

표고버섯이 고지방식으로 유도한 비만 흰쥐에 미치는 항비만 효과

이미라¹ · 오득실² · 위안진² · 윤병선² · 장순애³ · 성창근^{1*}

¹충남대학교 식품공학과

²전라남도 산림자원연구소

³한밭대학교 산학협력단

Anti-Obesity Effects of *Lentinus edodes* on Obese Mice Induced by High Fat Diet

Mi Ra Lee¹, Deuk Sil Oh², An Jin Wee², Byung Sun Yun², Soon Ae Jang³, and Chang Keun Sung^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Jeollanam-do Forest Resource Research Institute, Jeonnam 520-833, Korea

³Hanbat University Industry Collaboration Foundation, Daejeon 305-719, Korea

ABSTRACT The aim of this study was to investigate the anti-obesity effects of *Lentinus edodes* water extract powder (LEP) in mice fed a high fat diet (HF, 45% kcal fat). Mice were administrated a HF diet supplemented with 1%, 3%, or 5% LEP for 12 weeks. Consumption of HF diet caused increases in body weight, serum lipid profiles, and adipose tissue weights. Serum TC and TG levels in the LEP-supplemented groups were lower than those in the NC group. Supplementation with 5% LEP significantly suppressed body weight gain and reduced the weight of subcutaneous adipose tissue compared to the HF group. HF diet ingestion resulted in higher lipid content and increased lipid peroxidation in the liver. However, LEP supplementation inhibited accumulation of hepatic lipids induced by HF diet, considerably decreased MDA levels, and elevated total antioxidant activity in the livers of mice in the 5% LEP group. Histopathological analysis indicated that the livers of mice fed HF diet developed hepatic steatosis, whereas LEP-treated groups showed small fat droplets. These results suggest that long-term supplementation with LEP may also have an ameliorating effect on HF-induced obesity.

Key words: *Lentinus edodes*, high fat diet, obesity, antioxidant

서 론

비만은 고혈압, 심혈관계질환, 당뇨병, 암과 같이 식이와 관련한 만성질환의 발병과 사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있다(1,2). 세계보건기구(WHO)는 비만을 '21세기 신종 전염병'으로 지목할 정도로 위협적인 질병으로 대두되고 있으며, 2015년 전 세계 인구의 약 23.4%가 비만이 되고 10년 후에는 비만인구가 현재보다 50% 증가할 것으로 전망하고 있다(3).

비만은 유전적, 환경적, 사회적 요인 등 다양한 원인들이 관여하는 복합적 증후군이며 에너지의 과잉섭취, 육체활동 감소 등으로 에너지 불균형이 일어나 체조직에 지방이 과도하게 축적되어 나타나는 현상으로, 선진국에서 신흥국으로 급속도로 확산되고 있는 추세이다(4). 현재 미국 FDA에서 허가된 비만치료제인 orlistat와 sibutramine는 장기 복용에 따른 부작용이 있어 천연물을 이용한 비만 치료제 개발이

진행되고 있다(5,6).

버섯은 단백질, 지방, 탄수화물, 비타민, 무기질이 골고루 함유되어 있으며, 독특한 향과 맛을 갖고 있어 기호성이 높은 식품일 뿐 아니라, 항암작용, 생체조절기능, 심장병, 뇌졸중 등 성인병에 대한 예방과 개선효과가 있어 버섯에 대한 관심이 높아져 많은 연구가 진행되고 있다(7,8). 그중 표고버섯(*Lentinus edodes*)은 활엽수에 기생하는 담자균류 주름버섯 느타리과에 속하는 것으로 항암, 혈당강하, 고혈압, 콜레스테롤 저하, 항산화력 등의 생리활성이 있어 건강식품으로 각광을 받고 있다(9-12). 표고버섯의 기능성 물질로는 항암활성 물질인 lentinan(β -1,3-D-glucan), hypocholesterol성 물질인 eritadenine, polyene계의 항균 작용이 있는 물질 등이 발견되었다(13-15). 이 중 β -glucan은 버섯이나 곰팡이 등의 진균류를 포함한 미생물의 주요 세포벽에서 발견되고, 보리, 호밀, 귀리 등의 작물에도 많이 함유되어 있다. 귀리의 β -glucan은 포만감을 증가시켜 식이섭취량을 감소시키고 혈장 지질농도를 낮추며, 영양소의 흡수를 지연시키는 효과가 있는 것으로 보고되었다(16).

