

Effect of Black Garlic and Herb Formulas on Lipid Profiles and Antioxidant Status in Rats by Interval Running Training

Soo Jung Lee¹, In Sung Kim¹, Hye Jin Lee¹, Soo Jeong Oh¹, Jung Hye Shin², Jeong Gyun Kim³ 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

³Department of Seafood Science & Technology, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

Received September 25, 2013 / Revised November 18, 2013 / Accepted November 22, 2013

To improve the functionality of black garlic drinks, black garlic extract (5%) and five herb extracts (1%) were mixed in 70:30 (v/v) ratios as BHF1, and BHF2 was prepared using a 3X concentration of BHF1. After the black garlic and herb formulas (BHF) were administered over the course of five weeks in rats by interval running training, the lipid profiles and the antioxidant enzyme activities were tested. The total phenolic content of the BHF were significantly higher in BHF2 than they were in BHF1, and their antioxidant activities were dependent upon the total phenolic content. No significant difference was found in the total serum protein levels among the rats in the Ex-con group by interval running training and the rats in the BHF-fed groups. However, the albumin level was significantly higher in the Ex-BHF2 to Ex-con group. AST and ALT activities significantly decreased in the BHF-fed groups compared to the Ex-con group. In terms of changes in the serum lipid profiles, no significant difference was found between the specimens that underwent interval running training and those that did not undergo interval running training. Triglyceride levels, total cholesterol, LDL-C, and HTR levels in the serum were significantly decreased in the Ex-BHF2 to Ex-con group. No significant difference was found in the total lipid levels in the livers of the BHF-fed groups and the Ex-con group. The triglyceride levels and total cholesterol levels in the Ex-BHF2 group were significantly lower compared to another group. Hepatic catalase activity was significantly increased in the Ex-BHF2 group, but SOD and GSH-px activities were significantly increased as the concentration of the BHF. The antioxidant enzyme activities by supplementation of BHF increased; thus, three intakes of BHF each day could improve antioxidant status against different types of oxidative stress.

Key words : Black garlic, hepatic antioxidant enzyme, herbs, interval running training, lipid profile

서 론

고혈압, 심혈관 질환, 당뇨 등과 같은 대사증후군의 발병은 생활습관과 관련이 높아 현대인은 이들 질환을 예방하고 체력 향상과 건강 증진을 목적으로 자신에 맞는 적절한 운동을 찾고자 한다. 하지만 일상생활의 바쁜 업무와 스트레스, 피로 등으로 매일 규칙적인 운동을 실천하기 어려우므로 주 2~3회 정도의 에어로빅이나 조깅에 의한 간헐적인 유산소 운동과 기능성 보양식품에 의존하고자 하는 경향이 높다[38]. 중강도 이하의 유산소 운동은 생체 내 항산화계의 향상에 도움을 주며, 활성산소종에 의한 심혈관계 손상을 줄일 수 있는 장점이

있으나[21], 갑작스런 격렬한 운동이나 강제적인 활동과 같은 자극적인 스트레스는 신체 및 정신적 건강을 위협하는 요인이 될 수도 있다. 더욱이 이러한 과정에서 일시적으로 증가된 활성산소종의 빠른 제거, 스트레스 완화를 통한 신체 기능의 활성화를 위해 여러 기능성을 모두 지닌 다기능성 식품이 요구되고 있다[34].

최근에 민간요법이나 한방요법에 따라 천연물질을 이용하여 운동증진, 피로회복 등에 관련된 연구가 다양하게 수행되고 있는데, 흑마늘은 중강도 및 고강도의 트레드밀 운동을 한 흰쥐에서 체내 지질 수준과 지질과산화물의 생성 감소 및 체내 항산화 활성을 증가시키므로써 산화적 스트레스에 의한 생체 보호효과가 있는 것으로 보고되어 있다[4, 21]. 상황버섯 추출물의 급이는 마우스를 대상으로 한 수영운동에서 대조군에 비해 수영 지속시간을 증가시켰으며[37], 운동선수를 대상으로 한 트레드밀 운동에서는 운동 시간에 따른 유의차는 보이지 않았으나, 혈중 젖산 수준을 대조군에 비해 유의적으로 감소시킨 것으로 보고되어 있다[37]. 동충하초나 인삼은 지구 운동 능력의 증가에는 뚜렷한 효과를 미치지 않으나 운동에

*Corresponding author

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

E-mail : snakju@gnu.ac.kr

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.

의한 체력소모 회복에 대한 기대효과는 가능하며[20]. 스쿠알렌, 옥사코사놀, 홍삼, 동충하초 및 오가피의 복합 추출물은 강제 수영한 흰쥐에서 체조직 손상 억제 및 피로물질 축적 지연 등의 효과로 수영 능력을 증가시키는 것으로 보고된 바 있다[39]. 반면에 감식초[36] 및 한방 스포츠 음료[23]는 운동 수행에 있어서 피로회복보다는 혈중 지질 개선과 운동 수행 능력을 상승시키는 것으로 보고되어 있다.

피로회복, 자양강장 및 항산화 활성을 지닌 대표적인 식품인 마늘을 가공한 흑마늘은 대부분이 음료로 시판되고 있는데, 최근에는 흑마늘 단일 원료만을 추출한 음료에서 두 가지 이상의 원료를 첨가하여 기능성이 증강된 복합 음료를 사용하는 추세로 변화되고 있으며[19], 생리활성 증가를 위한 기능성 제품의 개발 연구 측면에서도 여러 가지의 천연물을 혼합한 복합물 시료에 대한 연구가 증가되고 있는 경향이다. 특히 흑마늘의 경우, 개똥썩 추출물을 혼합하여 강제운동한 흰쥐에 급이하였을 때, 체내 지질 개선 및 항산화 효소 활성에 효과적이었으며[15], 흑마늘과 섬애약썩 추출물의 혼합물은 시료 자체의 항산화 활성에 의존적으로 구속 스트레스를 받은 흰쥐의 체내 지질 개선에도 효과적인 것으로 보고된 바 있다[28]. 이들 모두 흑마늘 단일 제품보다 천연물이 혼합된 경우 효능이 상승되었기 때문에 흑마늘은 다양한 천연물의 혼합으로 기능성 제품의 개발이 가능할 것으로 예견된 바 있다.

