

Effects of Fresh and Black Garlic Hot Water Extract Powder on the Lipid Composition of Hypercholesterolemia Rats

Min-Jung Kang¹, Jeong Yeon Shin², Soo Jung Lee³ and Jung Hye Shin^{1*}

¹Namhae Garlic Research Institute, Namhae 52430, Korea

²Department of Food Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

³Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Received July 13, 2020 / Revised November 2, 2020 / Accepted December 8, 2020

The effects of freeze-dried powder from fresh and black garlic hot water extracts on the lipid metabolism in Sprague-Dawley rats fed a high-cholesterol diet were analyzed. The experimental group was classified into the normal group (NG), the high-fat (HF) and high-cholesterol diet group (CG), the HFC and 1% fresh garlic hot water extract powder-added diet group (FGEG), and the HFC and 1% black garlic hot water extract powder-added diet group (BGEG), respectively. The serum total lipid content was 381.52 ± 7.30 mg/ml and 368.80 ± 4.40 mg/ml in the FGEG and the BGEG, respectively, and was significantly lower than that of the CG. The total cholesterol and triglyceride contents of the FGEG and BGEG were also significantly lower than that of the CG. The high-density lipoprotein (HDL) cholesterol was significantly higher, and the low-density lipoprotein (LDL) and the very low-density lipoprotein (VLDL) cholesterol content was lower in the FGEG and BGEG than in the CG. The serum ALT and AST activities were significantly lower than those of the CG, and especially the BGEG was lower. The total cholesterol content and the triglyceride levels of the liver tissue were 36.0% and 14.3% lower in the BGEG than in the CG, respectively. The thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) concentrations in the serum and the liver tissue were higher in the CG than in the FGEG and BGEG, but there was no difference between them. Based on these results, garlic extract powders significantly reduced the lipid profile and increased the antioxidant activity in rats *in vivo*. The black garlic hot water extract powder was more effective than raw garlic because of the total number of phenolic compounds and browning substances in the black garlic.

Key words : Black garlic, fresh garlic, high-cholesterol diet, SAC, total cholesterol

서론

심혈관계 질환은 전 세계적으로 연간 1,700만 명, 전체사망의 30%에 달하는 사망의 원인이 되고 있으며, 심혈관계 질환으로 인한 사망 비율은 계속 증가하는 추세에 있다[34]. 우리나라의 식생활에서 육류 및 가공식품 등 지방 함량이 높은 식품의 섭취가 증가함에 따라 질병의 양상도 다양해졌으며, 특히 고지혈증과 같은 심혈관계 질환은 건강상의 심각한 문제로 대두되고 있다[36]. 고지혈증은 체내 콜레스테롤 및 중성지방의 함량이 비정상적으로 증가된 상태이며, 과다한 동물성 식이 섭취가 혈액 내 지질 성분에 관여하기 때문으로 밝혀져 있다[25]. 우리나라 성인은 서구에 비하여 고콜레스테롤 혈증과 고LDL콜레스테롤 혈증은 적은 편이지만, 중성지방 혈증과 저

HDL콜레스테롤 혈증이 흔하기 때문에 전체적인 이상지질 혈증의 유병률은 매우 높게 보고되고 있다[13]. 지금까지 고지혈증을 치료하기 위한 많은 시도가 이루어져 효능 있는 약물들이 개발되고 있으며, 일상적으로 섭취되고 있는 식품 중에서는 식물성 단백질, 고도불포화 지방산, 식이섬유소 등이 혈중 지질 함량을 감소시키고 심혈관계 질환의 발병율을 감소시키는 것으로 알려져 있다[24].

마늘의 주요 생리활성 물질인 황화합물은 독특한 향미의 주요성분으로 1.1~3.5% 범위로 함유되어 있는데 이는 양파, 살구, 브로콜리에 비해 약 4배에 달하는 양이며, 황화합물 중 99.5%는 함황아미노산인 cysteine과 결합되어 있어 마늘의 효능에 대한 연구의 약 90%가 황화합물을 중심으로 이루어지고 있다[27, 49]. 마늘의 주요 유효물질로 알려진 allicin은 매우 불안정한 화합물로서, 마늘을 절단하거나 으깬 때 alliinase라는 효소에 의해 전구체인 alliin (S-allyl-L-cysteine sulfoxide) 으로부터 만들어지고 이때 sulfide 화합물들인 diallyl mono-, di- 그리고 oligosulfides, vinylthiins, ajoenes 등 30여종으로 분해되며 이중 diallyl disulfide와 diallyl sulfide 함량이 75% 이상이다[3, 15].

세계적으로도 마늘 섭취와 만성질환의 예방 및 치료에 대해

*Corresponding author

Tel : +82-55-860-8947, Fax : +82-55-860-8960

E-mail : whanbee@daum.net

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

여러 연구들이 진행되고 있는데, 마늘은 allicin, diallyl disulfide 등의 반응 생성물인 thiosulfinate가 -SH기와 반응함으로써 여러 가지 생리활성 작용을 나타내며 동물[50] 및 인체[42]에서 지질 함량을 감소시키는 것으로 보고되어 있다. 특히 고지혈증이 유발된 상태에서 혈중 지질 및 콜레스테롤 농도를 저하시킴으로써 심혈관계 질환의 위험을 감소시키는 작용을 한다[45].

흑마늘은 대표적인 마늘가공품으로 일정한 온도와 습도 하에서 숙성·발효시켜 마늘 특유의 강한 맛과 자극적인 냄새가 제거되고, 폴리페놀 함량이 증가되며 S-allyl-cysteine (SAC)이라는 수용성의 유황아미노산이 증가되어 생마늘보다 항산화력이 상승하고, 암예방, 콜레스테롤 저하, 동맥경화 개선, 심장 질환의 예방 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[35, 47]. 또한 마늘 유래 SAMC (S-allyl-mercaptocysteine)도 항산화, 항염증 및 콜레스테롤 저하 효과가 있고[48], 마늘의 유황화합물 이외에도 총 페놀화합물, 플라보노이드 및 비타민 등이 항산화 활성을 나타낸다고 알려져 있다[41].

마늘의 지질 개선활성과 관련한 선행 연구로는 마늘 함량 3~5% 수준이 효과적이며[22, 23], 생마늘 분말[5, 21]과 1~2% 수준의 마늘즙[38] 등이 식이에 첨가될 경우 체내 지질 개선에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다. 흑마늘과 관련하여서도 생체 내 지질 대사와 관련한 연구들이 진행되고 있으나 흑마늘을 추출하여 섭취하는 국내의 주된 섭취 방법을 고려할 때 관련한 연구는 아직도 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 마늘의 응용형태를 고려하여 생마늘과 흑마늘을 열수 추출하여 분말화 한 것을 고콜레스테롤 혈증을 유발한 흰쥐에 실험 급이하여 혈청 및 간장 내 지질대사와 관련한 인자를 비교 하였다.