지방조직이 필요 이상 과도하게 축적되면 정상적인 생리,

Received 27 September 2013; Accepted 24 October 2013

*Corresponding author.

E-mail: kchsung@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6722

생화학적 기능에 영향을 미쳐 염증질환의 주된 원인으로 작용하게 되고, 혈중 LDL-cholesterol과 중성지방의 증가, HDL-cholesterol 농도 감소, 인슐린 저항성을 증가시켜 심혈관계질환을 유발한다(17). 본 연구는 전체 kcal의 45%를 동물성 lard로 구성된 고지방식이와 함께 표고버섯 물추출 분말을 용량별로 섭취하였을 때, 식이섭취량, 체지방량, 혈청지방 농도 등에 어떤 영향을 주는지 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

표고버섯 추출 분말

본 실험에 사용한 표고버섯 물추출 분말은 전라남도 산림자원연구소(전북 나주)에서 제공받아 사용하였다.

식이제조

본 실험의 기본식이 조성은 AIN-93에 따라 제조하였다(Table 1). 고지방식은 총 에너지의 45%를 lard로 첨가하여 제조하였으며, 표고버섯 물추출 분말 첨가식은 Choi 등(18)과 Chandra 등(19)의 연구를 참고하여 고지방식에 1%, 3%, 5% 수준으로 표고버섯 물추출물을 첨가하여 pellet 사료로 제형한 후 공급하였다.

실험동물

6주령의 C57BL/6 수컷 마우스 30마리를 (주)대한바이오텍(충북 음성)에서 분양받아 1주간 일반식으로 적응시킨 후 난괴법(randomized complete block design)으로 각 처리군당 6마리씩 5그룹으로 나누었다. 실험식은 대조군(normal control diet, NC), 고지방식이군(high fat diet, HF), 1%, 3%, 5% 표고버섯 물추출 분말 첨가군(*Lentinus*

deodes extract powder, LEP)으로 나누어 12주간 사육하였다. 사육실 환경은 온도 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 $55\pm 5\%$ 로 일정하게 유지하고 12시간 주기로 명암을 자동조절 하였다. 사육기간 동안에 사료와 물은 자유섭취 방법으로 급식하였고, 사료 섭취량은 매일 오전 10시에, 체중은 1주일 간격으로 일정한 시간에 측정하였다.

변배설량 및 변지방량 측정

식이 섭취 10주와 11주에 3일간의 변을 받아 건조한 후 무게를 측정하였다. 변지방은 Folch 방법을 변형하여 측정하였다(20). 변 분말 1 g과 chloroform : methanol(2:1) 용액 20 mL를 넣어 25°C 에서 3시간 shaking한 후 1차 여과하였다. 다시 chloroform 15 mL를 넣고 같은 조건에서 overnight shaking하여 지방을 추출한 후 여과하여 1차 여과액과 합하여 농축한 다음 지방함량을 측정하였다.

지방조직 적출 및 혈청 분석

18시간 이상 절식시킨 실험동물을 CO_2 가스로 마취하여 심장 채혈하여 응고시킨 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 분리된 혈청을 -80°C 에 냉동보관 하였다. 혈청 중의 총콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤은 영동제약(Yongin, Korea) 분석 kit를 이용하여 분석하였고, LDL-콜레스테롤 함량은 Friewald 식(총콜레스테롤-(HDL-콜레스테롤-중성지방/5))에 의해 계산하였다(21). 지방조직은 부고환지방, 신장후 복막지방, 피하지방을 적출하였다.

간조직의 지질함량, 지질과산화물 함량 및 총항산화능 측정

간의 총 지질함량은 Folch 방법을 변형하여 분석하였다(20). 간조직을 buffer(12.5 mM sodium phosphate buffer, pH 7.0, 400 mM NaCl)로 균질화시킨 후 7,000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 시료로 사용하였다. 간조직액의 지질과산화물 함량은 TBARS(thiobarbituric acid reactive substances) 방법을 이용하여 분석하였다(22). 총항산화능(total anti-oxidative capacity, TAOC)은 분석 kit(Nanjing Jiancheng Bioengineering Institute, Nanjing, China)를 이용하여 측정하였다.