본 연구는 기능성이 강화된 흑마늘 복합물 제품 개발을 위한 효능평가의 일환으로 선행연구[30]를 통하여 선정된 5종 생약재의 혼합 추출물을 흑마늘 추출물에 첨가함으로써 운동부하에 따른 체내 지질성분과 항산화 효소 활성의 변화를 분석함으로써 피로회복 활성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시료의 제조

흑마늘은 남해보물섬마늘영농조합법인에서 제조된 것으로 진공추출기(COSMOS 660, Kyungseo Machine Co., Incheon, Korea)로 120°C에서 3시간 열수 추출하였다. 생약재 5종은 상항버섯(*Phellinus linteus*), 황금(*Scutellaria baicalensis* Georgi), 단삼(*Salvia multiorrhiza* Bunge), 뽕잎(*Morus alba* L.) 및 작약(*Paeonia lactiflora* Pall.)으로 각 시료의 수율을 고려하여[30] 동일한 수율이 되도록 각각 100 g, 13.5 g, 13.4 g, 21.2 g 및 37.6 g씩 혼합한 후 총 시료 중량에 대해 10배의 물을 첨가하여 90°C에서 12시간씩 3회 반복하여 열수 추출하였다. 추출물은 동결건조 분말화하였으며, 이때 생약재 추출물의 추출 수율은 20.03±0.87%였다.

흑마늘 추출물은 시판되는 흑마늘 음료의 농도인 7~10 brix와 유사한 맛을 내는 농도로써 5%로 조정하였으며, 생약재 추출물은 전보[15]에서 개똥썩 추출물의 농도인 0.7 brix와 유사한 농도로써 1%를 기준으로 하였다. 흑마늘과 생약재 혼합

물 추출물의 복합물(흑마늘 복합물)은 관능평가에 따라 70:30 (v/v)의 비율로 혼합한 경우 흑마늘의 맛은 다소 완화되며, 생약재의 맛이 가미된 것으로 나타나 이를 성인(70 kg)을 기준으로 1일 1회 섭취량으로 하였다(BHF1). BHF2는 1일 3회 섭취량으로 하였으며, 이를 각각 동결건조 분말화하여 *in vitro*에서 항산화 활성 및 *in vivo*에서 실험동물의 사료에 첨가하였다.

흑마늘과 생약재 혼합물의 항산화 활성

흑마늘과 생약재 혼합물의 *in vitro*에서 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거활성은 시료액에 동량의 0.005% (w/v) DPPH 메탄올 용액을 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도비로 계산하였다[6]. ABTS [2,2-azino-bis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonate)] 라디칼 소거활성은 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해한 ABTS 용액의 흡광도가 415 nm에서 1.5가 되도록 조정한 ABTS 기질용액에 시료액을 혼합하여 실온에서 5분간 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다[33]. 환원력은 FRAP (ferric reducing antioxidant power)법에 따라 300 mM acetate 완충용액 (pH 3.6), 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-S-triazine)-HCl 용액 및 20 mM FeCl₃·6H₂O를 각각 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합한 기질용액에 추출물을 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원력은 FeSO₄·7H₂O 당량으로 산출하였다[5].

총 페놀 함량은 시료액에 동량의 Foline-ciocalteau 시약을 혼합하여 3분간 반응시킨 후 10% Na₂CO₃ 용액을 가하여 실온의 암실에서 1시간 반응시켜 700 nm에서 시료 무첨가구를 대조로 흡광도를 측정하였다[14]. Gallic acid (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)에 의한 검량선으로 총 페놀 함량을 계산하였다.

운동부하를 위한 실험동물의 사육 및 식이조성

체중이 90~100 g인 Sprague-Dawley계 3주령 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양 받아 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. 그 후 난괴법에 따라 각 군에 8마리씩 비운동군(Control), 운동대조군(Ex-con), 운동+BHF1 급이군(Ex-BHF1), 운동+BHF2 급이군(Ex-BHF2)의 4개 군으로 구분하였으며, 사육기간 동안 물과 식이는 자유급이하였다.

운동부하 조건

운동군은 2일 간격으로 일정한 시간(오전 10시)에 소동물용 트레드밀(Pro-jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech, Siheung, Korea)을 이용하여 간헐적 운동부하 훈련을 5주 동안 실시하였다.

운동을 시작한 1주에는 경사도 없이 15 m/min의 속도로 주행을 실시하였으며, 2~5주 동안 15°의 경사도에서 20 m/min의 속도로 1회 20분씩 실시하였다.

식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

사육기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급이하여 다음날 오전 10시경에 잔량을 조사하여 1일 식이섭취량으로 산출하였다. 물은 수도수를 매일 공급하였으며, 체중은 1주에 1회 일정시간에 측정하였다. 1일 평균 식이섭취량은 실험사육 5주간의 총 식이섭취량(g)을 총 실험일수(day)로 나누어 산출하였으며, 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 5주 동안의 체중증가량을 총 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

실험동물의 처리

모든 실험동물은 실험 최종일에 16시간 절식시킨 후, 상기와 동일한 수준의 운동부하를 가한 직후 에테르 마취하여 심장에서 채혈하였다. 혈액은 30분간 빙수 중에 정치시켜 980×g에서 15분간 원심분리(Mega 17R, HANIL, Incheon, Korea)하여 혈청을 얻었다. 간 조직은 채혈 직후 적출하여 생리식염수로 혈액을 충분히 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하고 액체질소로 급냉동시킨 후 -70°C에 보관하였다.

혈액 성분 분석

혈청 중 단백질, 알부민, 중성지방, 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량은 효소법에 의한 정량용 kit (Asan pharm. Co., Seoul, Korea) 시약을 사용하여 분석하였다. 글로불린 함량은 단백질 양에서 알부민 함량을 뺀 값으로 계산하였다. 혈청 총 지질 함량은 Frings 등[12]의 방법에 따라 혈청 20 µl를 진한 황산으로 분해시키고 phospho-vanillin 시약을 10 ml 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[11], 총 콜레스테롤 함량을 HDL-콜레스테롤 함량으로 나누어 HTR (ratio of total cholesterol to HDL-C)을 계산하였다[17].

간 기능 효소 활성 측정

간 기능 평가를 위한 혈중 지표로서 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.) 시약을 사용하였다.

