

## Antifatigue Effect of Eel and Plant Mix Extracts during Aerobic Running Training in Sprague Dawley Rats

Min-Jung Kang<sup>2</sup>, Cho-Rong Hwang<sup>2</sup>, Soo Jung Lee<sup>1</sup> and Jung-Hye Shin<sup>2\*</sup>

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

<sup>2</sup>Namhae Garlic Research Institute, Namhae 668-812, Korea

Received April 15, 2014 / Revised June 27, 2014 / Accepted July 3, 2014

The purpose of this study was to improve and strengthen the function of eel extract prepared with 5 brix eel extract (EE), 5 brix eel and plant mix (black garlic, ginseng, black jujube) 0.35 ml extracts prepared and treated with the extract (EIM-1), and 0.7 ml (EIM-2) divided group. The extracts were administered to rats for five weeks during running training, and the lipid profiles and antioxidant enzyme activities were tested. The lipid content in liver and serum were lower than the normal group difference was not significant between groups. Serum total cholesterol was lower in the experimental group than the control group the mixed extract significantly lower level. HDL-cholesterol levels in the eel extract and eel mixed extract significantly increased by feeding the EIM-1 is 2.0 times, EIM-2 is increased by 2.3 times. Liver glycogen content in the experimental group performed the exercise group compared with the normal control group was significantly lower than in EIM is significantly higher than the control group. The TBARS content in the liver and serum was significantly higher than the normal group was lower than the control group. GOT and GPT were significantly decreased compared to the control group. Hepatic catalase activity was significantly increased in the EIM-1 group, and SOD and GSH-px activities were increased in the EIM-1 and EIM-2 groups. Supplementation with the eel and plant mix extract increased the activities of antioxidant enzymes. Thus, intake of the eel and plant mix extract could improve the antioxidant status and combat different types of oxidative stress.

**Key words** : Black garlic, catalase activity, eel, glycogen, plant mix extract

### 서 론

피로란 반복되는 정신적·육체적 작업에 수반해서 발생하는 심신기능의 저하 상태로 근육기능이 현저하게 떨어진 상태를 의미한다[3]. 현대인의 경우 신체 운동이나 과도한 노동 및 정신적 스트레스로 인해 신체기능의 저하, 균형파괴, 피로물질의 축적과 이로 인한 만성적인 증상 등 다양한 생리현상으로 표출되는 피로에 지속적으로 노출되고 있다[24]. 운동은 그 형태에 따라 인체에 다양한 영향을 미치는데, 규칙적이고 적절한 운동은 근육에서의 방어 효소계를 활성화 시키고, 유리 라디칼로 인한 손상을 감소시키며, 폐의 공기 정화를 증가시켜 대사를 원활하게 한다. 그러나 탈진적 운동은 다량의 에너지를 소비함으로써 산화스트레스의 유발, 지질과산화물의 축적, 체내 저장물 및 에너지의 감소로 인해 혈액순환과 체온의 변

화 등을 초래하는 원인이 되므로 인체는 자기 방어를 위해 소모된 에너지를 보충하고, 축적된 대사산물의 제거와 신체 변화를 빠르게 개선하고자 피로회복을 위한 휴식과 영양보충을 하게 된다[13]. 에너지를 빠르게 보충할 수 있는 식품이나 영양소의 섭취는 인체에 무리를 주지 않으면서 직, 간접적으로 피로회복에 긍정적인 효과를 나타내게 되므로 이러한 측면에서 피로회복 효능이 우수한 식품을 찾고, 그 기능을 구명하기 위한 연구들이 추진되고 있다.

과거로부터 육체피로 및 스테미나 증진을 위하여 많이 이용되고 있는 붕장어는 우리나라 전 연안, 일본 및 동중국해 등에서 연중 포획되고 있는 어종이며[16], 단백질, 비타민 및 고도 불포화지방산을 많이 포함하고 있으며 붕장어 뼈에서 유래하는 콜라겐, 칼슘, EPA, DHA와 같은 건강기능성 성분, 맛에 결정적 영향을 미치는 성분 등이 다량 함유되어 있어 엑기스로 가공되기도 한다[11]. 그러나 붕장어가 가지고 있는 비린냄새를 효과적으로 제거하지 못하여 섭취하는 사람이 제한적이므로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 붕장어의 영양성분 및 생리 기능성을 유지하면서 특유의 비린냄새가 제거된 가공품의 개발이 필요하다.

한편 마늘의 중요한 생리활성으로는 항균, 항암, 항바이러스, 항산화, 면역증강, 혈액응고 억제, 간기능 회복, 혈당 감소

#### \*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.

효과, 고지혈증 및 동맥경화증 개선, 뇌기능 향상 등이 알려져 있다[10, 14, 26]. 마늘을 고온 향온기에 일정시간 숙성시킬 경우 마늘 자체 성분 간의 반응에 의해 인편의 내부까지 모두 흑색으로 변화된 흑마늘은 생마늘 고유의 기능성을 유지하면서 갈변물질의 생성에 다른 기능성 증가와 더불어 특유의 매운 맛과 향이 감소된 특징을 가지게 된다[24, 25]. 이처럼 식품 자체에 함유 되어 있던 성분간의 반응에 의해 갈변물질이 생성되는 원리를 이용하여 최근 흑삼, 흑마 등이 개발되어 있다. 본 연구에서는 숙성기술을 활용하여 개발한 흑마늘, 흑삼, 흑대추와 봉장어 복합조성물을 제조함으로써 봉장어 특유의 비린내가 제거되어 맛과 향이 개선되고, 피로회복 및 체력강화 기능이 강화된 복합조성물의 활성을 검증하고자 봉장어 추출액을 섭취시킨 후 트레드밀을 이용해 운동 부하를 준 흰쥐에 있어 체내에 생성된 과산화 유발 물질을 효율적으로 제거함으로써 회복 및 체력증강 효능이 있는지 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 추출물의 제조

실험에 사용된 봉장어는 남해안 근해에서 어획된 것을 A조 합법인으로부터 내장을 제거한 상태로 제공받았다. 흑마늘, 흑대추 및 흑삼은 향온향습기를 이용하여 특허 1011819200000호의 방법에 따라 숙성 시킨 것을 사용하였다. 감초와 생강은 국내산을 지역 재래시장에서 구입하여 사용하였다.

