

< Original Article >

먹물버섯(*Coprinus comatus*)의 항산화 활성 및 Zucker rat에 대한 항비만 효과

이수정² · 박형준¹ · 송윤오¹ · 장선희¹ · 구애진¹ · 고응규³ · 조재현^{1*}

경상대학교 수의학과 · 생명과학연구원¹, 경상대학교 식품영양학과², 농촌진흥청 축산과학원³

Antioxidant activity and anti-obesity effect of *Coprinus comatus* in Zucker rat (*fa/fa*)

Soo-Jung Lee², Hyoung Joon Park¹, Yuno Song¹, Sun-Hee Jang¹,
Ae Jin Goo¹, Yeoung-Gyu Ko³, Jae-Hyeon Cho^{1*}

¹Institute of Life Science, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea,

²Department of Foods and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea,

³Animal Genetic Resources Station, National Institute of Animal Science, RDA, Namwon 441-706, Korea

(Received 5 February 2014; revised 25 February 2014; accepted 7 March 2014)

Abstract

The aim of the study was to investigate the anti-obesity effect of *Coprinus comatus* (CC) in high-fat diet-fed Zucker rat (*fa/fa*). Obesity was induced by feeding on high-fat diet (HFD) containing 60% kcal fat for 10 weeks, in which CC extracts were administrated through the gastrointestinal tract at a concentration of 200 mg/kg BW/day for 10 weeks. The total polyphenol and flavonoid contents of CC extracts were found to be 18.5±1.1 mg of catechin equivalent/g, and 5.24±0.54 mg of quercetin equivalent/g extract, respectively. The DPPH, ABTS, and hydroxyl radical scavenging activities of CC extracts were 15.34 %, 17.25%, and 16.18%, respectively. In animal study, CC administration significantly reduced the body weight, while there were no significant differences in the daily food intake between the HFD-fed Zucker rats and HFD plus CC-fed rats. CC treatment decreased epididymal and perirenal fat weights in HFD-fed Zucker rats. Significant decreases in the levels of triglyceride and total cholesterol in the serum and liver were observed in the CC-treated group compared with HFD-fed Zucker rats. Serum HDL-cholesterol levels in the CC-treated group were increased compared with the HFD-fed groups. Serum AST and ALT activities in the CC group were significantly lower than those of the HFD-fed group. Taken together, these data demonstrated that CC has potential in preventing high-fat diet induced obesity and is a good candidate for an anti-obesity agent.

Key words : *Coprinus comatus*, Zucker rat, HFD-fed obesity, lipid profiles

서론

대사증후군은 체내 기능 장애, 산화적 손상, 혈전 및 염증 등의 이상 상태와 관련하여 비만, 이상 지질 혈증, 인슐린 저항성, 당대사 이상 및 고혈압 등의 임상증상을 동반하는 일련의 증후군으로 알려져 있다

(Sarti와 Gallagher, 2006). 최근 우리나라에서도 대사 증후군 유병률이 빠르게 증가되고 있는데(Lim 등, 2011), 2010년 국민건강영양조사 결과 우리나라 국민의 영양 섭취 상태가 열량 및 지방의 과잉으로 성인에게서 비만을 증가와 함께 정상 체중인 사람에 비해 비만 인에서 대사증후군의 발병이 2배 이상 높은 것으로 나타나고 있다(Lee 등, 2012). 특히 비만은 섭취

*Corresponding author: Jae-Hyeon Cho, Tel. +82-55-772-2358,
Fax. +82-55-772-2349, E-mail. jaehcho@gnu.ac.kr

량이 신체 대사활동의 소비량보다 높아 잉여물이 지방조직에 축적되므로써 발생되는데(Grundy, 1998), 식이조절 및 활동 등에 의한 체중 조절로 비만 개선이 가능하나, 외부로부터의 식품 유입이 아닌 체내 대사조절계 이상으로 초래되는 비만의 경우 약물에 의존하여 치료하려는 경향이 높다. 따라서 비만 치료약제가 개발되고는 있으나, 의약품의 경우 약물에 의한 부작용을 완전히 배제하기에는 지속적인 연구가 요구되고 있는 실정이므로(Park, 2001) 천연물을 이용하여 부작용을 최소화 한 기능성 소재의 개발에 관한 연구가 필요하다(Park과 Jang, 2009).

버섯류는 영양소 함량은 풍부하나 열량이 낮아 동양에서 만성질환의 예방 목적으로 오래전부터 식용 및 약용으로 사용되어져 왔으며, 최근 항산화 작용, 면역활성 증강, 항암 활성, 심혈관 질환을 비롯한 성인병 예방 등에 효능이 있는 것으로 알려짐에 따라 기능성 건강식품 소재로써 이용이 증가되고 있다(Moradali 등, 2007). 국내에서 약용버섯으로는 상황버섯, 차가버섯, 운지버섯, 영지버섯, 동충하초, 천마, 복령 등이 주류를 이루고 있으며(Qi 등, 2013), 버섯류의 항산화 활성은 주로 페놀성 화합물에 의존적인 것으로 알려져 있다(Xu 등, 2007; Qi 등, 2013). 또한 식용이나 약용버섯에 의한 체내 지질 개선에 관한 연구가 다수 보고된 바 있다(Koh와 Lee, 2005; Kim 등, 2008).