재료 및 방법

실험재료의 제조

마늘은 경남 남해군에서 생산된 마늘(2015년산)을 원료로 하여 새남해농협 식품가공공장(남해군 고현면 남해대로 3487)에서 제조한 흑마늘을 사용하였다. 흑마늘 제조 조건은 숙성기에 마늘을 넣고 78℃에서 시작하여 6일에 71℃를 유지하다가 이후 55℃까지 온도를 서서히 내려서 15일에 숙성완료 하였다.

생마늘과 흑마늘은 껍질을 제거하여 각각 거칠게 마쇄한 후 10배의 증류수를 가하고 70℃ 수욕상에서 환류냉각하면서 2회 반복 추출한 것을 여과지(No. 2, Advantec, Tokyo, Japan)로 여과하여 열수 추출물을 제조하였다. 열수 추출물을 모두 모아 동결건조기(FDS, IShinBioBase, Dongducheon, Korea)로 건조시킨 다음 분쇄기를 이용하여 분말화 한 후 밀봉하여 -40℃의 냉동고에 보관해 두고 이화학적 분석 및 흰쥐의 사육을 위한 사료 제조에 이용하였다.

총 페놀화합물, SAC 및 SAMC 함량 측정

총 페놀화합물은 Folin-Denis 방법[12]에 준하여 분석하였고 SAC와 SAMC는 생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말 5 g에 증류수를 가하여 균질화한 후 30분간 sonication으로 추출한 다음 여과지로 여과한 여액을 0.22 µm membrane filter로 재여과하여 HPLC-PDA-MS/MS (TSQ Quantum LC-MS/MS, Thermo scientific, Waltham, MA, USA)로 분석하였다.

분석용 컬럼은 Zorbax SB-C₁₈ (4.6×250 mm, 5 µm, Agilent Technologies, Santa clara, CA, USA)을 사용하였고, 이동상 용매는 positive mode에서 0.1% formic acid 수용액과 acetonitrile을 시간에 따라 혼합비율을 조절하면서 분석하였다. SAC (Sigma-Aldrich Co., St., Louis, MO, USA) 및 SAMC (BOC science, Shirley, NY, USA) 표준물질을 시료와 동일한 조건에서 분석하여 머무름 시간을 비교해 확인하였으며, 표준 검량곡선으로부터 함량을 산출하였다.

실험동물 및 사육조건

(재)남해마늘연구소 동물실험윤리위원회(RNGRI-2015-5)의 승인을 받아 생후 4주된 90±10 g의 SD계 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양받아, 온도(22±2℃), 습도(50±5%) 및 명암주기 12시간(07:00~19:00)이 자동 설정된 동물 사육실에서 1주간 시판 고형사료(Rat chow, Samyang Co., Seoul, Korea)로 예비사육 한 후 체중에 따른 난괴법으로 6마리씩 4그룹으로 나누어 사육 상자에 한 마리씩 넣어 4주간 실험사육 하였다. 실험군은 정상군(normal group, NG, AIN-93 diet composition), 정상군 식이에 5% 라드와 1% 콜레스테롤을 첨가한 고지방-고콜레스테롤 식이 대조군(control group, CG) 및 실험군으로 구분하였다. 실험군은 고지방-고콜레스테롤 식이 대조군에 1% 생마늘 열수추출 분말 첨가 급이군(HFC and 1% fresh garlic hot water extract powder added diet group, FGEG)과 고지방-고콜레스테롤 식이 대조군에 1% 흑마늘 열수추출 분말 첨가 급이군(HFC and 1% black garlic hot water extract powder added diet group, BGEG)으로 나누었다.

식이섭취량, 체중측정 및 식이효율

실험기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급이하였고 다음날 오전 10시경에 식이섭취량을 조사하였다. 식이섭취량의 오차를 최소화하고자 손실량을 보정하였으며, 물은 수도수를 매일 신선하게 공급하였다. 체중은 1주일에 1회 일정한 시간에 측정하였고 실험기간 동안의 체중 증가량을 같은 기간의 총 식이섭취량으로 나누어 식이효율(%)을 산출 하였다.

실험동물의 처리

실험 최종일에 실험동물을 16시간 절식시킨 후 소동물용 흡입마취기로 마취시켜 심장 채혈하였다. 채혈된 혈액은 빙수중에서 30분간 응고시킨 다음 원심분리기(Mega 17R, Hanil,

Incheon, Korea)로 3,000 rpm에서 15분간 원심분리시켜 혈청을 얻어 -70°C에 보관해두고 분석용 시료로 사용하였다. 실험동물의 장기(간장, 심장, 신장, 비장 및 고환)는 채취하여 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하고 중량을 측정하였고, 간은 생리식염수로 탈혈하여 -70°C에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

혈청 지질 함량 분석

혈청 총 지질 함량은 Frings 등[10]의 방법에 따라 혈청 20 μ l를 진한 황산으로 분해시킨 후 phospho-vanillin 시약을 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시킨 다음 시료 무첨가군을 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 중 중성지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈액자동분석기(DRICHAM 4000i, Fuji-film, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈청 총 콜레스테롤 - {HDL-콜레스테롤 + (중성지질/5)}의 계산식에 의해 산출하였다[9]. 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 (혈청 총 콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤의 계산식으로[14], 심혈관질환 위험지수(Cardiac Risk Factor, CRF)는 총 콜레스테롤/HDL-콜레스테롤의 식에 따라 계산하였다.

혈청의 AST 및 ALT γ -GTP 활성 분석

혈청의 AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine aminotransferase) 및 γ -GTP(γ -glutamyl transferase) 활성도는 AST, ALT 및 γ -GTP 측정용 kit (Asan Pharmaceutical Co., Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다.

간장 조직의 지질 분석

Floch 등[8]의 방법에 따라 간 조직 0.5 g에 chloroform:methanol 혼합액(C:M=2:1, v/v)을 가하여 이를 마쇄하여 30 ml로 정용한 다음 냉암소에 하룻밤 정치시켜 지질을 추출하였다. 이를 여과해 일정량을 취하여 50°C 수욕상에서 완전 건조시킨 후 진한 황산으로 분해시키고 phospho-vanillin 시약을 첨가한 다음 37°C에서 15분간 반응시켜 시료 무첨가군을 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량은 일정량의 간 지질 추출액을 50°C 수욕상에서 완전 건조시킨 후 총 콜레스테롤 측정용 kit 시약(AM 202-k, Asan)과 중성지질 측정용 kit 시약(AM 157S-k, Asan)으로 각각 측정하였다.

