

## 신령버섯 균사체 액체배양액이 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사 및 효소활성에 미치는 영향

이 현 정 · 고 진 복<sup>§</sup>

신라대학교 생명과학과

### Effects of Liquid Culture of *Agaricus blazei* Murill on Lipid Metabolism and Enzyme Activities in Rats Fed High Fat Diet

Lee, Hyun-Jung · Koh, Jin-Bog<sup>§</sup>

Department of Life Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

#### ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of liquid culture of *Agaricus blazei* on the lipid metabolism and enzyme activities in growing male rats. Sprague-Dawley rats were given four different types of diets for a succeeding period of 5 weeks, respectively: a normal diet group (7% corn oil), a high fat diet group (7% corn oil + 15% lard), a 20 or 30% *Agaricus* diet groups (high fat diet + 20 or 30% *Agaricus* in water) according to the levels of *Agaricus* supplementation. The body weight gains, food intake, food efficiency ratios, and hepatic, kidney, spleen and pancreas weights of the rats fed 20 or 30% *Agaricus* diets were similar to those of the rats fed high fat diet. The epididymal fat pad weight of the rats fed high fat diet and 20 or 30% *Agaricus* diets were significantly higher than that of the rats fed normal diet. The concentrations of serum triglyceride, total cholesterol, LDL-cholesterol and HDL-cholesterol, and the activity of glutamic pyruvic transaminase in the rats fed 30% *Agaricus* diet were significantly lower than those in the rats fed high fat diet. But the concentrations of hepatic total cholesterol and triglyceride of rats fed the 20 or 30% *Agaricus* diets were similar to those of rats fed the high fat diet. The HDL-cholesterol/total-cholesterol ratio of the rat fed 30% *Agaricus* diet was significantly higher than that of the rats fed high fat diet. The activity of glutamic oxaloacetic transaminase in the rats fed 20 or 30% *Agaricus* diets were similar to those in the rats fed high fat diet. There were no differences in the concentrations of total protein, hemoglobin and glucose, and the activities of alkaline phosphatase, and the atherogenic index in the serum among the experimental groups. These results showed that the 30% *Agaricus* diet feeding decreased the total cholesterol, the triglyceride and the LDL-cholesterol, and increased the HDL-cholesterol/total cholesterol ratio in serum of rats. (*Korean J Nutrition* 36(4) : 352~358, 2003)

**KEY WORDS** : liquid cultures *agaricus blazei*, high fat, cholesterol, triglyceride, enzyme activities.

#### 서 론

담자균류의 자실체와 액체배양한 균사체 추출물들의 항균, 항암활성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 담자균류의 단백질 다당체들은 항암활성을 가지고 있으며 현재 가장 높은 사망 원인인 암 뿐만 아니라 순환기계질환에도 치료효과가 있는 것으로 보고<sup>1,2)</sup> 되고 있는 등 생리활성물질에 관한 연구가 진행되고 있다.

신령버섯 (*Agaricus blazei* Murill)은 담자균류에 속하는 식용버섯의 한 종류로 브라질이 원산지로서 알려져있다. 신령버섯은 국내에서는 아가리쿠스버섯 또는 흰들버섯으로 불리며 이 버섯의 전체적인 외형은 양송이와 유사하지만 양송이보다 향이 강하고 버섯대가 두껍고 길며 육질의 맛이 좋은 것이 특징이다.<sup>3)</sup> 신령버섯의 자실체는 85~87%가 수분이고 건조한 버섯은 단백질 40~45%, 탄수화물 38~45%, 섬유질 6~8%, 회분 5~7%, 지방질 3~4%를 함유하고 있고,<sup>4)</sup> 균사체는 수분 10.76%, 단백질 15.6%, 탄수화물 42.4%, 섬유질 26.4%, 회분 5.9%, 지방질 9.68%로 당질과 단백질이 풍부한 버섯이다.<sup>5)</sup>

신령버섯은 혈당과 혈압강하 효과와 콜레스테롤 저하,

접수일 : 2003년 3월 31일

채택일 : 2003년 4월 28일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

항종양, 항암 및 항돌연변이 효과 등의 약리작용이 있는 것으로 알려져 있고,<sup>6-11)</sup> 신령버섯에 포함된 다당체는 인터페론을 활성화해서 암세포를 소멸 또는 억제하는 간접적인 효과가 높으며, 특히 다른 버섯류와는 달리 고형암 뿐만 아니라 복수암, S상결장암, 난소암, 유방암, 폐암, 간암 등에도 효과가 있는데 이러한 항암효과를 나타내는 다당체는  $\beta$ -glucan으로 그 구조는  $\beta$ -(1-6)-glucosyl의 가치를 가진  $\beta$ -(1-3)-glucan이라고 하였다.<sup>8,10,12)</sup> 신령버섯의 자실체에서 분리한 단백다당체는 당질이 50.2%이고 단백질이 43.3%로 이들 복합체가 항암활성이 있다고 하였다.<sup>8,9,13)</sup> Choi와 Koo<sup>14)</sup>는 신령버섯의  $\beta$ -glucan은 비만인 당뇨쥐의 식후혈당의 상승을 억제하는 효과가 있고 중성지방 농도를 낮추어 혈액의 지질조성을 개선시켜 심혈관질환을 감소시킬 수 있다고 하였다.