간조직 염색

적출한 간조직 일부를 10% 포르말린 용액에 24시간 고정하여 파라핀으로 포매한 후, 4 μm 의 절편을 만들어 hematoxylin과 eosin으로 염색하여 관찰하였다.

통계방법

실험결과는 mean \pm SD로 나타내었고, 통계처리는 IBM SPSS ver. 20.0(IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 one-way ANOVA로 분석하였다. 처리군 간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $P < 0.05$ 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

Table 1. Composition of the experimental diet

Contents (g/kg)	NC	HF	LEP		
			1%	3%	5%
Casein	200	200	200	200	200
Corn starch	457	260	250	230	210
Sucrose	200	200	200	200	200
Soybean oil	43	25	25	25	25
Lard	0	215	215	215	215
Cellulose	50	50	50	50	50
Choline bitartrate	2	2	2	2	2
L-Cysteine	3	3	3	3	3
Mineral mix	35	35	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10	10	10
LEP	—	—	10	30	50
Total grams	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calories from protein (%)	21	17	17	17	17
Calories from fat (%)	10	45	45	45	45

Mineral and vitamin mixtures (AIN-93) were purchased from Samtako (Osan, Korea). NC, normal control; HF, high fat diet; LEP, *Lentinus edodes* extract powder.

Table 2. Effect of LEP supplementation on body weight gain, food intake, and food efficacy ratio in mice fed experimental diet

Group	Initial weight (g)	Final weight (g)	Food intake (g/d)	FER ¹⁾ (%)
NC	24.75±1.17	33.08±4.03 ^c	2.78±0.29 ^b	3.98±0.98 ^c
HF	23.45±0.90	40.15±3.97 ^a	3.10±0.34 ^a	6.72±1.36 ^a
1% LEP	23.58±0.66	38.17±1.72 ^{ab}	2.71±0.30 ^b	5.71±0.31 ^{ab}
3% LEP	23.25±1.13	36.83±3.93 ^{abc}	2.59±0.29 ^b	5.38±0.62 ^{abc}
5% LEP	23.17±1.47	34.92±2.99 ^{bc}	2.55±0.31 ^b	5.02±1.12 ^{bc}

Experimental mice were fed NC, HF, and HF supplemented with 1%, 3%, or 5% LEP for 12 weeks.

NC, normal control; HF, high fat; LEP, *Lentinus edodes* extract powder.

Values are expressed as mean±SD (n=6).

Different superscripts in the same column indicate significant differences between the groups ($P<0.05$).

¹⁾FER (food efficiency ratio)=(body weight gain/ food intake) ×100.

결과 및 고찰

체중, 식이섭취량 및 식이효율

12주간 고지방 식이와 표고버섯 추출물을 먹인 실험동물의 체중 변화, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2에 나타내었다. HF군의 최종체중은 40.15 g으로, NC군 33.08 g보다 21% 증가하여 고지방식이로 인한 비만 유도를 확인할 수 있었다. LEP군은 추출물의 첨가량이 증가할수록 체중 증가가 억제되었다. HF군과 비교하였을 때 각각 4.9%, 8.3%, 13.0% 체중이 감소하였으며, 5% LEP군만이 통계적 유의성을 나타냈다. 식이섭취량과 식이효율은 HF군에서 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). LEP군의 식이섭취량은 HF군보다 유의적으로 감소하였으나 식이효율은 5% LEP군에서 유의적인 차이를 나타냈다. LEP군의 식이섭취량 감소는 표고버섯에 함유된 식이섬유소에 의해 장 내용물의 점성이 증가되어 식후 포만감을 상승시켜 식이섭취량이 감소하게 되는 수용성 식이섬유소의 작용에 의한 것으로 사료된다(23).