혈청 및 간장 조직의 과산화물 함량 측정

혈청의 지질과산화물 함량 분석을 위하여 Yagi [46]의 방법에 따라 혈청 100 μ l에 1/12 N 황산용액 4 ml, 10% phosphotungstic acid 0.5 ml를 차례로 가하여 5분간 반응시킨 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 시켰다. 상층액을 제거한 침전물에

증류수 및 thiobarbituric acid (TBA) 시약을 가하여 95°C 수욕상에서 60분간 반응시켰으며, 여기에 3 ml의 butanol을 가하여 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 다음 상층액의 흡광도 (Libra S 35, Biochrom, Cambridge, England)를 532 nm에서 측정하였다.

간 조직 내 지질과산화물의 함량은 Mihara와 Uchiyama [32]의 방법에 따라 간 조직 1 g에 1.5% KCl 용액을 가하여 10% 균질액을 만든 다음, 이를 0.5 ml 취하여 3 ml의 1% phosphoric acid와 1 ml의 0.6% TBA를 넣어 잘 혼합하였다. TBA와 반응시킨 혈청과 간 조직은 95°C 수욕상에서 60분간 가열한 뒤 빙수 중에서 냉각시켰다. 여기에 4 ml의 butanol을 가하고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 다음 butanol층의 흡광도를 532 nm에서 측정하였다. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 함량은 1,1,3,3-tetraethoxy propane을 표준용액으로 사용한 표준 검량선으로부터 산출하였다.

혈청 및 간장 조직의 항산화 활성

혈액의 항산화 활성 측정을 위하여 혈청 100 μ l에 tris-HCl 완충액(100 mM, pH 7.4)을 1 ml 가하여 혼합한 후 0.5 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 1 ml를 가한 다음 37°C의 암실에서 15분간 반응시켰다. 여기에 chloroform 2 ml를 가하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 다음 chloroform 층을 취해 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 간 조직의 항산화 활성은 간 조직 1 g에 1.5% KCl 용액을 가해 10% 균질액을 제조한 다음 혈청과 동일한 방법에 따라 측정하였다. 항산화 활성은 시료 첨가군과 무첨가군의 흡광도 비로 나타내었다[28].

통계처리

각 실험은 3회 이상 반복 실험한 결과에 대하여 SPSS statistics 18 (IBM, Armonk, NY, USA) 통계 package를 이용하여 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검정 하였으며, 두 시료간 비교는 독립표본 T 검증을 수행하였다.

결과 및 고찰

마늘 열수추출 분말의 총 페놀화합물, SAC 및 SAMC 함량

동물실험에 사용된 생마늘과 흑마늘 열수추출 분말의 주요 유효성분을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 총 페놀화합물은 흑마늘 열수추출 분말(BGE)에서 1319.99 \pm 10.46 mg/100 g으로 생마늘 열수추출 분말(FGE)에 비해 유의적으로 더 높았고 SAC 함량 역시 FGE보다 BGE에서 16.3% 더 높았다. 반면 SAMC 함량은 BGE보다 FGE에서 4.2배 더 높은 6.13 \pm 0.12 mg/100 g이었다. 마늘의 주요 생리활성 물질인 총 페놀화합물과 SAC의 함량은 흑마늘 열수 추출분말에서 함량이 더 높았고 생마

Table 1. Content of total phenol compound, SAC and SAMC in garlic extract powder (mg/100 g)

Compound	FGE ¹⁾	BGE
Total phenol compound	905.38±19.09	1319.99±10.46 ²⁾
SAC	67.47±0.53	80.57±0.43*
SAMC	6.13±0.12*	1.43±0.03

¹⁾FGE : fresh garlic hot-water extract powder, BGE : black garlic hot water extract powder

²⁾Mean ± SD (n=3) with different superscripts are significantly different at *p*<0.05 by t-test.

늘 열수 추출분말에서는 SAMC 함량이 더 높아 서로 차이가 있었다.

SAC와 SAMC는 숙성 마늘에서 생성되는 수용성 화합물로, SAC는 마늘을 알코올에 장기간 숙성하거나 가온 숙성된 흑마늘에 다량 존재하며, allyl기에 황 원자가 첨가된 수용성 cysteine의 유도체로서 신선마늘에 존재하는 γ -glutamyl-S-allyl-cysteine의 가수분해를 통해 생성된다[17, 18]. SAMC는 마늘의 알리신과 시스테인이 반응하여 생성되는데 실온에서도 반응이 매우 빠르게 진행되며 장기간 숙성시 숙성기간에 따라 함량이 증가하고[1, 11], 생체 내 항산화 활성[43], 지방질산화억제[18], 저밀도 지단백질 산화 억제[16] 효과가 있다. 그 외 마늘은 프로스타글란딘, 프릭탄, 니코틴산, 지방산, 당지질, 인지질, 플라보노이드, 페놀 및 필수 아미노산이 함유되어 있어 다양한 생리활성의 발현에 기여한다[1, 6].

체중변화 및 식이효율

생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말을 고콜레스테롤 유발 식이에 1%씩 혼합 급여한 후 실험동물의 체중 증가량, 일일식이섭취량 및 식이효율을 산출한 결과는 Table 2와 같다. 실험사육 4주 동안 체중 증가량은 NG에서 가장 낮았고, 다음으로 BGEG는 126.93 g이었으며, CG에서 가장 높았다. 일일식이섭취량은 19.93±1.07~20.20±0.14 g/day로 모든 실험군에서 통계적인 유의차가 없었다. 식이효율은 대조군 및 마늘 열수추출 분말 급여군간에 통계적인 유의차는 없었다.

고지혈증 흰쥐에 마늘 즙을 1~2% 급여한 실험에서 체중 증가량 및 식이효율은 고지방식이군에 비해 마늘 급여군에서 다소 낮았으나, 유의적인 차이가 없었고[38], 흰쥐에 생마늘 분말 및 가열한 마늘 분말을 3% 급여하였을 때 체중 증가량 및 식이효율은 대조군과 마늘 분말 급여군간에 유의적인 차이가 없었다고 보고되어 있다[5]. 본 연구에서도 이들 결과들과 유사하게 생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말 급여시 체중 증가량은 대조군보다 낮았으나 일일섭취량과 식이효율은 대조군과 유의차가 없었다.

