

*Aspergillus*속 미생물에 의한 발효비지의 항비만 효과

이상일¹, 이예경², 김순동², 임종환², 서주원^{2,3}, 이인애^{2*}

¹계명문화대학교 식품영양조리학부

²명지대학교 농생명바이오식의약소재개발사업단

³명지대학교 생명과학정보학부

Anti-obesity Effect of Soybean Curd Residue Fermented by Genus *Aspergillus*

Sang-Il Lee¹, Ye-Kyung Lee², Soon-Dong Kim², Jong-Hwan Lim²,
Ju-won Suh^{2,3} and In-Ae Lee^{2*}

¹Department of Food, Nutrition and Culinary Arts, Keimyung College

²Center for Nutraceutical and Pharmaceutical Materials, Myongji University

³Division of Bioscience and Bioinformatics, Myongji University

요약 고지방식이로 비만을 유도한 ICR 생쥐를 동물 모델로 하여 7종의 *Aspergillus*속 미생물로 발효시킨 발효비지의 항비만 효과를 조사하였다. 수컷 ICR 생쥐에 5주간 고지방 식이를 실시하여 비만을 유도하고 고지방식이에 발효비지 2%를 첨가하여 6주 동안 사육하였으며, 체중, 섭취량, 혈청 총콜레스테롤, 중성지방, Alanine transaminase과 high-density lipoprotein cholesterol, 간성 glutathione과 lipid peroxide를 측정하였다. 체중의 경우에 AE4 발효 비지를 식이한 군에서 가장 많이 감소 (31.33%, $P<0.05$)하였고 간성 GSH와 ALT증가로 고지방혈증이 저해되었다. 이상의 결과로부터 *Aspergillus*속 미생물로 발효시킨 발효비지는 항비만 효과가 있는 것으로 나타났으며, 나아가 인체에서도 유의한 비만개선 작용을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract The anti-obesity effect of soybean curd residues (biji) fermented by seven *Aspergillus* spp. was investigated with obese ICR mice fed a high-fat diet. After inducing obesity by feeding high-fat diet for 5 weeks, animals were fed with a high fat diet supplemented with 2% fermented soybean curd residues for 6 weeks. Total cholesterol, triglyceride, Alanine transaminase, high-density lipoprotein cholesterol, hepatic content of glutathione and lipid peroxide were determined. In the case of body weight, AE4 group showed most prominent decrease (31.33%, $P<0.05$) and increase of hepatic GSH and ALT demonstrated hyperlipidemia inhibition. From the results, it is concluded that soybean curd residues fermented by *Aspergillus* spp. has anti-obesity effect and it is thought that fermented soybean curd residues can reduce obesity in human significantly.

Key Words : Anti-obesity, *Aspergillus*, High-fat diet, Serum lipid profiles, Soybean curd residue.

1. 서론

비만은 자체적으로나 타 질병과 연계되어 심혈관계질환

이나 당뇨, 비알코올성 간염, 암, 치매, 관절염 등과 같은 질환들을 유발시키기도 하는 주요 위험요소로 알려져 있으며 이에 따라 다양한 항 비만제가 개발되고 있다[1]. 항비

본 논문은 농촌진흥청 차세대바이오그린21사업(과제번호:(No. PJ 009582022013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : In-Ae Lee(Myongji Univ.)

Tel: +82-31-330-6799 email: rhceinae@mju.ac.kr

Received August 2, 2013

Revised (1st September 10, 2013, 2nd October 2, 2013)

Accepted November 7, 2013

만제는 체내 고칼로리 생성의 주요 역할을 하는 lipase의 활성저해나 식욕억제, energy 소비촉진, 지방세포의 분화억제, 지방대사 조절과 이들의복합작용을 하는 제재들이 등이 알려져 있으며, 이들 중에서 실제적으로 임상에서 활용되고 있는 것은 pancreatic lipase의 활성을 저해하여 장내의 지방흡수를 감소시키는 orlistat (xenical) 등 수중에 불과하며, 식욕의 억제제로 알려진 sibutramine (reductil)는 심각한 부작용으로 사용이 제한되고 있어 안전한 항비만제의 개발이 요구되고 있다[2]. 두부 제조 시 발생하는 부산물인 비지는 식이섬유를 비롯하여 daidzein, genistein 및 L-carnitine과 같은 isoflavone 또는 β -conglycinin 및 glycinin을 풍부하게 함유하고 있다. 이들 성분들은 peroxisome-proliferator activated receptor의 agonist로 지방대사를 촉진할 뿐만 아니라 지방산의 생합성을 억제하는 동시에 β -oxidation을 촉진하며 특히 genistein은 지방세포의 분화를 억제함으로써 항비만 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[2,3]. 그러나 비지에 함유된 이들 성분들은 세포벽 조직과 강하게 결합되어 있어 기능성 증진과 체내흡수를 촉진시키기 위한 방안들이 연구되고 있다. 즉, *Flammulina velutipes*로 발효시킨 비지에는 면역활성이 높은 다당체가 함유되어 있으며, 비지를 *Lentinus edodes*로 발효시킴으로서 세포벽 조직과 강하게 결합되어 있는 daidzein 및 genistein의 추출이 용이하다는 보고도 있다 [4]. 한편, *Aspergillus oryzae*는 미국의 식품의약품 안전청과 WHO (World Health Organization)에서 GRAS (Generally Regarded As Safe)로 인정되고 있는 미생물로 간장 및 된장과 같은 전통발효식품의 제조에 널리 사용되고 있다[5,6].