간 조직의 지질 성분 분석

간 조직의 지질 함량은 Folch 등[10]의 방법에 따라 간 조직

0.5 g을 취하여 chloroform과 methanol 혼합액(2:1, v/v)을 가하여 Potter-Elvehjem tissue grinder (WOS01010, DAIHAN, Wonju, Korea)로 마쇄하여 4°C에서 24시간 동안 지질 성분을 추출하였다. 이를 여과하여 일정량을 취한 다음 건조시켜 총 지질, 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량 분석을 위한 시료로 사용하였으며, 상기의 혈청 지질 성분 분석과 동일한 방법으로 하였다.

혈청 및 간 조직의 지질과산화물 함량 측정

혈청의 지질과산화물 함량은 혈청에 1/12 N 황산용액 및 10% phosphotungstic acid를 혼합하여 1,100×g에서 10분간 원심분리시켜 침전물을 얻었다. 여기에 증류수와 thiobarbituric acid (TBA) 시약을 각각 1 ml씩 첨가하여 95°C 수욕에서 1시간 반응시킨 다음 생성된 지질과산화물을 butanol로 이행시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하였다[41]. 간 조직의 지질과산화물 함량은 간 조직에 1.5% KCl 용액을 가하여 균질화시킨 시료액 0.5 ml에 1% phosphoric acid 및 0.6% TBA시약을 1 ml씩 가하여 95°C 수욕에서 45분간 반응시켰다. 이때 생성된 발색물질을 butanol로 추출하여 흡광도(OD₅₃₅₋₅₂₀)를 측정하였으며 지질과산화물 함량은 1,1,3,3-tetraethoxypropane으로 작성한 검량선에 의해 계산하였다[40].

간 조직의 항산화효소 활성 측정

간 조직은 0.25 M sucrose와 1 mM EDTA를 포함하는 50 mM 인산 완충액(pH 7.4) 10 ml로 4°C의 조건에서 tissue grinder로 마쇄하여 10% (w/v) 균질액을 제조하였다. 이를 1,100×g에서 10분간 원심분리하고 상층액은 12,000×g에서 20분간 재원심분리하였다. 이때 얻은 상층액을 105,000×g에서 1시간동안 초원심분리하여 얻은 상층액을 cytosol 분획물로 하였다. 재원심분리한 후 남은 잔사에 상기의 완충용액을 가하여 12,000×g에서 20분간 원심분리 한 후 남은 잔사를 mitochondria 분획물로 구분하였다. 분획물의 단백질 함량은 Lowry 등[31]의 방법에 따라 bovine serum albumin (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)으로 정량하였다. Catalase 활성은 Abei [1]의 방법에 따라 효소활성은 1분간 1 µM의 H₂O₂를 분해시키는데 소요되는 효소량(µmol/min/mg protein)으로 나타내었다. SOD 활성은 pyrogallol의 자동산화에 의한 발색 정도를 알칼리 조건에서 측정하였다[32]. GSH-px (glutathione peroxidase) 활성은 산화형 glutathione이 glutathione reductase와 NADPH에 의해 환원될 때 나타나는 흡광도의 감소 정도를 측정하였다[9].

통계 분석

본 실험결과는 SPSS package (12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 통계적 유의성은 Student-t test 및 일원배치 분산분석(one-way anal-

Table 1. Total phenol content and antioxidant activities of black garlic and herbs formulas

	Total phenol content (caffeic acid equivalent mg/100 ml)	EC ₅₀ % values to DPPH radical scavenging ¹⁾	EC ₅₀ % values to ABTS radical scavenging ¹⁾	EC ₅₀ μ M values to FRAP assay ²⁾
		(μg/ml)		
BHF1	179.75±0.45	9.02±0.28*	8.81±0.35*	7.65±0.95*
BHF2	324.30±1.79*	5.63±0.40	5.92±0.16	4.85±0.36

BHF1: mixture of the black garlic water extract (5%) and 5 kinds of herbs water extract (1%) with 70:30 (v/v) ratio

BHF2: 3 times amount (210:90, v/v) of BHF1 was concentrated to the 100 ml

¹⁾EC₅₀% values (μg/ml) were calculated from the regression lines using five different concentrations (3.125~25 μg/ml) in triplicate and their data were presented as 50% scavenging activity.

²⁾EC₅₀ μ M values (μg/ml) to FRAP assay was calculated from the calibration curves using five different concentrations (3.125~25 μg/ml) in triplicate and their data were presented as 50 μ M equivalent of FeSO₄·7H₂O for antioxidant activity.

*This superscripts are significantly different between the different samples by Student t-test at $p < 0.05$.

ysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 비교분석을 하였다.

결과 및 고찰

흑마늘 복합물의 항산화 활성

흑마늘 추출물에 상항버섯, 황금, 단삼, 뽕잎 및 작약의 혼합 추출물을 첨가하여 제조한 흑마늘 복합물의 *in vitro*에서 항산화 활성은 Table 1과 같다. 성인기준으로 1일 1회 섭취량(BHF1)과 3회 섭취량(BHF2)에 해당되는 흑마늘 복합물의 총 페놀화합물 함량은 BHF1이 179.75 mg/100 ml, BHF2는 324.30 mg/100 ml로 농도 의존적이었다. 50%의 라디칼 소거 활성을 나타내는데 관여하는 시료의 양(EC₅₀%)으로써 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 BHF2가 BHF1에 비해 각각 1.6배 및 1.5배 정도 높았다. 이는 환원력에서도 유사한 경향으로 시료의 항산화 활성과 페놀 화합물 함량간에 (+)의 관계를 보였다.

여러 한약재의 혼합물에서 항산화 활성은 한약재간의 시너지

작용에 의하며[7] 식물류는 단일 성분보다 혼합하여 추출되었을 때 활성이 증가되는 것으로 보고된 바 있다[27]. 반면에, 마늘 추출물은 한약재 추출물과 혼합됨으로써 항산화 활성이 증가되었으며, 알코올로 간질환을 유도한 흰쥐에게 급이하였을 때 간 기능 개선에 효과적이었다는 보고도 있다[29]. 본 연구에서 사용된 5종의 생약재 추출물은 항산화 활성이 높은 식물체로써[30], 이들을 흑마늘 추출물과 혼합한 경우에 라디칼 소거활성이 높은 것으로 나타나 생체 내에서 산화적 스트레스에 의한 라디칼 소거에도 효과적일 것으로 예상된다.

