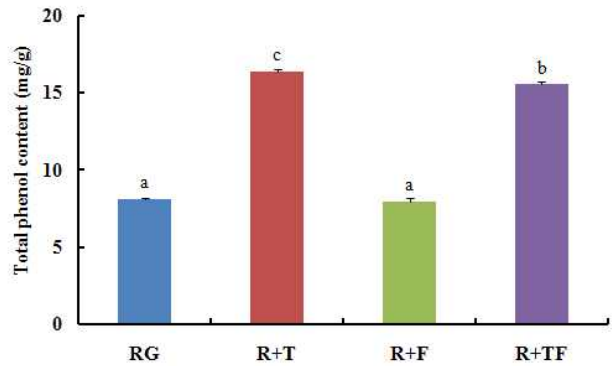


Fig. 1. Total phenol content of red garlic extract and composite. RG, R+T, R+F and R+TF were referred to the Table 1. ^{a-c}Different superscript letter are significantly different at $p < 0.05$.

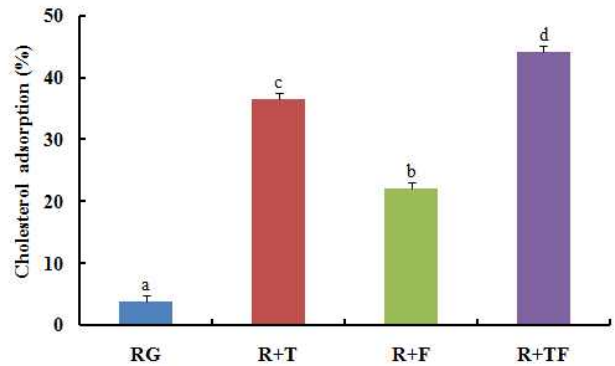


Fig. 2. Cholesterol adsorption activity of red garlic extract and composite. RG, R+T, R+F and R+TF were referred to the Table 1. ^{a-d}Different superscript letter are significantly different at $p < 0.05$.

증 유도 흰쥐에게 셀룰로오스와 펙틴을 각각 급여한 경우 펙틴 급여군의 혈중 콜레스테롤 수준이 유의적으로 감소하였다는 보고가 있다[10]. 본 연구에서 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)은 홍마늘 추출물에 비해 콜레스테롤 흡착 활성이 월등히 높아 고지방-콜레스테롤 식이에 첨가급여할 경우 체내 지질수준의 감소에 유효할 것으로 예상된다.

체중 변화 및 식이효율

고지방-콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐를 대조군(HFC)으로 하여 홍마늘 추출물(RG), 녹차 복합물(R+T), 식이섬유 복합물(R+F) 및 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)을 각각 1% 수준으로 4주간 보충급여한 후 체중 변화와 식이효율을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

실험사육 4주 후 최종 체중은 대조군이 318.57 g이었으며, 실험군은 288.57~306.43 g의 범위로 녹차·식이섬유 복합물 첨가군(HR+TF)에서 유의적으로 낮았다. 이는 4주 동안 체중 증가량이 식이섬유 복합물 첨가군(HR+F)과 HR+TF군에서 대

Table 3. Changes of the body weight, food intake and food efficiency ratio in rats fed garlic extract and composites supplementation

Group ¹⁾	Final body weight (g)	Food intake (g/day)	Total body weight gain (g/4 wk)	FER (%) ³⁾
Normal	277.85±8.59 ^{a2)}	19.93±0.15 ^b	146.25±2.50 ^a	27.18±1.27 ^a
HFC	318.57±4.76 ^d	19.16±0.46 ^a	173.75±12.50 ^d	31.51±2.40 ^b
HRG	306.43±8.99 ^c	19.80±0.28 ^b	168.75±11.09 ^{cd}	33.11±0.83 ^b
HR+T	301.43±11.44 ^c	19.59±0.61 ^{ab}	161.25±4.79 ^{bcd}	33.03±1.14 ^b
HR+F	303.57±6.90 ^c	19.48±0.33 ^{ab}	160.00±4.08 ^{bc}	32.41±0.89 ^b
HR+TF	288.57±9.00 ^b	19.71±0.12 ^{ab}	152.50±10.41 ^{ab}	32.28±0.93 ^b

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

¹⁾Refer to the Table 2

²⁾Values are mean±SD ($n=7$).

³⁾Food efficiency ratio=Total body weight gain (g/4 wk)/food intake (g/4 wk)×100.