지방조직 무게

식이지방과 표고버섯 추출물 섭취에 따른 부고환지방, 신장후 복막하지방, 피하지방의 무게를 비교한 결과는 Table

Table 3. Effects of LEP supplementation on white adipose tissue weight in mice fed experimental diet

Group	White adipose tissue			
	Epididymal	Subcutaneous	Retroperitoneal	Total
NC	4.43±0.65 ^b	2.26±0.67 ^b	1.62±0.25 ^b	8.31±1.41 ^b
HF	5.37±0.39 ^a	4.46±1.22 ^a	2.58±0.38 ^a	12.40±1.58 ^a
1% LEP	5.19±0.45 ^a	3.42±0.55 ^{ab}	2.06±0.28 ^{ab}	10.68±1.14 ^a
3% LEP	5.74±0.37 ^a	3.02±1.00 ^b	2.04±0.89 ^{ab}	10.80±0.80 ^a
5% LEP	5.64±0.40 ^a	3.06±0.72 ^b	2.27±0.30 ^a	10.97±1.27 ^a

Experimental mice were fed NC, HF, and HF supplemented with 1%, 3%, or 5% LEP for 12 weeks.

NC, normal control; HF, high fat; LEP, *Lentinus edodes* extract powder.

Values are expressed as mean±SD (n=6).

Different superscripts in the same column indicate significant differences between the groups ($P<0.05$).

3과 같다. 전체 총지방량은 HF군(12.40 g/100 g BW)이 NC군(8.31 g/100 g BW)에 비해 1.5배 증가하였고, 부고환 지방량도 NC군보다 21% 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). LEP군의 총지방량은 10.68~10.97 g/100 g BW로 감소하는 경향을 보였으나 부고환지방량은 HF군보다 높게 나타났다. 피하지방량은 HF군이 NC군보다 197% 증가하였고 LEP군에서는 고지방식이 섭취로 증가한 피하지방을 23~32% 감소시켰다($P<0.05$). 신장후 복막하지방 역시 고지방식이 섭취로 NC군에 비해 160%의 유의적 증가를 보였으며($P<0.05$), LEP군은 HF군에 비해 12~21% 수준으로 감소하였으나 통계적 유의성은 보이지 않았다.

혈청지질 분석

고지방식이와 표고버섯 물추출물을 12주간 섭취한 마우스의 혈청지질을 분석한 결과는 Table 4와 같다. HF군의 혈청콜레스테롤 함량은 197.74 mg/dL로 NC군 173.44 mg/dL보다 14% 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다. 표고버섯 물추출물을 첨가한 모든 군에서는 HF군의 혈청 콜레스테롤보다 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 혈청중성 지방 농도는 HF군(87.49 mg/dL)이 NC군(82.79 mg/dL)에 비해 증가하는 경향을 보였으며, LEP군은 증가한 혈청중성 지방 농도를 21~29%의 범위에서 유의적으로 감소시켰다

Table 4. Serum biochemistry of mice fed experimental diet

Group	TC (mg/dL)	TG (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)
NC	173.44±20.06 ^{ab}	82.79±4.05 ^{ab}	89.50±11.69	67.43±15.88 ^{ab}
HF	197.74±23.09 ^a	87.49±8.28 ^a	99.59±11.87	78.96±20.47 ^a
1% LEP	152.26±16.92 ^b	62.14±9.40 ^b	81.89±16.17	51.94±10.58 ^{bc}
3% LEP	154.29±36.99 ^b	68.79±13.64 ^b	95.16±19.32	55.87±14.39 ^{bc}
5% LEP	141.65±15.45 ^b	65.35±12.90 ^b	89.34±9.06	42.70±8.93 ^c

Experimental mice were fed NC, HF, and HF supplemented with 1%, 3%, or 5% LEP for 12 weeks.

NC, normal control; HF, high fat; LEP, *Lentinus edodes* extract powder.

TC, total cholesterol; TG, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein.

Values are expressed as mean±SD (n=6).

Different superscripts in the same column indicate significant differences between the groups ($P<0.05$).

($P < 0.05$). HDL-콜레스테롤 함량은 표고버섯 물추출물의 섭취에 의한 실험군 간의 차이를 보이지 않았다. LDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이군이 78.96 mg/dL로 NC군 67.43 mg/dL보다 15% 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다. 반면 고지방 식이로 증가한 LDL-콜레스테롤 함량은 표고버섯 물추출물 섭취로 유의적으로 감소하였고($P < 0.05$), 5% LEP 군에서는 LDL-콜레스테롤 함량이 NC군보다 유의적으로 감소하였다.