먹물버섯(*Coprinus comatus*)은 봄에서 가을에 걸쳐 정원, 풀밭이나 길가에서 자생하며, 어릴 때는 식용 가능하나, 반드시 가열조리가 필요하며, 민간에서는 중추신경자극 및 건위 등의 효능이 알려져 있다(Ahn, 1992). 먹물버섯에 관한 국내의 기능성 연구로는 자실체 추출물의 돌연변이 억제(Kim 등, 1999), 벤조피렌에 노출된 마우스의 간 손상 보호 효과(Lee 등, 1999) 등에 불과하며, 그 외 생리활성에 대한 연구는 미미한 실정이다.

본 실험은 유전적으로 비만 유전자를 갖고 있는 Zucker rat (*fa/fa*)를 사용하였다. 비만 유전자에 의하여 지방세포에서 분비되는 단백질 leptin은 시상하부의 포만중추에 작용하여 식욕과 에너지 소모 조절에 관여하는데, obese Zucker rat의 경우 leptin receptors의 결손에 의한 leptin signaling 결핍과 관계되어 비만과 과식증이 나타나게 된다(Chua 등, 1996). 또한 Zucker rat의 leptin signaling 결핍은 식이성 비만을 유발시키는 혈액, 위, 시상하부의 peptide 호르몬인 ghrelin과 역비례의 상관관계가 있는 것으로 보고되었다(Beck

등, 2002).

본 연구에서는 지금까지 잘 알려지지 않은 유용버섯인 먹물버섯을 이용한 체내 지질 저하와 관련한 항비만 기능성 소재의 개발 가능성을 알아보기 위하여 먹물버섯 에탄올 추출물의 항산화 활성 및 유전적으로 비만이 유도된 Zucker rat (*fa/fa*)을 대상으로 체내 지질 개선에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 추출물의 제조

먹물버섯(*Coprinus comatus*)은 (주)바이오허브(Jinju, Korea)에서 구입하였으며, 동결건조된 것을 분쇄하여 시료 중량에 대해 10배의 70% 에탄올을 가하여 70°C에서 6시간씩 2회 반복하여 추출하였다. 이를 여과하였으며(Whatman No. 6, Whatman International Ltd., Maidstone, UK) 여과액은 40°C에서 회전식 진공증발 농축기로 농축한 후 -20°C에 보관해 두고 실험에 사용하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

시료 추출물의 총 페놀 함량은 추출물과 동량의 Foline-ciocalteau 시약을 혼합하여 3분간 반응시킨 다음 10% Na₂CO₃ 용액을 가하여 진탕시킨 후 실온의 암실에서 1시간 반응시켰다. 이를 700 nm에서 시료 무첨가구를 대조로 하여 흡광도 측정을 하였다(Gutfinger, 1981). 플라보노이드 함량은 추출물, 10% aluminum nitrate, 1 M potassium acetate 및 에탄올을 혼합한 후 상기와 동일한 방법으로 45분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(Moreno 등, 2000). 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 catechin 및 quercetin (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)에 의한 표준검량선에 따라 산출하였다.

In vitro 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 0.005%의 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 100 µL에 동량의 시료액을 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 시료 무첨가구를 대조로 하여 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). ABTS[2,2-azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazolo-

line-6-sulphonate)] 라디칼 소거활성은 potassium persulfate를 7 mM의 ABTS 수용액에 2.4 mM의 농도로 용해시킨 다음 암실에서 12시간 동안 반응시켜 415 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석시킨 것을 ABTS 기질용액으로 사용하였다. 이 기질 용액 100 μ L에 추출물 50 μ L를 혼합하여 실온에서 5분간 반응시켜 흡광도를 측정하였다(Re 등, 1999). Hydroxyl 라디칼 소거활성(Gutteridge, 1984)은 시험관에 1 mM FeSO₄/EDTA 용액, 10 mM 2-deoxyribose 및 추출물을 각 0.2 mL씩 넣은 후 0.1 M phosphate 완충용액 (pH 7.4) 1.2 mL와 10 mM H₂O₂ 0.2 mL를 차례로 가하여 37°C에서 1시간 반응시켰다. 여기에 2.8% TCA 용액 1 mL를 가하고 95°C 항온수조에서 10분간 반응시킨 다음 급냉각한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 먹물버섯 추출물의 라디칼 소거활성(%)은 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구에 대한 소거활성으로 나타내었다.

실험동물의 사양 및 실험군의 구성

실험동물은 생후 5주령의 150~160 g정도의 Zucker rat (*fa/fa*)을 중앙실험동물(주) (Seoul, Korea)로부터 분양받아, 온도 22±2°C, 습도 50±5%, 명암주기 12시간 (07:00~19:00)으로 자동 설정된 동물실험실에서 사육하였다. 실험군은 체중에 따른 난괴법으로 8 마리씩 2그룹으로 나누어 사육 상자에 한 마리씩 넣어 10주간 실험 사육하였다. 실험군은 대조군(Obese Zucker rat, OZR), 먹물버섯 추출물 급여군(OZR-CC)으로 구분하였다. 비만을 유도하기 위하여 사육 기간 고지방 사료(Rodent Diet with 60% kcal Fat, Samyang Co., Korea)를 급여 하였으며, 먹물버섯 추출물은 정제수에 용해하여 200 mg/kg body weight 농도로 1일 1회 일정시간에 경구 투여하였으며, 실험동물의 체중은 격일 간격으로 측정하였다.