장기 중량

생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말을 첨가 급여한 고콜레스테

Table 2. Changes in total body weight gain, food intake and food efficiency of rats fed hot-water extracts powder from fresh and black garlic

Group ¹⁾	Total body weight gain (g/4 weeks)	Food intake (g/day)	FER ⁴⁾
NG	112.20±1.65 ^{a2)}	21.07±0.49 ^{NS3)}	19.03±0.70 ^a
CG	134.63±1.69 ^d	21.10±0.95	22.81±0.78 ^b
FGEG	130.35±1.06 ^c	20.20±0.14	23.05±0.02 ^b
BGEG	126.93±1.48 ^b	19.93±1.07	22.81±1.42 ^b

F (p-value) 117.873 (0.000) 2.031 (0.188) 10.760 (0.004)

¹⁾NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder.

^{2)a-d}Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at *p*<0.05 by Duncan's multiple range test.

³⁾NS: not significant.

⁴⁾FER : food efficiency ratio.

롤 혈중 흰쥐의 주요 장기 무게를 분석한 결과는 Table 3과 같다. NG의 간장 무게는 체중 100 g 당으로 환산하였을 때 2.71±0.07 g인 반면 CG는 4.38±0.16 g으로 실험군 중 가장 높았고 FGEG와 BGEG에서는 각각 3.35±0.20 g과 3.17±0.07 g으로 CG보다 낮았으나 두 실험군간에 통계적인 유의차는 없었다. 신장의 무게는 CG에서 체중 100 g당 0.83±0.01 g으로 가장 높았고, 마늘 추출물 급여군들에서는 서로간의 유의차 없이 CG 및 NG보다 유의적으로 낮았다. 지라와 고환의 무게는 모든 실험군에서 통계적인 유의차가 없어 고콜레스테롤 및 마늘 추출물의 첨가 급여는 실험동물의 장기에 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

본 실험에서 간장의 무게는 유의차가 있었는데 고지방 식이 급여시 간으로 유입된 콜레스테롤이 정상적으로 배출되지 않아 간 내에 축적되어 지방간 등을 일으키므로 조직의 중량이 증가되는 경향이 있다[37]. 대조군에서 간 중량이 정상군에 비해 유의적인 차이로 증가된 것도 고지방 식이의 급여로 인하여 콜레스테롤이 간 조직 안으로 유입되어 지단백의 형태로 배출되지 못했기 때문인 것으로 사료된다[34].

총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량

1% 고콜레스테롤 식이와 함께 생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말을 급여한 흰쥐의 혈청 중 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 혈청 총 지질 함량은 NG에 비해 CG는 약 1.8배가 증가한 419.35±6.47 mg/dl로 가장 높았고 FGEG와 BGEG에서는 각각 381.52±7.30 mg/dl과

Table 3. The organ weight of liver, heart, kidney, spleen and testis in fresh and black garlic hot-water extracts powder administered rats (tissue g/100 g body weight)

Group ¹⁾	Liver	Heart	Kidney	Spleen	Testis
NG	2.71±0.07 ^{a2)}	0.30±0.01 ^a	0.79±0.03 ^b	0.23±0.01 ^{NS3)}	0.99±0.02 ^{NS}
CG	4.38±0.16 ^c	0.33±0.02 ^b	0.83±0.01 ^c	0.25±0.02	1.03±0.05
FGEG	3.35±0.20 ^b	0.31±0.01 ^{ab}	0.75±0.01 ^a	0.24±0.01	1.01±0.04
BGEG	3.17±0.07 ^b	0.31±0.01 ^{ab}	0.74±0.01 ^a	0.24±0.01	1.01±0.02
F (p-value)	106.246 (0.000)	2.713 (0.115)	24.134 (0.000)	1.309 (0.337)	0.234 (0.870)

¹⁾NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder
^{2)a-c}Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
³⁾NS : not significant.

368.80±4.40 mg/dl로 CG에 비해 유의적으로 낮은 농도였다. 총 콜레스테롤 함량도 총 지질의 함량과 동일한 경향이었는데, BGEG에서 47.93±3.05 mg/dl로 FGEG보다 더 낮았다.

Sheo[38]는 12.6%의 돈지로 고콜레스테롤 혈증을 유도한 흰쥐에서 혈중 총 콜레스테롤 함량은 121.3±15.3 mg/dl였는데 마늘 즙을 1% 및 2% 급여한 결과 각각 118.6 mg/dl와 103.4 mg/dl로 유의적으로 감소한다고 하였고, 고지혈증이 유도된 흰쥐에게 120℃ 오븐에서 20분간 가열한 마늘과 생마늘을 투여한 연구에서 가열한 마늘을 급여한 경우 혈중 콜레스테롤 함량이 더 낮아 마늘의 처리조건이 혈중 콜레스테롤 저하와 관련성이 있다고 하였는데[5], 본 실험의 결과에서도 생마늘

및 흑마늘 열수 추출물 급여시 혈중 콜레스테롤 함량이 더 낮았고 또한 생마늘 열수추출물 보다 가공된 흑마늘 열수추출 분말이 혈중 콜레스테롤 저하에 더 효과적인 것으로 보아 마늘은 가공 조건에 따라 혈중 콜레스테롤 저하 효과가 달라짐을 확인할 수 있었다.

생체 내 지질 대사의 중심 형태가 되는 중성지질은 FGEG과 BGEG에서 각각 143.10±3.07 mg/dl와 138.40±2.43 mg/dl로 CG (158.81±8.52 mg/dl)에 비해서는 유의적으로 낮았으나 두 실험군간에는 유의적인 차이가 없었다.

고콜레스테롤 식이와 마늘을 혼합 급여 할 경우 혈중 중성 지질의 함량이 유의적으로 감소되었다는 연구[38] 및 952명의 고지혈증 환자에게 건조 마늘을 섭취시켰을 때 대조군에 비해 혈중 중성지질 농도를 0.4 mmol/l 감소시켰다고 한 Silagy와 Neil [44]의 보고는 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 이와 같은 마늘의 체내 지질 함량 감소는 마늘의 allicin 등 황화합물이 생체 내에서 acetyl CoA 합성을 저해하기 때문이라고 보고되어 있다[7]. 또한 마늘의 주요 기능성 성분인 S-allyl cysteine sulfoxide를 흰쥐에 투여한 결과 혈중 지질 함량이 감소되었다고 보고[39] 되어 있다. SAC의 지질농도 개선 메커니즘은 HMG-CoA 환원 효소 활성을 감소시킴으로써 간 콜레스테롤 생합성을 억제하며 인산화를 증가시킬 뿐만 아니라 효소의 sulfhydryl 산화를 향상시키기 때문으로 알려져 있다[29].