일반적으로 비만, 특히 복부비만은 중성지방 농도 상승과 HDL-콜레스테롤 저하로 인한 이상 지질혈증이 일어나는데, 본 연구에서도 HF군에서 혈중지질 농도 이상이 나타났다(24). 그러나 LEP군에서는 혈청콜레스테롤 저하효과가 현저히 나타나 표고버섯의 혈중 콜레스테롤과 동맥경화 개선효과에 대한 많은 연구 결과를 뒷받침해주고 있다(25,26). 따라서 본 연구는 표고버섯 물추출물이 고지방식에 의한 비만 유도 실험에서 혈중 콜레스테롤과 중성지방의 농도를 감소시켜 고지혈증을 개선하는 효과가 있는 것으로 사료된다.

분변무게 및 분변 지질함량

고지방식이와 표고버섯 물추출물을 농도별로 섭취한 마우스의 변배설량과 분변 내 지질함량은 Table 5에 나타내었다. HF군의 하루 변 배설량은 131.86 mg/d로 NC군의 변배설량 172.62 mg/d보다 현저히 감소하였다($P < 0.05$). 3%와 5% LEP군은 각각 166.12 mg/d, 159.86 mg/d로 HF군보다 변배설량이 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 변 내 지질 함량은 HF군이 85.27 mg/g으로, NC군 39.27 mg/g보다 217% 증가하였다($P < 0.05$). LEP군의 변 내 지질함량은 53.25 mg/g~69.35 mg/g으로 HF군보다는 낮았으나 NC군보다는 유의적으로 높은 수치를 나타냈다($P < 0.05$). 식이섬유 섭취로 인한 변배설량의 증가는 많은 연구에서 보고되었다(27,28).

간조직의 지질함량, 지질과산화물 및 총 항산화능

고지방 식이를 섭취한 마우스의 간조직 내 지질함량, 지

Table 5. Effects of LEP supplementation on fecal weight, fecal lipid in experimental diet-fed mice

Group	Fecal weight (mg/d)	Fecal lipid (mg/g)
NC	172.62±12.05 ^a	39.27±1.09 ^d
HF	131.86±10.08 ^b	85.27±1.20 ^a
1% LEP	132.53±14.06 ^b	53.25±0.21 ^c
3% LEP	166.12±20.37 ^a	64.47±3.40 ^b
5% LEP	159.86±17.42 ^a	69.35±1.62 ^b

Experimental mice were fed NC, HF, and HF supplemented with 1%, 3%, or 5% LEP for 12 weeks.

NC, normal control; HF, high fat; LEP, *Lentinus edodes* extract powder.

Values are expressed as mean±SD (n=6).

Different superscripts in the same column indicate significant differences between the groups ($P < 0.05$).

Table 6. Effects of LEP supplementation on lipid contents and lipid peroxidation of liver in experimental diet-fed mice

Group	Lipid contents (mg/g)	MDA (nmole/mg protein)	TAOC (U/mg protein)
NC	129.22±37.07 ^b	2.89±0.63 ^b	40.89±6.93 ^{ab}
HF	189.62±39.87 ^a	3.27±0.63 ^a	37.29±6.61 ^b
1% LEP	163.50±15.51 ^{ab}	3.55±0.38 ^a	44.74±7.63 ^{ab}
3% LEP	176.57±45.31 ^{ab}	2.92±0.32 ^{ab}	38.67±3.26 ^{ab}
5% LEP	147.60±18.71 ^{ab}	2.85±0.21 ^b	45.85±5.41 ^a

Experimental mice were fed NC, HF, and HF supplemented with 1%, 3%, or 5% LEP for 12 weeks.

NC, normal control; HF, high fat; LEP, *Lentinus edodes* extract powder.

MDA, malondialdehyde level; TAOC, total antioxidant capacity. Values are expressed as mean±SD (n=6).

Different superscripts in the same column indicate significant differences between the groups ($P < 0.05$).