10주간의 실험사육기간 최종일에 실험동물을 16시간 절식시킨 후 에테르로 가볍게 마취시켜 복부를 절개하여 심장 채혈하여 혈액을 얻어 30분간 빙수 중에 정치시켜 980× g에서 15분간 원심분리(Mega 17R, HANIL, Incheon, Korea)하여 혈청을 분리하였다. 간 조직은 채혈 직후 적출하여 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 흡수지로 물기를 제거하고 중량을 측정하였으며, 부고환 및 신장 주변지방은 적출하여 중량을 측정하여 최종 체중에 대한 백분율로 나타내었다.

혈중 지질성분 분석

혈중 중성지방(triglyceride)은 중성지방 측정용 kit 시약(AM 157S-k, Asan, Korea), 총 콜레스테롤(total cholesterol)은 총 콜레스테롤 측정용 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol) 함량은 HDL-C 측정용 kit시약 (AM 203-k, Asan, Korea)으로 각각 측정하였다.

간 기능 효소 활성 측정

간 기능 평가를 위한 혈중 지표로서 AST (aspartate aminotransferase) 및 ALT (alanine aminotransferase) 활성 측정은 kit시약(AM 101-k, Asan pharm. Co.)으로 측정하였다.

간 조직의 지질 성분 분석

간 조직 1 g을 정평하여 chloroform과 methanol 혼합액(CM, 2:1, v/v)을 가하여 Poter-Elvehjem tissue grinder (WOS01010, DAIHAN, Wonju, Korea)로 마쇄하여 4°C에서 24시간 동안 간 조직으로부터 지질 성분을 추출하였다. 이를 여과하여 건조시킨 후 에탄올에 재용해한 후, 상기의 혈액 분석과 동일한 kit시약으로 간 조직의 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량을 분석하였다.

통계 분석

모든 결과는 SPSS 12.0 package program을 사용하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 실험군간의 유의차 검정은 독립표본 t-test를 이용하여 검정하였다.

결 과

먹물버섯의 *in vitro* 생리활성 평가

먹물버섯 80% 에탄올 추출물의 라디칼 소거활성 및 유효성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. DPPH 라디칼 소거활성은 15.34%, ABTS 라디칼 소거활성은 17.25%였으며, hydroxyl 라디칼소거활성은 16.18%였다. 추출물의 유효성분으로 총 페놀 함량은 18.5 mg/g이었으며, 플라보노이드 함량은 5.24 mg/g으로

이는 총 페놀 함량에 대해 약 28.3%에 해당되었다.

체중 변화, 간장 및 체지방 중량

5주령의 Zucker rat (*fa/fa*)에 먹물버섯 에탄올 추출물을 10주간 급이하여 사육하는 동안 체중 변화는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 초기 체중은 155~160 g 이었는데, 실험사육 기간동안 점차 증가되었으며, 실험사육 5주 이후에는 실험군간에 유의적인 차이를 보였다. 10주 이후에는 대조군(OZR)에서 438 g, 먹물버섯 급이군(OZR+CC)은 371 g으로 실험 전 기간 동안 초기체중에 비해 각각 2.8배 및 2.3배의 체중 증가 현상을 보였다.

간장 및 체지방 중량을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이, 간장의 중량은 대조군(11.97 g)에 비해 먹물버섯 급이군(OZR+CC)에서 9.75 g으로 유의적인 감소를 보였다. 체지방 중량을 총 체중당 비율로 측정된 결과, 부고환 주변지방은 대조군에서 17.56%, 먹물버섯 급이군에서 14.34%였으며, 신장 주변지방의 중량은 각각 22.34% 및 18.95%로 먹물버섯 추출

물의 급이로 인해 체지방의 차지 비율이 감소되어 전반적인 체지방량이 적어지는 것으로 확인되었다. 따라서 먹물버섯 추출물이 체내 지질 축적 방어에 효과적일 것으로 추정된다.

혈중 지질성분

Zucker rat (*fa/fa*)을 10주간 실험사육하는 동안 먹물버섯 에탄올 추출물의 급이에 따른 혈중 지질성분 함량을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 대조군에 비해 먹물버섯 추출물 급이군에서 혈중 중성지방은 15.8%, 총 콜레스테롤 함량은 21.7%의 감소로 실험군간에 유의적인 차이를 보였다. HDL-C 콜레스테롤 함량은 먹물버섯 추출물 급이군에서 20.5 mg/dL로 대조군에 비해 1.7배 상승된 수준이었다.