이상의 연구내용에서 신령버섯의 다양한 약리작용이 알려지고 또한 만성적인 성인병의 예방이나 치료제로 이용되고 있으나, 고지혈증에 미치는 신령버섯의 효과에 대한 체계적인 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 신령버섯의 균사체 액체배양액이 고지방 식이를 섭취한 흰쥐의 지질대사, 단백질 영양상태 및 간에 미치는 영향을 관찰하고자 생후 7주령의 수컷 흰쥐를 대상으로 하여 고지방 (22%) 식이에 신령버섯의 균사체 액체배양액을 20%와 30%로 음료수에 혼합하여 5주간 급여하고, 체중변화, 식이효율, 간과 혈청의 지질 농도, 혈청의 단백질 농도 및 간 질환과 관련이 있는 효소활성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 신령버섯 균사체 액체배양액 제조방법

시료로 사용된 신령버섯 (*Agaricus blazei* Murill)의 균사체 음료는 케이비에프 (주)에서 제조한 것으로 신령버섯의 균사체 200 ml를 PDB (potato dextrose broth)에서 25℃로 조절하여 4일간 액체배양하고, 전체 배양액을 본 배양 배지에서 3일간 액체배양 하였다. 배양된 균사체 배양액을 거즈로 여과하여, 여과액을 105℃에서 90분간 감압멸균하여 시료로 사용하였다. 시료보관은 -20℃에서 냉동보관 하였다.

### 2. 실험동물의 식이 및 사육

실험동물은 본 대학 실험실에서 번식시켜 고품사료 (삼양유지사료)로 사육한 생후 7주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 표준사료로 1주일 동안 적응시킨 후, 평균체중이 255.3 ± 20.2 g의 동물을 한 군에 6마리씩 4군으로 나

누어 실험에 사용하였다. 선행연구<sup>20)</sup>에서 성장기<sup>5)</sup> 및 성숙된<sup>16)</sup> Sprague-Dawley계 숫쥐에 5주간 고지방식이 (5% 옥수수기름과 15% 돈지)를 5주간 급여한 바 체지방 축적이 유의하게 증가되었다고 하여 본 실험에서 고지방식이를 대조식이에 15% 돈지를 첨가하였다. 실험식이의 조성은 Table 1과 같다. 실험군은 정상군, 고지방군, 고지방식이에 신령버섯 균사체 액체배양액을 20% 및 30% 수준으로 음료수에 혼합하여 급여한 군(20% 및 30% 신령버섯군) 등 4군으로 나누어 해당 식이로 5주간 사육하였다. 동물실험실의 사육조건은 온도 22 ± 2℃, 습도 50~60%로 유지시키고, 명암은 12시간을 주기로 자동조절 되었으며, 실험음료와 식이는 자유 급식하였다.

### 3. 식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

체중은 1주에 한번씩 일정한 시간에 측정하였고, 실험기간 동안의 식이는 매일 오후 4시에 일괄적으로 급여하였다. 식이섭취량의 오차를 최소화하고자 손실량을 측정하여 보정하였으며 급여량을 기록하여 식이 섭취량을 산출하였다. 식이효율은 실험 전 기간의 체중증가량을 같은 기간 동안에 섭취한 식이량으로 나누어 산출하였다. 식이효율 (food efficiency ratio ; FER) = 체중증가량 (g) / 식이섭취량 (g) × 100

### 4. 시료채취 및 분석

5주간 실험종료 일에 16시간 절식시킨 실험동물을 ethyl ether로 마취하고 심장에서 채혈하고, 채혈된 혈액은 실온에서 30분간 응고시킨 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 혈청을 분석시료로 사용하였다. 각 장기 및 부고환지방을 채혈 후 즉시 떼어 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 무게를 측정하였다. 혈액의 hematocrit 치는 microhematocrit 법,<sup>18)</sup> hemoglobin은 cyanmethemoglobin 법<sup>19)</sup>으로 측정

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Ingredients	Normal	High fat
Corn starch	52.95	37.95
Casein	20.0	20.0
Corn oil	7.0	7.0
Lard	-	15.0
Sucrose	10.0	10.0
DL-methionine	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.25	0.25
Cellulose	5.0	5.0
Mineral mix. <sup>1)</sup>	3.5	3.5
Vitamin mix. <sup>2)</sup>	1.0	1.0

