

흑마늘 및 개똥쑥 추출물의 급이가 강제운동 시 흰쥐의 체내 지질 성분 및 간조직의 항산화효소 활성에 미치는 영향

강재란¹ · 이수정¹ · 황초룡² · 김인성¹ · 성낙주^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과·농업생명과학연구원
²(재)남해마늘연구소

Effect of Black Garlic and Gaeddongssuk (*Artemisia annua* L.) Extracts on the Lipid Profile and Hepatic Antioxidant Enzyme Activities of Exercised Rats

Jae-Ran Kang¹, Soo-Jung Lee¹, Cho-Rong Hwang², In-Sung Kim¹, and Nak-Ju Sung^{1*}

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

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

Abstract

To develop functional products based on black garlic, a black garlic extract (BG) of 7 brix, a gaeddongssuk extract (GS) of 0.7 brix and two types of mixtures (MBS-I, black garlic 7 brix : gaeddongssuk 0.7 brix; MBS-II, black garlic 14 brix : gaeddongssuk 1.4 brix, 93:7, v/v) were supplemented to rats training on a treadmill for 4 weeks. Body weight from the training did not decrease during the experimental period. Serum albumin content significantly increased in the groups fed an experimental diet compared to the control. The BUN content significantly decreased in BG and MBS-II groups compared to the control. AST and ALP activities significantly decreased in the groups fed an experimental diet compared to the control. Serum triglyceride and total cholesterol levels in MBS-I and MBS-II groups significantly decreased compared to the control. Lipid levels in the serum and liver tissue were not significantly different between the MBS-I and MBS-II groups. The lipid peroxide content in the serum and liver tissue was significantly reduced in the groups fed all extracts compared to the control; the serum and liver lipid contents was lowest in the MBS-I and MBS-II groups, respectively. Hepatic catalase activity in the GS and MBS groups increased by 1.8~2.3 times compared to the control. SOD and GSH-px activities significantly increased from treatment with the extracts by 1.3~1.5 times and 1.2~1.7 times, respectively. These results indicate that a mixture of BG and GS extracts has higher biological activity than a single supplementation of BG or GS extract. Therefore, the addition of gaeddongssuk to black garlic (MBS-I and MBS-II) is effective as a defense material against oxidative stress. MBS-I may be especially effective for its biological activities.

Key words: black garlic, gaeddongssuk, lipid profile, hepatic antioxidant enzyme, treadmill running training

서 론

인체의 생명유지에 필수적인 호기성 에너지 대사는 산소의 이용을 반드시 필요로 한다. 그러나 호흡과정에서 유입된 산소의 일부는 정상세포 대사과정의 부산물인 활성 산소종(reactive oxygen species, ROS)으로 전환되어 세포에 산화적 스트레스를 초래하는 것으로 알려져 있다(1). 이러한 과정에서 혈관이나 조직이 상해되며 동맥경화, 암, 염증이 발생되므로 체내 활성산소의 발생으로 인한 산화작용을 예방하기 위해 항산화제의 섭취에 대한 관심이 집중되고 있다(2,3).

요즈음 체력 향상과 건강 증진의 목적으로 운동을 즐기는

인구가 증가하고 있는데, 특히 에어로빅이나 조깅과 같은 유산소 운동이 이에 해당된다. 적절한 유산소 운동은 체내 항산화 체계의 향상에 도움이 되며 활성 산소종에 의한 심혈관계 손상도 줄일 수 있으나, 운동의 강도가 높을 경우에는 오히려 유리 라디칼의 생성을 증가시켜 산화적 스트레스를 일으켜 인체에 악영향을 줄 수도 있다(4). 이는 운동 시 산소 섭취량이 급격히 증가되어 유산소성 에너지가 안정시보다 약 10~15배 가량 증가되어 이들 산소의 일부가 체내 산화적 손상에 관여하는 활성 산소종으로 변하기 때문이다(5). 즉 근육 세포막의 다불포화 지방산의 산화, 지질과산화물의 생성이 불가피하므로 지속적인 심한 운동이나 강도 높은 활동 시에는 근육세포의 보호 차원에서 천연 항산화제의 급이

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

가 필요하다고 생각된다.

흑마늘은 제조과정 중 *S*-allyl cysteine, *S*-allyl mercaptocysteine과 같은 유기 황화합물의 함량이 증가되어 생마늘보다 항산화 활성이 높다고 알려져 있다(6,7). 운동 시 흑마늘의 섭취는 피로 회복이나 산화적 스트레스의 해소 및 체내 지질과산화물의 생성 억제에도 효과적이라는 보고가 있다(8,9). 그러나 흑마늘은 생리활성이 우수한 반면 제조과정에 따른 비용이 높으며, 진한 흑색으로 인한 기호도가 낮아 이를 보완하기 위한 새로운 식물체의 탐색도 요구되고 있다. 개똥쑥(*Artemisia annua* L.)의 항산화 활성은 시료 중의 페놀 화합물에 기인한다고 보고된 바 있으며(10,11), 개똥쑥의 주성분인 artemisinin에 대한 항말라리아 활성이 알려짐에 따라 의약품으로 이용하고 있다(12). 흑마늘과 개똥쑥 혼합물의 항산화 활성은 개똥쑥의 첨가량이 증가될수록 상승하였으며, 120°C에서 3시간 추출된 시료는 흑마늘에 대한 개똥쑥의 혼합비율이 1.5배 또는 2배인 경우에 상호 비슷하여 항산화 활성을 나타내는 최적의 배합 비율이 있는 것으로 보고되어 있다(13).

본 연구에서는 트레드밀을 이용하여 쥐에게 강제로 유산소 운동을 시키면서 흑마늘과 개똥쑥을 급여 시켜 체내 지질 성분 및 간조직의 항산화효소 활성에 미치는 영향을 분석하였다. 이리하여 운동에 의해 발생하는 산화적 스트레스 완화에 도움이 되는 흑마늘 및 개똥쑥 혼합 음료 개발을 위한 기초 자료로 활용코자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물의 제조

흑마늘은 경남 남해군 도솔농산 영농조합법인으로부터 제공받았으며, 개똥쑥은 하동군 악양면에서 채취하여 그늘에서 15~20일간 자연 건조한 것을 사용하였다. 흑마늘 및 개똥쑥의 추출물은 Kang 등(13)의 방법에 따라 120°C에서 3시간 추출된 것을 사용하였다. 흑마늘과 쑥 추출물의 기능성 혼합 음료 개발을 위한 연구의 일환으로 이들 추출물의 혼합에 따른 맛과 향에 대한 관능평가 결과에 따라 흑마늘 추출물의 농도는 7 brix, 개똥쑥 추출물은 0.7 brix로 설정하였으며, 이들의 배합비는 93:7(v/v)로 하였다.

