

## Effect of Garlic Enzymatic Hydrolysates and Natural Color Resource Composites on Lipid Metabolism in Rat Fed a High Fat Diet

Cho-Rong Hwang, Jae-Ran Kang, Hye-Jin Shim, Min-Jung Kang and Jung-Hye Shin\*

Namhae Garlic Research Institute, Namhae 668-812, Korea

Received May 15, 2015 / Revised June 23, 2015 / Accepted June 23, 2015

The study was performed to investigate the effects of enzyme treated garlic (EG) and its natural resources composites on lipid levels in serum and liver of rats fed a high fat diet. Four different types of EG-composite extracts prepared: EG and EG + grape peel (EGG), EG + Persimmon (EGP) and EG + Catechu (EGC) by mixed 9.5:0.5, 9:1 and 8:2 (w/w) ratios, respectively. DPPH and ABTS radical scavenging activity *in vitro*, show the highest in EG + Catechu (EGC) composite by mixed 8:2 (w/w). EG and EG-composites extracts (8:2, w/w) were administered orally to SD-male rats at a concentration of 2.5 g/kg/day for 5 weeks. Total lipid and cholesterol contents in serum were significantly lower in EGC group than control group, and triglyceride content was the lowest in EGP group by 54.29 mg/dL. HDL-cholesterol contents were significantly higher in EGP and EGC groups. LDL-cholesterol content was lower in EG group than EG-composite groups, and VLDL cholesterol content was the lowest in EGP group. GOT, GPT and ALP activity was significantly lower in EGP group. Total lipid, cholesterol and triglyceride contents in liver were significantly lower in EGP and EGC group than control group. Antioxidant activity in serum was the highest in EGC groups by 50.86%, in liver was the highest in EGP groups. TBARS content in serum and liver was the lowest in EGP group. In these results, we suggest that EGP composites could have hypolipidemic and anti-obesity effects in rats fed a high fat diet.

**Key words** : Anti-obesity, garlic, hypolipidemia, total lipid

### 서 론

현대인들의 건강에 대한 관심의 증대와 더불어 합성 화학약품 보다는 천연 식품 소재들의 다양한 기능성을 확인하고, 이들을 식품 소재화 함으로서 예방학적으로 활용하고자 하는 노력들이 계속되고 있다. 이 중 천연 식품 소재인 아선약, 감 및 포도 과피와 같은 식물성 소재는 향균, 향압, 향염 등의 약리적 효능이 알려지면서 식품뿐만 아니라 그 색소 성분을 활용한 유색 화장품 소재 및 천연염색 소재로도 응용되는 등 그 활용도가 높다[6]. 아선약(Catechu, *Uncaria gambir* Roxburgh, *Acacia catechu*)은 예로부터 흑색을 물들이는 원료로 궁중에서 주로 사용되었는데 아선약의 주색소는 폴리페놀계의 탄닌 성분으로 콜레스테롤 저하 및 혈당 강화 등에 효과가 있는 식물로 알려져 있다[38]. 포도(Grape, *Vitis vinifera* L.) 과피에서 추출되는 색소는 주로 붉은색의 안토시아닌 성분으로 항산화, 향균 및 체내 지질 개선에 효능이 있고[1, 44], 감(Persim-

monm, *Diospyros kaki*)에서 추출되는 색소도 탄닌의 산화반응에 의한 갈색 효소 중합체로 항산화, 향압 및 항돌연변이 등에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다[14, 36]. 이들 소재들은 합성색소에 비해 환경오염에 미치는 영향이 적고 인체에 대한 발암성 및 위험성이 낮으며, 다양한 생리활성이 있으므로[5] 기능성 식품 소재로 활용함에 있어 식품에 천연의 색을 제공하여 관능을 개선하는 등의 활용이 더 기대된다.

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과 파속에 속하는 인경작물로서 오래 전부터 혈중 지질 감소, 동맥경화 예방, 항고혈압 등의 약리적 효과가 알려지면서 마늘을 이용한 건강기능성 식품 및 의약품 개발에 대한 관심이 꾸준히 늘어나고 있으며 [7, 20, 24, 35], 다양한 측면에서 연구들이 진행되고 있다. 마늘의 높은 기능성에도 불구하고, 마늘의 강한 향과 자극적인 매운 맛은 섭취를 꺼리는 원인이 되고 있어[12, 34], 이를 개선하기 위한 연구들 또한 다양하게 진행되고 있다. 그 대표적인 예가 흑마늘이나 홍마늘과 같이 열처리 숙성하는 방법과 열처리 숙성 기간을 단축하는 보다 용이한 방법으로 생마늘을 효소분해 처리하는 가공법도 유용하게 활용되고 있다[43]. 이렇게 가공할 경우 마늘의 매운맛과 향은 감소되며, 각각의 가공품은 생마늘에 비해 더 강화된 기능성을 가지며 가공적성이 향상되기도 한다[19, 22]. 효소분해 한 마늘 착즙액은 마늘 특유의 매운맛과 강한 향이 경감되고 착즙 수율은 증가되므로 음료 제품의 제조에 유용하게 활용될 수 있는 방법으로[41]

#### \*Corresponding author

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

E-mail : whanbee@hanmail.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.

효소 분해과정을 거치면서 고분자 성분과 결합한 페놀성 화합물이 저분자 페놀성으로 쉽게 전환되어 항산화 활성이 증가된다[8]. 또한 효소 처리된 마늘 마쇄물은 색과 냉·해동 후 안정성이 높고 저장 중 비타민 C의 함량도 유지되는 것으로 보고되어 있다[3].

최근에는 소재를 활용함에 있어 단독으로 사용하기 보다는 유사한 효능을 가진 소재를 혼합한 복합 조성물과 관련한 연구들이 진행되고 있는데, 홍마늘에 녹차 및 식이섬유소를 혼합한 복합물은 분변 중으로 지질 배설작용이 촉진됨으로써 간 조직의 항산화 효소활성이 증가된다[26]. 또한 마늘에 4종의 한약재(결명자, 하수오, 영지, 산사육)를 혼합 하였을 때 간 조직 중의 항산화 활성이 증가되고, 혈청내 지질 축적이 억제되었다는 보고들이 있다[30].