봉장어와 식물류 복합조성물의 제조를 위하여 관능검사를 통해 이들의 배합비를 선정된 결과에 따라 내장을 제거한 봉장어 66.7%, 흑마늘 11.7%, 흑대추 11.7%, 흑삼 7.2%, 감초 0.7% 및 생강 2.0%의 비율로 혼합하여 총량(w)에 대하여 10배의 물을 가하여 80~90°C의 온도에서 3시간 추출하였다. 추출물(5% brix)은 cheese cloth로 여과한 다음 동물실험용 시료로 사용하였다.

### 실험동물의 사육조건 및 식이조성

실험동물은 생후 5주된 150±10 g의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양받아, 온도 22±2°C, 습도 50±5%, 명암주기 12시간이 자동 설정된 동물 사육실(DJ1-252-2, Daejong Instrument Industry Co. Ltd., Seoul, Korea)에서 기본식이(normal diet, AIN-93G)로 1주간 예비 사육하여 난괴법에 따라 각 군당 7마리씩으로 나누어 4주간 실험 사육하였다. 사료는 AIN-93G에 의거하여 제조하여 사용하였다.

봉장어와 부재료의 혼합물이 흰쥐의 운동부하 스트레스에 미치는 영향을 조사하기 위하여 기본식이를 제공하는 정상 대조군(normal) 및 기본식이와 트레드밀 운동을 실시한 운동 대조군(control)으로 구분 하였다. 실험군은 기본식이를 제공

하는 흰쥐에 5% Brix 농도의 봉장어 추출물을 경구투여한 군(EE), 5% Brix 봉장어와 식물류 복합조성물을 0.35 ml/100 g/rat b.w. 투여한 EIM-1, 동일 농도의 봉장어와 식물류 복합조성물을 0.7 ml/100 g/rat b.w.투여한 EIM-2로 구분하였다. 봉장어와 식물류 복합조성물의 투여량은 체중 70 kg 성인 남자를 기준으로 1일 최대 섭취량으로 480 ml를 정하였고, 적정 섭취량으로 240 ml를 설정하여 이를 rat의 체중 100g 당 투여량으로 계산하여 산출하였다. 사육기간 동안 물과 식이는 일정량씩 공급하여 자유 식이를 하도록 하였다.

### 유산소성 트레드밀 운동 조건

산화적 스트레스 유발은 소동물용 트레드밀(Pro-jog EJ36GLE, Korea Hi-tech, Siheung, Korea)을 이용하여 유산소성 운동을 4주간 실시하였다. 운동을 시작한 첫 1주는 적응시기로 5도의 경사도에서 15 m/min의 속도로 10분간 운동 시켰으며, 2주째에는 10도의 경사도에서 20 m/min의 속도로 20분씩 운동 시켰으며, 최종적으로 3~4주째에는 15도의 경사도에서 25 m/min의 속도로 30분씩 주5회 운동 시켰다.

### 체중변화, 식이섭취량 및 식이효율의 측정

실험 사육기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급여하였고 다음날 오전 10시 경에 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 동일 기간내의 체중 증가량을 총 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

### 실험동물의 처리

모든 실험동물은 실험 최종일에 16시간 절식시켰으며 스트레스 유발을 위하여 15도의 경사도에서 15-25 m/min의 속도로 30분간 운동 후 에테르로 마취하여 심장에서 채혈하였다. 혈액은 약 30분간 빙수 중에 정치한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(Mega 17R, HANIL, Incheon, Korea)하여 혈청을 얻었다. 간장, 신장, 심장, 지라, 고환 및 폐는 채혈 직후 적출하여 생리식염수로 혈액을 충분히 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하고 중량을 측정하였다. 간장은 액체질소로 급속 냉동시킨 후 -70°C에 보관하였다.

### 혈청과 간장 중의 총 지질(total lipid) 분석

혈청의 총 지질(total lipid) 함량은 Frings CS et al [6]의 방법에 따라 혈청 20 µl에 phospho-vanillin 시약을 첨가하여 37°C에서 15분간 배양한 후 시료 무첨가구를 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의해 산출하였다. 간장 중 총 지질의 함량은 간장 0.5 g을 30 ml의 C:M

(Chloroform : methanol =2:1) 용액을 가하여 24시간 지질성분을 추출.여과 한 후 0.3 ml씩을 취하여 50°C의 항온수조에서 완전건고 시켰다. 여기에 황산 200  $\mu$ l를 가하고, 균질화 하였다. 각각의 균질화된 시료는 끓는 물에서 10분간 가열한 후 빙수중에서 5분간 냉각시켰다. 여기에 phospho vanilline 용액 10 ml를 가하여 균질화 시킨 다음 37°C 항온수조에서 15분간 유지시켰다. 실온에서 5분간 방치한 다음 증류수를 대조군으로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하고, 에탄올에 올리브오일을 농도별로 용해하여 작성한 검량곡선으로부터 정량하였다.

#### 혈중 콜레스테롤 함량 및 간기능 지표 효소 활성 측정

혈중 총 콜레스테롤 함량은 총 콜레스테롤(Total cholesterol, TC) 측정용 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea)을 사용하여 측정하였고, high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) 함량의 측정은 HDL-C 측정용 kit시약(AM 203-k, Asan, Korea)을 사용하였다.

간기능 측정을 위한 혈중 지표로써 혈중 GOT (glutamic oxaloacetic transaminase), GPT (glutamic pyruvic transaminase) 활성도는 각각 GOT 및 GPT 측정용 kit시약(AM 101, Asan, Korea)으로 측정하여 혈청 1 ml 당 Karmen unit로 표시하였다.  $\gamma$ -GTP ( $\gamma$ -glutamyltransferase) 활성도는  $\gamma$ -GTP 측정용 kit시약(AM 158-k, Asan, Korea)으로, ALP (alkaline phosphatase) 활성도는 ALP 측정용 kit시약(AM 105S, Asan, Korea)으로 각각 측정하였다.