Table 1. Antioxidant activities and total phenol and flavonoids contents in the 80% ethanolic extract of *Coprinus comatus*

<i>Coprinus comatus</i>	
DPPH radical scavenging activity (%)	15.34±0.85
ABTS radical scavenging activity (%)	17.25±0.20
Hydroxyl radical scavenging activity (%)	16.18±0.78
Total phenol content (mg catechin/g, extract)	18.50±1.10
Flavonoids content (mg QE/g, extract)	5.24±0.54

Total phenol and total flavonoid contents are expressed as milligrams of catechin and quercetin (QE) equivalent/g of extract, respectively. The values are presented as the mean±SD (n=4).

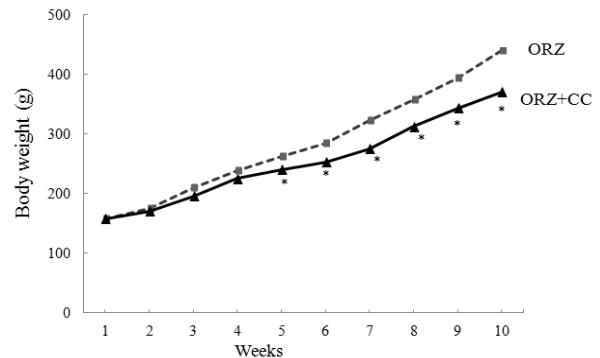


Fig. 1. Effect of *Coprinus comatus* (CC) on Body weight change of high-fat diet-fed Zucker rats (*fa/fa*). OZR: high-fat diet-fed Zucker rats. OZR+CC: high-fat diet plus CC extracts (200 mg/kg bw)-fed Zucker rats. All data are mean±SD (n=10). *This superscripts are significantly different between the different group by Student t-test at $P < 0.05$. All data are mean±SD (n=10).

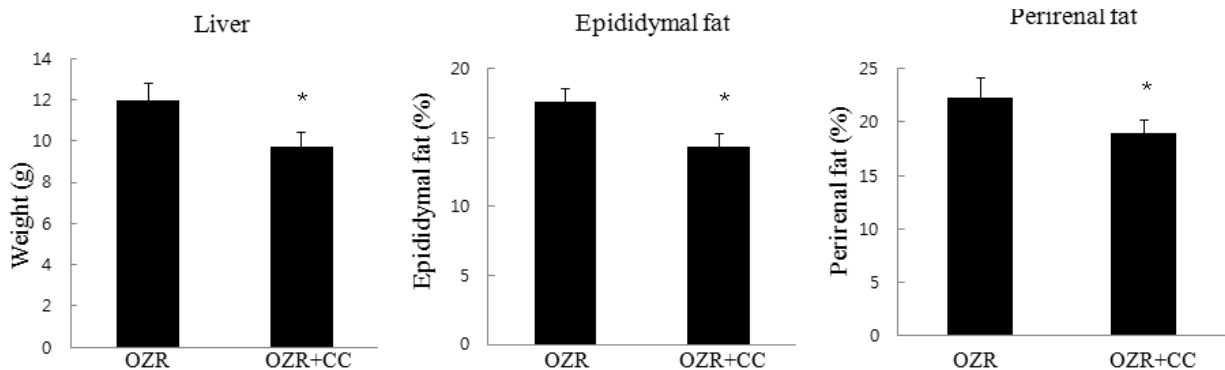


Fig. 2. Effect of CC on liver, epididymal fat, and perirenal fat weights of high-fat diet-fed Zucker rats. *This superscripts are significantly different between the different group by Student *t*-test at $P < 0.05$. All data are mean±SD (n=10).

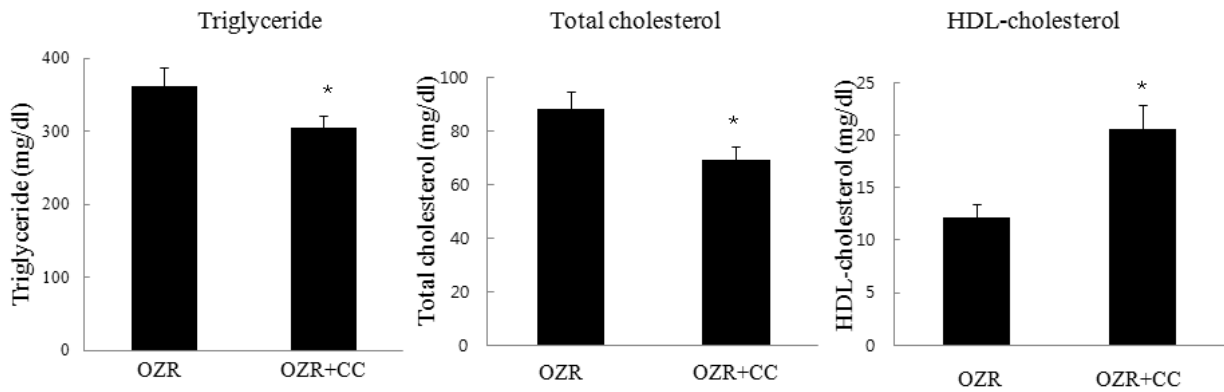


Fig. 3. Effect of *Coprinus comatus* extract for the lipid profiles in serum of high-fat diet-fed Zucker rats. *This superscripts are significantly different between the different group by Student *t*-test at $P < 0.05$. All data are mean \pm SD (n=10).