여러 식품이 혼합되면서 기존의 기능이 강화되거나 새로운 가능성을 발현하게 되는데, 각 성분들의 혼합비나 전처리 방법 등에 따라 그 효능은 서로 상이하므로, 이와 관련한 연구들은 더 추진되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 마늘을 이용하여 효소 분해물을 제조하고, 천연식물 소재 중 천연색소로도 활용되고 있는 감, 포도과피, 아선약이 혼합된 복합물의 항산화 활성을 평가하고 고지방 식이성 흰쥐의 체내 지질 수준에 미치는 영향을 분석함으로써 항비만 및 고지혈증 예방 활성 식품 소재 개발을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 마늘 효소분해물 및 3종의 천연색소 복합물 제조

마늘은 경남 남해군에서 재배된 것을 사용하여 남해마늘연구소에서 개발하여 특허 출원(10-2014-0064978)한 방법에 준하여 마늘 효소분해 분말을 제조 하였다. 즉, 효소분해를 위한 처리는 생마늘을 100℃ 이상의 온도에서 10분간 증숙처리 후 거칠게 마쇄하여 준비하였고, 효소액의 조제는 Alcalase 및 Fungamyl 효소(Novozymes, Bagsvaerd, Denmark)를 각각 증류수에 1%가 되도록 조정하여 효소액으로 준비하고, 마쇄한 마늘의 10배에 해당하는 효소 조제액을 가하고 55℃에서 24시간 효소분해를 실시하였다. 효소 분해 후 분해액과 잔사를 모두 추출기(Cosmos 660, Kyungseo, Incheon, Korea)에 넣고 90℃에서 8시간 열수 추출한 후 잔사를 제거한 여액을 동결 건조하여 분말시료로 제조하였다.

천연색소 소재로 감, 포도과피 및 아선약은 한약건재상에서 건조된 것을 구입하여 사용하였다. 색소 성분을 분리하고, 추출물을 제조하기 위하여 각각의 건조 시료 1 kg에 10 L의 물을 가한 후 catalase (Biotouch CAT200, AB Enzymes, Rajamäki, Finland) 및 alcalase (Alcalase, Novozymes, Dittingen, Switzerland)를 1% 농도로 첨가하고 45℃에서 10시간 동안 반응시킨 다음 80℃로 조절된 추출기를 이용하여 2시간 동안 추출하였다. 그 후 추출물을 여과하여 농축기(rotavapor R-220,

BUCHI, Flawil, Switzerland)로 농축한 다음 분무건조기를 이용하여 분말화해 실험용 시료로 사용하였다.

마늘 효소 분해물과 복합물 제조를 위한 소재는 선행 연구 [17, 18]를 통해 항비만 활성이 우수한 소재를 선발하였으며, 이들의 혼합조건은 마늘 효소분해 추출 분말 시료와 선정된 천연색소 분말 3종 시료(포도과피, 감, 아선약)를 각각 10:0, 9.5:0.5, 9:1 및 8:2의 비율(w/w)로 혼합하여 복합물을 제조하고 일정 농도로 증류수에 용해하여 실험에 사용하였다.

### In vitro 항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 Blois [4]의 방법에 따라 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)에 대한 전자공여 활성으로 나타내었다. 즉, 시료액과 DPPH 용액(5 mg/100 ml methanol)을 동량으로 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS [2,2-azino-bis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonate)] 라디칼 소거활성은 Re 등[39]의 방법에 따라 7 mM의 ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨 다음 암실에서 12~16시간 동안 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 조정된 ABTs 용액을 사용하였으며, ABTs 용액에 동량의 시료액을 혼합하여 실온에서 10분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 라디칼 소거활성은 시료 무첨가군에 대한 시료첨가군의 흡광도비로 계산하였다.

### 실험동물의 사양 및 실험 식이조성

실험동물은 평균 체중이 90~100 g인 Sprague-Dawley계 3주령의 수컷 흰쥐를 (주)샘타코(Osan, Korea)로부터 분양 받아 온도(22±2℃), 습도(50±5%) 및 명암주기(12시간, 07:00~19:00)가 자동 설정된 동물 사육실에서 시판 고형사료(Rat chow, Samyang Corp., Seoul, Korea)로 1주간 적응시킨 다음 2주째에 난괴법에 의해 각 군의 체중이 비슷하도록 7마리씩 6군으로 나누었다.

실험식이 조성 정상군(Normal)은 일반 고형사료를 급여 하였으며, 대조군(Control)은 45% 고지방식이 사료(D12451, Diets., Canada, US)를 급여 하였다. 실험군은 대조군(Control) 식이와 함께 마늘 추출물(EG) 및 마늘 효소분해 추출분말과 천연색소 혼합(EGG, EGP, EGC)분말을 8:2(w/w)의 비율로 혼합하여 실험동물 무게의 2.5 g/kg/day의 농도가 되도록 정수된 물에 희석하여 매일 1회 오전 10시경 5주 동안 경구 투여 하였다. 본 실험은 (재)남해마늘연구소 동물실험윤리위원회(RNGRI-2014-2)의 승인을 받아 진행하였다.

### 식이섭취량, 식이효율 및 체중 측정

실험기간 동안 식이는 매일 오후 5시에 급여 하였고 다음날 오전 10시에 잔량을 조사하였으며, 식이섭취량의 오차를 최소화

화하고자 손실량을 보정하여 계산하였다. 물은 수도수를 매일 신선하게 공급하였다. 체중은 1주일에 한 번씩 일정한 시간에 측정하였으며, 실험기간 동안의 체중 증가량을 같은 기간 동안의 총 식이섭취량으로 나누어 식이효율(%)을 산출하였다.

### 실험동물의 처리

5주간 실험사육 후 최종일에 16시간 절식시킨 다음 소동물용 흡입마취기(Dae Jong, Korea)로 마취시켜 심장 채혈하였으며, 채혈된 혈액은 빙수 중에서 30분간 냉각시킨 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 에 보관하면서 분석에 사용하였다.

실험동물의 장기(간장, 심장, 신장, 비장 및 고환) 및 부고환 주변 지방은 채혈 후 즉시 분리시켰으며, 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거한 다음 중량을 측정하였고, 간은 생리식염수로 탈혈하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

### 혈중 지질 성분의 분석

혈청 총 지질 함량은 Frings 등[14]의 방법에 따라 혈청 20  $\mu\text{l}$ 를 진한 황산으로 분해시킨 후 phospho-vanillin 시약을 첨가하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 15분간 반응시켜 시료 무첨가군을 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 총 중성지방, 총 콜레스테롤, HDL-C (high density lipoprotein cholesterol), GOT, GPT, ALP 및 알부민 함량 함량은 혈액자동분석기(DRI-CHAM 4000i, Japan)를 이용하여 측정하였다. LDL-C (low density lipoprotein cholesterol) 함량은 혈청 총 콜레스테롤 - (HDL-C + 중성지방/5)의 계산식에 의해 산출하였고, VLDL-C (very low density lipoprotein cholesterol)은 혈청 총 콜레스테롤 - (HDL-C + LDL-C)의 계산식을 사용하였다[13]. 또 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 (혈청 총콜레스테롤 - HDL-C)/HDL-C의 계산식으로부터[15], 심혈관질환 위험 지수(cardiac risk factor, CRF)는 총콜레스테롤/HDL-C 식에 따라 계산하였다[23].

### 간 조직의 지질 성분 분석

간 조직의 총 지질 함량은 간 조직 0.5 g에 chloroform : methanol 혼합액(C:M=2:1, v/v)을 가하고 이를 마쇄하여 30 ml로 정용한 다음 냉암소에 하룻밤 정치시켜 지질을 추출하였다. 이를 여과해 일정량을 취하여  $50^{\circ}\text{C}$  수욕상에서 완전 건조시킨 다음 상기 혈청에서와 동일한 방법에 따라 총 지질 함량을 측정하였다. 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 총 콜레스테롤 측정용 kit 시약(AM 202-k, Asan, Korea)을 사용하였으며, 중성지방 함량은 중성지방 측정용 kit 시약(AM 157S-k, Asan, Korea)으로 각각 측정하였다.