#### 혈당 및 간조직 내 glycogen 함량 측정

혈중 당 함량은 glucose 측정용 kit시약(AM 201-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. 간장 내 glycogen 함량 측정을 위하여 간장 조직 일정량에 30% KOH 용액을 가하여 100°C의 수욕상에서 20분간 가열한 후 급냉하였다. 여기에 95% 에탄올을 혼합하여 다시 5분간 가열하고 3,000 rpm에서 4분간 원심분리한 다음 상층액을 제거하였다. 침전물에 증류수를 가하고 0.2% anthrone (Fluka Chemical Co., Buchs, Switzerland) 용액을 첨가하여 혼합한 다음 가열.냉각한 후 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 표준당으로 하여 동일한 방법으로 실험한 후 얻은 표준 검량선으로부터 glycogen 함량을 산출하였다.

#### 혈청 및 간조직의 지질 과산화물 함량

혈청 중 지질과산화물 함량은 혈청 100  $\mu$ l에 1/12 N 황산용액 4 ml와 10% phosphotungstic acid 0.5 ml를 차례로 가하고 잘 혼합한 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 시켰다. 침전물에 증류수 및 0.6%의 TBA (Thiobarbituric acid) 시약을 1 ml 가하여 95°C 항온수조에서 60분간 반응시킨 다음 생성된 지질과산화물을 butanol에 이행시켰다. 간장 조직 중 지질과산화물 함량은 각 조직 1 g에 1.5% KCl 용액을 가하여 10% 균질액

을 만든 후 0.5 ml를 취하였다. 여기에 1% phosphoric acid 3 ml와 0.6% TBA 용액 1 ml를 가해 잘 혼합한 후 95°C 수욕상에서 45분간 가열한 다음 butanol로 이행시켰다. 각각의 butanol 층은 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후 상층액을 취해 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP, Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하여 생성된 malondialdehyde (MDA) 함량을 mmol MDA/g으로 나타내었다.

#### 간장 조직의 항산화 활성

간장 지질과산화물 함량 측정시와 동일한 방법으로 제조된 간장 조직 균질액을 100  $\mu$ l 취하여 사용하였으며, 혈청은 100  $\mu$ l를 사용하였다. 각각의 시료에 pH 7.4의 100 mM tris-HCl 완충액 1 ml를 가하여 진탕혼합 한 후 0.5 mM의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액을 각각 4 ml씩 가한 다음 암소에서 15분간 반응시켰다. 여기에 chloroform 4 ml를 가하고 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 시킨 다음 chloroform 층을 회수하여 517 nm에서 흡광도를 측정하고, 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도비(%)로 나타내었다.

#### 간장 내 항산화 효소 활성 측정

간 조직 2 g에 0.25 M sucrose와 1 mM EDTA를 포함하는 50 mM 인산 완충액(pH 7.4) 10 ml를 가해 4°C에서 Potter-Elvehjem tissue grinder (DAIHAN WOS01010, Korea)로 마쇄하여 10% (w/v) 균질액을 제조하였다. 이를 1,100 $\times$  g에서 10분간 원심분리하고 상층액은 12,000 $\times$  g에서 20분간 재원심분리하였다. 이때 얻은 상층액을 105,000 $\times$  g에서 1시간 동안 초원심분리하여 얻은 상층액을 cytosol 분획물로 하였다. 재원심분리한 후 남은 잔사에 상기의 완충용액을 가하여 12,000 $\times$  g에서 20분간 원심분리 한 후 남은 잔사를 mitochondria 분획물로 구분하였다. 분획물의 단백질 함량은 Lowry 등[20]의 방법에 따라 bovine serum albumin (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)으로 정량하였다. Catalase 활성은 Abei [1]의 방법에 따라 효소활성은 1분간 1  $\mu$ M의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 분해시키는데 소요되는 효소량( $\mu$ mol/min/mg protein)으로 나타내었다. SOD (superoxide dismutase) 활성은 pyrogallol의 자동산화에 의한 발색 정도를 알칼리 조건에서 측정하였다[21]. GSH-px (glutathione peroxidase) 활성은 산화형 glutathione이 glutathione reductase와 NADPH에 의해 환원될 때 나타나는 흡광도의 감소 정도를 측정하였다[5].

#### 통계처리

본 실험의 결과는 SPSS 12.0 (12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 편차로 나타내었으며 통계적 유의성은 분산분석을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

Table 1. Changes in body weight, food intake and food efficiency ratio by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group <sup>2)</sup>	Final body weight (g)	Total body weight gain (g/4 weeks)	Food intake (g/day)	FER (%) <sup>3)</sup>
Normal	321.25±21.00 <sup>c1)2)</sup>	132.86±4.88 <sup>b</sup>	19.74±0.07 <sup>NS4)</sup>	24.03±0.91 <sup>b</sup>
Control	308.75±12.46 <sup>abc</sup>	124.29±5.35 <sup>ab</sup>	19.68±0.18	22.54±1.01 <sup>ab</sup>
EE	302.50±12.82 <sup>ab</sup>	118.57±12.15 <sup>a</sup>	19.62±0.30	21.57±2.01 <sup>a</sup>
EIM-1	312.50±12.82 <sup>bc</sup>	130.00±10.00 <sup>ab</sup>	19.71±0.22	23.54±1.90 <sup>ab</sup>
EIM-2	295.00±16.04 <sup>a</sup>	121.43±14.64 <sup>ab</sup>	19.55±0.30	22.20±2.80 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

<sup>2)</sup>EE: 5% brix eel extract, EIM-1: 0.35 ml/100 g/rat of 5% brix eel and plant mix extract, EIM-2: 0.7 ml/100 g/rat of 5% brix eel and plant mix extract.

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

<sup>4)</sup>Food efficiency ratio = Total body weight gain(g/4 weeks)/food intake(g/4 weeks) ×100.

<sup>5)</sup>NS: Not significant.