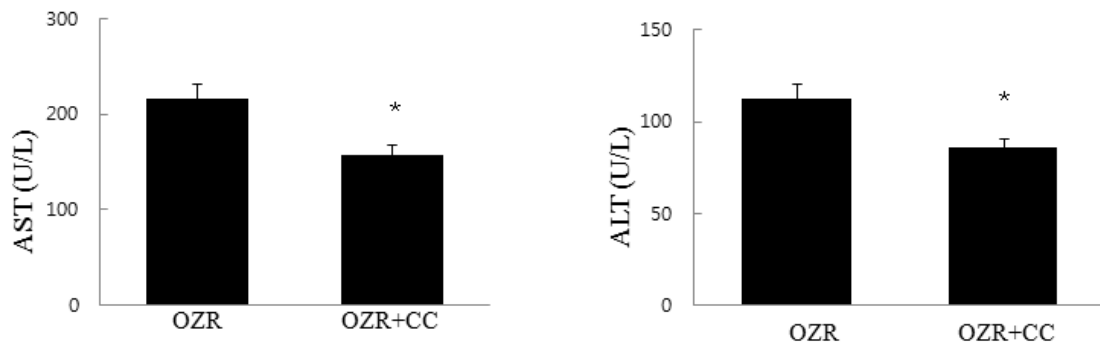


Fig. 4. Effect of *Coprinus comatus* extract for the AST and ALT activity in serum of high-fat diet-fed Zucker rats. *This superscripts are significantly different between the different group by Student *t*-test at $P < 0.05$. All data are mean \pm SD (n=10).

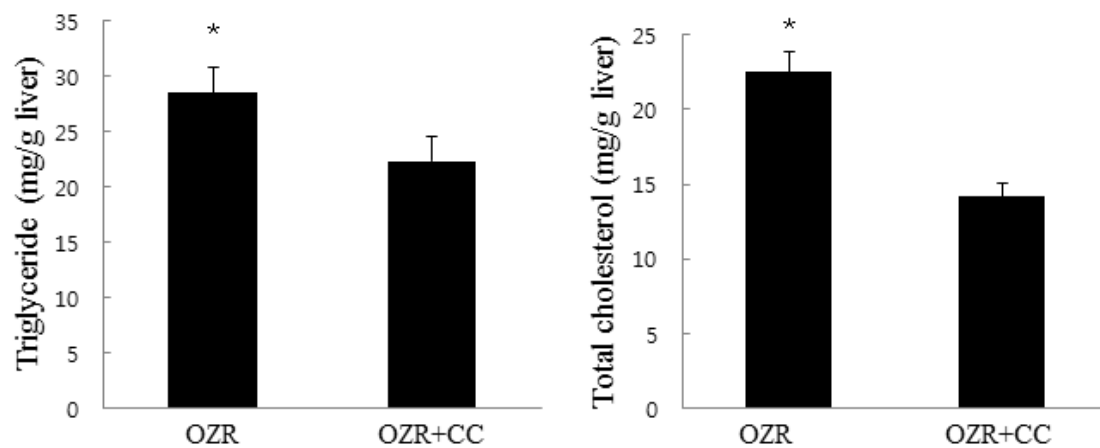


Fig. 5. Effect of *Coprinus comatus* extract for the lipid profiles in liver tissue of high-fat diet-fed Zucker rats. *This superscripts are significantly different between the different group by Student *t*-test at $P < 0.05$. All data are mean \pm SD (n=10).

간 기능 효소활성

먹물버섯 에탄올 추출물의 급이로 10주간 실험사육 후 Zucker rat (*fa/fa*)의 혈중 간 기능 효소활성을

측정한 결과는 Fig. 4와 같다. AST 활성은 대조군에서 215.75 U/L이었으며, 먹물버섯 추출물 급이군에서는 156.6 U/L으로 27.4% 감소되었다. ALT활성은 대조군에서 112.40 U/L이었으나, 먹물버섯 추출물 급이

시 85.6 U/l로 23.8% 감소되었다.

간 조직의 지질 성분

Zucker rat (*fa/fa*)을 10주간 실험 사육하는 동안 먹물버섯 에탄올 추출물의 혼합급이에 따른 간 조직 중 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 Fig. 5와 같다. 중성지방 함량은 대조군에서 28.5 mg/g이었으나, 먹물버섯 추출물 급이시 22.3 mg/g으로 21.8% 감소되었다. 총 콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 36.9% 낮아 실험군간에 유의적인 차이를 보였다.

고 찰

본 연구는 먹물버섯 에탄올 추출물로부터 라디칼 소거에 의한 항산화 활성 및 유효성분으로 총 페놀 화합물과 플라보노이드 함량을 분석하였으며, 유전적으로 비만이 유도된 Zucker rat (*fa/fa*)에 대한 체내 지질 성분을 변화를 측정함으로써 지질 개선으로 인한 항비만 기능성 식품소재로서의 이용가능성을 알아보고자 하였다.