### 혈청 및 간 조직의 지질과산화물 함량 측정

혈청의 지질과산화물 함량은 Yagi [47]의 방법에 따라 혈청 100  $\mu\text{l}$ 에 1/12 N 황산용액 4 ml, 10% phosphotungstic acid 0.5 ml를 차례로 가하여 5분간 반응시킨 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리시켰다. 상층액을 제거한 침전물에 증류수 및 TBA 시약을 가하여  $95^{\circ}\text{C}$  수욕상에서 60분간 반응시켰으며, 여기에 3 ml의 butanol을 가하여 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 상층액의 흡광도를 532 nm에서 측정하였다.

간 조직의 지질과산화물 함량은 Uchiyama와 Mihara [45]의 방법에 따라 간 조직 1 g에 1.5% KCl 용액을 가하여 10% 균질액을 만든 다음, 0.5 ml를 취하여 3 ml의 1% phosphoric acid와 1 ml의 0.6% TBA 시약을 넣어 잘 혼합하였다. 이것을  $98^{\circ}\text{C}$  수욕상에서 45분간 가열한 뒤 4 ml의 butanol를 가하여 발색물질을 추출한 다음 4,000 rpm에서 10분간 원심분리한 butanol층을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 및 간 조직의 지질과산화물 함량은 1,1,3,3-tetraethoxy propane을 표준물질로 하여 작성한 검량선으로부터 산출하였다.

### 혈청 및 간 조직의 항산화 활성 측정

항산화 활성은 혈청 100  $\mu\text{l}$ 에 tris-HCl 완충액(100 mM, pH 7.4)을 1 ml 가하여 혼합한 후 0.5 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 1 ml를 가한 다음  $37^{\circ}\text{C}$ 의 암실에서 15분간 반응시켰다. 여기에 chloroform 2 ml를 가하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 시킨 다음 chloroform층을 취하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성은 시료첨가군과 무첨가군의 흡광도 비로 나타내었다[32].

간 조직의 항산화 활성은 간 조직 1 g에 1.5% KCl 용액으로 10% 균질액을 제조한 다음 혈청과 동일한 방법에 따라 측정하였다.

### 통계처리

각 실험은 3~5회 이상 반복 실험한 결과에 대하여 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리 하였으며, 각각의 시료에 대해 평균  $\pm$ 표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검증은 일원배치 분산분석을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 마늘 효소 분해물과 천연소재 복합물의 항산화 활성 측정

마늘 효소분해 추출 분말과 천연색소를 각각 10:0, 9.5:0.5, 9:1 및 8:2의 비율(w/w)로 조정하여 500  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 농도에서 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 측정한 결과(Table 1), 마늘 효소분해물에 비해 천연색소를 혼합한 복합물에서 라디칼 소거활성이 높게 나타났으며 천연색소의 혼합비율이 증가할수록 라디칼 소거활성이 증가하여, 8:2(w/w)로 혼합하였을 때

Table 1. DPPH and ABTS radical scavenging activity of garlic and natural color resource composites

Mixture sample	Mixture ratio (w/w)	Radical scavenging activity (%)	
		DPPH	ABTS
EG <sup>1)</sup>	10	29.43±0.99 <sup>a2,3)</sup>	20.15±0.99 <sup>a</sup>
EG + Grape peel	9.5:0.5	38.88±0.83 <sup>d</sup>	39.24±0.35 <sup>d</sup>
	9:1	47.28±0.76 <sup>f</sup>	57.16±1.02 <sup>e</sup>
	8:2	59.10±1.20 <sup>g</sup>	84.17±0.92 <sup>f</sup>
EG + Persimmon	9.5:0.5	33.55±0.43 <sup>b</sup>	24.86±0.34 <sup>b</sup>
	9:1	36.76±0.54 <sup>c</sup>	32.82±4.01 <sup>c</sup>
	8:2	41.30±0.44 <sup>e</sup>	41.00±0.56 <sup>d</sup>
EG + Catechu	9.5:0.5	62.69±0.78 <sup>h</sup>	93.12±0.84 <sup>g</sup>
	9:1	81.81±0.43 <sup>i</sup>	96.92±0.17 <sup>h</sup>
	8:2	89.11±0.25 <sup>j</sup>	97.70±0.07 <sup>h</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic.

<sup>2)a-j)</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>3)</sup>Values are mean ± SD (n=3) and treatment concentration of sample : 500 µg/ml.

소거활성이 가장 우수하였다. 특히 마늘 효소분해 추출 분말과 아선약을 혼합한 복합물의 DPPH 라디칼 소거활성은 62.69~89.11%, ABTS 라디칼 소거활성은 93.12~97.70%의 범위로 여타 복합물에 비해 높은 활성이었다. 또 마늘 효소분해 추출 분말에 감을 혼합한 복합물 보다는 포도과피를 혼합하였을 때 라디칼 소거활성이 더 높았다.

마늘과 결명자, 하수오, 영지 및 산사육 복합물의 전자공여능을 측정한 결과, 54~60%의 범위였고, 흑마늘에 상황버섯, 황금, 단약 등 5종의 혼합물을 첨가하여 제조한 복합물의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과, IC<sub>50</sub>값은 9.02 µg/ml로 높은 활성을 보였는데, 이는 한약재간의 시너지 작용에 의한 것이라고 보고되어 있다[28, 30]. Shin 등[42]은 열풍건조 마늘 및 홍삼 추출물 혼합액의 라디칼 소거능을 측정한 결과, 마늘 및 홍삼 각각의 단일 추출물 보다는 마늘 추출액에 홍삼 추출액을 5~15% 비율로 첨가하였을 때 그 활성이 월등히 증가하였는데, 이는 마늘과 홍삼 추출액을 혼합할 경우 각각에 함유되어 있던 페놀화합물 및 유효물질 등의 상대적인 양이 증가되었기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서도 마늘 효소분해물 보다는 마늘 효소분해 추출 분말과 천연색소 분말을 혼합하였을 때 항산화 활성이 증가되었는데, 이는 각각에 함유되어 있던 페놀화합물이 혼합됨에 따라 상승작용을 나타낸 것으로 사료되며 위의 항산화 활성의 결과를 바탕으로 이후 동물실험에 사용되는 복합물 조성물의 비율을 선정하였다.