체중변화 및 식이효율

트레드밀을 이용하여 5주 동안 강제적으로 간헐적 운동부하를 가한 흰쥐에서 흑마늘 복합물의 급이에 따른 체중변화 및 식이효율을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 모든 실험군에서 최종 체중은 흑마늘 복합물 급이군(Ex-BHF1, Ex-BHF2)이 운동대조군(Ex-con)에 비해 유의적으로 증가하였으며, 식이효율은 운동군이 비운동군에 비해 다소간 높았으나 흑마늘 복합물의 농도에 따른 유의차는 적었다.

Table 2. Changes of body weight, food intake and FER on the black garlic and herbal formula supplementation in rats by interval running training

Groups ²⁾	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Total body weight gain (g/5 wk)	Food intake (g/day)	FER
Control	133.33±10.00 ^{NS1)}	337.14±12.54 ^a	200.00±5.77 ^a	20.54±0.71 ^{ab}	26.85±0.61 ^a
Ex-con	133.33±10.00	351.43±15.74 ^a	214.29±17.18 ^a	20.29±0.65 ^a	29.31±2.44 ^{ab}
Ex-BHF1	135.56±8.82	378.57±22.68 ^b	241.43±25.45 ^b	20.87±0.28 ^b	32.57±3.26 ^c
Ex-BHF2	135.56±8.82	372.86±9.51 ^b	235.71±7.87 ^b	20.89±0.49 ^b	30.82±0.49 ^{bc}

Values are mean±SD ($n=8$).

FER: Food efficiency ratio

^{a-c}Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

NS: Not significant

Control: non exercised group

Ex-con: exercised group by interval running training with treadmill

Ex-BHF1: interval running training and BHF1 supplemented group

Ex-BHF2: interval running training and BHF2 supplemented group

흑마늘, 쑥 추출물 및 그 혼합물을 흰쥐에게 급이하였을 때 흑마늘 추출물 급이군의 식이섭취량이 여타의 실험군에 비해 유의적으로 높았던 것이 흑마늘 자체의 단맛 때문이라는 보고가 있는데[28] 본 연구 결과도 유사한 경향이라 사료된다. 1일 30분씩 매일 강제운동을 한 흰쥐에서 개똥쑥 추출물 급이군보다 흑마늘과 개똥쑥의 혼합물 급이군에서 식이섭취량이 유의적으로 증가된 결과도[15] 본 연구와 유사한 것으로 생각된다. 본 연구에서 2일 간격의 간헐적인 운동에 따른 체중 감소는 미미할 것으로 추정되는데, Ex-BHF2군에서 Ex-BHF1군보다 체중증가량이 다소간 낮은 것은 흑마늘 복합물에 기인된 결과라 생각되므로 이를 장기적으로 섭취한다면 체중감소에 효과가 있을 것으로 예상된다.

혈중 단백질, 알부민 및 글로불린 함량

간헐적인 운동부하 시 흑마늘 복합물을 급이한 흰쥐에서 혈중 총 단백질, 알부민 및 글로불린 함량은 Table 3과 같다. 총 단백질 함량은 운동 유무에 따른 유의차가 없었으나, 흑마늘 복합물 급이군에서는 Ex-BHF2군이 Ex-BHF1군보다 유의적으로 높았다. 알부민 함량은 운동대조군에 비해 흑마늘 복합물 급이군이 다소 높았으며, 복합물의 농도에 따른 유의차는 적었다. 글로불린 함량은 정상군에 비해 Ex-BHF1군이 유의적으로 낮았으나 그 외 실험군에서는 유의차가 없었다.

체내 대사과정에서 에너지원으로써 단백질이 이용될 경우 체단백질의 분해나 체중이 감소될 수 있는데[24], 운동군이 비운동군에 비해 체중 증가량이 많았으며(Table 2), 운동대조군의 혈중 단백질 함량이 높은 것으로 볼 때 본 연구에서 수행한 간헐적인 운동에 따른 체단백질의 분해는 없는 것으로 사료되며, 흑마늘은 당질 함량이 높아[38] 이로 인한 체단백질의 절약작용과 혈중 알부민 함량 증가 현상을 볼 때 체내 적절한 영양상태 유지가 가능한 것으로 여겨지므로 흑마늘 복합물을 1일 3회까지 섭취하여도 무방하리라 판단된다.

AST, ALT 및 ALP 활성

트레드밀에 의한 간헐적인 운동을 수행한 흰쥐에 흑마늘

Table 3. Total protein, albumin and globulin contents on the black garlic and herbs formulas supplementation in rats by interval running training (g/dl)

Groups ²⁾	Total protein	Albumin	Globulin
Control	7.01±0.46 ^{ab1)}	4.19±0.31 ^a	3.04±0.23 ^b
Ex-con	7.18±0.31 ^{ab}	4.32±0.56 ^{ab}	2.80±0.76 ^{ab}
Ex-BHF1	6.89±0.33 ^a	5.07±0.87 ^{bc}	1.83±1.02 ^a
Ex-BHF2	7.37±0.60 ^b	5.15±0.70 ^c	2.48±1.13 ^{ab}

¹⁾Values are mean±SD (n=8).

²⁾Refer to the Table 2

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 4. AST, ALT and ALP activities on the black garlic and herbs formulas supplementation in rats by interval running training

Groups ²⁾	AST (Karmen unit/ml)	ALT (Karmen unit/ml)	ALP (K-A unit)
Control	54.50±2.35 ^{a1)}	9.17±0.68 ^a	16.78±1.80 ^b
Ex-con	70.17±4.17 ^b	17.00±2.90 ^b	21.99±2.46 ^c
Ex-BHF1	58.00±2.97 ^a	11.32±1.77 ^a	14.44±1.66 ^a
Ex-BHF2	55.17±3.54 ^a	9.42±0.38 ^a	13.77±1.92 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=8).