DPPH는 지질산화에 관여하는 유리라디칼의 비공유 결합을 소거하므로써 항산화활성을 나타내며(An-cerewicz 등, 1998), ABTS 라디칼 소거활성은 양이온 라디칼의 소거에 의한 항산화 활성으로 DPPH 라디칼 소거활성과 상관성이 높고 유효 물질이 페놀 화합물과 관련된다고 보고되어 있으며(Choi 등, 2003), hydroxyl radical은 활성산소 중에서 화학적으로 반응성이 가장 크며 생체 내 산화 작용의 원인으로 DNA 손상이나 돌연변이 유발 물질로 알려져 있다(Qi 등, 2013).

시판중인 국내산 버섯 14종의 메탄올 추출물의 실험에서 DPPH와 ABTS 자유라디칼 소거능에 따른 항산화 활성은 51.2~90.1%였으며, 상황버섯에서 90% 이상의 라디칼 소거활성을 보였는데, 이들 시료 중 총 페놀 화합물의 함량은 10.0~317.2 mg/g으로 상황버섯의 함량이 가장 높았으며, 시료 중 총 페놀 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과의 상관관계(R^2)가 각각 0.76, 0.84인 것으로 고려해 볼 때 버섯류의 라디칼 소거활성과 시료 중의 총 페놀 함량은 유의적인 관계가 높다고 보고되어 있다(Hong 등, 2012). 한편 국내의 식용 및 약용 버섯의 생리활성을 비교한 연구에서 약용버섯은 식용버섯에 비해 항산화 및 소

화기계성 암 발생 억제에 더 효과적이었으며, 이러한 이유가 약용 버섯류 중에 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 더 많았기 때문이라고 보고되어 있다(Qi 등, 2013).

본 연구 결과에서 먹물버섯 에탄올 추출물에서 이들 라디칼에 대한 소거활성이 두드러지게 나타난 것도 시료 중 유효성분의 존재로 추정할 수 있으며, 더욱이 시료의 총 페놀 함량이 플라보노이드 함량에 비해 약 3.3배의 수준으로 총 페놀 함량이 높은 것으로 보아 시료의 항산화 활성은 페놀성 화합물에 의존적일 것으로 추정된다.

이와 같이 천연 식물류에서 페놀성 화합물은 *in vitro*상에서 유리라디칼을 직접적으로 소거함으로써 지질과산화물의 생성을 저해하며, 플라보노이드류는 hydroxyl기에 의해 *in vitro*에서 지방 분해효소의 작용을 촉진시킴으로써 항비만 활성을 가지는 것으로 보고된 바 있다(Lee 등, 2013). 이러한 현상은 생체 내에서도 유사한 기작에 의해 일어나는 것으로 알려져 있다(Ozsoy 등, 2009).

비만 Zucker rat (*fa/fa*)은 지방세포에서 분비되는 항비만 인자로 섭식억제와 에너지 소비 촉진을 유도하는 peptide성 호르몬인 leptin이 결핍되어 비만이 유도된다(Beck 등, 2002). 특히, 8~20주령 사이에 고혈압을 비롯하여 비만, 고중성지방혈증, 고콜레스테롤혈증(Zucker와 Zucker, 1962), 인슐린 저항성 및 고인슐린혈증(Zucker와 Antoniades, 1972) 등이 자연 발생하는 유전적 특이성을 가지므로 인체 대사증후군에 대한 실험 모델로써 폭넓게 이용되고 있다(Artiñano와 Castro, 2009).

본 연구에서 먹물버섯 에탄올 추출물을 유전적으로 비만인 Zucker rat (*fa/fa*)에 급이하여 10주간 사육하는 동안 대조군에 비해 체중 증가량이 유의적으로 감소되었으며, 간장의 중량, 체내 부고환 주변지방 및 신장 주변지방의 중량도 대조군에 비해 유의적인 차이로 감소되었다. 특히 먹물버섯 에탄올 추출물은 체내 중성지방의 감소에 비해 총 콜레스테롤 수준의 감소에 더 효과적이었다.

고지방식이에 새송이버섯 분말을 3% 및 5% 혼합 급이하여 5주간 실험 사육하였을 때 체중증가량은 대조군에 비해 31% 및 34% 감소되었으나, 간장 및 부고환 주변지방의 중량은 대조군과 유의차를 보이지 않았다고 보고된 바 있다(Koh와 Lee, 2005). 고지방식이에 5% 수준으로 혼합 급이된 신령버섯 분말도 혈중 콜레스테롤 저하, HDL-콜레스테롤의 증가 및