1, 2) AIN-93-MX mineral and AIN-93-VX vitamin mixture<sup>17)</sup>

하였고, 혈청의 중성지질, 인지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 혈당, 단백질, 알부민 농도 및 glutamic pyruvic transaminase, glutamic oxaloacetic transaminase, alkaline phosphatase의 활성은 자동생화학분석기 (Autoanalyzer 900S, Germany)로 측정하였다. LDL 콜레스테롤 농도는 혈청의 중성지질 농도가 400 mg/dL 미만이면 Fridwald 공식이 적합하다고 하여,<sup>20,21)</sup> Fridwald 등<sup>22)</sup>에 의한 계산법으로 산출하였다. 즉 LDL-cholesterol = total cholesterol - (HDL - cholesterol + triglyceride ÷ 5). 동맥경화지수 (atherogenic index : AI)는 Haglund 등<sup>23)</sup>의 방법에 따라서 AI = (total cholesterol - HDL - cholesterol) ÷ HDL - cholesterol 식으로 계산하였다. 간의 지질은 Folch 법<sup>24)</sup>으로 추출하여 지질측정용으로 사용하였다. 간의 총 지질은 phospho-vanillin 법,<sup>25)</sup> 중성지질 (영연화학, Japan), 인지질 (Iatron, Japan), 총 콜레스테롤 (영연화학, Japan) 농도는 각각의 측정용 kit 시약으로 측정하였다.

5. 통계처리

본 연구의 실험결과는 평균치와 표준편차로 나타내었고, SPSS를 이용하여 실험군간의 유의성은 ANOVA로 검증한 후 p < 0.05수준에서 Duncan's multiple range test로 상호 비교분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 체중증가량, 식이섭취량 및 식이 효율

5주간 실험식이를 급여한 결과 실험동물의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율의 변화는 Table 2와 같다. 체중

증가량은 정상군에 비하여 고지방군과 고지방식이에 20%와 30%의 신령버섯을 급여한 군 (신령버섯군)들이 유의성 있는 차이가 나타나지 않았으나 30% 신령버섯군이 다소 낮았다. Kim 등<sup>26)</sup>은 생후 4주령된 쥐에 20%의 옥수수 기름 또는 우지를 6주간 급여한 바 체중증가가 정상군과 비슷하였다고 하였고, Park 등<sup>27)</sup>은 20% 우지를 급여시 8주까지는 대조군과 비슷하였다가 12주 이상 장기간 급여시 대조군에 비하여 체중이 유의하게 증가하였다는 보고와 본 실험결과도 유사한 경향으로 실험기간이 5주간의 고지방 식이 섭취에 따른 영향은 나타나지 않았다. Kim 등<sup>28)</sup>은 고콜레스테롤식이에 영지버섯 및 목이버섯 분말을 급여한 바 체중증가량이 다소 낮았다고 하였다. 본 실험에서 30% 신령버섯군이 고지방군 보다 체중증가량이 다소 낮았음은 상기보고<sup>28)</sup>와 유사한 경향으로 30% 신령버섯 군사체 배양액에 함유된 다당류가 고지방 식이를 섭취한 쥐의 체중증가를 다소 억제하는 것으로 나타났다.

식이섭취량은 고지방군과 20%와 30%의 신령버섯군이 비슷하였으나 정상군 보다는 유의하게 감소하였다, 고지방 식이군은 열량이 높은 식이이므로 섭취량이 감소된<sup>16)</sup> 것이라 할 수 있다. 식이효율은 정상군과 각 실험군들이 비슷하여 신령버섯 군사체 배양액이 식이섭취량이나 식이효율에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

2. 장기 무게 변화

신령버섯 군사체 배양액이 각 장기 및 부고환지방 무게에 미치는 영향을 조사하고자 체중 100 g 당 각 장기의 무게를 측정할 결과는 Table 3과 같다. 간, 신장 및 췌장의 무게는 정상군과 각 실험군이 비슷한 경향으로 간, 신장

Table 2. The body weight gain, food intake and food efficiency ratio (FER) of male rats fed *Agaricus blazei* Murill for 5 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Body weight gains (g)			Food intake (g/35 days)	FER (%)
	Initial	Final	Gains		
Normal	256.1 ± 24.8 <sup>2)1NS</sup>	422.5 ± 17.7 <sup>2)NS3)</sup>	166.4 ± 21.0 <sup>NS</sup>	805.1 ± 72.0 <sup>4)</sup>	21.10 ± 1.93 <sup>NS</sup>
High fat	254.9 ± 18.8	420.3 ± 19.3	165.4 ± 22.2	713.6 ± 68.1 <sup>b)</sup>	22.82 ± 3.05
20% <i>Agaricus</i>	254.7 ± 17.9	412.2 ± 27.6	157.5 ± 29.5	715.5 ± 70.2 <sup>b)</sup>	22.12 ± 3.17
30% <i>Agaricus</i>	254.8 ± 16.7	404.8 ± 18.3	150.7 ± 16.2	711.5 ± 68.7 <sup>b)</sup>	21.09 ± 2.26

1) Group abbreviations: Normal: normal diet group, High fat: normal diet + 15% lard group, 20% or 30% *Agaricus*: control diet + 20% or 30% *Agaricus blazei* mixed with water. 2) All values are mean ± SD of 6 rats. 3) NS: Not significant. 4) Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