본 연구자들은 우리나라의 전통발효식품의 제조에 널리 사용되고 있는 *Aspergillus oryzae* 및 이들의 변이주와 *Aspergillus*속 중에서도 *Monascus*속 미생물에서와 같은 cholesterol 생합성 저해물질인 lovastatin과 같은 물질의 생성력이 높은 *Aspergillus terreus*와 같은 다양한 *Aspergillus*속의 미생물로 발효시킨 발효비지의 항비만 효과와 혈청 지질의 개선효과를 연구하였다[7].

2. 재료 및 방법

2.1 재료

발효비지 제조용의 재료는 재래식 방법으로 두부를 만 들고 있는 경상북도 경산시 중앙동에 위치한 재래시장 내의 한 두부제조공장에서 두부제조 후 곧 바로 채취한 비지 (Wet Soybean Curd Residue : SCR) 즉, 불린 국내산 대두

(*Glycine max*)에 물을 가하여 자동화시킨 맷돌로 간 후 100℃에서 1시간동안 끓이고 천으로 된 포대에 넣어 여과하여 두부제조용의 두유를 얻고 남은 찌꺼기를 젖은 상태로 구입하여 발효용 재료로 사용하였다.

2.2 사용균주

실험에 사용한 비지매주 발효용 *Aspergillus* 속의 균주는 Table 1과 같으며 농촌진흥청 농업유전자원정보센터 (RDA-Genebank Information Center, Suwon, Korea) 및 Korea Food Research Institute (KFRI, Sungnam, Korea)에서 구입하였다. 이들 균주는 Bacto™ Malt Extract (Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD 21152 USA)에 각각 이식하여 25℃의 shaking incubator에서 7일간 배양하여 배양액 mL당 10⁸ cfu이상이 되었을 때 평균적으로 사용하였다.

[Table 1] Genus *Aspergillus* for fermentation of soybean curd residue

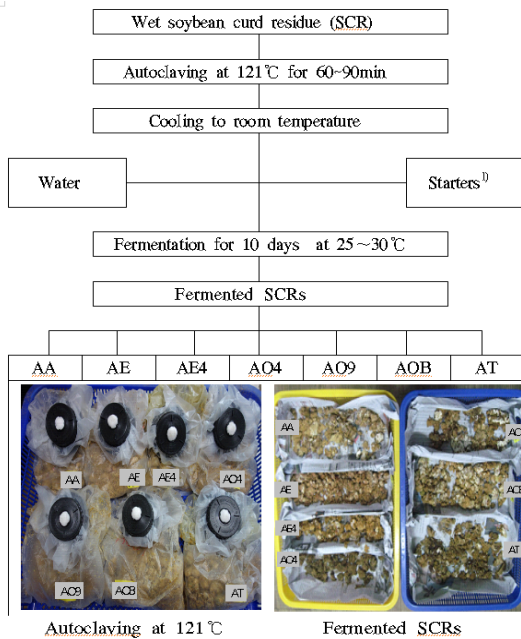
No	Genus <i>Aspergillus</i>	
1	<i>Aspergillus aculeatus</i> KACC41842	AA
2	<i>Aspergillus oryzae</i> var <i>effuses</i> KACC44969	AE
3	<i>Aspergillus oryzae</i> var <i>effuses</i> KACC44990	AE4
4	<i>Aspergillus oryzae</i> KACC40247	AO4
5	<i>Aspergillus oryzae</i> KFRI995 ¹⁾	AO9
6	<i>Aspergillus oryzae</i> var <i>brunneus</i> KACC44823	AOB
7	<i>Aspergillus terreus</i> ATCC20542	AT

¹⁾Korea Food Research Institute, Sungnam, Korea. The microorganism is using as a Korean fermented soybean food starter.

2.3 발효비지의 제조방법

*Aspergillus*속 미생물을 이용한 발효비지의 제조는 Fig. 1과 같이 행하였다. 즉, 젖은 상태로 구입한 비지를 탈수기로 탈수시켜 최종의 수분함량을 50~60%로 조정한 후 Fig. 1의 좌측 그림에서와 같이 면 필터가 부착된 polypropylene (PP) bag에 head space가 약 50% 정도 되도록 넣어 autoclave를 사용하여 121℃에서 60~90분간 살균한 다음 실온이 될 때까지 냉각하였다. 다음에 Bacto™ Malt Extract (Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD 21152 USA)에서 배양한 배양액을 살균한 부직포로 여과하여 얻은 균체를 젖은 상태로 재료에 대하여 1%(w/w)되게 혼합한 후 25℃에서 10일간 발효시켰다. 한편, 살균 냉각된 재료의 일부는 50℃로 조정된 열풍건조기에 넣어 2~3cm의 두께로 퍼서 수분함량이 2~3% 내외가 되도록 건조시킨 후 polyethylene bag에 넣어 밀봉하여 4℃이하의 저온실에 보관하면서 발효용 재료로 사용하였

다. 이와 같이 건조시킨 비지의 발효는 건조비지 100 g에 대하여 중균배양액 (10⁸ cf ul/mL의 중균 배양액을 균체무게로 재료무게의 1%되는 양)을 살균수를 혼합하여 총량을 100~150 mL로 조정하여 최종 수분함량을 50~60%가 하였으며, 이를 상기에서와 같은 방법으로 PP-bag에 넣은 후 중균을 접종하여 발효시켰다. 발효가 완료된 발효비지는 다시 PP bag에 넣어 121℃에서 60분간 살균한 후 열풍 건조하여 식이용 사료로 사용하였다.