실험동물의 사육조건 및 식이조성

실험동물은 평균 체중이 90~100 g인 Sprague-Dawley 계 3주령의 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양받아 온도(22±2°C), 습도(50±5%) 및 명암주기(12시간, 07:00~19:00)가 자동설정된 동물사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)에서 1주간 적응시켰다. 2주째에 난피법에 의해 각 군의 체중이 비슷하도록 7마리씩 5군으로 나누었으며, 대조군(Control)은 시료액 대신에 물, BG군은 흑마늘 추출물 7 brix, GS군은 개똥쑥 추출물 0.7 brix를 급여하였으며, 이들의 혼합에 따른 관능평

가 결과 MBS-I 군은 흑마늘 추출물 7 brix : 개똥쑥 추출물 0.7 brix를 93:7(v/v)로 설정하였으며, 이들 혼합물의 다량 섭취에 따른 영향을 알아보기 위하여 MBS-II 군은 MBS-I 군에 비해 2배의 농도(흑마늘 추출물 14 brix : 개똥쑥 추출물 1.4 brix=93:7 v/v)로 하였다. 각 시료는 실험동물의 체중 100 g당 0.5 mL씩 4주 동안 운동시작 30분 전에 경구투여 하였으며, 식이는 시판 고형사료(Samyang Corp., Seoul, Korea)를 사용하였고 사육기간 동안 물과 식이는 자유 급이 하였다.

유산소성 강제운동의 실시

모든 실험동물은 일정한 시간(오전 10시)에 소동물용 트레드밀(Pro-jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech, Siheung, Korea)을 이용하여 유산소성 운동부하 훈련을 4주 동안 실시하였다. 운동을 시작한 1주에는 경사도 없이 15 m/min의 속도로 주행을 실시하였으며, 2주째에는 15°의 경사도에서 20 m/min의 속도, 3~4주에는 25 m/min(15°의 경사도)의 속도로 1일 30분씩 주 5회 실시하였다. 25 m/min 속도의 운동 강도는 실험용 흰쥐에 있어서 최대산소 섭취량의 약 70%에 해당하는 운동 강도에 해당된다(14).

식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

실험 사육기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급여하였고 다음날 오전 10시경에 잔량을 조사하여 1일 식이섭취량을 산출하였으며, 물은 수도수를 매일 신선하게 공급하였다. 체중은 1주일에 1회 일정시간에 측정하였다. 실험사육 4주간의 총 식이섭취량(g)을 총 실험일수(day)로 나누어 1일 평균 식이섭취량을 산출하였으며, 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 동일기간 내의 체중증가량을 총 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

실험동물의 처리

본 연구에 사용된 모든 실험동물은 실험 최종일에 16시간 절식시킨 후 에테르로 마취하여 심장에서 채혈하였으며, 혈액은 30분간 빙수 중에 정치한 후 980×g에서 15분간 원심분리(Mega 17R, HANIL, Incheon, Korea)하여 혈청을 얻었다. 간조직은 채혈 직후 적출하여 생리식염수로 혈액을 충분히 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하고 중량을 측정 후 -70°C에 보관해 두고 분석에 사용하였다.

혈액 성분 분석

혈청 중 glucose, 단백질, 알부민, 요소 질소(blood urea nitrogen, BUN), 총 콜레스테롤, 중성지방 및 HDL-콜레스테롤 함량은 효소법에 의한 정량용 kit(Asan Pharm. Co., Seoul, Korea)를 이용하여 분석하였다. 글로불린 함량은 단백질 양에서 알부민 함량을 뺀 값으로 계산하였다. 혈청 총 지질 함량은 Frings 등(15)의 방법에 따라 혈청 20 μL를 진한 황산으로 분해시킨 후 phospho-vanillin 시약을 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시켜 시료 무첨가구를 대조로 하여

540 nm에서 흡광도를 측정하였다. LDL-C(low density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈청 total cholesterol-(HDL-C+triglyceride/5)의 계산식에 의해 산출하였고(16), VLDL-C(very low density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈청 total cholesterol-(HDL-C+LDL-C)의 계산식을 사용하였다(17).

간기능 지표효소 활성 측정

간기능 평가를 위한 혈중 지표로써 AST(aspartate aminotransferase) 및 ALT(alanine aminotransferase) 활성 측정은 kit(AM 101-k, Asan Pharm. Co.) 시약으로 측정하여 혈액 1 mL당 Karmen unit로 표시하였다. ALP(alkaline phosphatase) 활성도는 ALP 측정용 kit(AM 105S-K, Asan Pharm. Co.)를 사용하였다.

간조직의 지질 성분 분석

간조직의 지질 함량은 Folch 등(18)의 방법에 따라 간조직 0.5 g을 취하여 chloroform과 methanol 혼합액(2:1, v/v)을 가하여 Potter-Elvehjem tissue grinder(DAIHAN WOS 01010, Wonju, Korea)로 마쇄하여 지질 성분을 추출하였다. 이를 여과한 후 일정량을 취하여 건조시킨 다음 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량 분석을 위한 시료로 사용하였으며, 상기의 혈중 지질성분 분석과 동일하게 수행하였다.