Table 3. The organ weights for 100 g body weight of male rats

Groups <sup>1)</sup>	Liver (g)	kidney (mg)	Spleen (mg)	Pancreas (mg)	EFP <sup>4)</sup> (mg)
Normal	3.09 ± 0.36 <sup>2)1NS</sup>	677 ± 36 <sup>2)NS3)</sup>	182 ± 21 <sup>2)4)</sup>	165 ± 22 <sup>NS</sup>	648 ± 92 <sup>a)</sup>
High fat	3.19 ± 0.19	655 ± 32	198 ± 15 <sup>2)5)</sup>	149 ± 37	885 ± 121 <sup>b)</sup>
20% <i>Agaricus</i>	3.33 ± 0.27	644 ± 41	211 ± 14 <sup>b)</sup>	159 ± 42	882 ± 103 <sup>b)</sup>
30% <i>Agaricus</i>	3.27 ± 0.35	640 ± 32	196 ± 14 <sup>2)5)</sup>	134 ± 72	880 ± 66 <sup>b)</sup>

1-3) See the legend of Table 2, 4) EFP: epididymal fat pad

5) Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

및 체장의 무게는 정상수준<sup>29)</sup>을 유지하는 것으로 나타났다. 비장의 무게는 정상군에 비하여 20% 신령버섯군이 유의하게 증가하였으나 고지방군 및 30% 신령버섯군과 비슷한 경향이었다. 비장은 식세포 작용과 면역기능을 수행하는 장기로<sup>30)</sup> 면역작용이 활발할 때 비장의 무게가 증가한다고 하였다.<sup>31)</sup> 각 장기의 무게는 신령버섯 균사체 배양액 섭취에 의한 영향은 나타나지 않았다. 부고환지방 무게는 정상군에 비하여 고지방군이 유의하게 증가하여 고지방식이에 의한 체지방축적이 유도된 것으로 나타났다. 고지방군과 20% 및 30% 신령버섯군은 비슷한 경향으로 신령버섯 균사체 배양액이 부고환지방 축적을 억제하는 효과가 나타나지 않았다.

**3. 간의 지질 농도 변화**

신령버섯 균사체 배양액 섭취시 간의 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지질의 농도는 Table 4와 같다. 간의 총 지질 및 중성지질 농도는 정상군에 비해 고지방군, 20% 및 30% 신령버섯군이 유의하게 증가하였고, 콜레스테롤 농도는 정상군에 비해 20% 신령버섯군이 유의하게 증가하였으나 고지방군과는 비슷하였다. 이는 고지방 섭취시 20% 및 30% 신령버섯 균사체 배양액이 간의 총 지질, 중성지질 및 콜레스테롤 농도를 낮추는 효과가 나타나지 않았다.

Kim 등<sup>32)</sup>은 표고, 느타리버섯 추출물을 쥐에 급여한바 간 콜레스테롤 농도를 낮추는 효과가 없었다고 하였고, 고콜레스테롤혈증 흰쥐에 동충하초 급여시 간의 중성지질과 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과가 나타나지 않았다는 보고<sup>33)</sup>와 본 실험의 결과도 유사한 경향을 보였다.

**Table 4.** The hepatic lipid concentrations of male rats fed *Agaricus blazei* for 5 weeks (mg/g of wet liver)

Groups <sup>1)</sup>	Total lipid	Cholesterol	Triglyceride
Normal	72.23 ± 10.49 <sup>2a)</sup>	4.43 ± 0.52 <sup>2a)</sup>	35.33 ± 4.75 <sup>a)</sup>
High fat	99.71 ± 12.30 <sup>b)</sup>	4.98 ± 0.69 <sup>ab)</sup>	47.56 ± 5.40 <sup>b)</sup>
20% <i>Agaricus</i>	95.49 ± 13.94 <sup>b)</sup>	5.11 ± 0.53 <sup>b)</sup>	49.93 ± 4.61 <sup>b)</sup>
30% <i>Agaricus</i>	94.31 ± 13.22 <sup>b)</sup>	4.88 ± 0.61 <sup>ab)</sup>	48.61 ± 5.14 <sup>b)</sup>

1-2) See the legend of Table 2. 4) Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

**4. 혈청의 지질농도 변화**

혈청의 지질농도 변화는 Table 5와 같다. 혈청의 중성지질 농도는 고지방군에 비해 20% 신령버섯군은 다소 감소되었으나, 30% 신령버섯군은 유의하게 감소되었다. 총 콜레스테롤 농도는 고지방군에 비해 20% 및 30% 신령버섯군이 유의하게 감소하여 신령버섯의 균사체 배양액이 혈청의 중성지질과 총 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

식용버섯의 콜레스테롤 저하효과에 대한 연구로 느타리버섯 추출물 섭취시 혈청 콜레스테롤이 감소되었다고 하였고,<sup>32)</sup> 표고버섯에 함유된 *leticin*과 *eritadenine*이 혈액 콜레스테롤을 낮추는 효과가 있고 또한 혈액순환을 원활히 하여 혈관계질환을 예방할 수 있다는 보고도 있다.<sup>34)</sup> 영지버섯 열수추출액에 함유되어있는 다당체가 본태성 고혈압 흰쥐의 고혈압 치료효과와 더불어 혈청의 콜레스테롤 농도를 저하시켜 고지혈증을 개선시키는 것으로 보고<sup>35)</sup> 하였다. 동충하초가 고지방을 섭취한 쥐의 혈청의 콜레스테롤 및 중성지질을 낮추었다고 하였으며,<sup>16)</sup> Kim 등<sup>36)</sup>은 표고버섯, 영지버섯 및 느타리버섯 혼합분말을 첨가한 식이로 흰쥐를 사육한 바 혈액의 총 콜레스테롤 농도를 감소 감소시킨다고 하였다.