질과산화물 및 총 항산화능을 분석한 결과는 Table 6과 같다. HF군의 간조직 지질함량은 189.62 mg/g으로 NC군 129.22 mg/g보다 46.7% 증가하였으며($P < 0.05$), LEP군은 7~22% 감소되었으나 유의성은 없었다. 체내 산화정도를 나타내는 지질과산화물 함량(MDA)은 HF군에서 유의적으로 증가하였으나($P < 0.05$), LEP군은 표고버섯 물추출물 첨가량이 증가할수록 MDA 함량이 감소하였고 5% LEP군에서는 HF군에 비해 NC군과 비슷한 수준으로 지질과산화가 억제되었다($P < 0.05$). 간조직의 총 항산화능은 HF군에서 가장 낮았고 5% LEP군에서 유의적으로 가장 높은 항산화 수치를 나타냈다($P < 0.05$).

비만과 고지혈증은 신체의 항산화물질, 활성산소(ROS), 조직의 유리 라디칼 사이의 균형을 깨뜨려 산화적 스트레스를 상승적으로 자극하여 산화적 스트레스의 주요 원인이 된다(29). 본 연구 결과는 고지방식이와 표고버섯에서 추출한 다당류를 섭취한 군에서 총 항산화능을 비롯한 여러 항산화 효소활성이 다당류 섭취량에 따라 증가하는 결과를 보고한 Xu 등(30)의 연구와 일치한다. Fig. 1은 간조직의 조직병리학적 결과를 나타내었다. HF군에서는 간세포에 지방이 많이 축적되어 지방간이 현저히 진행되었으며, 표고버섯 물추출 분말을 섭취한 군에서는 지방세포에 지방이 침투하지 않은 간지방증(비알콜성 지방간) 소견을 보였다. 위 결과는 Chandra 등(19)의 연구에서와 같이 5% 표고버섯 분말을 6주간 섭취한 마우스에서 나타난 간지방증 소견과 일치하였다. 이는 표고버섯 섭취가 glycogen과 triacylglycerol을 합성하는 간에서 특이적으로 나타났으며, 혈청 지방농도를 낮추기 위해 간의 탄수화물 대사가 변화되어 glycogen으로 저장되지 않고 지방산합성과 triacylglycerol 형태로 저장된 것으로 사료된다. 또한 콜레스테롤 저하효능이 있는 표고버섯의 eritadenine 성분이 간의 인지질 대사에 변화를 주어 지방간이 형성될 가능성이 높다고 하였다(31).