[Fig. 1] Preparation procedures of fermented soybean curd residues (SCRs). 1) Starters were used 7 kinds of the genus *Aspergillus* as described in Table 1.

2.4 동물실험

실험동물은 4주령의 평균체중 21~24 g의 ICR (Crj:ori; CD-1), SPF/VAF outbred mice (Orient Ltd., Sungnamsi, Korea)을 기본사료인 5L79 diets (PMI Nutrition, Brentwood, LA)로 1주일간 환경에 적응시킨 다음 기본사료만을 급여하는 정상 대조군과 기본사료에 lard 35%를 혼합한 고지방식이군으로 구분하여 5주간 사육하여 비만을 유도하였다. 비만이 유도된 실험동물은 Table 2에서와 같이 계속 기본사료만을 급여하는 정상식이군 (NC), 기본사료에 lard를 35%와 비 발효비지를 2%되게 혼합한 고지방식이 대조군 (HC), 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus aculeatus* KACC41842로 발효시킨 발효비지를 2%되게 혼합한 식이군 (AA), 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus oryzae* var *effuses* KACC44969로 발효시킨 발효비지를

2%되게 혼합한 식이군 (AE), 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus oryzae* var *effuses* KACC44990로 발효시킨 발효비지를 2%되게 혼합한 식이군 (AE4), 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus oryzae* KACC40247로 발효시킨 발효비지를 2%되게 혼합한 식이군 (AO4), 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus oryzae* KFRI995로 발효시킨 발효비지를 2%되게 혼합한 식이군 (AO9), 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus oryzae* var. *brunneus* KACC44823로 발효시킨 발효비지를 2%되게 혼합한 식이군 (AOB) 및 기본사료에 lard 35%와 *Aspergillus terreus* ATCC20542로 발효시킨 발효비지를 2%되게 혼합한 식이군 (AT)의 9개군 (5마리/군)으로 구분하여 6주간 사육하였다. 실험식은 식이 전문제조회사인 Feeds Lab (Guri-si, Gyeonggi-do, Korea)에 의뢰하여 제조한 후 4℃에서 보관하면서 매일 신선한 식이를 공급하였다. 사육장은 stainless steel cage를 사용하였고, 온도 및 습도는 23±2℃, 60±5%로 조정하였으며, 명암 주기는 12시간 간격으로 설정하였으며 음용수와 식이는 자유 섭취시켰다.

[Table 2] Experimental groups and ingredients of diets for high fat supplemented mice

Ingredients	Experimental groups (% w/w)								
	NC	HC	AA	AE	AE4	AO4	AO9	AOB	AT
5L79 diets ¹⁾	100	63	63	63	63	63	63	63	63
Lard		35	35	35	35	35	35	35	35
SCR		2							
SCR-AA			2						
SCR-AE				2					
SCR-AE4					2				
SCR-AO4						2			
SCR-AO9							2		
SCR-AOB								2	
SCR-AT									2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹⁾The 5L79 diets for animal experiments manufactured in PMI Nutrition, LLC, Brentwood, MO, USA.

2.5 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이효율 측정

체중과 식이섭취량은 전 실험기간 동안 매일 일정시간에 측정하였으며, 식이효율 (feed efficiency ratio: FER)은 1일 체중증가량을 1일 식이섭취량으로 나눈 값으로 하였다.

2.6 측정 시료 준비

8주간 사육한 마우스는 물만 주고 12시간동안 금식시킨 후 ether 마취 하에서 복부 대동맥으로부터 채혈한 다음, 병냉의 생리식염수로 간을 관류하고 장기를 적출 한 후 습

기를 제거하고 무게를 측정하였다. 채취한 혈액은 실온에서 응고시킨 다음 4℃, 2,500×g에서 20분간 원심분리 하여 혈청을 분리한 후 적출한 간 조직과 함께 -70℃에 두면서 분석용 시료로 사용하였다.

2.7 혈청 지질함량

혈청중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량은 kit시약 (AM 157S-K, AM 202-K, AM 203-K, Asanpharm Co., Korea)으로 측정하였으며, LDL-콜레스테롤함량은 Atherogenic index (AI)는 계산식 (total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol에 의하여 산출하였다[8].

2.8 간 조직 GSH 및 LPO의 함량 측정

간 조직 GSH (glutathione)의 함량은 일정량의 간 조직 마쇄 균질액에 5,5'-dithiobis (2-nitrobenzoic acid)를 가하여 생성되는 thiophenol의 흡광도를 측정하였으며 간 조직 g 당 환원형 GSH μ mole로 나타내었다[9]. LPO (lipid peroxide)의 함량은 간 조직 마쇄 균질액에 thiobarbituric acid (TBA) 용액을 가하여 반응시킨 후 n-butanol을 가하여 이행되는 TBA-reactive substance를 흡광도 532 nm에서 측정된 다음 분자흡광계수 ($\epsilon = 1.5 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 함량을 산출하였으며 간 조직 g 당 malondialdehyde nmole로 나타내었다[10].