혈액 및 간 조직의 중성지방 수준 감소 등에 효과적인 것으로 보고되었으며(Oh 등, 2004). 흰목이버섯 분말도 고콜레스테롤 식이에 혼합되어 Sprague-Dawley 계 흰쥐에 급이 되었을 때 혈중 중성지방 및 총 콜레스테롤 수준을 감소시켰는데, 시료 중의 β -glucan이나 미확인된 유효성분에 의하여 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 추정된 바 있다(Cheung, 1996). 또한 SD 계 흰쥐를 대상으로 미이용자원인 유용버섯인 *Lentinus tuber-regium* 버섯분말을 식이 중 탄수화물 급원인 starch에 대하여 50~100%로 대체했을 때(총 식이량에 대해 28.7~57.3%), 혈중 총 콜레스테롤 함량 감소와 HDL-콜레스테롤 수준을 증가시켰으며, 특히 100% 대체군에서 동맥경화지수가 약 13% 감소되었다는 보고가 있다(Choi 등, 2001). 한방에서 고지혈증, 당뇨 및 비만 등의 치료를 위한 대표적인 약제로 사용되는 ‘육미지황탕’ 제제는 Zucker (*fa/fa*) rat에서 혈중 중성 지방 및 총 콜레스테롤 수치를 대조군에 비해 유의적으로 감소시켰는데, Zucker (*fa/-*) rat에서 시료의 급이에 따라 혈중 중성지방 수준은 유의적으로 감소시켰으나, 체중 증가 및 총 콜레스테롤 수준은 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고되어 있다(Seo 등, 2000). 이와 같이 식용버섯이 고지방식이성 실험 동물에서 혈액 및 간 조직의 지질 수준을 감소시킨다는 연구가 다수 보고되어져 있는데(Koh와 Lee, 2005; Kim 등, 2008), 운지버섯 균사체 배양의 경우 시료 중 다당류와 섬유소가 장에서 지질 흡수를 지연시키기 때문이라고 추정된 바 있다(Moon과 Koh, 2004).

체내 지질 축적으로 인한 산화적 스트레스는 비만과 인슐린 저항성, 고혈압 등의 질환과 관련성이 높다. 일반적으로 천연물에 존재하는 다수의 생리활성 물질은 페놀성 화합물로서 항산화 능력을 보유하고 있는 것으로 알려져 있으며, 항산화제의 섭취와 체중 감량 효과와는 밀접한 관계가 있다고 보고되어져 있다(Valdecantos 등, 2009). Kim 등(2009)도 플라보노이드를 주성분으로 함유한 추출물의 경우 체중증가와 관련된 비만인자에 직접적인 효과를 나타내었다고 보고한 바 있다.

마우스에 대해 10 mg/kg bw의 먹물버섯 에탄올 추출물을 5일간 급이 유무에 따른 생체막 조직의 과산화지질의 함량이나, 혈중 AST 및 ALT 활성이 정상군과 시료 급이군간에 유의차가 없는 것으로 나타나 먹물버섯의 급이가 간 세포에 대한 독성이 없는 것으로 보고되어 있다(Lee 등, 1999). 또한 벤조피렌에 의한 간 독성 유발 시 생성된 유리라디칼에 의한 지질

과산화 반응이 먹물버섯 추출물에 의해 감소됨으로써 간 세포 내 항산화 효소활성을 상승시켰는데(Lee 등, 1999), 이러한 현상은 본 실험에서 먹물버섯의 *in vitro* 항산화 활성과도 관련이 높을 것으로 추정되며, 시료 중의 총 페놀 화합물에 의존적인 것으로 판단된다.

이상의 실험 결과에서 먹물버섯은 시료 중의 총 페놀 화합물에 의존하여 시료 자체의 항산화 활성과 함께 비만 유도 rat에 급이되므로써 체내 혈액 및 간 조직의 지질 축적 억제 활성이 확인한 바, 미이용 자원인 유용 식물로써 체내 지질 개선에 따른 항비만 활성이 있는 것으로 추정되는 바, 향후 이와 관련된 기능성 식품소재로 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기본연구사업 연구임(No. 2013053810).

참 고 문 헌

Ahn DK. 1992. Medicinal fungi in Korea. *Kor J Mycol* 20: 154-166.

Ancerczewicz JE, Migliavacca PA, Carrupt B, Testa F, Bree R, Zini JP, Tillement S, Labidalle D, Guyot AM. 1998. Chauvent-Monges., Crevat, A. and Ridant, A. L. : Structure property relationships of trimetazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radical Bio Med* 25: 113-120.

Beck B, Musse N, Stricker-Krongrad A. 2002. Bhrelin, macronutrient intake and dietary preferences in long-evans rats. *Biochem Biophys Res Comm* 292: 1031-1035.

Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200

Cheung PCK. 1996. The hypercholesterolemic effect of two edible mushrooms: *Auricularia aurivula* (tree-ear) and *Tremella fuciformis* (white jelly-leaf) in hypercholesterolemic rats. *Nutr Res* 16: 1721-1725.

Choi JH, Park SH, Kim DI, Kim JM, Kim CNM, Kim GP. 2001. Effects of edible *Lentinus tuber-regium* on the obesity and lipid metabolism of SD rats. *The Korean J Mycology* 29: 47-51.

Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS. 2003. The antioxidant activities of some commercial test. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.