조군보다 유의적으로 작았던 것과 유사한 경향이였다. 1일 식이섭취량은 정상군과 HRG군이 대조군에 비해 유의적으로 높았으나, 그 외 실험군에서는 유의차가 없었다. 식이효율은 대조군을 비롯한 모든 실험군에서 31.51~33.11%의 범위로 유의차가 없었다.

고지방 식이 흰쥐에 홍마늘 열수추출물을 1~7%의 수준으로 보충급이한 경우 식이효율에 유의차를 보이지 않았다[19]. 3%의 마늘 동결건조 분말이 고지방식이에 첨가되었을 때 대조군에 비해 식이효율이 유의적으로 감소되었으나[24], 콜레스테롤을 급이한 흰쥐에서는 유의차가 없었다고 보고된 바 있다[14]. 고지방 식이로 비만이 유도된 흰쥐에서 식이섭취량은 정상군보다 작으나, 식이효율은 증가되는데[44], 이는 본 연구와 유사한 경향이였다. 흑마늘 추출물도 고지방 식이 흰쥐에 급이한 결과 저농도 및 중정도의 농도에서 식이효율에 유의차가 없는 것으로 보고되어 있다[23]. 따라서 본 연구결과 고지방-콜레스테롤 식이에 의한 높은 열량으로 식이섭취량이 다소간 감소되기는 하나 유의적인 차이가 없어 홍마늘 추출물 및 복합물의 보충급이가 고지방-콜레스테롤 식이 흰쥐의 식이효율에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

장기 중량

고지방-콜레스테롤 식이 흰쥐에 홍마늘 추출물과 복합물을

1% 농도로 보충급이하여 4주간 실험사육한 후 장기 조직의 중량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 간장의 중량은 정상군에 비해 대조군이 약 2배 정도 증가되었으나, 실험군에서는 다소 감소되는 경향이였으며, 특히 HR+T군과 HR+TF군에서 유의적인 감소를 보였다. 심장의 중량은 대조군과 실험군간에 유의차가 적었다. 고환은 HR+TF군이 대조군에 비해 유의적인 감소를 보였다. 그 외 신장과 지라의 중량은 모든 실험군간에 유의차가 없었다.

체지방 중 내장지방의 중량은 홍마늘 추출물 첨가군(HRG)에서 다소 낮았으나, 대조군에 비해 유의차가 적었으며, 부고환 주변지방의 중량은 대조군에 비해 모든 실험군에서 유의적으로 낮았다. 고지방 식이에 홍마늘 추출물을 첨가하였을 때 고환의 중량이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었는데[24], 이는 본 연구와 일치하는 결과였다.

고지방 식이에 의해 간 조직은 유입된 콜레스테롤의 정상적인 배출이 이루어지지 않아 간 조직내에 축적되어 지방간 등의 간비대를 일으키므로 장기 중량이 증가되는 경향이 있다[33]. 고지방 식이에 홍마늘 추출물의 농도를 달리하여 보충급이한 결과 5%이상의 농도에서 간장의 중량이 유의적으로 감소되었으며[24], 고지방 식이에 녹차 추출물과 식이섬유의 혼합물을 급이한 경우 간장 및 지라의 중량이 대조군에 비해

Table 4. The weight of organs and body fat in the rats fed high fat-cholesterol by the red garlic extract and composites supplementation

Group ¹⁾	Organ weight (g/100 g body weight)					Fat weight (g/100 g body weight)	
	Liver	Heart	Kidney	Spleen	Testis	Visceral	Epididymal
Normal	2.62±0.06 ^{a2)}	0.31±0.01 ^a	0.72±0.01 ^{NS}	0.22±0.01 ^{NS}	1.04±0.04 ^b	0.87±0.23 ^b	1.37±0.05 ^a
HFC	5.11±0.23 ^c	0.34±0.01 ^b	0.73±0.05	0.23±0.02	1.06±0.05 ^b	1.20±0.20 ^b	1.67±0.10 ^b
HRG	4.89±0.24 ^{bc}	0.34±0.01 ^b	0.70±0.03	0.22±0.01	1.08±0.03 ^b	0.97±0.23 ^{ab}	1.43±0.11 ^a
HR+T	4.71±0.22 ^b	0.33±0.02 ^{ab}	0.70±0.02	0.22±0.03	1.04±0.05 ^b	0.83±0.12 ^a	1.41±0.09 ^a
HR+F	4.91±0.15 ^{bc}	0.33±0.02 ^{ab}	0.68±0.04	0.21±0.02	1.02±0.04 ^{ab}	0.84±0.04 ^a	1.42±0.02 ^a
HR+TF	4.82±0.09 ^b	0.34±0.01 ^b	0.69±0.02	0.20±0.02	0.97±0.02 ^a	0.82±0.17 ^a	1.36±0.10 ^a

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

¹⁾Refer to the Table 2

²⁾Values are mean±SD ($n=7$).