**마늘 효소분해물과 천연소재 복합물의 급이에 따른 체중변화 및 식이효율 측정**

45% 고지방 식이로 고지혈증을 유도시킨 흰쥐에서 마늘 효소분해물과 천연색소 추출물을 8:2의 비율로(w/w) 혼합한 복합물을 5주간 투여하였을 때 체중변화 및 식이효율에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 5주간의 체중 증가량

은 대조군은 234.29 g으로 정상군인 175.71 g에 비해 유의적으로 증가되었다. 마늘 효소분해 추출 분말(EG)과 천연색소 중 감과 아선약 혼합한 복합물을 투여한 실험군(EGP, EGC)은 대조군에 비해 체중증가량이 유의적으로 감소되었다. 일일 식이 섭취량은 정상군에 비해 대조군 및 실험군에서 유의적으로 낮았고, 실험군간에는 유의차가 없었다. 식이효율은 고지방식이를 급이한 군이 정상군에 비해 다소간 높았으며, 마늘 효소분해물과 포도과피 추출물을 혼합한 복합물 급이군(EGG)에 유의적으로 가장 높았다.

Kang 등[21]은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에 3%의 생마늘 분말을 급이하였을 때 식이효율에 영향을 미치지 않는다고 보고한 바 있으며, Yang [48]은 고지방 식이로 비만이 유도된 흰쥐에서 흑마늘 추출물 급이시 식이섭취량은 정상군보다 작으나 식이효율은 증가되었다고 보고하였다. 이는 본 실험의 결과와

Table 2. Changes in body weight, food intake and FER of rats fed garlic and natural color resource composites

Group <sup>1)</sup>	Total body weight gain (g/ 5 week)	Food intake (g/day)	FER
Normal	175.71±12.72 <sup>a2,3)</sup>	18.92±0.80 <sup>c</sup>	0.33±0.03 <sup>a</sup>
Control	234.29±11.34 <sup>c</sup>	16.12±1.83 <sup>b</sup>	0.52±0.06 <sup>cd</sup>
EG	205.71±15.12 <sup>b</sup>	15.32±1.94 <sup>ab</sup>	0.48±0.04 <sup>bc</sup>
EGG	224.29±15.13 <sup>c</sup>	14.24±1.21 <sup>a</sup>	0.56±0.03 <sup>d</sup>
EGP	202.86±16.04 <sup>b</sup>	14.97±0.80 <sup>ab</sup>	0.49±0.05 <sup>bc</sup>
EGC	207.14±14.96 <sup>b</sup>	16.41±2.21 <sup>b</sup>	0.45±0.03 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EGG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

<sup>2)a-d)</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>3)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

도 동일한 경향으로 모든 실험군이 정상군에 비해 식이섭취량은 적었으나 마늘 효소분해 추출 분말과 천연식물류 복합물 급이군들 모두 정상군에 비해 식이효율이 유의적으로 높았다.

**마늘 효소분해물과 천연소재 복합물의 급이에 따른 장기의 중량 측정**

마늘 효소분해물과 천연색소 추출물이 혼합된 복합물을 투여하고 식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐의 장기(간장, 심장, 신장, 비장, 고환) 및 부고환 주변 지방의 중량을 측정하여 체중 100 g당으로 표시한 결과는 Table 3과 같다. 간장의 중량은 고지방식을 급이한 대조군이 4.53 g/100 g이었고, 감과 아선약 복합물을 투여한 실험군의 경우 각각 3.73 g/100 g 및 3.93 g/100 g으로 정상군과 유사한 수준으로 감소되었다. 고환의 중량은 대조군과 마늘 효소분해물(EG) 및 천연색소 복합물 투여군들간에 유의차가 없었으며, 그 외의 장기 중량은 모든 실험군간에 유의적 차이가 없었다. 부고환 주변 지방의 중량은 대조군에 비해 마늘 효소분해물 투여군과 감 추출 복합물 투여군에서 유의적으로 낮았다.

Lee 등[29]은 고지방 식이에 홍마늘 추출물을 농도별로 급이한 결과, 5% 이상의 농도에서 흰쥐의 간장 중량이 유의적으로 감소되었다고 보고하였으며, Kim 등[25]도 고지방 식이를 급이한 흰쥐에 마늘, 녹차 및 식이섬유 혼합물을 급이한 경우 간장 및 지라의 중량이 대조군에 비해 감소된 것으로 보고하였다.

고지방 식이의 급이는 간 조직에 유입된 콜레스테롤의 정상적인 배출이 억제되어 간 조직내에 축적됨으로써 지방간 및 간 비대를 일으켜 중량이 증가되는 것으로 보고되어 있는데 [40], 본 연구의 마늘과 천연색소 복합물은 간 조직 내의 지방 축적 억제에 효과가 있는 것으로 생각된다.

**혈청 중 지질 성분의 함량 측정**

고지방 식이에 의한 비만 유도 흰쥐에 마늘 효소분해물과 천연색소 복합물을 투여한 후 혈청의 지질 성분, 동맥경화지수 및 심혈관질환 위험지수에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 총 지질 함량은 정상군에 비해 대조군은 1.3배 증가하였으며, 감 및 아선약 추출 혼합 복합물 투여군은 대조

Table 3. The organ weight of liver, heart, kidney, spleen and testis in the rats fed garlic and natural color resource composites (g/ 100 g body weight)

Group <sup>1)</sup>	Tissues					Epididymal fat
	Liver	Heart	Kidney	Spleen	Testis	
Normal	3.77±0.20 <sup>a2,3)</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	0.83±0.05 <sup>a</sup>	0.23±0.04 <sup>a</sup>	1.19±0.07 <sup>a</sup>	1.34±0.23 <sup>a</sup>
Control	4.53±0.24 <sup>c</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	0.81±0.06 <sup>a</sup>	0.22±0.03 <sup>a</sup>	1.03±0.05 <sup>b</sup>	2.13±0.19 <sup>c</sup>
EG	4.16±0.38 <sup>b</sup>	0.35±0.03 <sup>a</sup>	0.76±0.06 <sup>a</sup>	0.23±0.04 <sup>a</sup>	1.01±0.12 <sup>b</sup>	1.32±0.20 <sup>a</sup>
EKG	4.20±0.36 <sup>bc</sup>	0.37±0.04 <sup>a</sup>	0.76±0.06 <sup>a</sup>	0.23±0.04 <sup>a</sup>	1.05±0.08 <sup>b</sup>	1.60±0.53 <sup>ab</sup>
EGP	3.73±0.32 <sup>a</sup>	0.36±0.04 <sup>a</sup>	0.80±0.07 <sup>a</sup>	0.23±0.04 <sup>a</sup>	1.09±0.05 <sup>b</sup>	1.37±0.32 <sup>a</sup>
EGC	3.93±0.38 <sup>ab</sup>	0.36±0.05 <sup>a</sup>	0.79±0.07 <sup>a</sup>	0.23±0.03 <sup>a</sup>	1.02±0.07 <sup>b</sup>	1.80±0.54 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EKG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

<sup>2)a-c</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

<sup>3)</sup>Values are mean±SD (n=7).