Cheung<sup>37)</sup>은 고콜레스테롤 식이에 풀버섯의 액체배양액의 다당류인  $\beta$ -glucan을 1% 첨가한 식이로 2주간 사육한 바 혈청의 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도를 감소시키고, 변으로 배설되는 중성 스테롤의 양은 증가하고 반면 담즙산은 변화가 없음을 보여 다당류인  $\beta$ -glucan의 콜레스테롤 저하효과는 간에서 HMG-CoA reductase와 관련이 있음을 제시하였다. 수용성  $\beta$ -glucan은 쥐의 소장에서 micelles 형성을 방해하고 소장 mucosa의 물리적 특성을 변화시켜 콜레스테롤 흡수를 낮춘다고 하였다.<sup>38)</sup> 본 실험결과 상기 보고들과 일치하였다. 이는 신령버섯 균사체 발효액에 함유된 다당류와 스테롤류가 소장에서 콜레스테롤과 중성지질의 흡수를 저해하여 혈중 콜레스테롤과 중성지질 농도를 낮추는 것이라 할 수 있다.

**Table 5.** The serum lipid concentrations of male rats fed *Agaricus blazei* for 5 weeks (mg/dL)

Groups <sup>1)</sup>	Triglyceride	Cholesterol	HDL-C	LDL-C	HDL-C/T-C <sup>4)</sup>	AI <sup>5)</sup>
Normal	112.60 ± 26.08 <sup>2a)</sup>	90.72 ± 16.22 <sup>2b)</sup>	28.36 ± 5.11 <sup>2b)</sup>	43.84 ± 7.11 <sup>2a)</sup>	31.02 ± 2.18 <sup>a)</sup>	2.20 ± 0.36 <sup>NS3)</sup>
High fat	167.45 ± 27.54 <sup>b)</sup>	93.23 ± 8.89 <sup>a)</sup>	29.45 ± 2.19 <sup>a)</sup>	30.28 ± 6.42 <sup>b)</sup>	31.70 ± 1.87 <sup>a)</sup>	2.17 ± 0.23
20% <i>Agaricus</i>	141.40 ± 26.36 <sup>2b)</sup>	76.22 ± 10.66 <sup>b)</sup>	25.08 ± 2.34 <sup>b)</sup>	22.86 ± 7.99 <sup>2bc)</sup>	33.15 ± 2.70 <sup>2b)</sup>	2.03 ± 0.26
30% <i>Agaricus</i>	132.81 ± 25.16 <sup>a)</sup>	72.60 ± 14.62 <sup>b)</sup>	24.60 ± 3.62 <sup>b)</sup>	21.44 ± 6.07 <sup>c)</sup>	34.15 ± 1.79 <sup>b)</sup>	1.93 ± 0.16

1-3) See the legend of Table 2

4) HDL-C/T-C (%) = (HDL-cholesterol ÷ Total Cholesterol) × 100.

5) AI (atherogenic index) = (Total cholesterol-HDL-cholesterol) ÷ HDL-cholesterol.

6) Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

LDL-콜레스테롤 농도는 고지방군에 비해 20% 신령버섯군이 다소 감소되었으나, 30% 신령버섯군은 유의하게 감소되어 LDL-콜레스테롤 농도를 낮추는 효과가 있는 것으로 나타났다 Cheung<sup>37)</sup>의 보고와 유사하였다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 고지방군에 비해 20% 신령버섯군은 다소 증가되었으나 30% 신령버섯군은 유의하게 증가되어 그 비율을 높이는 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 HDL-콜레스테롤 농도는 고지방군에 비하여 20% 및 30% 신령버섯군이 유의하게 낮았고, 동맥경화지수는 모든 실험군이 비슷한 수준을 유지하였다.

순환기계로부터 오는 성인병은 주로 LDL-콜레스테롤의 함량으로 평가하고, 동맥경화에 의하여 발생하는 발병초기 지표로 동맥경화지수를 이용하고,<sup>23)</sup> 또한 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 개개의 지단백질 농도들 보다 심장질환의 위험정도를 잘 나타내 준다고 보고되어있다.<sup>39,40)</sup> 본 실험결과 20% 및 30% 수준의 신령버섯 균사체 배양액 섭취로 순환기계 질환의 지표로 이용되는 LDL-콜레스테롤 농도를 낮추는 효과가 있고, 심장질환의 위험정도를 나타내는 총 콜레스테롤 농도에 대한 HDL-콜레스테롤 농도의 비율을 높이는 효과가 있어 혈청의 지질 농도를 개선하여 순환기질환의 예방효과가 있는 것으로 나타났다.