NS: not significant

유의적으로 감소되었다는 보고가 있는데[18], 본 연구에서도 홍마늘 추출물의 일부를 녹차 또는 식이섬유로 대체할 경우 이와 유사한 효능을 내는 것으로 확인되었다.

비만도 평가

고지방-콜레스테롤 식이에 홍마늘 추출물 및 복합물을 1% 농도로 첨가하여 4주간 실험사육하여 체중과 키를 측정하여 비만지수를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 흰쥐의 경우 Röhler 지수는 30 이상[4], Lee 지수는 300 이상[17], T. M. 지수는 55 이상[17]일 때 비만으로 간주되는데, 본 연구에서 대조군(HFC)은 모두 비만인 것으로 확인되었으며, 홍마늘 추출물 및 복합물 급이시 비만도가 감소되기는 하였으나, 녹차·식이섬유 복합물 첨가군(HR+TF)에서만 유의적인 감소를 보였다. 고지방 식이에 홍마늘 추출물을 1% 첨가시 대조군에 비해 비만도가 감소되지는 않았으나, 3% 이상 첨가시에는 유의적인 감소를 보였는데[24], 이는 본 연구결과와 유사하였다. 특히 HR+TF군은 대조군에 비해 비만도 및 체지방량이 유의적으로 감소되어 홍마늘 추출물의 일부를 녹차와 식이섬유로 대체할 경우 홍마늘의 비만도 감소 효과를 높여 지방 섭취량이 증가되는 현대인의 식사에서 비만 예방에 도움이 될 것으로 기대된다.

혈중 지질 함량

고지방-콜레스테롤 식이에 의한 비만 유도 흰쥐에 홍마늘 추출물과 복합물을 보충급이하여 사육한 후 혈청의 지질 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 총 지질 함량은 정상군에 비해 대조군이 1.6배 증가하였으며, 홍마늘 추출물과 복합물을 급이한 실험군에서는 유의적으로 감소하였다. 특히 HR+TF군은 대조군에 비해 약 24.3% 감소된 경향이 있었다. 총 콜레스테롤 함량도 총 지질 함량과 유사한 경향으로 대조군에 비해 실험군에서 유의적으로 감소되었다. 식이섬유 복합물 첨가군(HR+F)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 보였으나, 이는 HR+TF군과 비슷한 수준이었다. 중성지방 함량은 HRG군 및 HR+T군에서 정상군과 비슷한 수준까지 감소되었으며, HR+F군 및 HR+TF군은 정상군보다 유의적으로 낮은 경향이 있었다. LDL-콜레스테롤은 홍마늘 추출물 및 복합물 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었으며, HR+T 및 HR+TF군은 비슷한 수준이었다. 동맥경화 지수 및 심혈관 질환 위험지수는 정상군에 비해 대조군이 약 5.8배 및 3.3배 높았으나, 실험군은 대조군에 비해 유의적으로 감소되었으며, 특히, HR+F군과 HR+TF군에서 가장 낮았다.

흰쥐에 대한 방사선 동위원소 추적실험에서 마늘 추출물은

Table 5. Obesity index in the rats fed high fat-cholesterol by the red garlic extract and composites supplementation

Group ¹⁾	Röhler index	Lee index	T.M. index	Body fat content (%)
Normal	30.01±0.72 ^{a2)}	304.99±2.42 ^a	51.45±1.24 ^a	7.86±0.72 ^a
HFC	34.01±1.21 ^c	317.82±3.73 ^b	58.30±2.07 ^c	11.84±1.20 ^c
HRG	33.36±1.04 ^c	315.81±3.26 ^b	57.19±1.78 ^c	11.20±1.03 ^c
HR+T	32.93±1.91 ^{bc}	314.39±3.13 ^b	56.45±3.27 ^{bc}	10.77±1.90 ^{bc}
HR+F	32.93±0.76 ^{bc}	314.47±2.42 ^b	56.45±1.30 ^{bc}	10.77±0.76 ^{bc}
HR+TF	31.31±1.57 ^{ab}	309.22±5.13 ^a	53.68±2.70 ^{ab}	9.16±1.57 ^{ab}

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

¹⁾Refer to the Table 2

²⁾Values are mean±SD ($n=7$).