Table 4. Lipid profile contents in serum of the rats fed garlic and natural color resource composites (mg/dL)

Group <sup>1)</sup>	Normal	Control	EG	EKG	EGP	EGC
Total lipid	183.32±4.30 <sup>a2,3)</sup>	241.25±5.82 <sup>d</sup>	220.46±7.87 <sup>c</sup>	221.89±4.43 <sup>c</sup>	204.04±11.70 <sup>b</sup>	200.46±4.50 <sup>b</sup>
Total cholesterol	93.86±2.97 <sup>a</sup>	131.86±4.26 <sup>d</sup>	111.71±5.02 <sup>b</sup>	128.57±4.58 <sup>d</sup>	121.14±5.93 <sup>c</sup>	116.71±5.68 <sup>bc</sup>
Triglyceride	43.71±1.89 <sup>a</sup>	87.00±2.58 <sup>f</sup>	80.86±4.60 <sup>e</sup>	72.86±3.34 <sup>d</sup>	54.29±3.04 <sup>b</sup>	65.29±2.29 <sup>c</sup>
HDL-C	70.00±6.38 <sup>d</sup>	45.59±3.74 <sup>a</sup>	52.57±5.94 <sup>b</sup>	54.56±2.99 <sup>bc</sup>	59.57±4.72 <sup>c</sup>	58.29±4.57 <sup>c</sup>
LDL-C	15.11±5.57 <sup>a</sup>	68.89±6.95 <sup>e</sup>	42.97±7.61 <sup>b</sup>	59.43±7.47 <sup>d</sup>	50.71±6.27 <sup>c</sup>	45.37±4.64 <sup>bc</sup>
VLDL-C	8.74±0.38 <sup>a</sup>	17.40±0.52 <sup>f</sup>	16.17±0.92 <sup>e</sup>	14.57±0.67 <sup>d</sup>	10.86±0.61 <sup>b</sup>	13.06±0.46 <sup>c</sup>
AI <sup>4)</sup>	0.35±0.12 <sup>a</sup>	1.19±0.31 <sup>c</sup>	1.15±0.30 <sup>b</sup>	1.37±0.20 <sup>b</sup>	1.16±0.22 <sup>b</sup>	1.14±0.29 <sup>b</sup>
CRF <sup>5)</sup>	1.35±0.12a	2.91±0.31 <sup>c</sup>	2.15±0.30 <sup>b</sup>	2.37±0.20 <sup>b</sup>	2.16±0.22 <sup>b</sup>	2.14±0.29 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EKG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

<sup>2)a-f</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

<sup>3)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

<sup>4)</sup>Atherogenic index=(Total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

<sup>5)</sup>Cardiac risk factor=Total cholesterol/HDL-cholesterol

군에 비해 유의적으로 그 함량이 감소되었다. 총 콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 마늘 효소분해물 투여군에서 111.71 mg/dl로 가장 낮은 함량이었으며, 다음으로 아선약 및 감 복합물 투여군이 각각 116.71 mg/dl 및 121.14 mg/dl로 낮았다. 중성지방 함량도 대조군에 비해 실험군에서 유의적인 감소를 보였는데, 감 추출 혼합 복합물 투여군에서 54.29 mg/dl로 가장 낮았다.

HDL-콜레스테롤 함량은 감과 아선약 복합물 투여군이 각각 59.57 mg/dl 및 58.29 mg/dl로 대조군에 비해 유의적으로 높았다. LDL-콜레스테롤 함량은 대조군이 68.89 mg/dl로 가장 높았고, 마늘 효소분해물 투여군에서 42.97 mg/dl로 천연 색소 복합물 투여군들에 비해 더 낮은 함량이었다. VLDL-콜레스테롤 함량은 감 복합물 투여군에서 10.86 mg/dl로 가장 낮은 함량이었다. 동맥경화 지수 및 심혈관 질환 위험지수는 정상군에 비해 대조군은 각각 약 3.4배 및 2.2배 더 높았고, 실험군들에서는 대조군에 비해 유의적으로 감소되었으나, 각 실험군간에 유의차는 없었다.

홍마늘과 상황버섯, 단삼 등 5종의 생약재를 혼합한 복합물을 섭취한 흰쥐의 혈중 지질 성분의 변화를 측정 한 결과, 총 지질, 중성지방 및 콜레스테롤 함량이 감소되었으며[33], 고지방식이에 생마늘, 증숙마늘 및 흑마늘 분말을 혼합 급여함으로써 혈청 콜레스테롤 저하에 유의적인 효과가 있었는데[21], 이러한 마늘의 체내 지질저하 효과는 마늘 중에 함유된 allicin이 acetyl Co A의 합성을 저해하기 때문이라고 보고되어져 있다[11].

본 실험 결과, 마늘 효소분해물은 고지방식이에 따른 혈중 지질 및 콜레스테롤 함량을 유의적으로 감소시켰으며, 천연색소 추출물을 혼합 투여함으로써 혈중 지질감소에 더 높은 효과를 보였는데, 이는 혼합된 천연색소 추출물과의 시너지 효과에 의한 것으로 생각된다.

**혈청 중 GOT, GPT, ALP 활성 및 albumin 함량 측정**

마늘 효소분해물 및 천연색소 추출물이 혼합된 복합물을 고지방 식이에 의한 비만 유도 흰쥐에게 5주간 투여한 후

GOT, GPT, ALP 활성 및 albumin 함량을 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 간 기능 지표인 GOT 및 GPT 활성은 대조군에서 각각 94.57 U/l 및 19.71 U/l로 정상군에 비해 유의적으로 상승하였으며, GOT 활성은 감 복합물 투여군에서 86.17 U/l로 유의적으로 활성이 낮았다. ALP 활성은 정상군이 681.57 U/l인데 비해 대조군은 860.57 U/l로 증가되었으며, 마늘 효소분해물 투여군 및 감 복합물 투여군에서 각각 740.00 U/l 및 737.43 U/l로 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. Albumin 함량은 모든 실험군 간에 유의차가 없었다.

고지방 식이 및 알코올 등의 섭취는 지방간을 일으키고, 간에 유해물질이 유입되면 간의 실질세포가 손상되어 혈중으로 유리되는 GOT 및 GPT 활성이 높아지는데[9], 이 때 시료의 항산화 활성이 높으면 GOT 및 GPT 활성이 감소된다고 보고되어 있다[37].

홍마늘 추출물의 GOT 및 GPT 활성을 측정 한 결과 대조군에 비해 유의적으로 그 활성이 감소되었으며, 이는 녹차 및 식이섬유소 혼합시에도 동일한 경향이었는데, 홍마늘은 생마늘에 비해 항산화 활성이 높고, 홍마늘에 녹차 및 식이섬유소를 혼합함으로써 상대적 인 총 페놀함량이 증가되기 때문이라고 보고되어 있다[26, 31]. 본 실험에서도 마늘 효소분해물과 천연색소 혼합물은 마늘 효소분해물에 비해 GOT 및 GPT 활성이 더 낮았는데, 이는 시료 중의 페놀성 화합물이나 항산화 활성과 연관성이 있기 때문으로 생각된다.