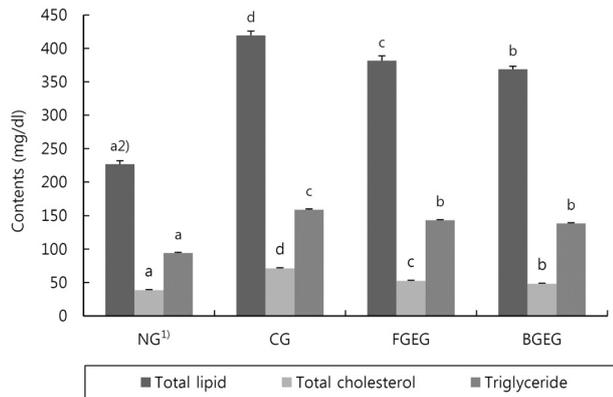


Fig. 1. Effect of hot-water extracts powder from fresh and black garlic on total lipid, total cholesterol and triglyceride in serum of hyperlipidemic rats. ¹⁾NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder. ^{2)a-d}Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

HDL-, LDL-, VLDL-콜레스테롤의 함량, AI 및 CRF

생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말 첨가 급여가 고콜레스테롤 혈증 유발 흰쥐의 혈청내 HDL-, LDL- 및 VLDL-콜레스테롤 농도에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 4와 같다.

HDL-콜레스테롤은 BGEG에서 33.54±1.16 mg/dl로 NG (35.06±2.01 mg/dl)와 유의차가 없었고, LDL-콜레스테롤은 FGEG와 BGEG에서 각각 102.42±4.50 mg/dl와 95.28±3.27 mg/dl로 NG보다는 높았으나, CG에 비해서는 유의적으로 낮았다. VLDL-콜레스테롤의 농도는 CG에 비해 FGEG는 26.2 %, BGEG는 32.5% 더 낮아 생마늘 보다 흑마늘 열수추출 분말

Table 4. Effect of hot-water extracts powder from fresh and black garlic on HDL-, LDL-, VLDL-cholesterol, AI and CRF in serum of hyperlipidemic rats (mg/dl)

Group ¹⁾	Cholesterols			Atherogenic Index	CRF ²⁾
	HDL	LDL	VLDL		
NG	35.06±2.01 ^(c3)	51.43±3.62 ^a	7.68±0.38 ^a	1.69±0.17 ^a	2.69±0.17 ^a
CG	26.94±1.63 ^a	117.65±10.21 ^c	14.22±0.97 ^d	4.92±0.61 ^d	5.92±0.61 ^d
FGEG	30.18±1.40 ^b	102.42±4.50 ^b	10.50±0.37 ^c	3.75±0.31 ^c	4.75±0.31 ^c
BGEG	33.54±1.16 ^c	95.28±3.27 ^b	9.59±0.61 ^b	3.13±0.17 ^b	4.13±0.17 ^b
F (p value)	26.166 (0.000)	108.925 (0.000)	94.931 (0.000)	69.370 (0.000)	69.370 (0.000)

¹⁾NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder.

²⁾CRF : Cardiac risk factor.

^{3)a-d)}Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

급이시 유의적으로 더 낮았다. 동맥경화지수(AI)와 심혈관계 질환 위험도(CRF)도 FGEG와 BGEG가 CG에 비해 유의적으로 낮았다.

Jastrzebski 등[19]은 고지방식이에 생마늘과 100℃에서 20, 40 및 60분 조리된 마늘 동결건조 분말의 지질농도 개선 효과를 실험한 결과 중성지질은 생마늘 동결건조분말 섭취군이, LDL-콜레스테롤 농도는 생마늘과 20분 조리된 마늘 급이군에서 유의적으로 낮았다고 하였다. Choi 등[4]은 마늘 분말 2% 급이가 HDL-콜레스테롤을 10% 정도 상승시킨다고 하였으며, 숙성마늘 추출물의 SAC는 LDL의 산화에 따른 세포의 손상을 최소화 한다고 알려져 있다[26]. SAC와 더불어 마늘의 수용성 추출물인 S-ethyl cysteine, S-propyl cysteine, γ-glutamyl - S-allyl cysteine 등도 콜레스테롤 합성을 억제하는데 효과가 있으며 SAC 보다 하나 이상의 황원자를 포함하는 SAMC는 더 강력한 효과가 있다고 알려져 있다[30].

AST, ALT 및 γ-GTP의 활성

고콜레스테롤 혈증 유발 흰쥐에서 간 손상 지표가 되는 각종 효소의 활성도를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 혈청 AST, ALT 및 γ-GTP의 활성도는 모두 동일한 경향으로 NG에서 가장 낮고, CG에서 가장 높았는데, 생마늘 및 흑마늘 열수 추출 분말을 급이함으로써 유의적으로 감소하였다. AST는 흑마늘 추출물 급이시 유의적으로 더 낮았으나 ALT와 γ-GTP는 두 추출물 급이군 간에 유의차가 없었다.

마늘 추출물을 흰쥐에 2 ml/100 g씩 10일간 투여할 경우 ALT의 상승과 간 조직의 변화를 초래한다고 보고되어 있으며 [20], 사염화탄소로 유발된 간 손상에서 흑마늘 추출물은 ALT와 AST의 농도를 낮추었는데 이는 흑마늘의 SAC 농도와 연관이 있다고 보고되어 있다[44]. 고지방식이 모델 동물에 흑마늘 추출물(2 ml/kg과 5 ml/kg)과 SAC (13.1 mg/kg과 32.76 mg/kg)를 급이한 결과 혈청 지질농도를 낮추고 AST와 ALP의 농도를 유의적으로 낮추었는데 이때 5 ml/kg의 흑마늘 추출물

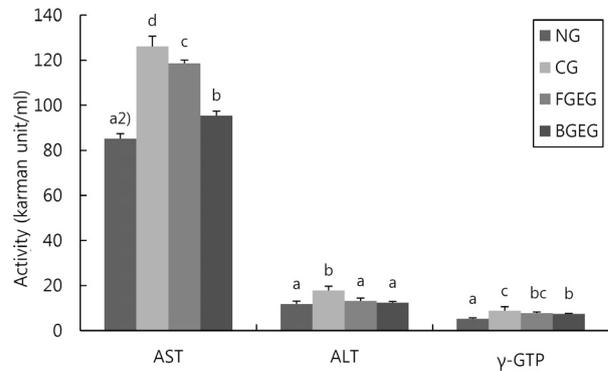


Fig. 2. Effect of hot-water extracts powder from fresh and black garlic on AST, ALT and γ-GTP in serum of hyperlipidemic rats. ¹⁾NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder. ^{2)a-d)}Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

은 대조군보다 AST 활성을 38.6% 낮추고 SAC 섭취군도 13.6~26.9% 낮춘다고 보고되어 있다[2]. 본 연구의 결과에서도 생마늘과 흑마늘 열수추출 분말의 급이는 AST, ALT 및 γ-GTP 활성을 모두 대조군보다 낮추는 효과가 있었다.