Table 6. Lipid profiles in serum of the rats fed high fat-cholesterol by the red garlic extract and composites supplementation

Group ¹⁾	Normal	HFC	HRG	HR+T	HR+F	HR+TF
Total lipid (mg/dl)	209.88±6.57 ^{a2)}	335.50±11.99 ^e	295.50±8.29 ^d	274.22±3.58 ^c	266.22±6.48 ^c	254.00±4.86 ^b
Total cholesterol (mg/dl)	54.78±4.87 ^a	117.84±2.53 ^e	110.11±5.51 ^d	100.76±2.31 ^c	93.23±2.56 ^b	97.89±1.53 ^{bc}
Triglyceride (mg/dl)	34.91±3.29 ^{bc}	56.56±1.54 ^d	37.32±1.89 ^c	34.19±1.57 ^b	28.52±0.95 ^a	25.95±1.83 ^a
HDL-C (mg/dl)	28.79±2.40 ^c	18.68±0.74 ^a	23.14±0.78 ^b	20.80±0.99 ^{ab}	21.51±0.76 ^b	22.10±2.01 ^b
LDL-C (mg/dl)	19.02±3.53 ^a	87.85±2.46 ^e	79.50±4.36 ^d	73.13±1.16 ^c	66.02±1.72 ^b	70.60±1.39 ^c
VLDL-C (mg/dl)	6.99±0.66 ^{bc}	11.31±0.30 ^d	7.46±0.38 ^c	6.84±0.32 ^b	5.70±0.19 ^a	5.19±0.37 ^a
AI ³⁾	0.91±0.14 ^a	5.32±0.31 ^e	3.76±0.08 ^{cd}	3.85±0.14 ^d	3.34±0.07 ^b	3.46±0.40 ^{bc}
CRF ⁴⁾	1.91±0.14 ^a	6.32±0.31 ^e	4.76±0.08 ^d	4.85±0.14 ^{cd}	4.34±0.07 ^b	4.46±0.40 ^{bc}

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

¹⁾Refer to the Table 2

²⁾Values are mean±SD ($n=7$).

³⁾Atherogenic index=(Total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

⁴⁾Cardiac risk factor=Total cholesterol/HDL-cholesterol

콜레스테롤 합성을 37~64%정도 억제하는데, 이는 마늘 중의 황화합물에 기인된다는 보고가 있다[45]. 고지방식으로 비만이 유도된 흰쥐에 홍마늘 추출물을 1~7% 농도로 첨가급이한 결과 시료의 첨가량이 많아짐에 따라 중성지방의 함량이 감소되는데, 3% 이상 급이시 유의적이었으며, 이는 HDL-콜레스테롤 수준의 증가에도 도움이 되는 것으로 보고된 바 있다[24]. 그러나, 고지방식이에 마늘즙을 첨가하여 흰쥐에 급이하였을 때 대조군에 비해 마늘즙 첨가군에서 HDL-콜레스테롤 수준의 감소가 유의적이지 않았다는 보고도 있다[35]. 흑마늘도 콜레스테롤 식이 흰쥐에 보충급이 되었을 때 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 수준은 저하시켰으나, 첨가량에 따른 유의차가 없다는 보고도 있다[23]. 반면에, Lee 등[23]은 성인의 보편적인 1일 섭취량보다 높은 수준의 흑마늘을 흰쥐에게 급이한 경우 HDL-콜레스테롤 수준이 증가하였는데, 흑마늘의 수용성 유기 황화합물인 S-allylcystein이 주된 유효성분이라고 보고하였다. 즉, 마늘은 혈중 VLDL-콜레스테롤 수준을 감소시킴으로써 혈중 총 콜레스테롤 함량을 낮추게 되어 동맥경화 발병을 감소시키는데[3], 혈중 중성지방 함량의 감소는 모세혈관 벽의 lipoprotein lipase에 의해 키로미크론과 VLDL-콜레스테롤의 분해가 촉진된 결과로[20], 마늘의 혈중 지질 개선이 수용성의 마늘 성분이 혈액 내 지질 성분과 emulsion 형성이 용이하게 일어나기 때문이라고 추정되고 있다[1].