혈청 및 간조직의 지질과산화물 함량 측정

혈청 중 지질과산화물 함량은 혈청 100 μ L에 1/12 N 황산용액 및 10% phosphotungstic acid를 혼합하여 1,100 \times g에서 10분간 원심분리시켜 침전물을 얻었다. 여기에 증류수 및 thiobarbituric acid(TBA) 시약을 각각 1 mL씩 가하여 95°C 수욕상에서 1시간 반응시켜 생성된 지질과산화물을 butanol에 이행시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하였다(19). 간조직의 지질과산화물 함량은 간조직 1 g에 1.5% KCl 용액을 가하여 얻은 10% 균질액 0.5 mL에 3 mL의 1% phosphoric acid 및 1 mL의 0.6% TBA 시약을 넣어 95°C 수욕상에서 45분간 반응시켰다. 이때 생성된 발색물질들을 butanol로 추출하여 흡광도(OD₅₃₅₋₅₂₀)를 측정하였으며 지질과산화물 함량은 1,1,3,3-tetraethoxypropane으로 작성한 검량선으로 산출하였다(20).

간조직의 항산화효소 활성 측정

간조직 2 g에 0.25 M sucrose와 1 mM EDTA를 포함하는 50 mM 인산 완충액(pH 7.4) 10 mL를 가하여 4°C 이하에서 tissue grinder로 마쇄하여 10%(w/v) 균질액을 제조하였다. 이를 1,100 \times g에서 10분간 원심분리 하고 상층액은 12,000 \times g에서 20분간 재원심분리 하였다. 이때 얻은 상층액은 105,000 \times g에서 1시간 동안 초원심분리 하여 얻은 상층액을 cytosol 분획물로 하였다. 재원심분리한 후 남은 잔사에 상기의 완충용액 3 mL를 가하여 12,000 \times g에서 20분간 원심분리를 반복하였으며, 이때 남은 잔사를 mitochondria 분획물로 하였다. 각 분획물의 단백질 함량은 Lowry 등(21)의 방법에 따라 bovine serum albumin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)으로 정량하였다. Catalase 활성은 Abei(22)의 방법에 따라 측정하였으며, 효소활성은 1분간 1 μ M의 H₂O₂를 분해시키는데 소요되는 효소량(μ mol/min/mg protein)으로 나타내었다. SOD 활성은 Marklund와 Marklund(23)의 방법에 따라 측정하여 시료를 첨가하지 않은 반응액의 pyrogallol 자동산화율 50% 억제하는 효소의 함량(U/mg protein)으로 나타내었다. GSH-px(glutathione peroxidase) 활성은 Flohe 등(24)의 방법에 따라 측정하였다.

통계 분석

본 실험결과는 SPSS package(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

체중변화, 식이섭취량 및 식이효율

트레드밀을 이용한 강제운동으로 산화적 스트레스를 유발시킨 흰쥐에게 흑마늘, 개똥쑥 추출물 및 흑마늘과 개똥쑥 혼합물을 4주간 경구투여 하였을 때 흰쥐의 체중변화, 식이섭취량 및 식이효율을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 실험 사육 4주 후 최종 체중은 MBS-I 군이 가장 높았으나 실험 기간에 유의차가 작았으며, 개똥쑥 급이군(GS)은 MBS-I

Table 1. Changes of body weight, food intake and FER in exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement

Groups	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Total body weight gain (g/4 weeks)	Food intake (g/day)	FER ¹⁾
Control	148.33±7.53 ^{NS2)}	295.00±10.49 ^{AB}	146.67±8.16 ^{AB}	18.89±0.05 ^{NS}	0.24±0.20 ^{AB}
BG	143.33±21.60	293.33±17.51 ^{AB}	150.00±16.73 ^{AB}	18.91±0.00	0.25±0.29 ^{BC}
GS	145.00±5.48	283.33±10.33 ^A	138.33±7.53 ^A	18.90±0.03	0.22±0.20 ^A
MBS-I	150.00±8.94	306.67±8.16 ^B	156.67±5.16 ^B	18.89±0.05	0.26±0.10 ^C
MBS-II	146.67±12.11	296.67±5.16 ^{AB}	150.00±8.94 ^{AB}	18.73±0.44	0.23±0.18 ^{AB}

BG, group fed black garlic extract (BG) of 7 brix; GS, group fed gaeddongssuk extract (GS) of 0.7 brix; MBS-I, group fed BG 7 brix and GS 0.7 brix (93:7, v/v); MBS-II, group fed BG 14 brix and GS 1.4 brix (93:7, v/v).

¹⁾FER: Food efficiency ratio. ²⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

^{NS}Not significant.

군에 비해 유의적으로 낮았다. 체중의 총 증가량도 MBS-I 군에서 가장 많았으나 실험군 간에 유의차가 작았다. 식이효율은 BG군, GS군 및 MBS-II군에서 대조군과 유의차가 작았으나, MBS-I 군은 대조군이나 MBS-II군에 비해 유의적으로 높았다.

산화적 스트레스를 유발하는 독성물질로 제초제의 일종인 paraquat의 단위 투여는 실험용 마우스에서 체중 감소를 초래하였으며, 10일간 흑마늘 추출물을 보충급이 함으로써 산화적 스트레스가 해소되어 체중 감소가 회복되었다는 보고가 있다(25). 본 연구결과 4주간의 운동 시 흑마늘 및 개똥쑥의 급이는 실험동물의 체중 증감에 유의적인 영향은 미치지 않았으나, 흑마늘(7 brix) 및 개똥쑥(0.7 brix) 혼합물의 급이는 식이효율의 증가에 효과적이었으며 혼합물의 농도는 유의적인 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

혈당 함량

4주간의 강제운동과 함께 흑마늘, 개똥쑥 추출물 및 이들 혼합물을 급이시킨 실험군의 혈당 함량은 Fig. 1과 같다. 흑마늘 급이군(BG)에서 유의적으로 높은 수준이었으며, 개똥쑥 급이군은 BG군에 비해서는 유의적으로 낮았으나 대조군과는 비슷하였다. 흑마늘과 개똥쑥 혼합물 급이군에서는 고농도의 혼합물을 급이한 MBS-II군에서 혈당 감소가 더 컸다.