### 결과 및 고찰

#### 체중변화, 식이섭취량 및 식이효율

흰쥐에 붕장어 추출물(EE) 및 붕장어와 식물류 복합조성물(EIM-1, EIM-2)을 경구투여하고 트레드밀을 이용한 운동에 의해 스트레스를 유발하였다. 4주간의 경구투여 및 운동 후 흰쥐의 체중변화, 식이섭취량, 식이효율을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 실험 최종일의 체중은 정상군(normal)에서 321.25±21.00 g이었는데, 대조군(control)은 308.75±12.46 g으로 유의차가 없었으나 붕장어와 복합 조성물을 체중 100 g당 0.7 ml씩 투여한 EIM-2군은 295.00±16.04 g으로 유의적으로 낮았다. 총 체중 증가량은 정상군 대비 붕장어 추출액 투여군(EE)에서만 유의적으로 낮았다. 일일 식이 섭취량은 19.55±0.30~19.74±0.07 g/day의 범위로 실험군간에 유의차가 없었다. 식이효율도 모든 실험군간에 유의적인 차이가 적었고 대조군과 실험군들 간에 유의차가 없어 붕장어 추출액과 붕장어와 부재료 혼합물 모두 실험동물의 성장에는 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

#### 장기 중량

Table 2는 붕장어 추출물 및 붕장어 복합조성물을 투여하고

4주간 운동시킨 흰쥐의 장기 중량을 측정된 결과이다. 간장의 중량에서 대조군은 8.91±0.09 g/100 g bw로 정상군(9.07±0.14 g/100 g bw)과 유의적인 차이가 없었다. 실험군에서 붕장어 추출물 투여군(EE)과 복합조성물 투여군(EIM-1, EIM-2)은 대조군 보다 간장의 중량이 유의적으로 낮았으며, 복합조성물 투여군의 경우 EIM-1군이 EIM-2군에 비해서는 유의적으로 높았다. 신장과 비장의 중량은 붕장어 추출물 투여군(EE)이 대조군과 복합조성물 투여군(EIM-1, EIM-2)에 비해 낮았다. 그 외 심장과 고환의 중량은 모든 실험군간에 유의적인 차이가 없었다.

#### 혈청과 간장의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 함량

붕장어 추출물 및 붕장어 복합조성물을 투여한 흰쥐에 강제 운동 부하 스트레스를 가한 후 혈청과 간장의 총 지질 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 간장의 총 지질 함량은 정상군이 98.87±6.03 mg/g으로 유의적으로 가장 높았고 대조군은 94.04±6.05 mg/g으로 정상군 보다 유의적으로 낮았다. 실험군은 대조군 보다 유의적으로 감소하였으며, 그 중 붕장어 복합 조성물을 투여한 EIM-2군이 77.15±7.77 mg/g으로 가장 낮았다. 혈액 내 총 지질 함량도 EIM-2군이 20.98±1.35 mg/g로

Table 2. Changes of weight of liver, kidney, heart, spleen and testis by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats (g/100 g body weight)

Group <sup>2)</sup>	Liver	Heart	Kidney	Spleen	Testis
Normal	9.07±0.14 <sup>c1)2)</sup>	1.03±0.11 <sup>a</sup>	2.47±0.21 <sup>b</sup>	0.70±0.0 <sup>c</sup>	3.42±0.26 <sup>a</sup>
Control	8.91±0.09 <sup>c</sup>	1.08±0.05 <sup>a</sup>	2.40±0.13 <sup>b</sup>	0.65±0.10 <sup>bc</sup>	3.48±0.16 <sup>a</sup>
EE	8.15±0.35 <sup>a</sup>	1.03±0.05 <sup>a</sup>	2.21±0.13 <sup>a</sup>	0.56±0.05 <sup>a</sup>	3.29±0.15 <sup>a</sup>
EIM-1	8.56±0.36 <sup>b</sup>	1.00±0.04 <sup>a</sup>	2.32±0.12 <sup>ab</sup>	0.59±0.06 <sup>ab</sup>	3.41±0.24 <sup>a</sup>
EIM-2	8.01±0.29 <sup>a</sup>	1.00±0.06 <sup>a</sup>	2.35±0.16 <sup>ab</sup>	0.61±0.07 <sup>ab</sup>	3.40±0.20 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

Table 3. Total lipid level in liver and serum by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group	In liver (mg/g)	In serum (mg/dl)
Normal	98.87±6.03 <sup>d1)2)</sup>	24.20±2.66 <sup>b</sup>
Control	94.04±6.05 <sup>cd</sup>	25.15±1.48 <sup>b</sup>
EE	88.77±6.01 <sup>bc</sup>	23.37±2.90 <sup>b</sup>
EIM-1	85.56±9.31 <sup>b</sup>	24.35±1.33 <sup>b</sup>
EIM-2	77.15±7.77 <sup>a</sup>	20.98±1.35 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (*t*=7).

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

Table 4. Total cholesterol and HDL-cholesterol in serum by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats (mg/dl)

Group	Total cholesterol	HDL-cholesterol
Normal	70.41±5.70 <sup>c1)2)</sup>	12.40±1.31 <sup>a</sup>
Control	64.91±1.94 <sup>b</sup>	15.60±1.70 <sup>b</sup>
EE	64.91±5.63 <sup>b</sup>	18.76±0.69 <sup>c</sup>
EIM-1	60.33±3.62 <sup>ab</sup>	25.10±1.13 <sup>d</sup>
EIM-2	56.86±4.31 <sup>a</sup>	29.21±1.40 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (*t*=7).

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

유의적으로 가장 낮았으며 여타 실험군 및 대조군간에는 유의적인 차이가 없었다.

혈청 중 총 콜레스테롤 및 HDL 콜레스테롤 함량을 분석한 결과(Table 4), 총 콜레스테롤 함량은 정상군이 70.41±5.70 mg/dl로 가장 높았으며 운동을 실시한 대조군은 64.91±1.94 mg/dl로 정상군에 비해 유의적으로 감소하였다. 또한 봉장어 추출액만 투여시 대조군에 비해 유의차가 없었으나 복합조성물 투여시(EIM-1, EIM-2) 유의적인 감소를 보였다.