간장의 총 지질, 총 콜레스테롤과 중성지질의 함량

간장 중 지질 성분을 추출하여 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 간장 중 총 지질의 함량은 NG에 비해 CG에서 약 24배 더 증가하여 238.53 ±16.59 mg/g이었다. FGEG의 간장 총 지질 함량은 CG에 비해 27.6% 감소하였고, BGEG는 36.2%가 감소한 152.26±8.01 mg/

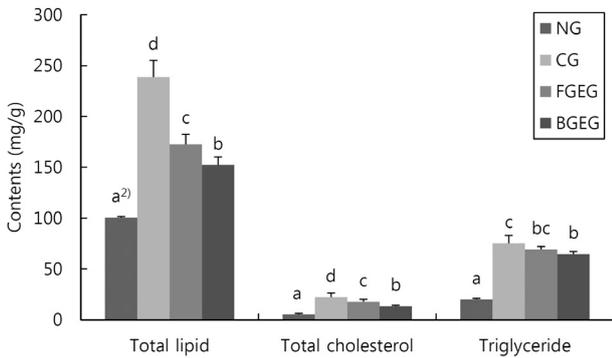


Fig. 3. Effect of hot-water extracts powder from fresh and black garlic on total lipid, total cholesterol and triglyceride in liver of hyperlipidemic rats. ¹NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder. ²a-d Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test.

g으로 실험군 중 가장 낮은 함량이었다. 총 콜레스테롤 함량은 NG (5.25 mg/g)에 비해 고지방식을 급여한 CG에서 4.2배가 증가하였으나 FGEG와 BGEG는 각각 17.61 mg/g 및 13.51 mg/g으로 CG보다 유의적으로 낮았다. 간장의 중성지질 함량 역시 CG에서 NG보다 약 3.8배 더 높았으며, 생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말의 급여를 통해 CG보다 유의적으로 낮아졌다.

2~4%의 마늘 분말 급여가 고콜레스테롤 식이로 사육한 흰쥐의 간 조직 중 콜레스테롤을 30% 정도 감소시켰다는 보고 [4]가 있으며, 흰쥐의 간 조직을 세포 배양하여 마늘 물 추출물을 첨가할 경우 콜레스테롤 합성은 20~25% 정도 감소되었는데 체내의 콜레스테롤 저하 기전은 콜레스테롤의 이동 증가와

장의 흡수 저해에 기인한다[17]. 마늘 유래 황화합물인 ajoene, dithiin, SAC는 간에서 콜레스테롤 합성과 지방산 합성을 억제한다고 알려져 있는데[11] 본 실험에서 마늘 급여군은 대조군에 비해 혈액 및 간 중의 지질 함량이 감소되었고 흑마늘 열수추출 분말은 생마늘 열수추출 분말에 비해 체내 지질 함량의 저하에 더 효과적이었다.

혈청과 간장의 과산화물 함량 및 항산화 활성

마늘 열수추출 분말 첨가 급여가 고콜레스테롤을 섭취시킨 흰쥐의 혈청과 간장 중 지질과산화물의 생성과 항산화 활성에 미치는 영향을 실험한 결과는 Fig. 4와 같다. 혈청 내 대표적인 지질과산화의 2차 대사 산물인 TBARS 함량은 CG에서 38.42±3.67 mmol/ml로 유의적으로 가장 높았고, 여타 실험군들에서는 33.04±1.06~34.34±1.73 mmol/ml의 범위로 CG보다 유의적으로 낮았으며, 이들 간에는 통계적인 유의차가 없었다. 혈청의 DPPH 라디칼 소거활성은 NG에서 41.12±1.55%로 실험군 중 가장 높았으며, CG (22.05±1.79%)에서 가장 낮았으며, FGEG보다는 BGEG의 활성이 더 높았다.

고지방 섭취에 따른 지질과산화물 생성 증가 원인은 식이로 지방 섭취량이 증가할수록 체내 유리 라디칼의 생성이 증가되고 이를 방어하는 체내 항산화 system도 과량의 유리기 제거로 그 기능이 저하되어 결국 지질과산화물이 체내에 축적되기 때문인데, Allium속 식물류에 함유된 플라보노이드는 항산화 효소 활성의 증가 및 직접적인 유리 라디칼 제거제로 작용하여 체내 과산화지질의 생성을 억제함으로써 조직을 보호하는 것으로 알려져 있다[14].

간장 중의 지질과산화 물질인 TBARS 함량은 FGEG와 BGEG 간에는 유의적인 차이가 없었으나, CG (69.52±1.71 mmol/g wet liver)에 비해 각각 19.6% 및 22.8%로 유의적으로 함량이 더 낮았다. DPPH 라디칼 소거활성은 BGEG에서 43.90±1.02%로 FGEG (37.14±1.75%)에 비해 활성이 더 높았다.

Shin과 Kim [41]은 마늘에 함유된 총 페놀화합물, 플라보노

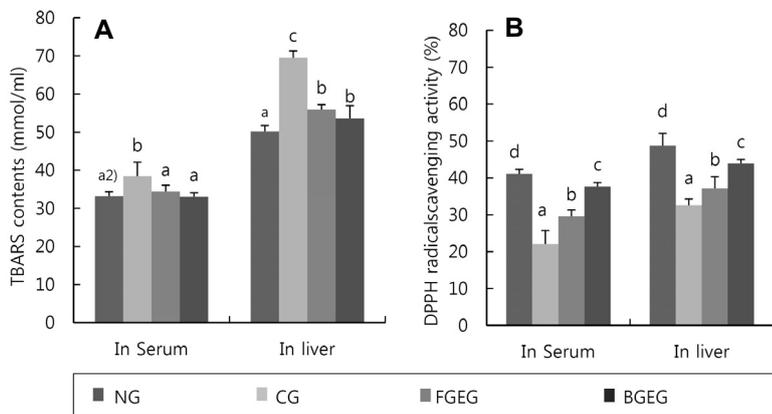


Fig. 4. Effect of hot-water extracts powder from fresh and black garlic on TBARS content (A) and DPPH radical scavenging activity (B) in liver of hyperlipidemic rats. ¹NG : a normal control group fed normal diet (AIN-93 diet composition), CG : a control group fed high-fat-high-cholesterol (HFC) with 5% lard and 1% cholesterol added to the normal diet, FGEG : a fresh garlic extract group fed HFC diet with 1% fresh garlic hot-water extract powder, BGEG : a black garlic extract group fed HFC diet with 1% black garlic hot-water extract powder. ²a-d Mean ± SD (n=6) in the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test.