고지혈증 유발 흰쥐에서 흑마늘 분말의 급이는 대조군에 비해 혈당 함량을 유의적으로 감소시키지 못한 것으로 보고되어 있다(26). 와송은 플라보노이드를 포함한 페놀 화합물에 의해 당뇨쥐의 혈당이 효과적으로 감소되었는데(27), 페놀 화합물을 함유한 식물체는 당뇨쥐에서 인슐린 분비 촉진이나 시료 중의 인슐린 유사 물질에 의한 췌장 세포의 회복으로 혈당 저하에 도움이 되는 것으로 알려져 있다(28). 본 연구에서는 BG군에 비해 GS군의 혈당이 더 낮았는데, 개똥쑥이 phenolic acid, flavonol 및 catechin 등과 같은 페놀 화합물의 함량이 높으며, 특히 epicatechin gallate가 총 catechin 함량의 48.6%를 차지한다는 보고(10)로 볼 때 흑마늘과 개똥쑥 혼합물 급이군에서 혈당 감소 효과는 개똥쑥에

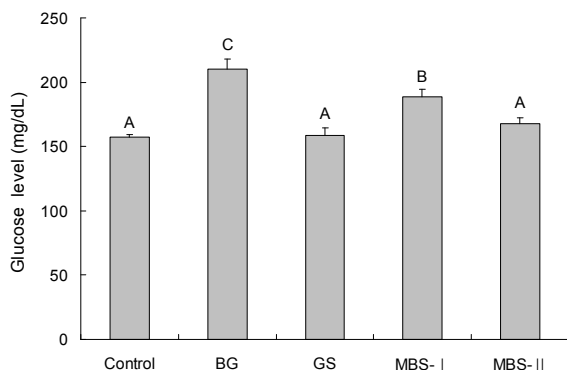


Fig. 1. Effect of black garlic and gaeddongssuk on serum glucose level in exercised rats. Values are mean±SD (n=7). A-C Values sharing the different letters are significantly different at p<0.05.

Table 2. Total protein, albumin, globulin and BUN contents in exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement

Groups	Total protein		Globulin	BUN
	(g/dL)			
Control	6.35±0.28 ^{NS1)}	4.42±0.27 ^A	1.90±0.50 ^{NS}	19.34±0.96 ^B
BG	7.21±1.07	5.00±0.16 ^B	2.21±1.09	17.47±0.33 ^A
GS	7.09±0.41	5.57±0.13 ^C	1.52±0.52	18.81±0.37 ^B
MBS-I	6.85±0.11	5.30±0.10 ^B	1.54±0.18	18.72±0.14 ^B
MBS-II	7.11±0.52	5.16±0.42 ^B	1.95±0.81	16.74±0.28 ^A

¹⁾Values are mean±SD (n=7)

^{A-C}Values in a column sharing the different superscripts are significantly different at p<0.05.

^{NS}Not significant.

의한 영향이라 생각되나, 운동 시에 보충급이된 흑마늘과 개똥쑥 혼합물은 혈당의 감소에는 효과가 작은 것으로 여겨진다.

혈청 총 단백질, 알부민, 글로불린 및 BUN 함량

강제운동에 의한 산화적 스트레스 유발 흰쥐에서 흑마늘과 개똥쑥의 급이 시 혈중 단백질 관련 물질의 함량을 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 총 단백질과 글로불린 함량은 실험군 간에 유의차가 없었으나, 알부민 함량은 대조군에 비해 실험 식이를 급이한 군에서 유의적으로 증가되었으며, 특히 GS군이 가장 높았다. 흑마늘과 개똥쑥의 혼합물 급이군에서 혼합물의 농도에 따른 유의차는 보이지 않았다. BUN 함량은 대조군에 비해 BG군과 MBS-II군에서 유의적으로 낮았으나, 그 외 실험군은 대조군과 유의차가 없었다.

생체 내에서 단백질이 에너지 급원으로 이용될 때 체 단백질의 함량이나 체중이 감소된다고 보고되어 있는데(29), 본 실험 결과 4주간의 강제운동 시 체중 감소는 보이지 않았기 때문에(Table 1), 흑마늘과 개똥쑥 및 그 혼합물의 급이 시 혈중 단백질 함량에도 유의적인 변화는 보이지 않은 것으로 생각된다. 또한 BUN은 아미노산의 탈아미노 과정에 의한 산물로 간에서 합성되어 신장으로 배설되는데, 신장의 사구체 여과율이 감소되면 체내 BUN 함량이 상승하게 된다(30). 이와 같이 단백질 대사 이상을 나타내는 지표로 활용되는 혈중 BUN 함량의 정상 수준은 5~23 mg/dL로 알려진 바(31) 본 실험 결과에서도 모든 실험군이 정상 범위에 해당되었다. 따라서 혈중 알부민 함량이 높으며, 단백질 수준의 변화가 적은 것은 흑마늘과 개똥쑥의 급이로 체내 영양상태는 양호하게 유지되는 것으로 추정되는데, 이는 당뇨와 같은 산화적 스트레스 시 식물체 발효물을 급이할 경우에도 혈중 단백질 함량에는 영향을 주지 않았다는 Lee 등(32)의 보고와도 유사한 것으로 생각된다.

AST, ALT 및 ALP 활성

강제운동으로 산화적 스트레스 발생 시 흑마늘과 개똥쑥의 급이가 흰쥐의 혈중 AST, ALT 및 ALP 활성에 미치는 영향을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 대조군에 비하여 흑마늘과 개똥쑥 급이군의 AST 및 ALP 활성도는 감소되었으

Table 3. AST, ALT and ALP activities in exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement

Groups	AST	ALT	ALP
	(Karmen unit/mL)		(K-A unit)
Control	82.33±2.08 ^{B1)}	23.00±1.00 ^{NS}	22.10±1.93 ^B
BG	70.00±7.00 ^A	21.33±2.08	18.20±0.46 ^A
GS	74.00±3.46 ^A	22.00±1.73	17.67±1.89 ^A
MBS-I	73.67±0.58 ^A	21.00±0.00	17.58±1.74 ^A
MBS-II	74.02±3.00 ^A	20.67±2.89	16.69±2.35 ^A

¹⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A,B}Values in a column sharing the different superscripts are significantly different at p<0.05.

^{NS}Not significant.

며, ALT 활성도는 모든 실험군 간에 유의차가 없었다.