²⁾Refer to the Table 2

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

복합물의 급이 시 혈중 AST, ALT 및 ALP 활성을 측정된 결과는 Table 4에 나타난 바와 같다. AST 활성은 운동대조군(70.17 Karmen unit/ml)이 정상군(54.50 Karmen unit/ml)에 비해서 약 1.3배 높았으며, 흑마늘 복합물 급이군은 운동대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. ALT 활성도 AST 활성과 유사한 경향이였으며, ALP 활성은 흑마늘 복합물 급이군이 정상군보다 유의적으로 낮았다.

흑마늘 음료를 4주간 급이시킨 후 24시간의 1회성 구속 직후 흰쥐의 혈청 AST, ALT 활성은 대조군에서 유의적으로 증가하였으나, 흑마늘 음료 급이군은 정상군과 유사한 수준까지 회복되었는데, 이는 시료의 항산화 활성과 관련이 있으며, 실험동물에서 항산화 활성이 높은 식이의 보충 급이는 일시적인 스트레스에 따른 간기능 지표 효소활성의 증가를 제어할 수 있는 것으로 보고되어 있다[28]. 1%의 마늘 추출물 급이는 수영부하 스트레스 직후 유의적으로 증가된 AST 활성도를 정상 수준으로 회복시켰는데[16], 마늘의 알리신 성분에 기인된 것으로 보고된 바 있다[29]. 5주 동안 매일의 강제운동을 흰쥐에게 고농도의 흑마늘과 개똥쑥 혼합물의 급이는 AST 및 ALP 활성을 완화시킴으로써 산화적 스트레스를 경감시키는 것으로 보고된 바 있다[15].

본 연구에서 강제운동에 의해 간 기능 지표효소 활성이 증가된 것으로 추정되며, 흑마늘 복합물 급이로 이들 효소 활성이 낮아진 것으로 볼 때 현대인의 복잡한 생활로 인한 스트레스 발생시에도 완화 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

혈중 지질 성분의 변화

5주 동안 간헐적인 운동부하와 병행하여 흑마늘 복합물을 급이한 흰쥐에서 혈중 지질성분을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 운동부하의 유무에 따른 지질 성분의 변화에는 유의차를 보이지 않았다. 총 지질 함량은 운동대조군에 비해 흑마늘 복합물 급이군에서 유의적으로 감소되었으며, 특히 Ex-BHF2군은 각각 13.9% 및 9.2%의 감소를 보였다. 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 Ex-BHF1군에서 운동대조군과 유의차를

Table 5. Serum lipids level on the black garlic and herbs formulas supplementation in rats by interval running training

Groups ²⁾	Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol (mg/dl)	HDL-C	LDL-C	HTR
Control ²⁾	217.52±3.10 ^{c1)}	39.89±1.74 ^b	68.33±1.16 ^b	24.52±1.40 ^a	35.83±1.33 ^c	2.79±0.14 ^b
Ex-con	213.50±5.57 ^c	39.71±1.34 ^b	67.15±2.33 ^b	25.07±1.63 ^a	34.13±1.77 ^{bc}	2.68±0.14 ^b
Ex-BHF1	204.33±10.52 ^b	38.28±1.73 ^b	66.11±0.79 ^{ab}	25.03±0.89 ^a	33.43±1.08 ^b	2.65±0.11 ^b
Ex-BHF2	183.91±4.68 ^a	36.06±0.97 ^a	64.70±2.57 ^a	26.70±1.07 ^b	30.79±2.24 ^a	2.43±0.10 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=8).

²⁾Refer to the Table 2

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. HTR: Total cholesterol/HDL-C

보이지 않았으나, Ex-BHF2군은 유의적으로 감소되었다. HDL-콜레스테롤 함량은 정상군 및 운동대조군에 비해 Ex-BHF1군에서 유의차가 없었으나, Ex-BHF2군은 유의적으로 증가되었다. LDL-콜레스테롤 함량은 흑마늘 복합물 급이군이 정상군보다 유의적으로 감소되었는데, 특히 Ex-BHF2군에서 14% 감소되었다. HDL-콜레스테롤에 대한 총 콜레스테롤의 함량 비 (HTR)는 심혈관질환의 위험정도를 나타내는 것[17]으로 운동군이 정상군보다 낮기는 하였으나, 통계적인 유의차는 없었다. Ex-BHF2군은 운동대조군에 비해 유의적으로 감소되어 운동과 함께 흑마늘 복합물을 1일 3회씩 지속적으로 섭취할 경우 체내 지질 수준을 감소시켜 심혈관질환의 예방에도 효과적일 것으로 사료된다.

운동과 관련된 식품섭취와의 상관관계에 대한 보고는 운동의 조건, 급이 식품의 종류나 형태 등에 따라 상이한데, 운동과 청국장 분말 급이의 병행은 운동대조군에 비해 혈중 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 유의적으로 감소시켰는데, 청국장의 유효성분과 유산소 운동에 의한 시너지 효과인 것으로 보고되어 있다[22]. 또한 트레드밀을 이용한 지구성 운동을 수행한 실험쥐에서 매실, 오가피 및 맥문동 혼합음료의 급이는 혈중 중성지방 수준을 다소 감소시켰으며 단일 추출물보다 혼합 추출물 급이군에서 운동수행 시간이 유의적으로 증가시켰으나, 피로 관련인자로서 혈중 암모니아, 젖산 및 무기인산의 함량에는 유의차가 없는 것으로 보고되어 있다[23]. 4주 동안 자양강장 기능성 식품의 급이와 병행한 주 2회의 강제 수영훈련에 따른 체중 감소현상은 운동보다는 기능성 식품에 의한 효과이며, 혈청 중성지방 함량의 변화에서 강제 수영시간을 90분으로 제한한 경우 운동대조군과 기능성 식품 급이군간에 유의차를 보였다는 보고[39]로 미루어 볼 때, 본 연구와 같이 간헐적인 운동은 매일의 운동에 비해 운동량이 작아 흑마늘 복합물 급이군에서 혈중 지질 수준의 감소는 흑마늘 복합물의 유효성분인 페놀성 화합물[15, 38]에 기인한 결과라 판단된다.