HDL-콜레스테롤 함량은 운동을 실시한 대조군이 정상군에 비해 유의적으로 높았으며, 복합조성물을 투여하였을 때

대조군에 비해 더 높은 함량이었다. 즉, 봉장어 추출물 투여시 HDL-콜레스테롤 함량은 18.76±0.69 mg/dl로 대조군보다 유의적으로 높았으며, 복합조성물 투여군에서는 각각 25.10±1.13 mg/dl와 29.21±1.40 mg/dl로 정상군에 비해 2배 이상 더 높은 함량이었다.

간헐적인 운동을 시키면서 흑마늘 복합물 투여시 혈중 지질 수준이 감소되고 이는 폐놀성 화합물에 기인한다는 보고[17]로 미루어 볼 때 흑마늘, 흑삼 흑대추가 첨가된 추출물에 다량 함유된 폐놀성 화합물에 의해 지질이 감소된 것으로 추측된다.

**GOT, GPT, γ-GTP 및 ALP 활성**

흰쥐에 트레이드밀 운동과 봉장어 추출액 및 봉장어 복합조성물을 급여하였을 때 간 손상의 임상적 지표로 사용되고 있는 GOT, GPT, γ-GTP 및 ALP 활성 측정된 결과는 Table 5와 같다. 정상군의 GOT 활성은 102.56±4.91 Karmen unit/ml로 가장 높았으며 대조군은 88.97±3.78 Karmen unit/ml로 운동시 유의적으로 감소되었으며 실험군도 대조군에 비해 유의차를 보였는데, 특히 봉장어 복합조성물을 0.7 ml 투여한 군(EIM-2)에서 유의적으로 가장 낮았다. GPT 활성도 GOT 활성과 유사한 경향으로 대조군에 비해 실험군에서 유의적인 감소를 보였으며 봉장어 복합조성물을 0.35 ml 투여한 군(EIM-1)은 단일 봉장어 추출액을 투여한 군(EE)과 비슷한 수준이나 복합조성물을 0.7 ml 투여한 군(EIM-2)이 가장 낮았다. 운동시 대조군의 γ-GTP 활성은 39.20±2.30 mU/ml로 정상군과 유의차가 적었으며, 단일 봉장어 추출액을 투여한 군(EE)에서만 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. ALP 활성은 대조군에 비해 모든 시료군에서 유의적으로 활성이 감소되었으나 21.88±1.31~23.76±1.17 K-A unit/ml의 범위로 시료군간에 유의차는 없었다.

혈중 GOT 및 GPT의 활성은 산화적 스트레스를 받게 될 경우 활성이 현저히 증가되어 주로 간 세포내에 존재하다가 간세포의 손상 시 간세포의 막투과성이 항진되어 혈액 중으로 유출되어 혈액 내에 증가되는 것으로 두 효소의 활성을 측정해 봄으로써 간 손상의 정도를 알 수 있으며 특히 간염이나 알콜성 간질환 및 일반 간질환을 판정하는 지표로 이용되기도

Table 5. GOT, GPT, γ-GTP and ALP activities in serum by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group	GOT (Karmen unit/ml)	GPT (Karmen unit/ml)	γ-GTP (mU/ml)	ALP (K-A unit/ml)
Normal	102.56±4.91 <sup>d1)2)</sup>	17.20±1.33 <sup>c</sup>	39.72±0.86 <sup>b</sup>	30.64±0.82 <sup>b</sup>
Control	88.97±3.78 <sup>c</sup>	15.01±0.62 <sup>b</sup>	39.20±2.30 <sup>ab</sup>	28.36±4.92 <sup>b</sup>
EE	84.29±1.51 <sup>b</sup>	14.93±0.97 <sup>b</sup>	37.65±1.45 <sup>a</sup>	23.76±1.17 <sup>a</sup>
EIM-1	82.54±1.18 <sup>ab</sup>	14.73±1.03 <sup>b</sup>	38.39±1.75 <sup>ab</sup>	22.44±2.32 <sup>a</sup>
EIM-2	80.66±1.34 <sup>a</sup>	13.00±0.69 <sup>a</sup>	38.64±1.62 <sup>ab</sup>	21.88±1.31 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (*t*=7).

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

Table 6. Serum glucose and liver glycogen content by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group	Serum glucose (mg/dl)	Liver glycogen (mg/g tissue)
Normal	170.79±1.92 <sup>e(1)(2)</sup>	21.23±0.25 <sup>c</sup>
Control	159.38±2.39 <sup>d</sup>	0.91±0.35 <sup>a</sup>
EE	123.84±3.80 <sup>a</sup>	1.32±0.12 <sup>ab</sup>
EIM-1	133.17±2.45 <sup>b</sup>	1.38±0.36 <sup>b</sup>
EIM-2	139.94±2.38 <sup>c</sup>	1.44±0.42 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.  
<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (n=7).  
<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

한다[15].

**혈당 및 간장 내 글리코겐 함량**

붕장어 추출물 및 붕장어와 부재료 추출 혼합물의 용량을 달리하여 강제 운동한 흰쥐에게 4주간 투여한 후 혈당 및 간 글리코겐을 측정 한 결과는 Table 6과 같다. 대조군의 혈당 함량은 159.38±2.39 mg/dl로 정상군보다 유의적으로 감소되었다. 모든 실험군은 대조군에 비해 혈당 함량이 유의적으로 감소되었는데, 그 중 붕장어 추출물 투여군(EE)이 123.84±3.80 mg/dl로 유의적으로 가장 낮은 함량이었으며, 붕장어 복합조성물급이군의 경우 급이 용량이 증가할수록 혈당 함량이 증가하였다.

간장 내 글리코겐 함량은 정상군이 21.23±0.25 mg/g tissue로 유의적으로 가장 높았고, 대조군은 0.91±0.35 mg/g tissue로 가장 낮았다. 그러나 붕장어 추출물 투여군(EE) 및 붕장어 복합조성물 투여군(EIM-1, EIM-2)은 대조군에 비해 유의적으로 글리코겐의 함량이 증가하였다.