Chua SC Jr, Chung WK, Wu-Peng XS, Zhang Y, Liu SM,

- Tartaglia L, Leibel RL. 1996. Phenotypes of mouse diabetes and rat fatty due to mutations in the OB (leptin) receptor. *Science* 271: 994-6.
- De Artiñano A, Castro M. 2009. Experimental rat models to study the metabolic syndrome. *Br J Nutr* 9: 1246-1253.
- Grundy SM. 1998. Multifactorial causation of obesity: implications for prevention. *Am J Clin Nutr* 67: 563S-572S.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
- Gutteridge JM. 1984. Reactivity of hydroxyl and hydroxyl-like radicals discriminated by release of thiobarbituric acid reactive material from deoxy sugars, nucleosides and benzoate. *Biochem J* 224: 761-767.
- Hong MH, Jin YJ, Pyo YH. 2012. Antioxidant properties and ubiquinone contents in different parts of several commercial mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1235-1241.
- Kim HJ, Lee BH, Kim OM, Bae JT, Park SH, Park DC, Lee KR. 1999. Antimutagenic effect of the fruiting body and the mycelia extracts of *Coprinus comatus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 452-457.
- Kim SG, Choi JW, Park HJ, Lee SM, Jung HJ. 2009. Anti-hyperlipidemic effects of the flavonoid-rich fraction from the methanol extract of *Orostachys japonicas* in rats. *Kor J Pharmacogn* 40: 51-58.
- Kim YD, Kim NS, Eom SY, Kim SH, Kang JW, Lee SW, Park SY, Kim JS, Kim H, Hong JS. 2008. Effects of extracts from the mushroom Keumsa Sangwhang (*Phellinus linteus*) on fasting blood glucose and cholesterol levels in human. *Korean J Food Culture* 23: 68-72.
- Koh JB, Lee CU. 2005. Effect of *Pleurotus eryngii* on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci* 34: 626-631.
- Koh JB, Lee CU. 2005. Effects of *Pleurotus eryngii* in lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 626-631.
- Lee BH, Kim HJ, Chang JS, Bae JT, Park SH, Hee SO, Kim OM, Lee BR, Choi BS, Lee KR. 1999. Inhibitory effect of *Coprinus comatus* ethanol extract on the liver damage in Benzo(a)pyrene-treated mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1364-1368.
- Lee HS, Choi JH, Kim YE, Lee CH. 2012. Effect of dietary intake of *Salicornia herbacea* L. hot water extract on anti-obesity in diet-induced obese rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 950-956.
- Lee SJ, Kwon MH, Kwon HJ, Shin JH, Kang MJ, Kim SH, Sung NJ. 2013. Effect of red garlic-composites on the fecal lipid level and hepatic antioxidant enzyme activity in rats fed a high fat-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 17-25.
- Lim S, Shin H, Song JH, Kwak SH, Kang SM, Won Yoon J, Choi SH, Cho SI, Park KS, Lee HK, Jang HC, Koh KK. 2011. Increasing prevalence of metabolic syndrome in Korea: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey for 1998-2007. *Diabetes care* 34: 1323-1328.
- Moon SP, Koh JB. 2004. Effect lipid culture of *Coriolus versicolor* on lipid metabolism enzyme activities in rats fed high fat diet. *Korean J Nutr* 37: 88-94.
- Moradali MF, Mostafavi H, Ghods S, Hedjaroude GA. 2007. Immunomodulating and anticancer agents in the realm of macromycetes fungi (macrofungi). *Int Immunopharmacol* 7: 701-724.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
- Oh SW, Lee CU, Koh JB. 2004. Effect *Agaricus blazei* Murill on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 821-826.
- Ozsoy N, Yilmaz T, Kurt O, Can A, Yanardag R. 2009. *In vitro* antioxidant activity of *Amaranthus lividus* L. *Food Chem* 116: 867-872.
- Park HS. 2001. Pharmacological therapy of obesity. *Kor J Soc Study Obes* 10: 118-127.
- Park JO, Jang HW. 2009. Effects of *Sasa coreana*, Nakai on the lipid compositions of serum in high cholesterol diet rats. *J Life Sci* 19: 1145-1151.
- Qi Y, Zhao X, Lim YI, Park KY. 2013. Antioxidant and anti-cancer effects of edible and medicinal mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 655-662.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Sarti C, Gallagher J. 2006. The metabolic syndrome: prevalence, CHD risk, and treatment. *J Diabetes Complications* 20: 121-132.
- Seo EK, Kang Dh, Seo JW, Kim KS, Lee TK, Lee YC, Nam KS, Kim CH. 2000. Anti-diabetic effect of Yukmijijwang-tang-Jahage in obese Zucker rats. *Korean J Life Sci* 10: 388-396.
- Valdecantos MP, Pérez-Matute P, Martínez JA. 2009. Obesity and oxidative stress: role of antioxidant supplementation. *Rev Invest Clin* 61: 127-139.
- Xu XM, Jun JY, Jeong IH. 2007. A study on the antioxidant activity of Hae-Songi mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) hot water extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1351-1357.
- Zucker LM, Antoniades HN. 1972. Insulin and obesity in the Zucker genetically obese rat 'fatty'. *Endocrinology* 90: 1320-1330.
- Zucker TF, Zucker LM. 1962. Hereditary obesity in the rat associated with high serum fat and cholesterol. *Proc Soc Exp Biol Med* 110: 165-171.