이드, 항산화 비타민류 등의 상호작용에 의하여 항산화능을 지닌다고 보고한 바 있으며, 흑마늘은 가공 공정을 거치면서 갈변물질의 생성과 생마늘에 함유되어 있던 항산화 물질이나 플라보노이드 등의 변화에 의해 항산화 활성이 증가하는 것으로 알려져 있다[31, 40].

The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest with the contents of this article.

References

- Amagase, H., Petesch, B. L., Matsuura, H., Kasuga, S. and Itakura, Y. 2001. Intake of garlic and its bioactive components. *J. Nutr.* **131**, 955-962.
- Asdaq, S. M. B. 2015. Antioxidant and hypolipidemic potential of aged garlic extract and its constituent, S-allyl cysteine, in rats. *eCAM*. Article ID 328545.
- Block, E. 1992. The organosulfur chemistry of the genus *Allium*-Implications for the organic chemistry of sulfur. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **31**, 1135-1178.
- Choi, 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.
- Chun, H. J. and Paik, J. E. 1997. Effect of heart treatment of garlic added diet on the blood of spontaneously hypertension rat. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **26**, 103-108.
- Fenwick, G. R. and Hanley, A. B. 1985. The genus *allium*. Part 2. Critical review in food science and nutrition. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **22**, 273-377.
- Focke, M., Feld, A. and Lichtenthaler, H. K. 1989. Allicin a naturally occurring antibiotic from garlic specifically inhibits acetyl-CoA synthetase. *FEBS Lett.* **261**, 106-108.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- 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.
- 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**, 673-674.
- Fujii, T., Matsutomo, T. and Kodera, Y. 2018. Changes of S-allylmercaptocysteine and γ -glutamyl-S-allylmercaptocysteine contents and their putative production mechanisms in garlic extract during the aging process. *J. Agric. Food. Chem.* **18**, 1-30.
- Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **58**, 966-968.
- Ha, K. H., Kwon, H. S. and Kim, D. J. 2015. Epidemiologic characteristics of dyslipidemia in Korea. *J. Lipid Atheroscler.* **4**, 93-99.
- Haglund, O., Luostarinen, R., Wallin, R., Wibell, L. and Saldeen, T. 1991. The effects of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J. Nutr.* **121**, 165-169.
- Iberl, B., Winkler, G. and Knobloch, K. 1990. Products of allicin transformation: ajoenes and dithiins, characterization and their determination by HPLC. *Planta Med.* **56**, 202-211.
- Ide, N., Nelson, A. B. and Lau, B. H. 1997. Aged garlic extract and its constituents inhibit Cu²⁺-induced oxidative modification of low density lipoprotein. *Planta Med.* **63**, 263-264.
- Ikeda, I., Imasoto, Y., Sasaki, E., Nakayama, M., Nagao, H., Takeo, T., Yayabe, F. and Sugano, M. 1992. Tea catechins decrease micellar solubility and intestinal absorption of cholesterol in rats. *Biochem. Biophys. Acta.* **1127**, 141-146.
- Imai, J., Ide, N., Nagae, S., Moriguchi, T., Matsuura, H. and Itakura, Y. 1994. Antioxidant and radical scavenging effects of aged garlic extract and its constituents. *Planta Med.* **60**, 417-420.
- Jastrzebski, Z., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Namiesnik, J., Zachwieja, Z., Barton, H., Pawelzik, E., Arancibia-Avila, P., Toledo F. and Gorinstein, S. 2007. The bioactivity of processed garlic (*Allium sativum* L.) as shown *in vitro* and *in vivo* studies on rats. *Food Chem. Toxicol.* **45**, 1626-1633.
- Joseph, P. K., Rao, K. R. and Sundaresh, C. S. 1989. Toxic effects of garlic extract and garlic oil in rats. *Indian J. Exp. Biol.* **27**, 977-979.
- Kang, J. A. and Kang, J. S. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triglyceride and platelet aggregation in rats fed basal or cholesterol supplemented diets. *Kor. J. Nutr.* **30**, 132-138.
- Kendler, B. S. 1987. Garlic (*Allium sativum*) and onion (*Allium cepa*); A review of their relationship to cardiovascular disease. *Prev. Med.* **16**, 670-685.
- Khanum, F., Anilakumar, K. R. and Viswanathan, K. R. 2004. Anti carcinogenic properties of garlic: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **44**, 479-488.
- Kim, H. Y. P., Han, Y. H., Kim, M. H. and Kim, K. S. 2007. Effects of different kinds of Korean soybeans on body lipids and lipid peroxidation in rats. *Kor. J. Nutr.* **40**, 229-234.
- Kim, I. H., Kim, J. Y., Hwang, Y. J., Hwang, K. A., Om, A. S., Kim, J. H. and Cho, K. J. 2011. The beneficial effects of aged black garlic extract on obesity and hyperlipidemia in rats fed a high-fat diet. *J. Med. Plants Res.* **5**, 3159-3168.
- Lau, B. H. S. 2006. Suppression of LDL oxidation by garlic compounds is a possible mechanism of cardiovascular health benefit. *J. Nutr.* **136**, 765-768.
- Lawson, L. D. 1996. The composition and chemistry of garlic cloves and processed garlic. In: Koch, H. P. and Lawson, L. D. Garlic the science and therapeutic application of *Allium sativum* L. and related spices. Williams & Wilkins, Baltimore, Md. USA. p. 37-107.
- 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 *Betulae platyphyllae* cortex on free radical in diabetic rats induced by streptozotocin. *Kor J. Herbology* **15**, 69-77.
- Liu, L. and Yeh, Y. Y. 2000. Inhibition of cholesterol biosyn-