1% 콜레스테롤을 함유한 식이에 500 mg/kg bw의 녹차 추출물을 혼합급이할 경우 혈중 중성지질이나 콜레스테롤의 감소에는 효과가 없었으나, 간 조직 중 지질 축적 억제에는 유의적인 효과를 보여 녹차 내의 catechin, quercetin 등의 flavonoid와 페놀 화합물에 의한 작용이라고 추정된 바 있다[21]. 콜레스테롤을 급이한 흰쥐에 녹차 추출물, catechin 및 EGCG를 각각 급이시킨 결과 모든 실험군에서 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 함량이 감소되었으며, 특히 EGCG 급이군에서 유의적인 감소를 보여 녹차의 콜레스테롤 저하효과는 EGCG에 의존적이라는 보고도 있다[12]. 또한 EGCG는 HDL-콜레스테롤의 함량을 증가시킴으로써 심혈관계 질환의 예방에도 효과가 있는 것으로 추정된다[12]. 수용성 식이섬유는 고콜레스테롤 식이에 혼합되었을 때 혈청 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준은 감소시키고 HDL-콜레스테롤을 증가시킨다고 알려져 있다[13]. 이와 같이 실험동물에서 혈중 콜레스테롤이나 중성지방의 함량은 연구자간에 상이함을 보이는데, 실험동물의 식이 중 지질 조성 및 함량, 시료의 종류, 급이 기간, 동물의 종이나 계통의 차이 등에 의한 영향일 것으로 분석된다.

본 연구에서 고지방-콜레스테롤 식이에 홍마늘 추출물을 보충급이한 결과 혈중 중성지방의 감소 및 HDL-콜레스테롤 함량의 증가에 유의적인 현상을 보였는데, HR+TF군은 HRG군보다 더 효과적이었다. 즉, 본 실험에서 녹차 추출물이나 식이섬유가 총 사료량에 대해 약 0.125% 수준으로 혼합되어진 것을 고려해 본다면, 홍마늘 복합물의 혈중 지질 감소는

시료 중의 유효성분과 홍마늘과의 상호작용에 의한 것으로 사료된다.

GOT, GPT 및 ALP 활성

고지방-콜레스테롤 식이로 비만을 유도한 흰쥐에 홍마늘 복합물을 보충급이하여 GOT, GPT 및 ALP 활성을 측정할 결과 Table 7과 같다. 간기능 효소활성은 정상군에 비해 대조군에서 유의적으로 상승하였으며, 홍마늘 추출물 및 복합물 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. GOT 활성은 HR+F군과 HR+TF군이 비슷하였으며, GPT 활성은 HR+T군, HR+F군 및 HR+TF군에서 통계적인 유의차가 없었으며, HRG군보다 활성이 낮았다. ALP 활성은 전반적으로 실험군간에 유의차가 적었다.

고지방 식이에 의한 간 중량의 증가는 혈중 GOT 및 GPT 활성 증가와도 (+)의 상관성이 있으며[22], 이때 사료에 첨가되는 시료의 항산화 활성이 높으면 GOT 및 GPT 활성은 감소된다고 보고되어 있다[30]. 마늘과 식물류의 혼합물을 고콜레스테롤 식이 흰쥐에게 혼합급이시 마늘 추출물의 농도가 증가됨에 따라 GOT 활성은 증가되었으며, GPT 활성은 유의차가 없는 것으로 보아 마늘 추출물이 GOT 및 GPT 활성의 감소에 큰 효과를 보이지 않았다[35]. 따라서 본 연구결과, 홍마늘 추출물의 GOT 및 GPT 활성이 대조군에 비해 유의적으로 감소된 것은 생마늘보다 홍마늘에서 항산화 활성이 높기 때문인 것으로 생각된다[25]. 또한 녹차 복합물(R+T) 및 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)의 총 페놀 함량이 홍마늘 추출물보다 높았기 때문에 이들 물질도 GOT 및 GPT 활성도의 감소에 기여하는 것으로 여겨진다.

지질과산화물 함량 및 항산화 활성

홍마늘 복합물을 고지방-콜레스테롤 식이에 의한 비만 유도 흰쥐에게 급이하여 혈중 지질과산화물 함량과 항산화 활성

Table 7. GOT, GPT and ALP activities in serum of the rats fed high fat-cholesterol by the red garlic extract and composites supplementation

Group ¹⁾	GOT	GPT	ALP
	(Karmen unit/ml)		(K-A unit/ml)
Normal	54.00±1.63 ^{a2)}	17.88±0.85 ^a	18.66±1.82 ^a
HFC	72.25±1.26 ^e	26.75±3.40 ^c	32.51±1.72 ^d
HRG	66.75±1.71 ^d	23.05±0.74 ^b	25.06±3.94 ^c
HR+T	62.00±1.83 ^c	20.00±2.45 ^a	20.46±0.89 ^{ab}
HR+F	59.13±1.65 ^b	19.50±1.91 ^a	21.88±1.10 ^{abc}
HR+TF	57.50±1.29 ^b	18.63±1.11 ^a	23.21±2.18 ^{bc}

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

¹⁾Refer to the Table 2

²⁾Values are mean±SD ($n=7$).