2.9 통계 처리

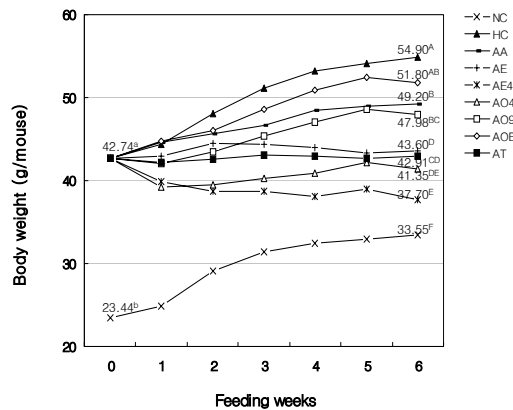
데이터는 실험동물 5마리에 대한 평균치와 표준편차로 나타내었다. 유의성 검증은 SPSS ver. 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) software package program을 이용하여 Duncan's multiple range test를 행하였다.

3. 결 과

3.1 체중증가량 및 식이효율

5주 동안 고지방식이로 비만을 유도한 mouse를 Table 2에서와 같이 구분한 8개군과 기본사료만을 급여한 정상대조군의 총 9개군으로 구분하여 6주간 사육하면서 체중의 변화, 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율을 조사한 결과는 Fig. 2 및 Table 3과 같다. 실험식이 개시일의 각 군의 평균체중은 NC군은 23.44 g, 실험식이군은 42.74g을 나타내었다. 그러나 6주후의 평균체중은 NC군이 33.55g으로 초기 체중에 비하여 43.13%가 증가하였으며, 비발효 SCR을 2% 혼합한 고지방식이 대조군인 HC군은 28.45%가 증

가하였다. 그리고 실험식이군에서는 초기체중에 대한 비율 (%)과 HC군에 비한 체중 감소율(%)을 산출한 결과 AOB군은 각각 21.19% 및 5.65%, AA군은 15.11% 및 10.39%, AO9군은 12.26% 및 12.65%, AE군은 2.01% 및 20.59%, AT군은 0.39% 및 21.84%, AO4군은 -3.26% 및 24.69%, AE4군은 -11.8% 및 31.33%로 특히 AE, AT, AO4 및 AE4군에서는 HC군에 비하여 20%이상의 높은 체중감소효과를 나타내었다. 이러한 결과는 이들 군에서 식이섭취량이 다소 낮게 나타난 영향도 보이나 HC군과의 뚜렷한 차이를 보이지 않음을 고려할 때 발효를 통하여 비지에 함유된 항비만 효과를 나타내는 성분들의 큰 것으로 생각된다.



[Fig. 2] Effects of SCRs fermented by genus *Aspergillus* on the changes in net body weight gain in high-fat induced obese mouse. Abbreviations: See Table 1. Values of the first and the final week are means (n=5). Different superscripts on the same column are significant differences (p<0.05).

3.2 장기증량

실험식이로 6주간 사육한 mouse 마리당의 간 중량과 부고환주변지방의 함량을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다.

간 중량은 NC군이 1.36g인데 비하여 HC, AA, AE, AO9, AOB군들에서는 1.75 ~ 1.96g을 나타내었으나 AT, AO4 및 AE4군에서는 1.49 ~ 1.60 g으로 NC군의 1.36 g에는 미치지 않으나 고지방 식이로 증가된 간의 중량이 크게 감소되는 경향을 나타내었다. 부고환 주변지방의 함량도 간의 중량과 유사한 경향으로 모든 실험식이군이 HC군에 비하여 낮은 경향을 나타내었으며 특히 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 30.33~41.99%가 감소되었다.

[Table 3] Effects of SCRs fermented by genus *Aspergillus* on the body weight gain and feed efficiency ratio of high-fat induced obese mouse

Groups ¹⁾	Final body weight (BW:g)	BW gain (g/day)	Feed intake (g/day)	FER ²⁾	Calory intake (kcal/day)	Water intake (mL/day)
NC	33.5±1.9 ^{F,3)}	0.29±0.04 ^{AB}	4.9±0.5 ^{AB}	0.1±0.00 ^B	18.4±1.9 ^E	2.9±0.2 ^A
HC	54.9±2.9 ^A	0.35±0.02 ^A	4.3±0.4 ^{BC}	0.08±0.01 ^A	23.9±2.9 ^{BCD}	1.8±0.1 ^D
AA	49.2±2.7 ^B	0.18±0.01 ^C	4.8±0.3 ^{AB}	0.04±0.00 ^D	26.6±1.8 ^{AB}	2.1±0.2 ^{BC}
AE	43.6±2.3 ^{CD}	0.02±0.00 ^E	3.6±0.3 ^D	0.01±0.00 ^F	19.9±1.8 ^{DE}	2.2±0.2 ^{BC}
AE4	37.7±2.4 ^E	-0.14±0.01 ^G	3.6±0.3 ^D	-0.04±0.00 ^I	19.6±1.8 ^{DE}	2.1±0.1 ^{BC}
AO4	41.4±3.7 ^{DE}	-0.04±0.00 ^F	3.7±0.4 ^{CD}	-0.01±0.00 ^H	20.3±1.8 ^{DE}	2.0±0.2 ^{CD}
AO9	48.0±2.4 ^{BC}	0.15±0.01 ^D	4.5±0.3 ^{BC}	0.03±0.00 ^E	25.0±1.4 ^{BC}	2.28±0.1 ^{BC}
AOB	51.8±1.9 ^{AB}	0.26±0.01 ^B	5.4±0.4 ^A	0.05±0.00 ^C	29.5±2.3 ^A	2.4±0.1 ^B
AT	42.9±2.3 ^D	0.01±0.00 ^E	4.1±0.4 ^{CD}	0.00±0.00 ^G	22.6±1.9 ^{CD}	2.8±0.2 ^A

¹⁾See Table 1.