**5. 혈청의 단백질, 혈당, 혈색소 농도 및 헤마토크리트 지**

고지방식이에 신령버섯 균사체 배양액 섭취시 단백질 영양 상태, 혈당 및 빈혈의 유무를 판정하는 혈색소 농도 및 헤마토크리트 치에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 6 과 같다. 혈청의 총 단백질 농도와 알부민 농도는 20% 신령버섯군이 정상군에 비하여 유의하게 감소되었으나 정상 범위이고<sup>29)</sup> 그 외 각 실험군은 비슷한 수준을 유지하였다. 알부민/글로불린 비율은 고지방군과 각 실험군이 비슷한 수준으로 나타났다. 혈청 알부민은 혈청 총 단백질의 50~70%를 차지하며 혈장 교질 삼투압의 유지와 각종 영양소 등의 운반에 중요한 기능을 담당하는데 일반적으로 총 단백질 농도와 상관관계를 가지며 체내 단백질 대사 이상의 좋은 지표가 된다. 본 실험의 결과 총 단백질과 알부민 농

도 및 알부민/글로불린 비율은 신령버섯의 균사체 배양액의 섭취에 따른 영향은 나타나지 않았다.

혈색소 농도 및 헤마토크리트 치는 정상군과 고지방군, 20% 및 30% 신령버섯군이 비슷한 수준을 보였다. 혈색소 농도는 적혈구 중에 포함되어 있는 복합 단백질로서 산소를 운반하는 중요한 기능을 가지고 있으며 빈혈의 유무에 지표이다. 혈당 농도는 정상군과 각 실험군이 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이상의 결과로 보아 고지방식이와 신령버섯의 균사체 배양액을 20% 및 30% 수준의 급여시 단백질대사, 혈색소와 헤마토크리트치 및 혈당의 농도에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

**6. 혈청의 효소활성**

고지방 식이에 신령버섯 균사체 배양액 급여시 흰쥐의 간 질환과 관련이 있는 효소활성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 혈청의 glutamic oxaloacetic transaminase (GOT)의 활성은 30% 신령버섯군이 정상군보다 유의하게 감소된 것으로 나타났으나 고지방군과는 20% 및 30% 신령버섯군들이 유사한 경향을 보였다. glutamic pyruvic transaminase (GPT)의 활성은 고지방군에 비해 30% 신령버섯군이 유의하게 감소하였으나 정상군과는 비슷하였다. 이는 Jung 등<sup>41)</sup>은 상황버섯이 GOT와 GPT 등 간기능 지표 효소의 활성을 감소시키는 경향을 나타내었다는 보고와 Kim 등<sup>42)</sup>이 구기자 추출물 투여로 간기능 지표 효소 활성의 감소현상을 나타내었다는 보고와 유사한 경향으로 30% 수준의 신령버섯 균사체 배양액 섭취시 GOT 및 GPT활성

**Table 7.** The serum glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), and alkaline phosphatase (ALP) activities of male rats fed *Agaricus blazei* for 5 weeks (IU/L)

Groups <sup>1)</sup>	GOT	GPT	ALP
Normal	104.6 ± 8.0 <sup>2)1)</sup>	38.16 ± 4.80 <sup>2)4)</sup>	299.8 ± 27.7 <sup>NS3)</sup>
High fat	96.7 ± 12.5 <sup>2)5)</sup>	43.33 ± 4.44 <sup>2)</sup>	318.9 ± 33.6
20% <i>Agaricus</i>	95.5 ± 10.1 <sup>2)5)</sup>	39.06 ± 5.23 <sup>2)5)</sup>	314.3 ± 43.9
30% <i>Agaricus</i>	84.8 ± 9.7 <sup>2)</sup>	34.09 ± 5.39 <sup>2)</sup>	323.8 ± 38.1

1-3) See the legend of Table 2, 4) Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

**Table 6.** The concentrations of protein, glucose, hemoglobin and hematocrit value of male rats fed *Agaricus blazei* for 5 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Serum (g/dL)			Hemoglobin (g/dL)	Hematocrit (%)	Glucose (mg/dL)
	Total protein	Albumin	A/G ratio			
Normal	6.55 ± 0.13 <sup>2)NS)</sup>	3.76 ± 0.10 <sup>2)4)</sup>	1.34 ± 0.06 <sup>2)</sup>	16.53 ± 0.60 <sup>NS3)</sup>	49.58 ± 1.81 <sup>NS)</sup>	164.8 ± 18.4 <sup>NS)</sup>
High fat	6.36 ± 0.20	3.69 ± 0.08 <sup>2)</sup>	1.38 ± 0.10 <sup>2)5)</sup>	16.54 ± 0.54	49.61 ± 1.63	185.5 ± 19.8
20% <i>Agaricus</i>	6.33 ± 0.19	3.56 ± 0.10 <sup>2)</sup>	1.29 ± 0.11 <sup>2)</sup>	16.80 ± 0.38	50.41 ± 1.14	171.4 ± 17.3
30% <i>Agaricus</i>	6.36 ± 0.19	3.77 ± 0.06 <sup>2)</sup>	1.46 ± 0.09 <sup>2)</sup>	16.79 ± 0.25	50.36 ± 0.76	178.4 ± 18.8