Table 8. TBARS content and antioxidant activity in serum of the rats fed high fat-cholesterol by the red garlic extract and composites supplementation

Group ¹⁾	TBARS content (mmol/ml)	Antioxidant activity (%)
Normal	17.27±1.14 ^{a2)}	50.53±4.12 ^b
HFC	23.76±0.78 ^c	41.75±4.11 ^a
HRG	20.11±1.05 ^b	42.55±2.17 ^a
HR+T	19.37±0.99 ^{ab}	48.33±2.29 ^b
HR+F	21.16±2.25 ^b	42.29±3.48 ^a
HR+TF	20.30±1.99 ^b	43.10±2.31 ^a

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

¹⁾Refer to the Table 2

²⁾Values are mean±SD ($n=7$).

을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 지질과산화물 함량은 대조군에 비해 홍마늘 추출물과 복합물 첨가군에서 유의적으로 감소되었으며, 실험군간에 유의차는 적었다. 항산화 활성은 대조군이 정상군에 비해 유의적으로 낮았고, HR+T군에서만 대조군에 비해 유의적인 증가를 보였다.

고지방 식이는 체내에서 쉽게 산화되어 유리 라디칼을 생성하게 되며, 식물류의 페놀 화합물은 체내에서 지질과산화에 의한 malondialdehyde의 생성을 감소시키는데 효과적이다 [2]. 마늘과 식물류 혼합물의 섭취는 고콜레스테롤 급이 흰쥐에서 혈중 지질과산화물 함량을 감소시키며, 항산화 활성을 증가시키나 마늘 추출물의 첨가량에 따른 유의차는 없는 것으로 보고되어 있다[35]. 본 연구에서도 HR+T군에서 지질과산화물 함량이 가장 낮았고 항산화 활성이 유의적으로 높은 것을 볼 때, 홍마늘 추출물의 일부를 녹차로 대체할 경우 체내 항산화계의 유지에 효과적일 것으로 예상된다. 따라서, 홍마늘에 녹차나 식이섬유를 혼합한 복합물은 시료의 총 페놀 함량이나 콜레스테롤 흡착 활성이 홍마늘 추출물보다 우수하여 고지방-콜레스테롤 식이 섭취에 따른 혈중 지질 수준의 조절에 도움이 될 것으로 생각된다.

감사의 글

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

References

1. Aziz, H. A., Tan, Y. T. F., Peh, K. K. and Yam, M. F. 2010. Direct effect of khat and garlic extracts on blood lipids contents: Preliminary *in vitro* study. *Obes. Res. Clin. Pract.* **4**, e247-e252.
2. Azuma, K., Nasayoshi, M., Koshioka, M., Ippoushi, K.,

- Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamauchi, Y., Ito, H. and Higashio, H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 3963-3966.
3. Chi, M. S., Koh, E. T. and Stewart, T. J. 1982. Effect of garlic on lipid metabolism in rats fed cholesterol or lard. *J. Nutr.* **112**, 241-248.
4. Choi, M. K., Lee, J. S., Park, W. J., Kim, M. H. and Kang, M. H. 2009. Effects of ethanol extract from *Lycii folium* leaves on obesity and blood biochemical indices in high-fat diet induced obese rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 1707-1711.
5. Friedewald, W. T., Levy, R. I. and Fredrickson, D. S. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem* **18**, 499-502.
6. Frings, C. S., Fendley, T. W., Dunn, R. T. and Queen, C. A. 1972. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin. Chem* **18**, 763-764.
7. Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J. Am. Oil Chem Soc.* **58**, 966-968.
8. Haglund, O., Loustarinen, R., Wallin, R., Wibell, I. and Saldeen, T. 1991. The effect of oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in mand supplemented with vitamin. *Eur J. Nutr.* **121**, 165-172.
9. Jang, H. S., Ahn, J. M., Ku, K. H., Rhee, S. J., Kang, S. K. and Choi, J. H. 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.
10. Jang, J. Y., Lee, M. K., Kim, M. J. and Cho, S. Y. 1998. Effect of fiber on serum lipid metabolism in rats with diet-induced cholesterolemia. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 1211-1216.
11. Jeong, C. H., Kang, S. T., Joo, O. S., Lee, S. C., Shin, Y. H., Shim, K. H., Cho, S. H., Choi, S. G. and Heo, H. J. 2009. Phenolic content, antioxidant effect and acetylcholinesterase inhibitory activity of Korean commercial green, puer, oolong and black tea. *Korean J. Food Preserv.* **16**, 230-237.
12. Jin, H. H., Yang J. L., Chung, J. H. and Kim, Y. 2004. Hypocholesterolemic effects of green tea in cholesterol-fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 47-51.
13. Kang, H. J. and Song, Y. S. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **26**, 358-369.
14. Kang, M. J., Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, S. K., Kim, J. G. and Sung, N. J. 2008. Effect of garlic with different processing on lipid metabolism in 1% cholesterol fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 162-169.
15. Kang, S. M., Shim, J. Y., Hwang, S. J., Hong, S. G., Jang, H. E. and Park, M. H. 2003. Effects of Saengshik supplementation on health improvement in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 906-912.
16. Kao, Y. H., Hiipakka, R. A. and Liao, S. 2000. Modulation of endocrine systems and food intake by green tea epigallocatechine gallate. *Endocrinol.* **141**, 980-987.
17. Kim, H. S. and Sung, C. J. 2001. Effects of dietary zinc and iron levels on serum trace minerals and obesity index in high fat diet-induced obese rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.*