간 조직의 지질성분

흑마늘 복합물을 급이한 흰쥐의 간 조직에서 지질 성분은 Table 6과 같다. 운동의 유무에 따라 간 조직 중 총 지질, 중성

Table 6. Hepatic lipids level on the black garlic and herbs formulas supplementation in rats by interval running training (mg/g liver tissue)

Groups ²⁾	Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol
Control	23.79±0.56 ^{b1)}	13.75±0.48 ^b	2.74±0.09 ^b
Ex-con	22.68±0.91 ^{ab}	13.50±0.97 ^b	2.70±0.08 ^b
Ex-BHF1	21.50±1.47 ^a	12.91±0.93 ^b	2.58±0.06 ^a
Ex-BHF2	21.20±1.38 ^a	11.39±1.09 ^a	2.49±0.11 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=8).

²⁾Refer to the Table 2

^{a,b}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

지방 및 총 콜레스테롤의 함량 변화에는 유의차가 없었다. 총 지질 함량은 흑마늘 복합물 급이군이 정상군보다는 유의적으로 감소되었으나, 운동대조군과는 유의차가 적었다. 중성지방 함량은 Ex-BHF2군이 타 실험군에 비해 유의적으로 낮았으며, 총 콜레스테롤 함량은 정상군과 운동대조군에 비해 흑마늘 복합물 급이군이 유의적으로 낮았으나, 흑마늘 복합물의 농도간에 유의차는 보이지 않았다.

수영부하 스트레스가 부과된 실험쥐에 마늘 추출물의 단독 급이는 수영부하 여부에 따른 간 조직의 지질성분 변화에 유의차를 보이지 않았으나, 마늘 추출물과 비타민 B₁을 혼합급이한 경우에는 대조군에 비해 간 조직의 중성지방 함량이 유의적으로 감소되었다고 보고되어 있다[16]. 또한 흑마늘과 개뽕썩 추출물을 급이하어 강제운동한 흰쥐의 간 조직 중 지질성분은 흑마늘 추출물의 단독 급이군과 개뽕썩의 혼합물 급이군간에 유의차가 적었으며, 혼합물의 농도에 따른 유의차도 없었던 것으로 보고된 바 있다[15]. 반면에 흑마늘과 썩 추출물의 혼합급이는 흑마늘 추출물 급이군에 비해 구속스트레스를 받은 흰쥐에서 간 조직 중 지질성분을 유의적으로 감소시켰다는 보고도 있다[28]. 따라서 본 연구에서 간헐적인 운동과 같은 낮은 수준의 스트레스에서 Ex-BHF2군의 중성지방 함량이 운동대조군에 비해 유의적인 감소를 보인 것으로 볼 때 흑마늘 복합물의 지속적인 섭취는 일상생활로부터 초래될 수 있는

Table 7. Lipid peroxide contents on the black garlic and herbs formulas supplementation in rats by interval running training

Groups ²⁾	Serum (mmol/dl)	Liver (mmol/g)
Control	37.62±1.53 ^{b1)}	185.05±11.36 ^b
Ex-con	49.55±5.27 ^c	201.67±8.68 ^c
Ex-BHF1	38.01±0.51 ^b	174.44±7.08 ^{ab}
Ex-BHF2	30.10±0.93 ^a	165.70±8.75 ^a

¹⁾Values are mean±SD (*n*=8).

²⁾Refer to the Table 2

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different (*p*<0.05) by Duncan's multiple range test.

여러 유형의 스트레스 완화에 도움이 될 것으로 짐작된다.

혈액 및 간 조직의 지질과산화물 함량

간헐적인 유산소 운동과 함께 흑마늘 복합물을 급이한 흰쥐에서 혈액 및 간조직의 지질과산화물 함량은 Table 7에 나타낸 바와 같다. 운동대조군이 정상군에 비해 유의적으로 높았으며, 흑마늘 복합물 급이군은 운동대조군보다 유의적으로 낮았다. 특히 혈중 지질과산화물 함량은 흑마늘 복합물의 농도에 따라 유의적인 차이를 보였으나, 간 조직에서는 유의차가 적었다.

수영부하 스트레스를 받은 흰쥐의 간 조직 중 지질과산화물 함량은 유의적으로 상승하였으며, 마늘이나 비타민 B₁의 단독 급이군보다는 이들의 혼합 급이군에서 유의적으로 감소되었다[16]. 4주 동안의 강제운동 시 흑마늘과 개똥쑥 혼합물을 급이한 흰쥐에서 혈액과 간 조직의 지질과산화물 함량은 운동대조군에 비해 유의적으로 감소되었는데 시료 중 페놀 화합물에 의한 항산화 활성에 의존적이었으며, 체내 지질과산화에 의한 malondialdehyde의 생성이 급이 시료 중의 페놀 화합물에 의해 저해된다는 보고[3]와 일치하는 것으로 보고되어 있다[15]. 즉, 생체는 강제적이거나 부적절한 탈진 운동에 의해 산화적 스트레스가 생성되어 체내 면역계 손상을 초래하는데[8], 이때 항산화 활성이 높은 식이 보충제의 급이로 이러한 생체 기능 손상의 방어가 가능해진다.

또한 고지방 식이로 비만이 유도된 흰쥐에서 운동과 함께 마늘을 급이한 경우에도 혈중 지질과산화물 함량은 운동보다는 오히려 마늘 급이에 의해 유의적인 감소를 보여 비만쥐에서도 지질과산화물의 감소는 운동보다 식이 성분에 더 의존적이었다는 보고가 있다[26]. 따라서 본 연구에서도 식이 중 흑마늘 복합물의 함량이 높았던 Ex-BHF2군에서 지질과산화물의 함량이 유의적으로 낮은 것을 고려해 볼때 강제적인 운동 수행에 따른 산화적 스트레스 경감을 위한 식이 보충제로써 흑마늘 복합물은 효과적인 것으로 판단된다.

Table 8. Hepatic catalase, SOD and GSH-px activities on the black garlic and herbs formulas supplementation in rats by interval running training

Groups ²⁾	Catalase (μmol/min/mg protein)	SOD (U/mg protein)	GSH-px (nmol/min/mg protein)
Control	0.62±0.05 ^{a1)}	53.48±2.32 ^b	449.82±9.92 ^a
Ex-con	0.64±0.02 ^a	44.85±1.53 ^a	438.18±16.04 ^a
Ex-BHF1	0.74±0.04 ^a	51.96±2.72 ^b	472.37±15.74 ^b
Ex-BHF2	1.12±0.18 ^b	58.80±1.26 ^c	497.10±7.89 ^c

¹⁾Values are mean±SD (*n*=8).