²⁾Feed efficiency ratio.

³⁾Values are mean ± standard deviations (n=5), different superscripts in the same column indicate significant differences (p<0.05).

3.3 GSH 및 LPO 함량

고지방식으로 유도한 비만 mouse에 *Aspergillus*속 곰팡이로 발효시킨 비지를 2% 함유하는 고지방식으로 6주간 사육한 mouse 간 조직의 GSH 및 LPO의 함량을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. GSH 함량은 HC군이 1.84 μ mole/g-tissue로 NC군의 3.05 μ mole/g-tissue에 비하여 39.68%가 낮았으나 항비만 효과를 크게 나타낸 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 45.10~60.32%가 높았다. 또한 LPO함량은 GSH의 함량과 반대의 결과를 보였다.

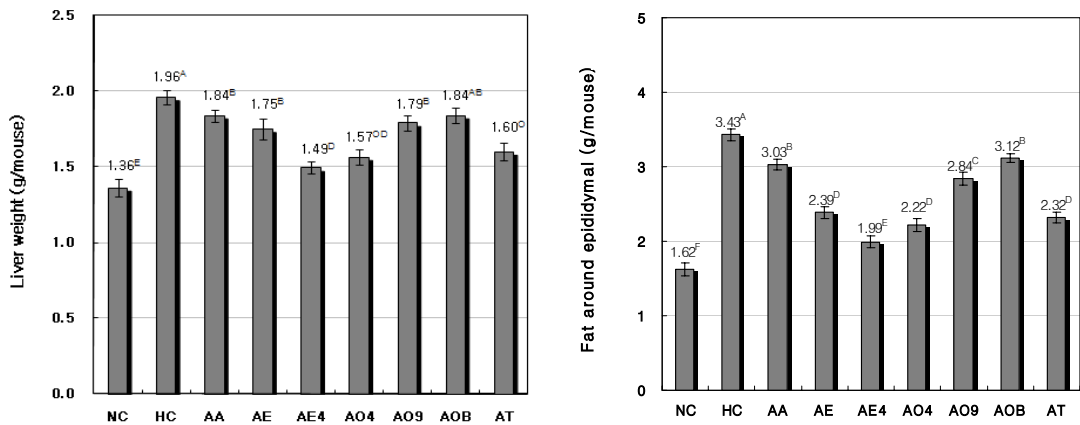
따라서 본 실험의 결과는 *Aspergillus* 속 미생물로 발효시킨 비지가 ROS에 의한 간 손상을 예방하거나 치유하는

기능이 있음을 나타내며 특히 AE, AE4, AO4 및 AT에서 그 효과가 큼을 나타낸다.

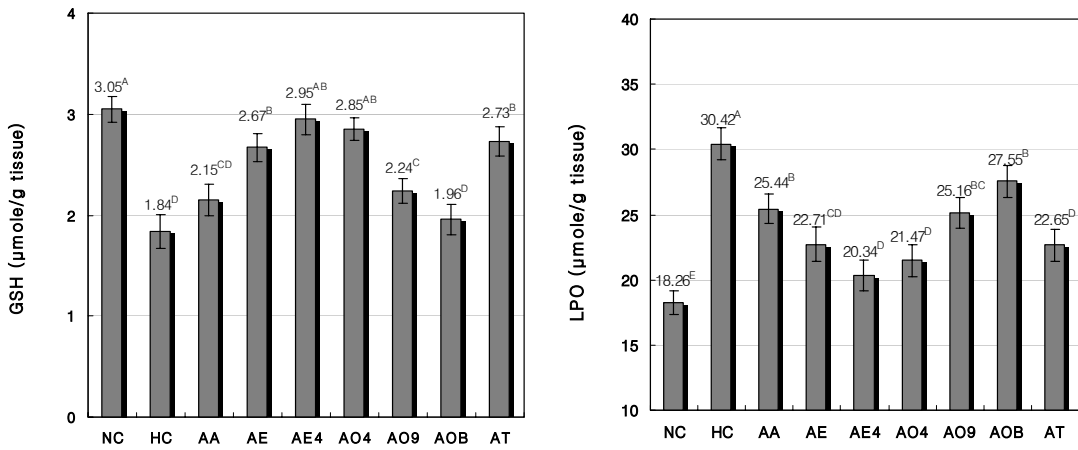
3.4 혈청지질 함량

실험식으로 6주간 사육한 mouse의 혈청triglyceride (TG), total cholesterol (TC), HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 함량을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다.