**간조직의 지질 성분 함량 측정**

마늘 효소분해물 및 천연색소 추출 혼합 복합물의 5주간 급여한 고지방증 유발 흰쥐의 간장 조직 중 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 Table 6과 같다. 총 지질은 대조군에서 183.76 mg/g으로 정상군에 비해 약 4.6배 정도 높은 함량을 나타내었으며, 감 혼합 복합물 투여군은 75.04 mg/g로 대조군에 비해 약 2.5배 정도 감소되었다. 아선약 혼합 복합물 투여군도 56.23 mg/g으로 마늘 효소분해물 투여군에 비해 더 낮은 함량이었다. 총 콜레스테롤 함량 역시 감과 아선약 혼합 복합물 투여군에서 각각 9.47 mg/g 및 8.56 mg/g로 대조군에 비해

Table 5. GOT, GPT, ALP activity and albumin content in serum of the rats fed garlic and natural color resource composites

Group <sup>1)</sup>	GOT (U/l)	GPT (U/l)	ALP (U/l)	Albumin (g/dl)
Normal	73.43±2.99 <sup>a2,3)</sup>	14.57±2.94 <sup>a</sup>	681.57±29.13 <sup>a</sup>	4.06±0.22 <sup>a</sup>
Control	94.57±4.50 <sup>c</sup>	19.71±2.56 <sup>b</sup>	860.57±29.07 <sup>c</sup>	4.16±0.24 <sup>a</sup>
EG	94.43±3.21 <sup>c</sup>	19.86±3.18 <sup>b</sup>	740.00±40.71 <sup>b</sup>	4.20±0.29 <sup>a</sup>
EGG	93.14±1.77 <sup>c</sup>	19.57±4.54 <sup>b</sup>	859.00±28.77 <sup>c</sup>	4.03±0.17 <sup>a</sup>
EGP	86.17±5.56 <sup>b</sup>	17.71±1.98 <sup>ab</sup>	737.43±38.92 <sup>b</sup>	4.06±0.19 <sup>a</sup>
EGC	92.57±3.69 <sup>c</sup>	18.57±2.30 <sup>b</sup>	840.71±23.73 <sup>c</sup>	4.01±0.23 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EGG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

<sup>2)a-c</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at *p*<0.05.

<sup>3)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

유의적으로 감소되었다. 포도과피 혼합 복합물 투여군의 경우 마늘 효소분해물 투여군과 유사한 함량이었다. 중성지방 함량은 대조군이 25.92 mg/g이었으며, 마늘 효소분해물에 비해 천연색소 복합물 투여군에서 유의적으로 낮은 함량이었으며, 그 중 감 혼합 복합물 투여군에서 16.33 mg/g으로 가장 낮았다.

Luley 등[33]은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에 생마늘 분말을 첨가한 경우 간장 조직 중 총 콜레스테롤 및 중성지방 수치 저하에 영향을 주지 않았다고 보고한 바 있다. 그러나 Lee 등[27]은 흑마늘과 쑥 추출물에 비해 이를 혼합한 복합물 급이시 흰쥐의 간 조직에서 총 지질 함량이 유의적으로 감소되었는데, 이는 흑마늘과 쑥을 혼합함으로써 체내 지질 축적의 감소에 영향을 미치지 않으므로 보고한 바 있다. 본 연구에서도 마늘 추출물 보다는 마늘에 천연색소를 혼합한 복합물에서 간 조직 중의 지질 함량 저하 효과가 있었는데, 감 추출 분말을 혼합할 경우 지질 함량 감소에 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 또 천연식물류의 페놀 화합물은 효소나 단백질의 강한 복합체를 형성하여 지방 분해효소의 작용을 방해함으로써 항비만 활성을 가진다는 보고로[46] 미루어 볼 때, 감 추출물에 함유된 페놀 화합물은 간 조직 내 지질 함량을 감소시키는 데 기여할 것으로 추측된다.

**혈청 및 간조직의 항산화 활성 측정**

고지방 식이에 의한 비만 유도 흰쥐에 마늘 효소분해물과 천연색소 복합물을 투여한 후 혈청 및 간조직의 항산화 활성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 혈청 중 항산화 활성은 정상군이 56.17%로 가장 높았으며, 대조군은 정상군에 비해 약 23% 정도 감소되었다. 마늘 효소분해물 투여군에 비해 감과 아선약을 혼합한 복합물 투여군에서 각각 48.42% 및 50.86%로 더 높은 활성을 보였다.

Table 6. Lipid profile contents in liver tissue of the rats fed garlic and natural color resource composites

Group <sup>1)</sup>	(mg/g wet liver)		
	Total lipid	Total cholesterol	Triglyceride
Normal	39.61±2.56 <sup>a2,3)</sup>	3.73±0.24 <sup>a</sup>	12.48±1.16 <sup>a</sup>
Control	183.76±11.22 <sup>e</sup>	12.48±0.90 <sup>e</sup>	25.92±1.23 <sup>e</sup>
EG	143.90±22.46 <sup>d</sup>	10.28±0.90 <sup>d</sup>	23.02±0.50 <sup>d</sup>
EKG	141.04±23.78 <sup>d</sup>	10.77±0.49 <sup>d</sup>	21.72±1.15 <sup>c</sup>
EGP	75.04±3.93 <sup>b</sup>	9.47±0.19 <sup>c</sup>	16.33±0.90 <sup>b</sup>
EGC	116.04±4.91 <sup>c</sup>	8.56±0.41 <sup>b</sup>	20.81±1.47 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EKG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

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

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

Table 7. Antioxidant activity content in serum and liver of the rats fed garlic and natural color resource composites

Group <sup>1)</sup>	Antioxidant activity (%)	
	In serum	In liver
Normal	56.17±2.08 <sup>e2,3)</sup>	73.92±0.25 <sup>f</sup>
Control	32.78±3.92 <sup>a</sup>	33.06±3.97 <sup>a</sup>
EG	44.74±2.58 <sup>bc</sup>	40.97±0.93 <sup>b</sup>
EKG	41.86±4.36 <sup>b</sup>	46.95±1.75 <sup>c</sup>
EGP	48.42±2.73 <sup>cd</sup>	66.20±1.35 <sup>e</sup>
EGC	50.86±4.94 <sup>d</sup>	56.23±2.26 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EKG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

<sup>2)a-f</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

<sup>3)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

간장 조직의 항산화 활성은 마늘 효소분해물 투여군(EG)에서 40.97%였고, 천연색소 복합물 투여군에서는 46.95~56.23%로 대조군(33.06%)에 비해 유의적으로 증가되었으며, 감 혼합 복합물 투여군에서 항산화 활성이 가장 높았다.

**혈청 및 간조직의 지질과산화물 함량 측정**

마늘 효소분해물과 천연색소 복합물을 투여한 고지혈증 흰쥐의 혈청 및 간조직 중의 지질과산화물 함량을 측정한 결과는 Table 8와 같다. 혈청 중 지질과산화물 함량은 대조군이 46.18 mmol/ml로 정상군에 비해 유의적으로 높았으며, 감 혼합 복합물 투여군(EGP)에서 18.24 mmol/ml로 가장 낮은 함량이었다.