²⁾Refer to the Table 2

^{a-c}Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different (*p*<0.05) by Duncan's multiple range test.

간 조직의 항산화 효소 활성

5주 동안의 간헐적인 유산소 운동과 함께 흑마늘 복합물을 급이한 흰쥐의 간 조직 중 항산화 효소 활성을 측정된 결과는 Table 8과 같다. Catalase와 GSH-px 활성은 운동부하의 유무에 따른 유의차가 없었으나, SOD 활성은 운동에 의해 유의적으로 감소되었다. 흑마늘 복합물 급이시 catalase 활성은 Ex-BHF2군만 유의적으로 증가하였으나, SOD와 GSH-px 활성은 흑마늘 복합물의 농도가 많아짐에 따라 유의적으로 증가되었다.

적절한 강도의 유산소 운동은 생체 내 항산화 효소 수준을 증가시키며 지속적인 지구성 훈련은 산화적 스트레스에 대한 방어능력을 증대시키나[18], 탈진적 운동은 오히려 항산화 효소 활성을 감소시키는 것으로 알려져 있다[13]. 특히 대사과정에서 생성된 활성산소종은 체내에서 자연적으로 소거되나, 이때 외부로부터 항산화 물질이 유입될 경우 체내 항산화계는 더욱 활성화될 수 있다[35].

강제운동에 의한 산화적 스트레스가 유발된 흰쥐에서 흑마늘과 개똥쑥 혼합물의 급이는 체내 항산화 효소 활성을 증가시켰는데, 이는 시료 자체의 항산화 활성과 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다[15]. 유산소 운동을 한 운동선수들에서 상황버섯 추출물의 섭취는 젖산 생성을 감소시켜 피로회복에 효과적이었는데, 단시간의 최대 운동에서 주 에너지원이 당질인 것으로 볼 때 시료 중의 다당류에 기인된 효과로 보고되어 있다[37]. 상황버섯은 사염화탄소에 의한 간 손상에 대한 항염증 활성이 있어 체내 면역력 증강에도 효과적이며, 흡연이나 스트레스에 의한 산화적 스트레스의 해소에도 도움이 된다고 알려져 있다[2]. 더욱이 상황버섯 열수추출물의 라디칼 소거활성이 상당히 높았다는 보고[25]는 본 연구의 선행결과[30]와도 잘 일치하였기 때문에 흑마늘 복합물의 급이에 따른 체내 항산화 효소 활성의 증가는 복합물을 구성하는 생약제의 항산화 및 면역 활성[30]이 높았기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구결과, 간헐적인 운동에 따른 catalase 및 GSH-px 활

성 차이는 없었으나, 흑마늘 복합물 급이에 의해 항산화 효소 활성이 증가된 것은 시료에 의한 효과로 판단되므로 현대인의 일상생활로부터 초래될 수 있는 다양한 유형의 육체적, 정신적 스트레스에서도 흑마늘 복합물 음료에 의한 효과를 기대할 수 있으리라 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농림축산식품부 농림축산식품연구개발사업(110021-3)의 수행에 따른 연구성과의 일부이며 이에 감사드립니다.

References

- Abei, H. 1974. Catalase *in vitro* methods, pp. 673-684. In: Bergmeyer, H. U. (ed.), *Methods of Enzymatic Analysis*. Academic Press, Inc.: New York, USA.
- An, C. S., Choi, S. Y., Jin, H. L., Jeon, Y. H., Hur, S. J., Kim, I. H., Park, G. D., Jeoung, Y. J. and Lim, B. O. 2009. Immunomodulatory effects of *Phellinus linteus* extracts on liver damage induced by carbon tetrachloride in rats. *Korean J Med Sci* **17**, 217-222.
- 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 ditorius* L. *J Agric Food Chem* **47**, 3963-3966.
- Baek, Y. H., Lee, S. H., Han, M. H., Choi, Y. H., Kim, S. H. and Kwak, Y. S. 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.
- Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* **239**, 70-76.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1200.
- Cho, H. S., Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, M. J., Cho, H. S., Lee, H. J. and Sung, N. J. 2007. Antioxidative activity and nitrite scavenging effect of the composites containing medicinal plant extracts. *J Life Sci* **17**, 1135-1140.
- Davies, K. J. A., Quintanilha, A. T., Brooks, G. A. and Packer, L. 1982. Free radical and tissue damage produced by exercise. *Biochem Biophys Res Commun* **107**, 1198-1205.
- Flohe, L., Wolfgang, A. and Gunzler, W. A. 1984. Assay of glutathione peroxidase. pp. 114-121. In: Packer, L. (ed.), *Methods Enzymology*. Academic Press, Inc.: NY, USA.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* **226**, 497-502.
- 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**, 763-764.
- Guie, C. A., Frei, B. and Shigenaga, M. K. 1993. Antioxidant status and indexes of oxidative stress during consecutive days of exercise. *J Appl Physiol* **75**, 566-572.
- Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* **58**, 966-968.
- Kang, J. R., Lee, S. J., Hwang, C. R., Kim, I. S. and Sung, N. J. 2013. Effect of black garlic and gaeddongssuk (*Artemisia annua* L.) extracts on the lipids profile and hepatic antioxidant enzyme activities of aerobic exercised rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **42**, 869-876.
- Kang, M. J., Shin, J. H. and Sung, N. J. 2011. Recovery effect of garlic extract and vitamin B group enhanced diet on swimming fatigue. *J Life Sci* **21**, 875-883.
- 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.
- Kawanaka, K., Tabata, I. and Higuchi, H. 1997. More tetanic contractions are required for activating glucose transport maximally in trained muscle. *J Appl Physiol* **83**, 429-433.
- Kim, J. Y. and Kwon, O. 2012. Management strategy for health functional food containing several functional ingredients. *J Fd Hyg Safety* **27**, 395-400.
- Kim, K. M., Jang, J. S. and Jun, W. J. 2006. Functional food components affecting enhancement of endurance capacity. *Food Sci Ind* **39**, 30-36.
- Kim, S. H. and Baek, Y. H. 2011. Effects of aerobic exercise and black garlic intake on blood lipids, lipid peroxidation and BAP in rats. *J Life Sci* **21**, 1025-1031.
- Kim, S. W., Jeong, S. T. and Baek, Y. H. 2013. Effect of cheonggukjang diet and aerobic exercise on lipid metabolism and antioxidant enzyme in rats. *J Life Sci* **23**, 657-663.
- Kim, Y. J., Jung, U. J., Lee, G. D. and Choi, M. S. 2012. Effects of herbal sports drinks containing *Prunus mume* fruit extract on the plasma lipid profile and endurance of rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 1409-1416.
- Koh, J. B. and Kim, J. Y. 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.
- Kwoen, D. J., Youn, S. J., Cho, J. G., Choi, U. K. and Kang, S. C. 2006. Antioxidant activities and biological properties of *Phellinus linteus* extracts according to different extraction methods. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **49**, 91-96.
- Lee, H. M., Seo, D. Y., Lee, S. H. and Baek, Y. H. 2010. Effects of exhaustive exercise and aged garlic extract supplementation on weight, adipose tissue mass, lipid profiles and oxidative stress in high fat diet induced obese rats. *J Life Sci* **20**, 1889-1895.
- Lee, J. M., Lee, S. H. and Kim, H. M. 2000. Use of oriental herbs as medical food. *Food Ind Nutr* **5**, 50-56.
- Lee, S. J., Kang, M. J. and Shin, J. H. 2013. Effect of black garlic and mugwort extracts on lipids profile during restraint stress. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **42**, 577-586.
- Lee, S. J., Kang, M. J., Shin, J. H., Kim, J. G., Kang, S. K.