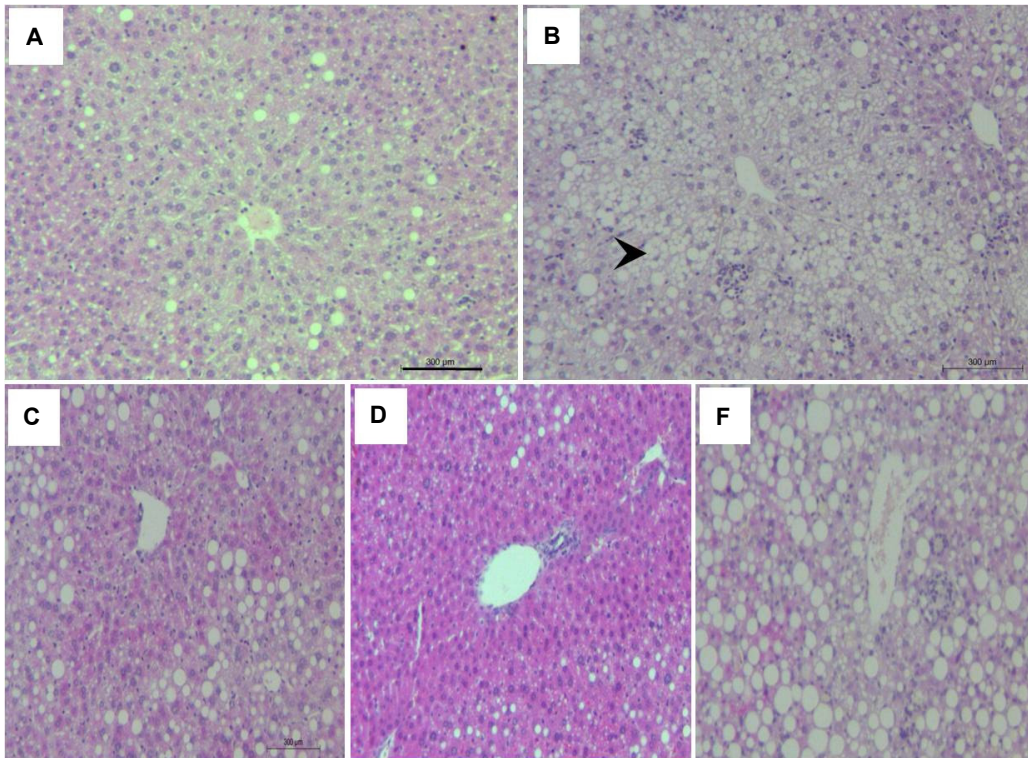


Fig. 1. Hematoxylin and eosin-stained photomicrographs showing the liver ($\times 100$). (A) normal control, (B) high fat group, (C) 1% *Lentinus edodes* extract powder (LEP) group, (D) 3% LEP, (E) 5% LEP. Bar=300 μm . Fat accumulation, indicated by the arrowhead, in the form of large fat droplet is present in liver of mice fed a high fat diet.

요 약

본 연구는 표고버섯 물추출물의 항비만 효과를 알아보기 위하여 6주령의 수컷 C57BL/6 마우스를 이용하여 고지방식이와 함께 표고버섯 물추출 분말을 1%, 3%, 5% 수준으로 첨가하여 12주간 공급하였다. 고지방 식이섭취는 체중, 혈청지질 농도 및 지방조직 무게를 증가시켰다. 표고버섯 물추출물 섭취는 고지방식으로 증가된 혈청 총콜레스테롤, 중성지방, LDL-콜레스테롤 농도를 현저히 감소시켜 대조군보다 더 낮은 값을 나타냈다. 또한 5% 표고버섯 물추출물 첨가군은 고지방 식이군보다 체중 및 피하지방량이 현저히 감소하였다. 변배설량은 3%와 5% 표고버섯 물추출물 첨가군에서 고지방 식이군보다 현저히 증가하였다. 표고버섯 물추출물 섭취는 고지방식으로 인해 증가된 간조직의 지방축적과 지질과산화물 형성을 억제하였으며, 특히 5% 표고버섯 물추출물 섭취군에서 지질과산화물 형성이 유의적으로 감소되었고 총 항산화 활성도 유의적으로 가장 높게 나타났다. 고지방식이군은 간조직의 조직염색에서 지방간이 심하게 진행된 것이 발견되었고, 표고버섯 물추출물 섭취군은 지방세포에 지방이 침투하지 않은 간지방증 소견을 보였다. 위의 결과를 통하여 볼 때 표고버섯은 체중 및 체지방 감소, 그리고 혈청지방 농도 개선에 효과가 있어 비만관리에 도움을 주는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 전라남도 산림자원 연구소의 연구비 지원으로 수행되었음에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Bray GA. 2000. A concise review on the therapeutics of obesity. *Nutrition* 16: 953-960.
2. Leonhardt M, Hrupka B, Langhans W. 1999. New approaches in the pharmacological treatment of obesity. *Eur J Nutr* 38: 1-13.
3. WHO. 10 facts on obesity. <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/en/index.html>.
4. Kopelman PG. 2000. Obesity as a medical problem. *Nature* 404: 635-643.
5. Yao F, MacKenzie RG. 2010. Obesity drug update: The lost decade? *Pharmaceuticals* 3: 3494-3521.
6. Jahromi F, Ray AB, Chansouria JPN. 1993. Antihyperlipidemic effect of flavonoids from *Pterocarpus marsupium*. *J Nat Prod* 56: 989-994.
7. Molitoris HP. 1994. Mushrooms in medicine. *Folia Microbiol* 39: 91-98.
8. Wasser SP. 2002. Medicinal mushrooms as a source of anti-tumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl Microbiol Biotechnol* 60: 258-274.
9. Surenjav U, Zhang L, Xu X, Zhang X, Zeng F. 2006. Effects of molecular structure on antitumor activities of (1 \rightarrow 3)- β -D-glucans from different *Lentinus edodes*. *Carbohydr Polym* 63: 97-104.