- thesis by organosulfur compounds derived from garlic. *Lipids* **35**, 197-203.
30. Liu, L. and Yeh, Y. Y. 2002. S-Alk(en)yl cysteines of garlic inhibit cholesterol synthesis by deactivating HMG-CoA reductase in cultured rat hepatocytes. *J. Nutr.* **132**, 1129-1134.
 31. Medina-Campos, O. N., Barrera, D., Segoviano-Murillo, S., Rocha, D., Maldonado, P., Mendoza-Patin, N. and Pedraza-Chaverri, J. 2007. S-allylcysteine scavenges singlet oxygen and hypochlorous acid and protects LLC-PK1 cells of potassium dichromate-induced toxicity. *Food Chem. Toxicol.* **45**, 2030-2039.
 32. Mihara, M. and Uchiyama, M. 1978. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test. *Anal. Biochem.* **86**, 271-278.
 33. Oh, D. J., Chun, I. M., Kim, J. Y., Kim, H. C. and Choi, S. M. 2018. National health proposal for the effective prevention of cardiovascular diseases. *Public Health Weekly Report* **11**, 1332-1340.
 34. Park, P. S. and Chung, S. Y. 1992. Influence of some vegetable seed oils feeds on body lipid composition in rats. *J. Gyeongsang Nat. Univ.* **31**, 99-15.
 35. Rahman, M. S. 2007. Allicin and other functional active components in garlic: health benefits and bioavailability. *Inter. J. Food Proper.* **10**, 245-268.
 36. Ramoglu, S., Yoldemir, T., Atasayan, K. and Yavuz, D. G. 2017. Does cardiovascular risk vary according to the criteria for a diagnosis of polycystic ovary syndrome. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* **43**, 1848-1854.
 37. Rhee, S. J. and Park, H. K. 1984. Changes of lipid concentration and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. *Kor. J. Nutr.* **17**, 113-125.
 38. Sheo, H. J. 1999. Effects of garlic on the blood lipids and other serum components in rats. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 1339-1348.
 39. Sheela, C. G. and Augusti, K. T. 1992. Antidiabetic effects of S-allyl cysteine sulphoxide isolated from garlic *Allium sativum* Linn. *Indian J. Exp. Biol.* **30**, 523-526.
 40. Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Cha, J. Y. and Sung, N. J. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 965-971.
 41. Shin, S. H. and Kim, M. K. 2004. Effect of dried powders or ethanol extracts of garlic flesh and peel on antioxidative capacity in 16-month-old rats. *Kor. J. Nutr.* **37**, 633-644.
 42. Silagy, C. and Neil, A. 1994. Garlic as a lipid lowering agent, a meta analysis. *J. R. Coll. Physicians Lond.* **28**, 39-45.
 43. Sumioka, I., Matura, T., Kasuga, S., Itakura, Y. and Yamada, K. 1998. Mechanisms of protection by S-allylmercaptocysteine against acetaminophen-induced liver injury in mice. *Jpn. J. Pharmacol.* **78**, 199-207.
 44. Tran, G. B., Dam, S. M. and Tram, N. T. 2018. Amelioration of single clove black garlic aqueous extract on dyslipidemia and hepatitis in chronic carbon tetrachloride intoxicated swiss albino mice. *IJHG*. Article ID 9383950.
 45. Vorberg, G. and Schneider, B. 1990. Therapy with garlic: result of a placebo-controlled, double-blind study. *Br. J. Clin. Pract. Symp. Suppl.* **69**, 7-11.
 46. Yagi, K. 1984. Assay for blood plasma or serum. In method in enzymology. Packer L, ed. *Academic Press, Inc.*, New York, NY, USA. **105**, 328-331.
 47. 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.
 48. Yi, L., Fai, S. K., Nai-Kei, W. and Jia, X. 2019. Anti-cancer activities of S-allylmercaptocysteine from aged garlic. *Chin. J. Nat. Med.* **17**, 43-19.
 49. Yoo, G. A. 2006. Effect of garlic supplement and exercise on plasma lipid and antioxidant enzyme system in rats. *J. Nutr. Health* **39**, 3-10.
 50. Yu, Y. Y. and Shaw, M. Y. 1994. Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triacylglycerol synthesis. *Lipids* **29**, 189-193.

초록 : 생마늘 및 흑마늘 열수추출 분말이 고콜레스테롤 혈증 흰쥐의 체내 지질조성에 미치는 영향

강민정¹ · 신정연² · 이수정³ · 신정혜^{1*}

(¹(재)남해마늘연구소, ²경남과학기술대학교 식품과학부, ³경상대학교 식품영양학과)

생마늘 및 흑마늘 열수 추출물 각각을 동결건조하여 SD계 수컷 흰쥐를 정상식이 섭취군(NG), 고지방 콜레스테롤 섭취 대조군(CG), 고지방 콜레스테롤 식이에 1% 생마늘 열수추출 분말 혼합 급여군(FGEG), 고지방 콜레스테롤 식이에 1% 흑마늘 열수추출 분말 혼합 급여군(BGEG)으로 나누어 4주간 실험급여한 후 지질개선 효능을 조사하였다. 식이에 혼합한 생마늘 열수추출 분말(FGE) 및 흑마늘 열수추출 분말(BGE)의 총 페놀화합물 함량은 1319.99 ± 10.46 mg/100 g이었고 S-allyl-cysteine (SAC) 함량은 FGE에 비해 16.3% 더 높았다. 혈청 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량은 FGEG 및 BGEG에서 CG 보다 유의적으로 더 낮았다. HDL-콜레스테롤 함량은 CG 보다 FGEG 및 BGEG에서 유의적으로 더 높았고, LDL 및 VLDL-콜레스테롤 함량은 FGEG 및 BGEG가 더 낮았다. 혈청 ALT 및 AST 활성은 CG 보다 유의적으로 낮았으며, 특히 BGEG에서 더 낮았다. 간 조직의 총 지질 및 중성지질 함량은 BGEG에서 152.26 mg/g 및 64.59 mg/g으로 CG 보다 각각 36% 및 14.3% 더 낮았다. 혈청 및 간 조직에서의 TBARS 농도는 CG에 비해 유의적으로 낮았으며, FGEG와 BGEG 간에는 차이가 없었다. 이상의 결과로부터 마늘 추출분말의 지속적인 급여는 생체 내에서 지질농도의 감소, 과산화물질 생성억제 활성 및 항산화 활성은 증가하였으며 생마늘 보다는 흑마늘 열수추출 분말 급여군에서 더 효과적이었는데, 이러한 효과는 생마늘 보다 흑마늘에 총 페놀화합물이나 갈별물질 등 항산화 활성을 가지는 물질의 함량이 더 높기 때문으로 생각된다.