Choi 등[4]은 운동시에는 체내의 글루코스가 감소되므로 간 또는 근육에 저장되어 있는 글리코겐이 곧바로 에너지원으로 사용하게 되어 저장 글리코겐의 소모와 피로를 유발하게 되며, 유산소 운동 후 간조직의 글리코겐 함량이 감소되었다고 하였고, 본 실험의 결과 붕장어 추출물 및 붕장어와 복합조성물을 투여한 군은 대조군보다 글리코겐 함량이 높게 유지되었는데, 이는 유산소 운동 후 간조직의 글리코겐 함량이 감소되었으나 녹차의 공급으로 간조직 중의 글리코겐 함량이 증가되었다는 보고와 일치하는 결과이다[2]. 따라서 붕장어 추출액 및 붕장어 복합조성물은 간장내 글리코겐의 소모를 방지하고 피로회복에 효과를 가지는 것으로 판단된다.

**지질 과산화물 함량**

흰쥐의 혈청 및 간조직 중 지질 과산화물 함량을 측정함으로써 붕장어 추출액 및 붕장어와 복합조성물의 피로회복 및 지질대사 개선 효과를 평가한 결과는 Table 7과 같다. 지질과

Table 7. TBARS contents in serum and liver by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group	In serum (mmol/ml)	In liver (mmol/g)
Normal	8.15±0.22 <sup>a(1)(2)</sup>	9.56±0.34 <sup>a</sup>
Control	8.62±0.36 <sup>c</sup>	9.84±0.54 <sup>a</sup>
EE	8.58±0.22 <sup>bc</sup>	9.76±0.63 <sup>a</sup>
EIM-1	8.28±0.46 <sup>ab</sup>	9.59±0.50 <sup>a</sup>
EIM-2	8.20±0.24 <sup>a</sup>	9.36±1.07 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.  
<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (n=7).  
<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

산화물은 TBARS 함량으로 나타내었으며 간조직의 지질과산화물 함량은 모든 실험군간에 유의차를 보이지 않았다. 혈액의 TBARS 함량은 정상군이 가장 낮은 8.15±0.22 mmol MDA/g이었으며, 대조군은 8.62±0.36 mmol MDA/g으로 함량이 유의적으로 높았다. 붕장어 추출액을 투여하였을 때는 대조군에 비해 혈청내 지질과산화물의 함량에 유의적인 차이가 없었으나 복합조성물을 투여하였을 때는 대조군에 비해 TBARS 함량이 유의적으로 감소하였으며, 투여량이 많을수록 지질과산화물의 생성량은 더 적어 EIM-2군(8.20±0.24 mmol MDA/g)은 정상군과 동일한 수준이었다.

생체의 지질 과산화 반응은 여러 종류의 독성 화학물이나 약물에 의한 간 손상 기전으로 세포내 산화적 스트레스로 free radical의 생성 증가, 항산화적 방어능력의 감소로 초래된다[7]. 더욱이 지질 과산화 반응은 운동에 따른 스트레스로 인해 더욱 가속화 되는데[2], 본 연구 결과 붕장어 추출액 단독만으로도 혈액 내의 지질 과산화물의 생성을 억제하는 효과를 나타내었다. 또 붕장어와 부재료가 혼합된 추출액을 투여한 실험군(EIM-1, EIM-2)에서 지질 과산화물의 생성량이 유의적으로 낮은 것은 흑마늘, 흑삼, 흑대추 등의 첨가가 시너지 효과를 낸 것으로 생각된다. 즉, 추출물에 첨가된 흑마늘, 흑삼, 흑대추는 원재료 자체 성분으로도 항산화활성을 가지지만 제조과정에서 생성된 갈색물질들이 활성을 더 증가시켜[19], 이들이 첨가된 조성물을 투여 함으로써 생체내 과산화 지질의 생성을 억제하는 활성을 나타낸 것으로 판단된다.

**혈액 및 간조직의 항산화 활성**

트레이드밀 운동을 병행하면서 붕장어 추출액 및 붕장어와 복합조성물을 투여한 흰쥐의 간장 및 혈액의 항산화 활성을 DPPH 라디칼 소거활성을 통하여 측정 한 결과는 Table 8과 같다. 간조직과 혈액의 항산화 활성은 정상군이 각각 47.61±2.58%와 20.35±2.08%로 유의적으로 높았으며 운동을 실시함으로써 소거 활성은 대조군이 각각 34.88±2.12%와 5.90±1.65%로 실험군 중 가장 낮았다. 붕장어 추출액 및 붕장어와 복합조성물을 투여함으로써 DPPH 라디칼 소거활성은 유의적으로

Table 8. Antioxidant activity by DPPH radical scavenging in liver and serum by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group	Radical scavenging activity (%)	
	In liver	In serum
Normal	47.61±2.58 <sup>c1)2)</sup>	20.35±2.08 <sup>d</sup>
Control	34.88±2.12 <sup>a</sup>	5.90±1.65 <sup>a</sup>
EE	40.89±2.14 <sup>b</sup>	11.88±4.60 <sup>b</sup>
EIM-1	41.41±1.80 <sup>b</sup>	14.46±2.56 <sup>bc</sup>
EIM-2	43.04±2.41 <sup>b</sup>	17.19±1.42 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (*t*≠7).

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

증가하였으며 붕장어 단독 추출 투여군(EE)에 비해 붕장어와 부재료 추출 혼합 투여군에서 유의적으로 높았다. 특히 붕장어와 부재료 추출 혼합물에서도 투여량이 많은 EIM-2군이 EIM-1보다 유의적으로 항산화 활성이 더 높았다.

숙성마늘 중의 대표적 항산화 물질은 S-allylcysteine이며 갈변물질은 fructosyl arginine이 있는데, 이 물질들은 높은 라디칼 소거능력을 가짐으로써 간조직의 산화 스트레스를 억제하는 효과가 있음이 보고되어 있다[8]. 흑대추는 free radical의 생성을 억제하여 사염화탄소로부터 유도된 흰쥐의 간조직 손상에 보호 작용을 가지는 것으로 알려져 있으며[22], 흑삼의 항산화 활성에 관여하는 주요 물질은 인삼 사포닌을 포함한 산성 다당체, 단백질 및 페놀성 화합물이라는 보고로 미루어 볼 때[18], 붕장어와 흑마늘, 흑삼, 흑대추를 첨가함으로써 단일 붕장어 추출물에 비해 항산화 활성이 높아진 것은 부재료들이 가지는 항산화 물질의 상호작용에 의한 상승효과라 생각된다.