- 30, 325-330.
18. Kim, J. D., Lee, B. I., Jeon, Y. H., Bak, J. P., Kim, H. L. and Lim, B. O. 2010. Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of green tea mixture and dietary fiber on liver of high fat diet-induced obese rats. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **18**, 224-230.
 19. Kim, R. J., Lee, S. J., Kim, M. J., Hwang, C. R., Kang, J. R., Jung, W. J. and Sung, N. J. 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.
 20. Kim, S. Y., Kim, H. S., Kim, S. H., Su, I. S. and Chung, S. Y. 2003. Effects of the feeding *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata* on the fatty acid composition of serum and liver in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 1211-1216.
 21. Kim, Y. E., Oh, S. W., Kwon, E. K., Han, D., Kim, I. H. and Lee, C. H. 2004. Effects of green tea, buckwheat and grape leaves extracts on lipid metabolism, antioxidative capacity, and antithrombotic activity in rats fed high cholesterol diets. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 979-985.
 22. Lee, H. S., Kim, H. D. and Ryu, B. H. 2000. Effects of soybean germ on the lipid composition of serum in cholesterol fed rats. *Korean J. Food Nutr.* **13**, 312-318.
 23. Lee, H. S., Yang, S. T. and Ryu, B. H. 2011. Effects of aged black garlic extract on lipid improvement in rats fed with high fat-cholesterol diet. *J. Life Sci.* **21**, 884-892.
 24. Lee, S. J., Kim, R. J., Ryu, J. H., Shin, J. H., Kang, M. J., Kim, I. S. and Sung, N. J. 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.
 25. Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, M. J., Kang, Jung, W. J., Ryu, J. H., Kim, R. J. and Sung, N. J. 2010. Antioxidant activity of red garlic. *J. Life Sci.* **20**, 1145-1151.
 26. Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, M. J., Kim, M. J., Kim, S. H. and Sung, N. J. 2011. Effects of *Portulaca oleracea* on the lipid levels of rats fed a hypercholesterolemia inducing diet. *J. Food Sci. Nutr.* **16**, 202-209.
 27. Lim, B. O., Seo, T. W., Shin, H. M., Park, D. K., Kim, S. U., Cho, K. H. and Kim, H. C. 2000. Effect of *Betulaeplatyphyllae* cortex on free radical in diabetic rats induced by streptozotocin. *Kor. J. Herbology* **15**, 69-77.
 28. Macrae, R., Tobinson, R. K. and Sadler, M. J. 1993. *Encyclopedia of food science, food technology and nutrition*. pp. 4521-4542, Academic Press, UK.
 29. Miettinen, T. A. 1987. Dietary fiber and lipids. *Am J. Clin. Nutr.* **45**, 1237-1245.
 30. Mun, J. H. 2004. The risk factors of metabolic syndrome and the association between metabolic syndrome and γ -GPT. Ph. D. Thesis, Chungang University, Seoul, Korea.
 31. Muramatsu, K., Fukuyo, M. and Hara, Y. 1986. Effect of green tea catechins on plasma cholesterol level in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **2**, 613-622.
 32. Park, J. O. and Jang, H. W. 2009. Effects of *Sasa coreana*, Nakai on the lipid compositions of serum in high cholesterol diet rats. *J. Life Sci.* **19**, 1145-1151.
 33. Rhee, S. J. and Park, H. K. 1984. Changes of lipid concentration and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. *Korean J. Nutr.* **17**, 113-125.
 34. Sheo, H. J. 1999. Effects of garlic on the blood lipids and other serum components in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 1339-1348.
 35. Shin, J. H., Lee, S. J., Jung, W. J., Seo, J. K. and Sung, N. J. 2010. Effect of the plants mixture and garlic composition on serum lipid level of hypercholesterolemic rats. *J. Life Sci.* **20**, 396-402.
 36. Shin, J. H., Kang, M. J., Kim, R. J., Ryu, J. H., Kim, M. J., Lee, S. J. and Sung, N. J. 2011. Biological activity of browning compounds from processed garlics separated by dialysis membrane. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 357-365.
 37. Shin, M. K. and Han, S. H. 2006. Effects of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner) leaf powder on lipid concentrations in rats fed high fat diet rats. *Korean J. Food Culture* **21**, 202-208.
 38. Shin, M. K., Han, S. H. and Han, G. J. 1997. The effects of green tea on the serum lipid and liver of cholesterol fed rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 1255-1263.
 39. Shinnick, F. L., Longacre, M. J., Ink, S. L. and Marlett, J. A. 1988. Oat fiber: Composition versus physiological function in rats. *J. Nutr.* **118**, 144-151.
 40. Shon, M. Y., Kim, S. H., Nam, S. H., Park, S. K. and Sung, N. J. 2004. Antioxidant activity of Korean green and fermented tea extracts. *J. Life Sci.* **14**, 920-924.
 41. Soh, H. S., Kim, C. S. and Lee, S. P. 2003. A new *in vitro* assay of cholesterol adsorption by food and microbial polysaccharides. *J. Med. Food* **6**, 225-230.
 42. Son, G. M., Bae, S. M., Chung, J. Y., Shin, D. J. and Sung, T. S. 2005. Antioxidative effect on the green tea and puer tea extracts. *Korean J. Food Nutr.* **18**, 219-224.
 43. Yagi, K. 1984. Assay for blood plasma or serum, pp. 328-331, In Packer, L. (ed.), *Method in enzymology*. Academic Press, New York, USA.
 44. Yang, S. T. 2007. Antioxidative activity of extracts of aged black garlic on oxidation of human low density lipoprotein. *J. Life Sci.* **17**, 1330-1335.
 45. Yu, Y. Y. and Shaw, M. Y. 1994. Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triacylglycerol synthesis. *Lipids* **29**, 189-193.