1-3) See the legend of Table 2

4) Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

을 감소시키는 것으로 나타났다. Alkaline phosphatase 의 활성은 정상군과 각 실험군이 비슷한 수준으로 차이가 나타나지 않았다. 본 실험결과 신령버섯 균사체 배양액 섭취에 의한 간의 기능에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 요 약

신령버섯 균사체 배양액이 고지방식이를 섭취한 숫쥐의 성장률, 장기무게, 지질 농도, 단백질 농도 및 효소활성에 미치는 영향을 조사하고자, 생후 7주령의 흰쥐 (255.3 ± 20.2 g)에 표준식이를 급여한 정상군, 표준식이에 15% 돈을 첨가한 식이를 급여한 고지방군, 고지방 식이에 신령버섯의 균사체 배양액을 음료수에 20% 및 30%로 혼합 급여한 군 (20% 및 30% 신령버섯군) 등 4군으로 나누어 5주간 사육한 결과는 다음과 같다.

실험동물의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율, 그리고 간, 신장, 비장 및 췌장의 무게는 고지방군과 20% 및 30% 신령버섯군이 비슷한 수준을 유지하였다. 부고환지방은 정상군에 비하여 고지방군 및 신령버섯군들이 유의하게 증가되어 신령버섯 섭취에 따른 감소효과는 나타나지 않았다. 혈청의 총 콜레스테롤, 중성지질, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 농도 및 glutamic pyruvic transaminase 활성은 고지방군에 비해 30% 신령버섯군이 유의하게 감소되었다. 간의 콜레스테롤과 중성지질 농도는 고지방군과 20% 및 30% 신령버섯군이 비슷한 수준으로 감소효과가 나타나지 않았다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 고지방군에 비해 30% 신령버섯군이 유의하게 증가되었다.

혈청의 단백질, 혈색소 및 혈당 농도, 동맥경화지수와 alkaline phosphatase 활성은 정상군과 각 실험군이 비슷한 수준을 유지하였다. 혈청의 glutamic oxaloacetic transaminase 활성은 고지방군과 20% 및 30% 신령버섯군이 비슷한 경향이였다.

이상의 결과로 보아 고지방식이를 급여한 흰쥐에 신령버섯 균사체 배양액을 30% 급여시 체중증가량과 장기 무게는 정상수준을 유지하였고, 혈청의 총 콜레스테롤, 중성지질 및 LDL-콜레스테롤 농도를 낮추고, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율을 증가시키는 효과가 나타났다.

## Literature cited

- 1) Kubo K, Nanba H. The effect of Maitake mushrooms on liver and serum lipids. *Altern Ther Health Med* 2: 62-69, 1996
- 2) Liu F, Ooi VE, Chang ST. Free radical scavenging activities of mushroom polysaccharide extracts. *Life Sci* 60: 763-766, 1997
- 3) Sung JM, Yoo YB, Cha DY. *Mushroom*. Kyohaksa. Seoul, pp.3-10, 1998
- 4) Mizuno T, Hagiwara T, Nakamura T, Ito H, Shimura K, Sumiya T. Antitumor activity and some properties of water soluble polysaccharides from the fruiting body of *Agaricus blazei* Muril. *Agric Biol Chem* 54: 2889-2896, 1990
- 5) Chang HL, Chao GR, Chen CC, Mau JL. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. *Food Chemistry* 74: 203-207, 2001
- 6) Sugiyama K, Saeki S, Ishiguro Y. Hypercholesterolemic activity of ningyotake (*Polyporus confluens*) mushroom in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 45: 265-270, 1992
- 7) Yoshiaki F, Hidekazu K, Koichi O, Ryo S, Takusaburo E. Tumorcidal activity of high molecular weight polysaccharides derived from *Agaricus blazei* via oral administration in the mouse tumor model. *Nippon Shokuhim. Kagaku Kaishi* 45: 246-252, 1998
- 8) Itoh H, Amano H, Noda H. Inhibitory action of a (1→6)-β-D-glucan-protein complex isolated from *Agaricus blazei* Muril on metha fibrosarcoma-bearing mice and its antitumor mechanism. *Jpn J Pharmacol* 66: 265-271, 1994
- 9) Mizuno T, Inagaki R, Kanao T, Hagiwara T. Antitumor activity and some properties of water-insoluble hetero-glucans from "Himematsutake" the fruiting body of *Agaricus blazei* Muril. *Agric Biol Chem* 54: 2897-2905, 1990
- 10) Kawagish H, Inagaki R, Kanao T. Fraction and antitumor activity of the water-insoluble residue of *Agaricus blazei* fruiting bodies. *Carbohydrate Research* 186: 267-273, 1989.
- 11) Menoli RCRN, Mantovani MS, Ribeiro LR, Speit G, Jordao BQ. Antimutagenic effects of the mushroom *Agaricus blazei* Murrill extracts on V79 cells. *Mutation Research* 496: 5-13, 2001
- 12) Dong Q, Yao J, Yang XT, Fang JN. Structural characterization of a water-soluble β-D-glucan from fruiting bodies of *Agaricus blazei* Murr. *Carbohydrate Research* 337: 1417-1421, 2002
- 13) Kawagish H, Kanao T, Inagaki R, Mizuno T, Shimura K, Ito H, Hagiwara T, Nakamura T. Formolysis of a potent antitumor (1-6)-β-D-glucan-protein complex from *Agaricus blazei* fruiting bodies and antitumor activity of the resulting products. *Carbohydrate Polymers* 12: 393-403, 1990
- 14) Choi JM, Koo SJ. Effects of β-glucan from *Agaricus blazei* Murill on blood glucose and lipid composition in db/db mice. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1418-1425, 2000
- 15) Lee JS, Lee KH, Jeong JH. Effects of extract of *Pueraria radix* on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 218-224, 1999
- 16) Koh JB. The effects of *Cordyceps militaris* on lipid metabolism, protein levels and enzyme activities in rats fed a high fat diet. *Korean J Nutrition* 35: 414-420, 2002
- 17) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951, 1993
- 18) Medical Laboratory. *Technology and Clinical Pathology*, 2th ed. WB. Saunders Co. Philadelphia, pp.673, 1969