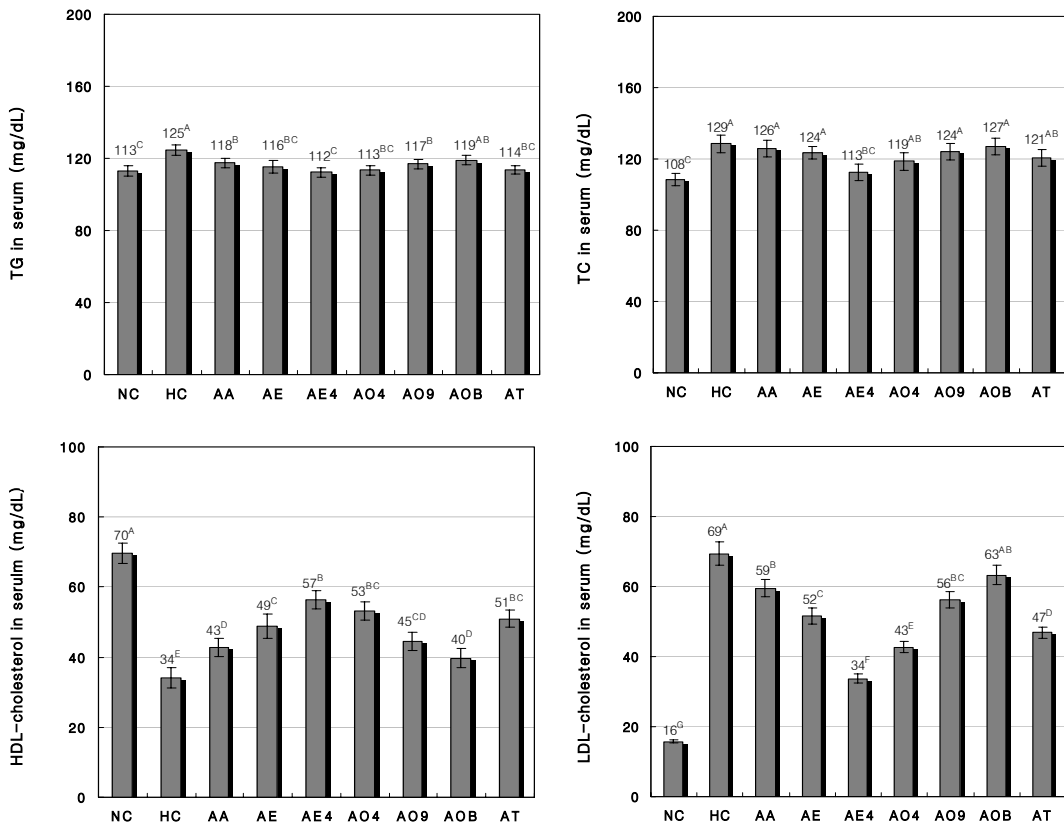
TG 함량은 모든 실험식이군이 HC군에 비하여 낮은 수치를 나타내었으며 그 중에서도 항비만 효과가 높게 나타난 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 7.20~10.40%가 감소되었다. 반면에 이들 군의 TC함량은



[Fig. 3] Effects of SCRs fermented by genus *Aspergillus* on the liver weight and fat around epididymal in high-fat induce obese mouse. Abbreviations: See Table 1. Values are mean ± standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences (p<0.05).



[Fig. 4] Effects of SCRs fermented by genus *Aspergillus* on the contents of GSH and LPO in high-fat induced obese mouse. Abbreviations: See Table 1. Values are mean±standard deviation (n=5), different superscripts on the bars indicate significant difference ($p<0.05$).



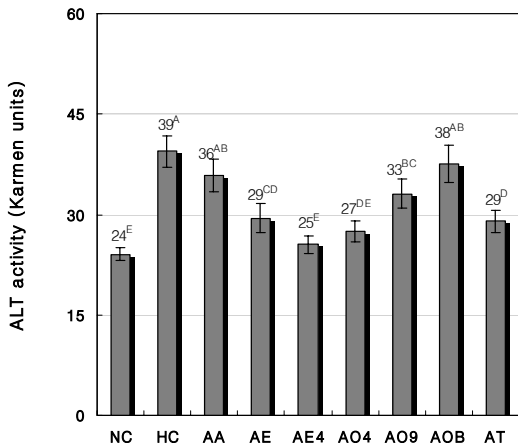
[Fig. 5] Effects of SCRs fermented by genus *Aspergillus* on the serum lipid profiles in high-fat induced obese mouse. Abbreviations: See Table 1. LDL-cholesterol = total cholesterol - (triglyceride/5 + HDL-cholesterol). Values are mean ± standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences ($p<0.05$).

3.88~12.41%가 감소하였다. 한편 HDL-cholesterol 함량은 모든 실험식이군이 HC군에 비하여 높은 함량을 보였으며 그 중에서도 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 44.11~67.64%가 증가하였으며 LDL-cholesterol 함량은 24.64~50.73%가 감소하여 *Aspergillus* 속 곰팡이로 발효시킨 비지가 고지방식이 및 이로부터 유도한 비만에서 혈중 지질의 개선효과와 함께 동맥경화와 같은 생활습관병을 개선시키는 효과가 있는 것으로 판단된다.

일반적으로 혈중 chylomicron의 함량은 지방의 섭취량에 비례하며 생성된 chylomicron은 VLDL (very low density lipoprotein)의 농도를 높이고 VLDL의 LDL (low density lipoprotein)로의 전환을 촉진한다. 그러므로 고지방 식이는 동맥경화성 관상동맥질환과 뇌혈관질환의 발생률을 높이며, 동맥경화 및 그 합병증의 유발을 촉진한다 [11]. 그러나 HDL (high density lipoprotein)은 LDL의 생성을 억제하거나 축적된 cholesterol을 감소시킴으로서 동맥경화의 발생을 억제한다[12].