간조직의 지질과산화물 함량은 대조군에서 132.55 mmol/ml로 정상군에 비해 약 2.4배 정도 증가되었고, 마늘 추출물

Table 8. TBARS content in serum and liver of the rats fed garlic and natural color resource composites

Group <sup>1)</sup>	TBARS (mmol/ml)	
	In serum	In liver
Normal	16.13±1.20 <sup>a2,3)</sup>	55.22±2.07 <sup>a</sup>
Control	46.18±1.84 <sup>e</sup>	132.25±1.17 <sup>f</sup>
EG	28.83±4.87 <sup>d</sup>	104.95±1.99 <sup>e</sup>
EKG	31.26±1.05 <sup>d</sup>	74.48±2.24 <sup>d</sup>
EGP	18.24±1.70 <sup>b</sup>	60.72±2.04 <sup>b</sup>
EGC	21.10±2.17 <sup>c</sup>	64.32±1.65 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>EG : Enzymatic hydrolysates extract powder of garlic, EKG : 8:2 mixture of EG and grape peel extract, EGP: 8:2 mixture of EG and persimmon extract, EGC : 8:2 mixture of EG and catechu extract powder.

<sup>2)a-f</sup>Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different at p<0.05.

<sup>3)</sup>Values are mean ± SD (n=7).

투여군(EG)에 비해 천연색소 복합물 투여군에서 그 함량이 유의적으로 감소되었는데, 감과 아선약 혼합 복합물 투여군의 지질과산화물 함량은 각각 60.72 mmol/ml 및 64.32 mmol/ml 이었다.

고지방 식이의 섭취는 체내에서 쉽게 산화되어 유리라디칼의 생성을 증가시키며, 체내에서 이를 방어하는 항산화 기작으로 과량을 유리기 제거로 그 기능이 저하되어 결국 체내 지질과산화물이 축적되는데[10], 천연식물류의 페놀 화합물은 체내에서 지질과산화에 의한 malondialdehyde의 생성을 감소시키는데 효과적인 것으로 보고되어 있다[2]. 본 실험에서 마늘 효소분해물에 비해 감과 아선약 혼합 복합물은 체내의 항산화 활성을 증가시켜 지질과산화물의 축적을 유의적으로 감소시켰는데, 이는 천연색소에 함유된 페놀 화합물의 영향일 것으로 추정된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 지역특화기술융복합연구지원사업(과제번호: R0002039)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

### References

- An, B. J. 2001. Effect of inhibition on glucosyltransferase and antimicrobial activity of polyphenol fraction of gallnut and red grape husk. *Kor. J. Postharvest Sci. Technol.* **8**, 217-223.
- Azuma, K., Nasayoshi, M., Koshioka, M., Ippoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamauchi, Y., Ito, H. and Higashio, H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 3963-3966.
- Baek, K. H., Kim, S. S. and Lee, Y. C. 2006. Characteristics of single cell suspension of garlic, red pepper and cucumber prepared by protopectin hydrolytic enzymes. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **38**, 369-377.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1200.
- Boo, H. O., Hwang, S. J., Bae, C. S., Park, S. H. and Song, W. S. 2011. Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. *Kor. J. Plant Res.* **24**, 105-112.
- Boo, H. O., Shin, J. S., Hwang, S. J., Bae, C. S. and Park, S. H. 2012. Antimicrobial effects and antioxidative activities of the cosmetic composition having natural plant pigments. *Kor. J. Plant Res.* **25**, 80-88.
- Byun, P. H., Kim, W. J. and Yoon, S. K. 2001. Changes of functional properties of garlic extracts during storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **33**, 301-306.
- Chae, H. J., Park, D. I., Lee, S. C., Oh, C. H., Oh, N. S., Kim, D. C., Won, S. I. and In, M. J. 2011. Improvement of antioxidative activity by enzyme treatment and lactic acid bacteria cultivation in black garlic. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 660-664.
- Chung, K. H., Cho, S. H., Sin, E. N., Choi, K. H. and Choi, Y. S. 1988. Effects of alcohol consumption and fat content in diet on chemical composition and morphology of liver in rat. *Kor. J. Nutr.* **21**, 154-163.
- Cook, N. C. and Samman, S. 1996. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardiovascular effects and dietary sources. *J. Nutr. Biochem.* **7**, 66-76.
- Focke, M., Feld, A. and Lichtenthaler, K. 1990. Allicin a naturally occurring antibiotic from garlic specially inhibits acetyl CoA synthetase. *FEBS Lett.* **261**, 106-108.
- Freeman, G. G. and Whenham, R. J. 1975. A survey of volatile components of some *Allium* species in terms of S-alk(en)yl L-cysteine sulphoxides present as flavour precursors. *J. Sci. Food Agric.* **26**, 1869-1886.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I. and Fredrickson, D. S. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* **18**, 499-502.
- Frings, C. S., Fendley, T. W., Dunn, R. T. and Queen, C. A. 1972. Improved determination of total serum lipids by the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin. Chem.* **18**, 673-674.
- Haglund, O., Luostarinen, R., Wallin, R., Wibell, L. and Saldeen, T. 1991. The effects of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J. Nutr.* **121**, 165-169.
- Heo, J. C., Lee, K. Y., Lee, B. G., Choi, S. Y., Lee, S. H. and Lee, S. H. 2010. Anti-allergic activities of ultra-fine powder from persimmon. *Kor. J. Food Preserv.* **17**, 145-150.
- Hwang, C. R., Kang, M. J., Shim, H. J., Suh, H. J., Kwon, O. W. and Shin, J. H. 2015. Antioxidant and antiobesity activities of various color resources extracted from natural plants. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **44**, 165-172.
- Hwang, C. R., Tak, H. M., Kang, M. J., Suh, H. J., Kwon, O. W. and Shin, J. H. 2014. Antioxidant and antiobesity activity of natural color resources. *J. Life Sci.* **24**, 633-641.
- Jang, E. K., Seo, J. H. and Lee, S. P. 2008. Physiological activity and antioxidative effects of aged black garlic (*Allium sativum* L.) extract. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **40**, 443-448.
- Kang, J. A. and Kang, J. S. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triglyceride and platelet aggregation in rats fed basal or cholesterol supplemented diets. *Kor. J. Nutr.* **30**, 132-138.
- Kang, M. J., Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, S. K., Kim, J. G. and Sung, N. J. 2008. Effect of garlic with different processing on lipid metabolism in 1% cholesterol fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 162-169.
- Kang, M. J., Yoon, H. S., Jeong, S. H., Sung, N. J. and Shin, J. H. 2011. Physicochemical characteristics of red garlic during processing. *Kor. J. Food Preserv.* **18**, 898-906.
- 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. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 906-912.
- Kendler, B. S. 1987. Garlic (*Allium sativum*) and onion (*Allium cepa*); A review of their relationship to cardiovascular disease. *Prev. Med.* **16**, 670-685.