- 19) Davidson I, Henry JB. *Todd-Sanford clinical diagnosis by laboratory methods*, 13th ed. WB. Saunders Co. Philadelphia. pp.73-75, 1966
- 20) Warnick GR, Knoopp RH, Fitzpatrick V, Branson L. Estimating low density lipoprotein cholesterol by the Friedewald equation is adequate for classifying patient on the basis of nationally recommended cutpoints. *Clin Chem* 36: 15-19, 1990
- 21) Schectman G, Patsches M, Sasse EA. Variability in cholesterol of measurements: comparison of calculated and direct LDL cholesterol determinations. *Clin Chem* 42: 732-737, 1996
- 22) Friedwald WT, Levy RI, Fedreicson DS. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-508, 1979
- 23) Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. The effect of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172, 1991
- 24) Folch J, Lees M, Stanley GSH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509, 1957
- 25) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-91, 1970
- 26) Kim CO, Kang SA. Effect of high fat and high carbohydrate diet on serum leptin and lipids concentration in rat. *Korean J Nutrition* 34: 123-131, 2001
- 27) Park YJ, Park YJ. Effect of high fat and high cholesterol diet on kidney function. *Korean J Nutrition* 30: 187-194, 1997
- 28) Kim GJ, Kim HS, Chung SY. Effects of varied mushroom on lipid compositions in dietary hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 21: 131-139, 1997
- 29) Song CW, Hwang HS, Han SS. Studies on the basic data of Ktc: SD rats with age. *Korean J Lab Ani Sci* 6: 33-43, 1990
- 30) Flora SJ, Singh S, Tandon S. Combined effects of thiamin and calcium disodium versenate on lead toxicity. *Life Science* 38: 67-75, 1985
- 31) Chandra RK. Cell-mediated immunity in genetically obese mice. *Am J Clin Nutr* 33: 13-19, 1980
- 32) Kim GH, Han HK. The effect of mushroom extracts on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 326-332, 1998
- 33) Koh JB, Choi MA. Effect of Cordyceps militaris on lipid metabolism in rats fed cholesterol diet. *Korean J Nutrition* 34: 265-270, 2001
- 34) Sugiyama K, Akachi T, Yamakawa A. Hypocholesterolemic action of eritadenine Is mediate by a modification of hepatic phospholipid metabolism in rat. *J Nutr* 125: 2134-2140, 1995
- 35) Kim BK, Shin GG, Jeon BS, Cha JY. Cholesterol-lowering effect of mushrooms power in hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 510-515, 2001
- 36) Kabir Y, Kimura S, Tamura T. Dietary effects of Ganoderma lucidum mushroom on blood pressure and lipid levels in spontaneously hypotensive rats (SHR). *J Nutr Sci Vitaminol* 34: 433-438, 1988
- 37) Cheung PCK. The hyporcholesterolemic effect of extracellular polysaccharide from the submerged fermentation of mushroom. *Nutr Res* 16: 1953-1957, 1996
- 38) Ebihara K, Schncceman BO. Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglycerides with dietary fiber in the small intestine of rats. *J Nutr* 119: 1100-1106, 1989
- 39) Kinoshian B, Glick H, Preiss L, Puder KI. Cholesterol and coronary heart disease: predicting risk in men by changes in levels and ratios. *J Invest Med* 43: 443-450, 1995
- 40) Kailash P. Reduction of serum cholesterol and hypercholesterolemic atherosclerosis in rabbits by secoisolariciresinol diglucoside isolated from flaxseed. *Circulation* 99: 1355-1362, 1999
- 41) Jung MY, Nam SM, Kang IJ, Kim SJ, Chung CK. Biochemical and histological effects of Phellinus linteus methanol extract on liver lipid metabolism of rats fed CCl4 and high fat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 331-337, 2001
- 42) Kim HS, Park YS, Kim CI. Changes of serum lipid profiles after eating Lycil fructus in rats fed high fat diet. *Korean J Nutrition* 31: 263-271. 1998