3.5 혈청 ALT 활성

실험식으로 6주간 사육한 mouse 간 조직의 ALT 활성을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 간 조직 손상의 지표로 알려져 있는 혈청 ALT 활성 (Karmen unit)은 HC군이 NC군에 비하여 62.5%가 높았으나 항비만효과가 큰 것으로 나타난 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 25.65~35.90%가 낮았다.



[Fig. 6] Effects of SCRs fermented by genus *Aspergillus* on the serum ALT activity in high-fat induced obese mouse. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (n=5), different superscripts in the figures indicates significant differences ($p < 0.05$).

4. 고찰

본 연구에서는 항비만 및 간 기능증진 소재를 검색하기 위한 일련의 연구로 고지방식이로 유도한 비만 mouse를 실험동물 모델로 하여 항비만 및 혈중지질 개선효과를 조사하였다. 실험 식이는 전통적으로 사용되어온 *Aspergillus* 속의 미생물로 발효시킨 비지를 2% 첨가한 고지방식이로 6주간 사육하였다. 체중은 비발효 비지를 2% 첨가한 고지방식이 군 (HC)에 비하여 AOB군은 5.65%, AA군은 10.39%, AO9군은 12.65%, AE군은 20.59%, AT군은 21.84%, AO4군은 24.69%, AE4군은 31.33%가 감소하였으며 특히 AE, AT, AO4 및 AE4군이 HC군에 비하여 20% 이상의 높은 체중감소효과를 나타내었다. 이러한 효과는 식이섭취량이 다소 낮아도 영향이 있는 것으로 보이나 식이섭취량이 HC군과 뚜렷한 차이를 보이지 않음을 고려할 때 발효를 통하여 비지에 함유된 항비만 효과를 나타내는 성분들의 큰 것으로 생각된다. 간 중량은 NC군이 1.36g 인데 비하여 HC, AA, AE, AO9, AOB군들에서는 1.75~1.96g을 나타내었으나 AT, AO4 및 AE4군에서는 1.49~1.60 g으로 NC군의 1.36 g에는 미치지 않으나 고지방식으로 증가된 간의 중량이 크게 감소되는 경향을 나타내었다. 부고환 주변지방의 함량도 간의 중량과 유사한 경향으로 모든 실험식이군이 HC군에 비하여 낮은 경향을 나타내었으며 특히 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 30.33 ~ 41.99%가 감소되었다. 간 조직의 GSH는 생성된 ROS (reactive oxygen species)를 무독화시키며 LPO의 생성을 차단함으로써 GSH의 함량이 감소하면 LPO 함량이 증가한다[13].

특히, GSH는 superoxide radical이 SOD에 의하여 환원되어 생성된 H₂O₂를 H₂O로 전환시키는 항산화물질로 산화적 스트레스에 대한 항산화적 방어계의 기질로 이용된다 [14]. 반면에 LPO는 세포내의 산화적 스트레스로 인하여 세포막이 손상되었을 때 증가한다. 각종 스트레스에 의하여 생성된 ROS는 다가불포화지방산을 공격하여 LPO를 생성하며 생성된 LPO는 쉽게 분해되어 새로운 ROS를 생성하거나 aldehyde, ketone, alcohol류 등을 생성하여 인체의 각종 세포조직을 손상시키거나 노화를 촉진함으로써 LPO의 함량은 생체막의 손상정도를 나타내는 지표로 알려져 있다[10,13,14].

본 연구에서도 GSH 함량은 HC군이 1.84 μ mole/g-tissue로 NC군의 3.05 μ mole/g-tissue에 비하여 39.68%가 낮았으나 항비만 효과를 크게 나타낸 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 45.10~60.32%가 높았다. 또한 LPO함량은 GSH의 함량과 반대의 결과를 보였다. 혈중 TG 함량은 모든 실험식이군이 HC군에 비하여 낮

은 수치를 나타내었으며 그 중에서도 항비만 효과가 높게 나타난 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 7.20~10.40%가 감소되었다. 반면에 이들 군의 TC함량은 3.88~12.41%가 감소하였다. 한편 HDL-cholesterol 함량은 모든 실험식이군이 HC군에 비하여 높은 함량을 보였으며 그 중에서도 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 44.11~67.64%가 증가하였으며 LDL-cholesterol 함량은 24.64~50.73%가 감소하여 *Aspergillus*속 곰팡이로 발효시킨 비지가 고지방식이 및 이로부터 유도한 비만에서 혈중 지질의 개선효과와 함께 동맥경화와 같은 생활 습관병을 개선시키는 효과가 있는 것으로 판단된다. 간 조직 손상의 지표로 알려져 있는 혈청 ALT 활성 (Karmen unit)은 HC군이 NC군에 비하여 62.5%가 높았으나 항비만 효과가 큰 것으로 나타난 AE, AE4, AO4 및 AT군에서는 HC군에 비하여 25.65~35.90%가 낮았다.