고령의 남성을 대상으로 12주간의 복합운동을 실시한 후 혈중 AST 및 ALT 활성도는 운동 전후 통계적인 유의차가 없는 것으로 보고되어 있다(33). 독성물질인 paraquat의 투여에 의한 산화적 스트레스 유발 시 혈중 AST 및 ALT의 활성은 정상군에 비해 상당히 증가되었으나, 흑마늘 추출물을 90 mL/kg BW로 급이한 경우 정상군과 유사한 수준까지 AST 및 ALT의 활성이 회복되었다는 보고도 있다(25). 따라서 강제운동 시 흑마늘과 개똥썩의 급이는 혈중 요소질소의 함량 감소(Table 2)와 AST 및 ALP 활성도의 완화로 생체 내 산화적 스트레스의 경감에 도움이 되며, 또한 고농도의 흑마늘과 개똥썩 혼합물의 급이는 간기능 효소활성에 두드러진 증감현상을 보이지 않아 본 연구에서 설정된 혼합물의 농도범위는 적절한 것으로 사료된다.

혈청 지질 함량

흑마늘과 개똥썩의 급이가 강제운동에 의한 산화적 스트레스 유발 시 혈액 내 지질 성분의 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 총 지질 함량은 대조군에 비해 BG군에서는 유의차가 없었으나, GS군이나 혼합물의 급이군에서 유의적으로 감소되었다. 중성지방 함량은 대조군에 비해 MBS-I 군이 유의적으로 낮았으며, 그 외 실험군의 경우에는 통계적인 유의차는 아니었다. 총 콜레스테롤 함량은 흑마늘과 개똥썩의 혼합물 급이군이 대조군에 비해 유의적으로 낮았다. HDL-C 함량은 흑마늘, 개똥썩 및 혼합물의 급이에 따른 유의차가 작았다. LDL-C 함량은 MBS-I 과 II군, VLDL-C 함량은 MBS-I 군이 대조군에 비해 유의적으로 낮았다. 강제운동에 의한 산화적 스트레스 시 흑마늘과 개똥썩 혼합물의 급이는 혈청 지질 성분에서 각각의 단일 물질보다는

긍정적인 효과를 나타내었으나, 혼합물의 농도에 따른 차이는 보이지 않았다.

규칙적인 유산소 운동은 체내 지질 성분의 감소에 효과적이며 운동 강도가 크고 시간이 길수록 혈중 총 콜레스테롤 수준을 낮추는 것으로 알려져 있다(34). 흑마늘의 ajoen 성분은 체내 콜레스테롤 수준을 낮추거나 지방세포의 연소에 관여함으로써 비만 억제 효과를 낸다(35). 즉 마늘의 함유 화합물이 혈중 지질 함량을 감소시키는 주된 요인인 것으로 알려져 있는데(36), 흑마늘은 생마늘에 비해 가공과정에 의해 총 페놀 화합물이나 thiosulfinate 함량이 증가되어(37) 생마늘보다는 흑마늘에 의한 체내 지질 개선 효과가 큰 것으로 여겨진다. 반면에 고콜레스테롤 식이성 흰쥐에서 3%의 생마늘, 쥘마늘 및 흑마늘 분말의 급이는 대조군에 비해 혈중 총 지질 함량을 유의적으로 감소시켰으나, 마늘의 가공 방법에 따른 유의차는 작은 것으로 보고되어 있다(27). 한편 유산소 운동을 한 쥐에 흑마늘을 급이시켰을 때 혈중 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량이 감소되었으며(38), 운동을 수행함에 따라 혈중 중성지방이나 LDL-C 함량이 각각 3.7% 및 5% 정도 감소되었고, HDL-C 함량은 4.6% 정도 증가되었다는 보고가 있다(39).

일반적인 체내 지질개선용 합성 의약품은 중성지방이나 LDL-C 수준을 효과적으로 감소시키나 복통, 소화불량, 고혈당, 망막병증, 불면증, 근육병증 등의 부작용을 빈번하게 초래한다(40). 본 연구 결과 강제운동한 실험쥐에서 체내 지질 성분은 흑마늘과 개똥썩의 급이 시 유의적으로 감소되었고, 특히 MBS-I 군에서 두드러진 감소를 보여 단일물질보다는 혼합물을 이용하는 것이 체내 지질 개선에 효과적일 것으로 생각되며, 혼합물의 농도보다는 혼합물의 조성에 의한 영향이 더 클 것으로 추정된다. 따라서 향후 이들 혼합물을 기능성 음료의 개발과정에 적용할 경우 저농도의 시료 사용에 따른 경제적인 효과뿐만 아니라 인체 적용에 따른 안전성 확보도 가능할 것으로 기대된다.

간조직의 지질 함량

간조직의 지질 함량은 Table 5에 나타난 바와 같이 총 지질 함량은 대조군에 비해 실험 식이를 급이한 모든 군에서 유의하게 감소하였으며, 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 BG군과 혼합물 급이군에서 유의적인 감소를 보였다. 그러나 간조직의 지질 함량에서 흑마늘과 개똥썩 혼합물의 농도에 따른 유의적 차이는 보이지 않았다.

Table 4. Serum lipids level in exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement

Groups	(mg/dL)					
	Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol	HDL-C	LDL-C	VLDL-C
Control	182.58±2.89 ^{B1)}	37.48±3.82 ^{BC}	70.28±6.54 ^B	23.45±2.18 ^{AB}	39.28±7.83 ^C	7.69±0.81 ^B
BG	179.25±4.33 ^B	34.92±3.15 ^{AB}	66.07±4.01 ^{AB}	26.88±5.97 ^B	35.23±3.41 ^{BC}	6.88±0.73 ^{AB}
GS	170.92±3.82 ^A	39.88±3.94 ^C	65.56±1.08 ^{AB}	19.44±5.02 ^A	36.48±3.24 ^{BC}	7.62±0.42 ^B
MBS-I	166.97±2.96 ^A	31.35±0.98 ^A	62.02±0.72 ^A	25.98±2.08 ^B	30.92±1.56 ^{AB}	6.24±0.24 ^A
MBS-II	165.50±2.20 ^A	32.97±0.52 ^{AB}	61.00±0.52 ^A	29.23±3.33 ^B	25.15±0.48 ^A	6.72±0.28 ^{AB}

¹⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-C}Values in a column sharing the different superscripts are significantly different at p<0.05.