초록 : 고지방-콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 홍마늘 복합물의 항비만 효과

이수정¹ · 황초룡² · 강재란¹ · 신정혜² · 강민정² · 성낙주^{1*}

(¹경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원, ²(재)남해마늘연구소)

홍마늘 추출물과 녹차, 식이섬유 및 녹차·식이섬유를 혼합한 3종의 복합물(R+T, R+F 및 R+TF)을 이용하여 고지방-콜레스테롤을 급이한 흰쥐에 대해 항비만 효과를 *in vitro* 및 *in vivo*에서 측정하였다. 녹차 복합물(R+T) 및 녹차·식이섬유 복합물(R+TF)은 홍마늘 추출물(RG)보다 총 페놀 함량이 1.9~2.0배 높았으며, 콜레스테롤 흡착활성은 9.5~11.5배 높은 활성이었다. 실험군은 6군(정상군, 고지방-콜레스테롤 식이 급이군(HFC), R+T 급이군(HR+T), R+F 급이군(HR+F) 및 R+TF 급이군(HR+TF))으로 나누어 각 추출물을 식이에 1% 수준으로 4주간 급이하였다. 실험군에서 최종 체중은 대조군에 비해 유의적인 감소를 보였으나, 식이효율은 대조군과 유의차가 없었다. 간장의 중량은 정상군에 비해 대조군이 2.0배 정도 증가되었으며, HR+T군과 HR+TF군에서 유의적으로 감소하였다. 내장지방과 부고환 주변지방 함량은 복합물 첨가군에서 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. 비만도 지수는 대조군에 비해 HR+TF군에서만 유의적으로 감소하였다. 총 지질, 총 콜레스테롤, 중성지질, LDL- 및 VLDL-콜레스테롤 등의 혈중 지질성분과 동맥경화 지수, 심혈관 질환 위험지수는 대조군에 비해 홍마늘 추출물 및 복합물 첨가군에서 유의적으로 감소하였으나, HR+T군, HR+F군 및 HR+TF군간에는 비슷한 수준이었다. GPT 활성은 복합물 첨가군간에 유의차가 없었으나, 홍마늘 추출물 첨가군보다는 유의적으로 낮은 활성이었다. 지질과 산화물 함량은 대조군에 비해 홍마늘 추출물과 복합물 첨가군에서 유의적으로 감소되었다. 항산화 활성은 HR+T군에서 가장 높았다. 따라서 홍마늘 복합물의 체내 지질 개선 및 항비만 효과는 시료 중의 녹차나 식이섬유의 총 페놀 함량 및 콜레스테롤 흡착활성에 기인된다고 생각된다.