References

- [1] SM Grundy "Multi-factorial causation of obesity. Implications for prevention". *Am J Clin Nutr* 67: 563S-572S, 1998.
- [2] JW Yun "Possible anti-obesity therapeutics from nature - A review". *Phytochem* 71: 1625-1641, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.07.011>
- [3] MS Choi, JI Kim, JB Jeong, SB Lee, JN Jeong, HJ Jeong, EW Seo, TY Kim, OJ Kwon, JH Lim "Suppressive effects of by-product extracts from soybean on adipocyte differentiation and expression of obesity-related genes in 3T3-L1 adipocytes". *J Life Sci* 21: 358-367, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5352/JLS.2011.21.3.358>
- [4] SM Yang, Y Wang, Q Zhang, Y. Wang, Y. Z Zhang, "Production of total polyphenol from fermented soybean curd residue by *Lentinus edodes*". *Int J Food Sci Technol* 47: 1215-1221, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02961.x>
- [5] M Machida "Progress of *Aspergillus oryzae* genomics". *Adv Appl Microbiol* 51: 81-106, 2002.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2164\(02\)51002-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2164(02)51002-9)
- [6] MZ Park, ID Kim, SD Kim "Effect of rice addition on enzyme activities of soybean Meju fermented by *Monascus* spp". *Korean J Postharvest Sci Technol* 8: 405-411, 2001.
- [7] M Bizukejc M Pawlak, T Boruta, J Gonciarz "Effect of pH on biosynthesis of lovastatin and other secondary metabolites by *Aspergillus terreus* ATCC 20542". *J Biotechnol* 162: 253-261, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2012.09.007>
- [8] WT Fridewald, RI Levy, DS Fredrickson. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 1972; 18: 499-502.
- [9] GL Ellman "Tissue sulfhydryl group". *Arch Biochem Biophys* 82: 70-77, 1959.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861\(59\)90090-6](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861(59)90090-6)
- [10] H Ohkawa, N Ohishi, K Yagi "Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction". *Anal Biochem* 95: 248-254, 1979.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
- [11] IS Lee, SW Lee, IZ Lee "Effects of tissue cultured ginseng on blood glucose and lipid in streptozotocin-induced diabetic rats". *Korean J Food Sci Technol* 35: 280-285, 2003.
- [12] BH Park, KY Beck, SI Lee, SD Kim "Effect of chitosan-ascorbate containing soyfiber beni-koji on body weight and lipid content of obesity rats induced from high fat diet". *J East Asian Soc Dietary Life* 16: 663-669, 2006.
- [13] RS Wang, T Nakajima, T Honma "Different change patterns of the isozymes of cytochrome P450 and glutathione S-transferase in chemically induced liver damage in rat". *Ind Health* 37: 440-448, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2486/indhealth.37.440>
- [14] MH Kang, JH Lee, JS Lee, JH Kim, HK Chung "Effect of acorn supplementation on lipid profiles and antioxidant enzyme activities in high fat diet-induced obese rats". *The Kor Nutr Soc* 37: 169-175, 2004.

이 인 애(In-Ae Lee)

[정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교 식품공학과 (농학박사)
- 1987년 6월 ~ 1998년 12월 : 한국생명공학연구원 선임연구원
- 1999년 11월 ~ 2009년 10월 : 경북대학교 농업과학기술연구소 연구교수
- 2009년 11월 ~ 현재 : 명지대학교 농생명 바이오 식의약소재개발 사업단 연구교수

<관심분야>
생명과학, 기능성 식품

이 상 일(Sang-II Lee)

[정회원]



- 1983년 2월 : 영남대학교 대학원 (약학석사)
- 1989년 8월 : 영남대학교 대학원 (약학박사)
- 1987년 9월 ~ 현재 : 계명문화대학교 식품영양조리학과 교수

<관심분야>
식품영양생리학 및 독성학

임 종 환(Jong-Hwan Lim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교 수의학과 (수의학사)
- 2005년 2월 : 충남대학교 대학원 수의학과 (수의학 박사)
- 2013년 5월 ~ 현재 : 명지대학교 농생명 바이오 식의약소재개발사업단 (연구전담) 조교수

<관심분야>
의약소재개발 및 독성학

이 예 경(Ye-Kyung Lee)

[정회원]



- 2002년 8월 : 대구가톨릭대학교 대학원 식품가공학과 (이학석사)
- 2006년 8월 : 대구가톨릭대학교 대학원 (이학박사)
- 2000년 3월 ~ 2004년 2월 : 가톨릭상지대학 식품영양학과 초빙교수
- 2004년 3월 ~ 2008년 8월 : 신성대학 호텔조리계열 초빙교수
- 2010년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 연구원

<관심분야>
식품가공 및 차발효

서 주 원(Joo-Won Suh)

[정회원]



- 1979년 2월 : 서울대학교 농화학과 (학사)
- 1986년 9월 : 미국 캘리포니아 대학 식품공학 (석사)
- 1989년 9월 : 미국 캘리포니아 대학 미생물학 (박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 명지대학교 생명과학정보학부 교수
- 2011년 1월 ~ 현재 : 농생명바이오식의약소재개발사업단 사업단장

<관심분야>
미생물학, 농업생명공학, 기능성 식품, 의약소재개발

김 순 등(Soon-Sonf Kim)

[정회원]



- 1969년 2월 : 경북대학교 농화학과 (농학사)
- 1980년 2월 : 영남대학교 대학원 식품화학 (이학박사)
- 2010년 8월 ~ 2013년 9월 : 대구가톨릭대학교 명예교수
- 2010년 9월 ~ 2013년 8월 : 명지대학교 생명과학정보학부 연구교수

<관심분야>
식품가공 및 발효과학