Table 5. Lipids level in the liver tissue of exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement (mg/g)

Groups	Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol
Control	26.98±0.73 ^{C1)}	11.11±0.77 ^B	2.94±0.06 ^C
BG	23.13±0.78 ^A	8.66±0.12 ^A	2.26±0.08 ^A
GS	25.21±0.42 ^B	11.40±0.69 ^B	2.86±0.05 ^C
MBS-I	22.40±1.43 ^A	8.96±0.74 ^A	2.48±0.07 ^B
MBS-II	22.79±1.49 ^A	9.53±1.18 ^A	2.39±0.08 ^B

¹⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-C}Values in a column sharing the different superscripts are significantly different at p<0.05.

마늘은 간조직에서 지방합성 효소를 억제함으로써 지방 축적을 감소시키고, 혈중 콜레스테롤 수준을 낮추는 효과를 나타내는데, 이와 같은 지질개선 작용은 마늘에 존재하는 diallyl disulfide 및 dipropyl disulfide 등과 같은 유황 화합물에 의존적인 것으로 알려져 있다(41). 고지방 식이에 흑마늘 복합물을 급여한 경우 혈중 지질 수준은 효과적으로 감소시켰으나, 간조직의 지질 수준 감소 효과는 적은 것으로 보고된 바 있다(42). 흑마늘과 생마늘의 중간단계 정도의 기능성을 갖는 흑마늘이 고지방 식이에 대한 체내 지질 개선 측면에서 혈액과 간조직에서 상이한 경향인 것으로 볼 때, 흑마늘과 개똥쑥의 혼합물은 운동과 병행하여 섭취될 경우 체내 지질 개선에 효과적일 것으로 예상된다.

혈청 및 간조직의 지질과산화물 함량

강제운동에 의한 산화적 스트레스 시 흰쥐의 체내 지질과산화물 생성에 미치는 영향을 측정된 결과는 Table 6과 같다. 혈청과 간조직에서 지질과산화물 함량은 대조군에 비하여 흑마늘과 개똥쑥 급여 시 유의적으로 낮았으며, 혈청에서는 MBS-I 군, 간조직에서는 MBS-II 군에서 가장 낮은 함량이었다.

운동으로 인한 산화적 스트레스와 항산화제 섭취 관계에서 비타민 C(43), 녹차(44), 부추(45)의 급여는 체내 지질과산화물 생성 저해에 효과적이며, 부추나 녹차의 경우 시료 중의 폴리페놀 화합물이 유효 물질로 밝혀져 있다. 고강도 운동시킨 실험쥐에서 흑마늘은 체내 지질과산화물의 생성 감소에 효과적이었으며(38), Haenen 등(46)은 allium속 식물류에 함유된 플라보노이드가 항산화 효소의 활성 증가 및 유리 라디칼의 직접적인 소거제로 작용하여 체내 과산화지질의 생성을 저해함으로써 조직을 보호한다고 하였다. 또한

Table 6. Lipid peroxide contents in exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement

Groups	Serum (mmol/dL)	Liver (mmol/g)
Control	41.60±2.30 ^{C1)}	238.72±4.40 ^D
BG	33.11±2.17 ^{AB}	218.60±5.31 ^C
GS	34.67±2.38 ^B	210.33±4.13 ^{AB}
MBS-I	31.16±1.81 ^A	214.73±2.88 ^{BC}
MBS-II	31.78±1.05 ^{AB}	205.17±5.37 ^A

¹⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-D}Values in a column sharing the different superscripts are significantly different at p<0.05.

Table 7. Hepatic catalase, SOD and GSH-px activities in exercised rats with black garlic and gaeddongssuk extract supplement

Groups	Catalase (μmol/min/mg protein)	SOD (U/mg protein)	GSH-px (nmol/min/mg protein)
Control	0.66±0.08 ^{A1)}	32.89±2.96 ^A	193.92±26.46 ^A
BG	0.74±0.08 ^A	41.07±2.30 ^B	230.12±11.78 ^B
GS	1.20±0.06 ^B	48.19±1.50 ^D	281.76±14.22 ^C
MBS-I	1.54±0.11 ^C	42.38±4.21 ^{BC}	278.69±19.30 ^C
MBS-II	1.41±0.06 ^C	47.37±2.88 ^{CD}	319.25±7.43 ^D

¹⁾Values are mean±SD (n=7).

^{A-D}Values in a column sharing the different superscripts are significantly different at p<0.05.

독성물질인 paraquat에 의해 산화적 스트레스가 유발된 실험쥐에서 흑마늘 추출물을 10일간 180 mL/kg bw 수준으로 급여하였을 때 간조직에서 지질과산화물 함량이 대조군에 비해 약 60% 정도 낮아 흑마늘 추출물은 생체 내 산화적 스트레스로 발생된 라디칼의 소거 활성이 우수하다고 보고된 바 있다(25). 따라서 흑마늘, 개똥쑥 추출물이나 이들 혼합물의 섭취는 운동으로 발생된 생체 내 스트레스 완화에 도움이 될 것으로 기대된다.

간조직의 항산화효소 활성

강제운동한 흰쥐에 흑마늘과 개똥쑥 추출물을 급여하였을 때 간조직의 항산화 효소 활성에 미치는 영향은 Table 7과 같다. Catalase 활성은 대조군에 비해 GS군 및 혼합물 급여군에서 약 1.8~2.3배로 유의적인 증가를 보였다. SOD 및 GSH-px 활성은 대조군에 비해 모든 실험 식이군에서 각각 1.3~1.5배, 1.2~1.7배 정도 증가하였으며, SOD 활성은 GS군, GSH-px 활성은 MBS-II 군에서 가장 높은 활성이었다. 간조직의 항산화효소 활성은 BG군보다는 GS군에서 유의적으로 높았으며, 혼합물의 농도에 따른 catalase 및 SOD 활성은 유의차를 보이지 않았다.