- and Sung, N. J. 2009. The effect garlic and medicinal plants extracts on the liver function and lipid metabolism of rats administered with alcohol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **38**, 561-568.
30. Lee, S. J., Shin J. H., Lee, H. J., Tak, H. M., Kang, M. J. and Sung, N. J. 2013. Screening of functional plant materials for the antioxidant and anti-inflammatory enhancement. *J Life Sci* **23**, 869-878.
31. Lowry, O. H., Resebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol Chem* **193**, 265-275.
32. Marklund, S. and Marklund, G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* **47**, 469-474.
33. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* **26**, 1231-1237.
34. Rim, Y. S., Park, Y. M., Park, M. S., Kim, K. Y., Kim, M. J. and Choi, Y. H. 2000. Screening of antioxidants and antimicrobial activity in native plants. *Korean J Med Crop Sci* **8**, 342-350.
35. Sen, C. K., Atalay, M. and Hanninen, O. 1994. Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. *J Appl Physiol* **77**, 2177-2187.
36. Seo, H. B., Song Y. J., Kang, J. Y., Kwon, D. K., Kim, P. G. and Ryu, S. P. 2011. The study of persimmon vinegar as a functional drink on reduce blood lipids and enhance exercise performance. *J Korean Forest Soc* **100**, 232-239.
37. Seo, J. H. 2008. The effects of *Phellinus linteus* extract administration on aerobic exercise ability and blood lactate concentration the during the supramaximal progressive loaded exercise by athletes. *Korean J Phys Educ* **47**, 499-505.
38. Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Kim, J. G. and Sung, N. J. 2008. Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J Life Sci* **18**, 1123-1131.
39. Song, T. C., Han, D., Lee, C. H., Kim, Y. E., Jung, K. A. and Kim, H. Y. 2005. Effect of dietary supplementation of two tonic formula on the forced-swimming capacity of rats. *Korean J Food Sci Technol* **37**, 648-655.
40. Uchiyama, M. and Mihara, M. 1978. Determination of malondialdehyde precursor in tissues by TBA test. *Anal Biochem* **86**, 271-278.
41. Yagi, K. 1984. Assay for blood plasma or serum. pp. 328-331. In: Packer, L. (ed.), *Method in Enzymology*. Academic Press, Inc, NY, USA.

초록 : 간헐적 운동부하에서 흑마늘과 생약재의 복합처방이 흰쥐의 체내 지질 성분 및 항산화에 미치는 영향

이수정¹ · 김인성¹ · 이혜진¹ · 오수정¹ · 신정혜² · 김정균³ · 성낙주^{1*}

(¹경상대학교 식품영양학과·농업생명과학연구원, ²(재)남해마늘연구소, ³경상대학교 해양식품공학과)

항산화 활성과 피로회복 가능성이 강화된 흑마늘 함유 음료를 개발하기 위하여 5% 흑마늘 추출물과 1%의 생약재 5종 혼합추출물(상황버섯, 황금, 단삼, 뽕잎, 작약)을 70:30(v/v)의 비로 혼합한 흑마늘 복합물(BHF)을 제조하였다. 흑마늘 복합물은 성인의 1일 섭취량을 고려하여 1일 100 ml 섭취 시(BHF1)와 300 ml 섭취 시(BHF2)를 기준으로 실험쥐의 식이에 5주간 혼합 급이하면서 간헐적 강제운동에 따른 체내 지질 성분 및 항산화 효소 활성을 분석하였다. 흑마늘 복합물의 총 페놀화합물 함량은 BHF2가 BHF1에 비해 유의적으로 높았으며, 항산화 활성은 총 페놀 함량에 의존적이었다. 혈중 총 단백질 함량은 운동대조군과 흑마늘 복합물 급이군 간에 유의차가 없었으나, 알부민 함량은 Ex-BHF2군이 유의적으로 높았다. AST 및 ALT 활성은 흑마늘 복합물 급이군이 운동대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. 혈청 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 HTR 수준은 Ex-BHF2군에서 운동대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. 간 조직의 총 지질 함량은 흑마늘 복합물 급이군과 운동 대조군간에 유의차가 없었다. 반면에 중성지방과 총 콜레스테롤 함량은 Ex-BHF2군이 타 실험군에 비해 유의적으로 낮았다. 흑마늘 복합물 급이에 따른 간 조직에서 catalase 활성은 Ex-BHF2군만 유의적으로 증가하였으나, SOD와 GSH-px 활성은 흑마늘 복합물의 농도가 많아짐에 따라 유의적으로 증가되었다. 간헐적인 강제운동을 한 흰쥐에서 흑마늘과 생약재 복합물의 급이는 체내 중성지방과 콜레스테롤 함량을 낮추고, 항산화 효소 활성을 증가시킴으로써 산화적 스트레스에 대한 생체 보호가 가능할 것으로 판단된다.