25. Kim, J. D., Lee, B. I., Jeon, Y. H., Bak, J. P., Kim, H. L. and Lim, B. O. 2010. Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of green tea mixture and dietary fiber on liver of high fat diet-induced obese rats. *Kor. J. Medicinal Crop Sci.* **18**, 224-230.
26. Lee, S. J., Hwang, C. R., Kang, J. R., Shin, J. H., Kang, M. J. and Sung, N. J. 2012. Anti-obesity effect of red garlic composites in rats fed a high fat-cholesterol diet. *J. Life Sci.* **22**, 671-680.
27. 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.
28. 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.
29. Lee, S. J., Kim, R. J., Ryu, J. H., Shin, J. H., Kang, M. J., Kim, I. S. and Sung, N. J. 2011. Effects of the red garlic extract for anti-obesity and hypolipidemic in obese rats induced high fat diet. *J. Life Sci.* **21**, 211-220.
30. Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, M. J., Yang, S. M., Ju, J. C. and Sung, N. J. 2009. Effect of garlic and medicinal plants composites on antioxidant activity and lipid levels of liver in hypercholesterolemic rats. *J. Life Sci.* **19**, 1769-1776.
31. Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, M. J., Jung, W. J., Ryu, J. H., Kim, R. J. and Sung, N. J. 2010. Antioxidant activity of red garlic. *J. Life Sci.* **20**, 1145-1151.
32. Lim, B. O., Seo, T. W., Shin, H. M., Park, D. K., Kim, S. U., Cho, K. H. and Kim, H. C. 2000. Effect of *Betulae platyphyllae* cortex on free radical in diabetic rats induced by streptozotocin. *Kor. J. Herbology* **15**, 69-77.
33. Luley, C., Lehmann-Leo, W., Mrtin, T. and Schwartzkopff, W. 1986. Lack of efficacy of dried garlic in patients with hyperlipoproteinemia. *Arzneimittelforschung* **36**, 766-768.
34. Machizuki, E., Yamamoto, T., Suzuki, S. and Nakazawa, H. 1996. Electrophoretic identification of garlic and garlic products. *J. AOAC Intl.* **79**, 1466-1470.
35. Mok, I. G., Yun, S. D., Choi, S. T., Hong, Y. P. and Chung, D. S. 2000. Practical aspects of postharvest management in garlic. *Kor. J. Hort Sci. Technol.* **18**, 900-903.
36. Moon, S. H., Kim, J. O. and Park, K. Y. 1996. Antimutagenic compounds identified form chloroform fraction of persimmon leaves. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **1**, 203-207.
37. Mun, J. H. 2004. The risk factors of metabolic syndrome and the association between metabolic syndrome and  $\gamma$ -GPT. Ph.D. Thesis, *Chungang University, Seoul, Korea.*
38. Nam, K. Y. and Lee, J. S. 2010. Dyeability and functionality of catechu(Part II)-Dyeing properties of protein fiber with catechu. *Kor. Association Human Ecology* **19**, 709-717.
39. Re, R., Pellegrini, N., 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.
40. Rhee, S. J. and Park, H. K. 1984. Changes of lipid concentration and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. *Kor. J. Nutr.* **17**, 113-125.
41. Shin, D. B., Hawer, W. D. and Lee, Y. C. 2007. Effects of enzyme treatments on yield and flavor compounds of garlic extracts. 2007. *Kor. J. Food Sci. Tech.* **39**, 276-282.
42. Shin, J. H., Kang, M. J., Lee, S. J., Yang, S. M., Rue, G. H. and Sung, N. J. 2009. Biological activities of dried garlic, red ginseng and their mixture. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 1633-1639.
43. Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Cha, J. Y. and Sung, N. J. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 965-971.
44. Song, Y. O., Lee, S. J., Park, H. J., Jang, S. H., Chung, B. Y., Song, Y. M., Kim, G. S. and Cho, J. H. 2013. Hepatoprotective effect of *Schisandra chinensis* on high-fat diet-induced fatty liver in rats. *Kor. J. Vet. Serv.* **36**, 45-52.
45. Uchiyama, M. and Mihara, M. 1978. Determination of malondialdehyde precursor in tissues by TBA test. *Anal. Biochem.* **86**, 271-278.
46. Wang, S., Noh, S. K. and Koo, S. I. 2006. Green tea catechins inhibit pancreatic phospholipase A(2) and intestinal absorption of lipids in ovariectomized rats. *J. Nutr. Biochem.* **17**, 492-498.
47. Yagi, K. 1984. Assay for blood plasma or serum, pp. 328-331. In *Method in enzymology*, Academic Press. New York, USA. Vol 105.
48. Yang, S. T. 2007. Antioxidative activity of extracts of aged black garlic on oxidation of human low density lipoprotein. *J. Life Sci.* **17**, 1330-1335.

## 초록 : 마늘 효소분해물과 천연색소 소재의 복합물이 고지방 식이성 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

황초롱 · 강재란 · 심혜진 · 강민정 · 신정혜\*

((재)남해마늘연구소)

마늘 효소분해물과 포도과피, 감 및 아선약 추출물을 혼합한 복합물이 고지방 식이를 급이한 흰쥐의 혈청 및 간 조직 내 지질성분에 미치는 영향을 분석하였다. 마늘 효소분해물과 포도과피, 감 및 아선약 추출물을 9.5:0.5, 9:1, 8:2(w/w)의 비율로 혼합한 복합물을 제조하여 *in vitro*에서 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 측정된 결과, 8:2(w/w)로 혼합한 아선약 복합물에서 가장 높은 활성을 나타내었다. 8:2(w/w)의 비율로 조정된 마늘 효소분해 복합물을 2.5 g/kg/day의 농도로 5주간 흰쥐에게 경구 투여한 결과, 총 지질 및 콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 아선약 복합물을 투여한 군에서 유의적으로 감소되었고, 중성지방 함량은 감 복합물 투여군에서 54.29 mg/dl로 가장 낮았다. HDL-콜레스테롤 함량은 감 및 아선약 복합물에서 유의적으로 높았고, LDL-콜레스테롤 함량은 천연색소 복합물 투여군에 비해 마늘 효소분해물을 투여한 군에서 더 낮았으며, VLDL-콜레스테롤 함량은 감 복합물 투여군에서 가장 낮았다. GOT, GPT 및 ALP 활성은 천연색소 복합물 중 감 복합물 투여군에서 유의적으로 낮았으며, 간 조직 중 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 대조군에 비해 감 및 아선약 복합물 투여군에서 유의적으로 낮았다. 항산화 활성은 혈청에서는 아선약 복합물 투여군에서 50.86%로 가장 높았고, 간 조직에서는 감 복합물 투여군에서 가장 높았다. 혈청 및 간 조직의 TBARS 함량은 감 복합물 투여군에서 각각 18.24 mmol/dl 및 60.72 mmol/dl로 가장 낮았다. 따라서 고지방 식이성 흰쥐에서 마늘 효소분해물에 감 추출물을 혼합한 복합물의 급이는 체내 지질 함량을 낮추고 항산화활성을 증가시킴으로써 고지혈증 및 항비만 효과에 영향을 미치는 것으로 판단된다.