Table 9. Catalase, SOD, GSH-px activities in liver by supplementation of eel and natural plant mixture extract in exercised rats

Group	Catalase	SOD	GSH-px
	(μmol/min/mg protein)	(U/min/mg protein)	(nmol/min/mg protein)
	mitochondria fr.	cytosol fr.	cytosol fr.
Normal	2.51±0.57 <sup>b1)2)</sup>	21.05±2.64 <sup>a</sup>	146.70±6.04 <sup>b</sup>
Control	1.43±0.03 <sup>a</sup>	20.09±0.89 <sup>a</sup>	130.87±7.68 <sup>a</sup>
EE	1.16±0.13 <sup>a</sup>	20.89±0.98 <sup>a</sup>	135.70±7.06 <sup>ab</sup>
EIM-1	1.38±0.23 <sup>a</sup>	29.93±0.92 <sup>b</sup>	180.50±8.11 <sup>c</sup>
EIM-2	1.22±0.25 <sup>a</sup>	27.50±1.90 <sup>b</sup>	209.25±2.62 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean ± SD (*t*≠7).

<sup>3)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

**간조직의 항산화 효소 활성**

산화적 스트레스가 유발된 흰쥐에게 붕장어와 부재료 복합 조성물을 투여하였을 때 간조직의 항산화 효소 활성에 미치는 영향을 측정한 결과는 Table 9와 같다. Mitochondria 분획물의 catalase 활성은 운동을 하지 않은 정상군이(2.51±0.57 μmol/min/mg protein)으로 가장 높았으며, 트레이드밀 운동을 실시한 군은 1.16~1.43 μmol/min/mg protein의 범위로 감소하였다. SOD 활성은 정상군에 비해 붕장어 복합조성물 급이군(EIM-1, EM-2)이 유의적으로 증가하였다. GSH-px 활성은 대조군이 130.87±7.68 nmol/min/mg protein으로 가장 낮았으며 붕장어 추출액 및 복합조성물 투여시 유의적으로 활성이 증가하였다. 붕장어와 복합조성물을 급이군한 군(EIM-1, EM-2)은 단일 붕장어 추출액을 급여한군(EE)에 비해 활성이 더 높았으며, 복합조성물의 투여 용량이 증가됨에 따라 그 활성이 유의적으로 높았다.

운동을 통하여 산화적 스트레스를 유발시킨 흰쥐에게 붕장어 및 복합조성물을 투여한 결과 SOD와 GSH-px 효소의 활성도가 증가되는 것을 확인할 수 있었는데, 붕장어 추출액 투여군에 비해 복합조성물 투여군에서 효소 활성도가 더 높은 것을 볼 때 첨가되는 천연 부재료가 생체내 효소계를 강화시키는데 기여하는 것으로 추정된다.

Yoon [28]은 유산소 운동을 통하여 스트레스를 유발시킨 흰쥐에 마늘을 공급함으로써 간조직의 catalase 및 SOD 활성이 증가한다고 하였으며, 제2형 당뇨병쥐를 대상으로 동결 건조한 마늘과 흑마늘을 섭취시킨 결과 또한 항산화 효소의 활성이 증가하였다는 보고[9]가 있다. 또 흑마늘, 흑삼, 흑대추의 항산화 활성을 가지는 물질이 플라보노이드 및 페놀성 물질이라는 연구 결과[27, 29]로 볼 때, 본 연구에서 붕장어와 흑마늘, 흑삼, 흑대추가 첨가된 혼합물의 식이가 생체내 항산화 효소계의 활성을 높일 수 있을 것으로 판단되어지며, 복합조성물과 유산소성 운동의 복합적인 영향을 고려해 볼 때 추후 지속적인 연구가 요구되어 진다.

**References**

1. Abei, H. and Packer, L. 1984. Catalase *in vitro* in Methods in enzymol. *Academic Press Inc* New York, USA **5**, 121-126.
2. Alessio, H. M. 1993. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc* **25**, 218-224.
3. Bal, J. S., Jawanoda J. S. and Singh, S. N. 1979. Development physiology of ber(*Zizyphus mauritina*) var. urman. IV. Change in amino acids and sugar(sucrose, glucose and fructose) at different stages of fruit ripening. *India FD Pckr* **33**, 3335-3337.
4. Choi, H. M., Lee, S. C., Ryu, S. P., Rhee, I. K., Joo, G. J. and Rhee, S. J. 2001. Effects of glucuronic acid derivetives isolated form xylan on antioxidative defense system and muscle fatigue recovery after aerobic exercise. *Korean J Nutr* **34**, 872-880.