운동을 시킨 실험쥐에 대한 마늘 급여는 catalase 활성이 운동 대조군에 비해 높았으며, SOD 활성은 운동군이나 비운동군보다 높았던 것으로 보고된 바 있다(47). 고혈압을 가진 성인에게 alliin 함유 물질의 섭취는 혈중 지질과산화물의 생성 감소와 함께 SOD, catalase 및 GSH-px 등의 항산화효소 활성을 증가시켰다는 연구 결과(48)와 흑마늘 및 개똥쑥의 항산화 활성에 관여하는 주요 물질이 함황화합물(6), 폴리페놀성 물질이라는 보고(49)로 볼 때, 본 연구에서 흑마늘과 개똥쑥 혼합물 급여군에서 간조직 중 항산화효소 활성이 높았던 것도 이와 관련이 있는 것으로 유추된다.

인간의 근육운동은 운동기와 회복기에 라디칼의 발생이 증가되며, 특히 강도 높은 운동 시 활성산소의 생성이 증가된다는 학설이 광범위하게 받아들여지고 있는데(50,51), 대사과정에서 생성된 활성 산소종은 체내에서 자체적으로 소거되나, 외부로부터 유입된 비효소계 항산화제의 도움을 받을 경우 체내 항산화제의 활성은 더욱 증가된다(52). 따라서

본 연구에서 강제운동으로 인한 산화적 스트레스 유발 시 흑마늘과 개똥쑥 추출물 및 이들 혼합물 급이가 체내 catalase, SOD 및 GSH-px 등의 항산화효소 활성을 증가시킨 것으로 보아 이들 물질은 운동으로 인한 스트레스 완화용 음료로 이용될 가능성이 높을 것으로 기대된다.

요 약

생리활성이 증강된 흑마늘 음료 개발을 위하여 흑마늘 (BG), 개똥쑥(GS) 추출물 및 2종의 혼합물(MBS-I, 흑마늘 추출물 7 brix : 개똥쑥 추출물 0.7 brix=93:7; MBS-II, 흑마늘 추출물 14 brix : 개똥쑥 추출물 1.4 brix=93:7, v/v)을 트레드밀에 의해 강제운동 시킨 실험쥐에게 급이하였다. 실험 기간 동안 강제운동에 의한 체중감소는 없었다. 혈청 알부민 함량은 대조군에 비해 실험 식이 급이군에서 유의적으로 증가되었다. BUN 함량은 대조군에 비해 BG군과 MBS-II군에서 유의적으로 낮았다. AST 및 ALP 활성은 대조군에 비하여 실험 식이 급이군에서 유의적으로 감소하였다. 혈청의 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 흑마늘과 개똥쑥의 혼합물 급이군에서 유의적인 감소를 보였다. 혈청과 간조직의 지질 함량은 MBS-I 군과 MBS-II 군 간에 유의차가 없었다. 혈청과 간조직에서 지질과산화물 함량은 대조군에 비하여 모든 시료 급이군에서 유의적으로 감소되었으며, 혈청에서는 MBS-I 군, 간조직에서는 MBS-II 군에서 가장 낮은 함량이었다. 간조직의 catalase 활성은 대조군에 비해 GS군과 혼합물 급이군에서 1.8~2.3배의 증가를 보였다. SOD 및 GSH-px 활성은 대조군에 비해 시료 급이군에서 각각 1.3~1.5배, 1.2~1.7배 정도 증가하였다. 전반적으로 혼합물 급이군이 흑마늘이나 개똥쑥의 단독 급이군에 비해 활성이 높아, 이들 혼합물은 체내 산화적 스트레스 완화에 효과적일 것으로 판단된다. 특히 MBS-I 은 MBS-II에 비해 낮은 농도에 의해서도 생리활성의 증가에 효과적인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업 (110021-3)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Dröge W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev* 82: 47-95.
- Kang WS, Kim JH, Park EJ, Yoon KR. 1998. Antioxidant property of turmeric (*Curcuma Rhizoma*) ethanol extract. *Korean J Food Sci Technol* 30: 266-271.
- Rim YS, Park YM, Park MS, Kim KY, Kim MJ, Choi YH. 2000. Screening of antioxidants and antimicrobial activity in native plants. *Korean J Medicinal Crop Sci* 8: 342-350.
- Ohno H, Yamashita H, Ookawara T, Saitoh D, Wakabayashi K, Taniguchi N. 1992. Training effects on concentrations of immunoreactive superoxide dismutase iso-enzymes in human plasma. *Acta Physiol Scand* 146: 291-292.
- Reznick AZ, Witt E, Matsumoto M, Packer L. 1992. Vitamin E inhibits protein oxidation in skeletal muscle of resting and exercised rats. *Biochem Biophys Res Commun* 189: 801-806.
- Nagae S, Ushijima M, Hatono S, Imai J, Kasuga S, Matsuura H, Itakura Y, Higashi Y. 1994. Pharmacokinetics of the garlic compound *S*-allylcysteine. *Planta Med* 60: 214-217.
- Ichikawa M, Yoshida J, Ide N, Sasaoka T, Yamaguchi H, Ono K. 2006. Tetrahydro- β -carboline derivatives in aged garlic extract show antioxidant properties. *J Nutr* 136: 726S-731S.
- Min JU, Kim YJ, Jung WS, Kim SH. 2011. The effect of the intake quantity of black garlic on fatigue recovery and total antioxidant capacity after maximal exercise. *J Sport Leisure Studies* 46: 1223-1233.
- Baek YH, Lee SH, Han MH, Choi YH, Kim SH, Kwak YS. 2012. Effects of black garlic supplementation and exercise on TBARS, HSP 70 and COX-2 expression after high-intensity exercise. *J Life Sci* 22: 772-777.
- Ryu JH, Lee SJ, Kim MJ, Shin JH, Kang SK, Cho KM, Sung NJ. 2011. Antioxidant and anticancer activities of *Artemisia annua* L. and determination of functional compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 509-516.
- Ryu JH, Kim RJ, Lee SJ, Kim IS, Lee HJ, Sung NJ. 2011. Nutritional properties and biological activities of *Artemisia annua* L.. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 163-170.
- Klayman DL. 1985. Qinghaosu (artemisinin): an antimalarial drug from China. *Science* 228: 1049-1055.
- Kang JR, Lee SJ, Hwang CR, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ. 2012. Optimization of extraction conditions for mixing beverage development of black garlic and Gaeddongssuk by response surface methodology. *J Agric Life Sci* 46: 139-149.
- Dudley GA, Abraham WM, Terjung RL. 1982. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptation in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 53: 844-850.
- Frings CS, Fendley TW, Dunn RT, Queen CA. 1972. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin Chem* 18: 673-674.
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
- Cheung PC. 1998. Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed straw mushroom diets. *J Nutr* 128: 1512-1516.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
- Yagi K. 1984. Assay for blood plasma or serum. In *Method in Enzymology*. Packer L, ed. Academic Press, Inc., New York, NY, USA. Vol 105, p 328-331.
- Uchiyama M, Mihara M. 1978. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test. *Anal Biochem* 86: 271-278.
- Lowry OH, Resebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
- 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.

23. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
24. 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.
25. Noh BK, Lee JK, Won YD, Park HJ, Lee SJ. 2011. The anti-oxidative effect of black garlic extract on paraquat-induced oxidative stress in ICR mice. *Korean J Food Sci Technol* 43: 760-765.
26. Kang MJ, Lee SJ, Shin JH, Kang SK, Kim JG, Sung NJ. 2008. Effect of garlic with different processing on lipid metabolism in 1% cholesterol fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 162-169.
27. Lee SJ, Zhang GF, Sung NJ. 2011. Hypolipidemic and hypoglycemic effects of *Orostachys japonicus* A. Berger extracts in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutr Res Pract* 5: 301-307.
28. Han HK, Yoon SJ, Kim GH. 2009. Effects of compositae plants on plasma glucose and lipid level in streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 674-682.
29. Koh JB, Kim JY. 2002. Effect of Okcheonsan on blood glucose, lipid and protein levels in streptozotocin-induced diabetic female rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 284-289.
30. Kim SM, Ko JH, Shim EJ, Lee DH, Cho DJ, Kim DH, Min KS, Yoo KY. 2008. Serum creatinine, blood urea nitrogen change in low birth weight infants during their first days of life. *Korean J Perinatol* 19: 181-189.
31. Kang YJ, Kim HJ, Han JS. 2011. Effects of *Ishige okamurae* extract supplement on blood glucose and antioxidant systems in type 2 diabetic patients. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1726-1733.
32. Lee SJ, Sung DM, Shin JH, Sung NJ. 2010. Effects of functional extracts made from fermented plants on serum glucose and lipids level in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Food Sci Nutr* 15: 167-175.
33. Kim HK. 2007. Effect on the change in blood lipids, blood pressure and GOT, GPT of combined exercise training in the older men during 12 weeks. *Korea J Sports Sci* 16: 643-651.
34. Jin YS, Kim MJ, Park JY, Kim YK, Lee HJ. 1999. The effect of exercise pattern and antioxidant supplement on anti-oxidant enzymes and total antioxidant status. *Korean J Physical Edu* 38: 451-460.
35. Ban HN. 2010. The effects of circuit training and black garlic intake on health related fitness, lipid profiles, c-reactive protein and bone density in middle-aged women. *MS Thesis*. Pusan National University, Busan, Korea.
36. Yeh YY, Yeh SM. 1994. Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triacylglycerol synthesis. *Lipids* 29: 189-193.
37. 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.
38. Kim SH, Baek YH. 2011. Effects of aerobic exercise and black garlic intake on blood lipids, lipid peroxidation and BAP in rats. *J Life Sci* 21: 1025-1031.
39. Thompson PD, Buchner D, Pina IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH, Berra K, Blair SN, Costa F, Franklin B, Fletcher GF, Gordon NF, Pate RR, Rodriguez BL, Yancey AK, Wenger NK. 2003. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation* 107: 3109-3116.
40. Cha BY. 2001. Drug therapy of dyslipidemia. *J Korean Med Assoc* 44: 772-782.
41. Aouadi R, Aouidet A, Elkadhi A, Ben Rayana MC, Jaafoura H, Tritar B, Nagati K. 2000. Effect of fresh garlic (*Allium sativum*) on lipid metabolism in male rats. *Nutr Res* 20: 273-280.
42. Lee SJ, Kwon MH, Kwon HJ, Shin JH, Kang MJ, Kim SH, Sung NJ. 2013. Effect of red garlic-composites on the fecal lipid level and hepatic antioxidant enzyme activity in rats fed a high fat-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 17-25.
43. Goldfarb AH, Sen CK. 1994. Antioxidant supplementation and the control of oxygen toxicity during exercise. In *Exercise and Oxygen Toxicity*. Sen CK, Packer L, Hanninen O, eds. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands. p 163-189.
44. Kwon T, Ryu S, Jang W, Lee S. 2002. Effects of green tea polyphenol ingestion on blood lipids, MDA and SOD in rats. *Korean J Exerc Nutr* 6: 85-88.
45. Baek YH, Lee SH. 2010. The effect of aerobic exercise and allium tuberosum intake on blood lipids, MDA and antioxidant enzyme in rats. *J Life Sci* 20: 245-252.
46. Haenen GRMM, Paquay JBG, Korthouwer REM, Bast A. 1997. Peroxynitrite scavenging by flavonoids. *Biochem Biophys Res Commun* 236: 591-593.
47. Yoon GA. 2007. Antioxidant effect of garlic supplement against exercise-induced oxidative stress in rats. *Korean J Nutr* 40: 701-707.
48. Duda G, Suliburska J, Pupek-Musialik D. 2008. Effects of short-term garlic supplementation on lipid metabolism and antioxidant status in hypertensive adults. *Pharmacol Rep* 60: 163-170.
49. Brisibe EA, Umoren UE, Brisibe F, Magalhães PM, Ferreira JFS, Luthria D, Wu X, Prior RL. 2009. Nutritional characterization and antioxidant capacity of different tissues of *Artemisia annua* L. *Food Chem* 115: 1240-1246.
50. Jenkins RR. 1988. Free radical chemistry. Relationship to exercise. *Sports Med* 5: 156-170.
51. Parker L. 1998. Oxidants, antioxidant nutrients and the athlete. *J Sports Sci* 15: 353-363.
52. Sen CK, Atalay M, Hanninen O. 1994. Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. *J Appl Physiol* 77: 2177-2187.

(2013년 3월 11일 접수; 2013년 5월 14일 채택)