10. Yang BK, Kim DH, Jeong SC, Das S, Choi YS, Shin JS, Lee SC, Song CH. 2002. Hypoglycemic effect of a *Lentinus edodes* exo-polymer produced from a submerged mycelial culture. *Biosci Biotechnol Biochem* 66: 937-942.
11. Kabir Y, Yamaguchi M, Kimura S. 1987. Effect of shiitake (*Lentinus edodes*) and maitake (*Grifola frondosa*) mushrooms on blood pressure and plasma lipids of spontaneously hypertensive rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 33: 341-346.
12. Ng ML, Yap AT. 2002. Inhibition of human colon carcinoma development by lentinan from shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*). *J Altern Complement Med* 8: 581-589.
13. Enman J, Rova U, Berglund KA. 2007. Quantification of the bioactive compound eritadenine in selected strains of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *J Agric Food Chem* 55: 1177-1180.
14. Hatvani N. 2001. Antibacterial effect of the culture fluid of *Lentinus edodes* mycelium grown in submerged liquid culture. *Int J Antimicrob Agents* 17: 71-74.
15. Kim HS, Jo YC, Lee YJ, Park IB, Park JW, Jung MA, Kim YS, Kim SO. 2013. Inhibitory effects of *Lentinus edodes* and rice with *Lentinus edodes* mycelium on diabetes and obesity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 175-181.
16. Brennan CS, Cleary LJ. 2005. The potential use of cereal (1-3,1-4)- β -D-glucans as functional food ingredients. *J Cereal Sci* 42: 1-13.
17. Sharma AM. 2002. Adipose tissue: a mediator of cardiovascular risk. *Int J Obes Relat Metab Disord* 4: S5-S7.
18. Choi EH, Yang HP, Chun HS. 2012. Chitoooligosaccharide ameliorates diet-induced obesity in mice and affects adipose gene expression involved in adipogenesis and inflammation. *Nutr Res* 32: 218-228.
19. Chandra LC, Smith BJ, Clarke SL, Marlow D, Offay JM, Kuvibidila SR. 2011. Differential effects of shiitake- and white button mushroom-supplemented diets on hepatic steatosis in C57BL/6 mice. *Food Chem Toxicol* 49: 3074-3080.
20. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226: 497-509.
21. Friedwald WT, Levy RL, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
22. Uchiyama M, Mihara M. 1978. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid. *Anal Biochem* 86: 271-278.
23. Pittler MH, Ernst E. 2001. Guar gum for body weight reduction: meta-analysis of randomized trials. *Am J Med* 110: 724-730.
24. Bhandari U, Chaudhari HS, Ajay Narayan Bisnoi AN, Kumar V, Khanna G, Javed K. 2013. Anti-obesity effect of standardized ethanol extract of *Embelia ribes* in murine model of high fat diet-induced obesity. *Pharma Nutrition* 1: 50-57.
25. Yamada T, Oinuma T, Niihashi M. 2002. Effects of *Lentinus edodes* mycelia on dietary-induced atherosclerotic involvement in rabbit aorta. *J Atheroscler Thromb* 9: 149-156.
26. Sugiyama K, Akachi T, Yamakawa A. 1995. Eritadenine-induced alteration of hepatic phospholipid metabolism in relation to its hypocholesterolemic action in rats. *J Nutr Biochem* 6: 80-87.
27. Lee JS, Lee MK, Ha TY, Bok SH, Park HM, Jeong KS, Woo MN, Do GM, Yeo JY, Choi MS. 2006. Supplementation of whole persimmon leaf improves lipid profiles and suppresses body weight gain in rats fed high-fat diet. *Food Chem Toxicol* 44: 1875-1883.
28. Chau CF, Huang YL, Lin CY. 2004. Investigation of the cholesterol-lowering action of insoluble fibre derived from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng. *Food Chem* 87: 361-366.
29. Hasty HA, Gruen ML, Terry ES, Surmi BK, Atkinson RD, Gao L, Morrow JD. 2007. Effects of vitamin E on oxidative stress and atherosclerosis in an obese hyperlipidemic mouse model. *J Nutr Biochem* 18: 127-133.
30. Xu C, Yan ZH, Hong ZJ, Jing G. 2008. The pharmacological effect of polysaccharides from *Lentinus edodes* on the oxidative status and expression of VCAM-1mRNA of thoracic aorta endothelial cell in high-fat-diet rats. *Carbohydr Polym* 74: 445-450.
31. Sugiyama K, Yamakawa A. 1996. Dietary eritadenine-induced alteration of molecular species composition of phospholipids in rats. *Lipids* 31: 399-404.