5. Flohe, L., Wolfgang, A., Gunzler, W. A. and L. Packer(ed). 1984. Assay of glutathione peroxidase. In: Methods enzymol. *Academic Press Inc*, New York, USA **105**, 114-121.
6. Frings, C. S., Frendley, T. W., Dunn, R. T. and Queen, C. A. 1972. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin Chem* **18**, 763-764.
7. Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals. transition metal and disease. *Biochem J* **219**, 1-14.
8. Ide, N. B., Lau, H. S., Ryu, K., Mastsuura, H. and Itakura, Y. 1999. Antioxidant effect of fructosyl arginine, a Maillard reaction product in aged garlic extract. *J Nutr Biochem* **10**, 372-376.
9. Kang, M. J., Lee, S. J., Sung, N. J. and Shin, J. H. 2013. The effect of extract powder from fresh and black garlic on main components in serum and organs of streptozotocin-induced diabetic rats. *J Life Sci* **23**, 432-442.
10. Kim, H. K., Kwak, H. J. and Kim, K. H. 2002. Physiological activity and antioxidative effect of garlic (*Allium sativum* L.) extract. *Food Sci Biotechnol* **11**, 500-506.
11. Kim, J. S., Yang, S. K. and Heu, M. S. 2000. Component characteristics of cooking tuna bone as a food resource. *J Korean Fish Soc* **33**, 38-42.
12. Kim, M. J. and Lee, S. J. 2002. Effect of green tea on hepatic antioxidative defense system and muscle fatigue recovery in rat after aerobic exercise. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **31**, 1058-1064.
13. Kumar, C. T., Reddy, V. K., Thyagarajuk Prasady, M. and Reddanna, P. P. 1992. Dietary supplementation of vitamin E products heart tissue exercise induced oxidant stress. *Mol Cell Biochem* **111**, 109-115.
14. Kyung, K. H. 2006. Growth inhibitory activity of sulfur compounds of garlic against pathogenic microorganisms. *J Food Hyg Safety* **21**, 145-152.
15. Lee, E. H. and Chyun, J. H. 2007. Effects of chongkukjang intake on lipid metabolism and liver functional in ethanol consumed rats. *Korean J Nutr* **40**, 684-692.
16. Lee, E. H., Kim, S. K. and Cho, G. D. 1997. Nutritional component and health in the fishery resources of coastal and offshore waters in Korea. *Youil Publishing Co*, Busan. p 43-46.
17. Lee, S. J., Kim, I. S., Lee, H. J., Oh, S. J., Shin, J. H., Kim, J. G. and Sung, N. J. 2013. Effect of black garlic and herb formulas on lipid profiles and antioxidant status in rats by interval running training. *J Life Sci* **23**, 1436-1444
18. Lee, S. Y., Kim, D. H. and Woo, W. H. 2011. Antioxidant activity of black panax ginseng. *Korean J Ori Physiol Pathol* **25**, 115-121.
19. Lertittikul, W., Benjakul, S. and Tanaka, M. 2007. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from porcine plasma protein-glucose model system as influenced by pH. *Food Chem* **100**, 669-677.
20. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem* **193**, 265-275.
21. 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.
22. Na, H. S., Kim, K. S. and Lee, M. Y. 1996. Effect of jujube methanol extract on the hepatotoxicity in CCl<sub>4</sub>-treated rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **25**, 839-845.
23. Park, H., Kwak, J. S., Park, S. J. and Han, J. H. 2003. Effect of beverage including extracts of artemisia capillaries on fatigue recovery materials, heart rate and serum lipids in university male athletes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **33**, 839-846.
24. 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 Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 965-971.
25. Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Cha, J. Y., Kim, J. G. and Sung, N. J. 2008. Change of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J Life Sci* **18**, 1123-1131.
26. Song, K. and Milner, J. A. 2001. The influence of heating on the anticancer properties of garlic. *J Nutr* **131**, 1054-1057.
27. Xue, Z., Feng, W., Cao, J., Cao, D. and Jiang, W. 2009. Antioxidant activity and total phenolic contents in peel and pulp of chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill) fruits. *J Food Biochem* **33**, 613-629.
28. Yoon, G. A. 2007. Antioxidant effect of garlic supplement against exercise induced oxidant stress in rats. *Korean J Nutr* **40**, 701-707.
29. Zhang, H., Jiang, L., Ye, S., Ye, Y. and Ren, F. 2010. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill) from china. *Food Chem Toxicol* **48**, 1461-1465.



## 초록 : 붕장어와 식물류 추출 복합조성물의 투여가 유산소성 트레이드밀 운동에 의한 흰쥐의 피로회복 활성에 미치는 영향

강민정<sup>2</sup> · 황초롱<sup>2</sup> · 이수정<sup>1</sup> · 신정혜<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원, <sup>2</sup>(재)남해마늘연구소)

붕장어와 식물류 혼합물(흑마늘, 흑삼, 흑대추)을 함께 추출함으로써 붕장어 특유의 비린내가 제거되어 맛과 향이 개선되고 피로회복 및 체력강화 기능성이 강화된 붕장어 복합조성물을 제조하였으며 그 활성을 검증하고자 흰쥐를 트레이드밀 운동 부하와 함께 5brix의 붕장어추출물(EE), 붕장어와 식물류 복합조성물 0.35 ml/100g/rat b.w. (EIM-1) 및 0.7 ml/100g/rat b.w. (EIM-2)를 투여하여 체내 지질 성분 및 항산화 효소 활성을 분석하였다. 식이효율은 정상군에 비해 EE군이 다소 낮았으나 대조군과 EIM-1 및 EIM-2군과는 유의차가 없었다. 간장의 지질 함량은 정상군보다 실험군이 유의적으로 낮았고 EIM-1군이 가장 낮았다. 혈청 지질함량은 함량은 EIM-2군이 가장 낮았고 실험군은 정상군과 유의차가 없었다. 혈청 총콜레스테롤 함량은 정상군보다 실험군이 유의적으로 낮았는데 복합조성물을 투여한 EIM-2군이 가장 낮았다. HDL-콜레스테롤 함량은 트레이드밀 운동과 붕장어 및 붕장어 복합조성물을 투여함으로써 유의적으로 증가하여 정상군에 비해 EIM-1은 2.0배 및 EIM-2는 2.3배가 증가하였다. 간 글리코겐 함량은 운동을 실시한 실험군이 정상군에 비해 유의적으로 낮았으며 대조군에 비해 복합조성물을 투여한 군이 유의적으로 높았다. 간장 및 혈청의 TBARS 함량은 정상군에 비해 대조군에서 유의적으로 증가하였으나 EE군 및 EIM-1~2군은 대조군보다 낮았다. GOT 및 GPT 활성도 복합조성물을 급이함으로써 운동대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. 붕장어 및 붕장어 복합조성물 투여에 따른 간조직에서 catalase 활성은 실험군간에 유의차가 없었으며 SOD 및 GSH-px 활성은 복합조성물 투여에 따라 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 운동 스트레스를 부과한 흰쥐에 붕장어와 복합조성물의 투여는 체내 콜레스테롤 함량 및 지질함량을 낮추고 항산화 효소 활성을 증가시킴으로서 산화적 스트레스에 대한 생체 보호가 가능할 것으로 판단된다.