

## 아가리쿠스와 표고버섯 균사체 추출물의 혈중콜레스테롤 및 체중감소 효과

권미향 · 권석태<sup>1</sup> · 권석형<sup>2</sup> · 마민숙<sup>2</sup> · 박영인\*  
고려대학교 생명공학원, <sup>1</sup>성균관대학교 유전공학과, <sup>2</sup>(주)렉스진바이오텍

**Lowering Effects in Plasma Cholesterol and Body Weight by Mycelial Extracts of Two Mushrooms: *Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*.** Kweon, Mee-Hyang, Suk-Tae Kwon<sup>1</sup>, Suk-Hyung Kwon<sup>2</sup>, Min-Suk Ma<sup>2</sup>, and Young In Park\*. Graduate School of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea, <sup>1</sup>Department of Genetic Engineering, Sungkyunkwan University, <sup>2</sup>RexGene Biotech Co., Ltd. – The effects of protein-bound polysaccharides (A-PBP and L-PBP) that were extracted from the mycelia of two edible mushrooms, namely *Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*, on serum cholesterol and body weight were investigated in mice and female volunteers. Six groups of Male Balb/c mice were fed six kinds of diet supplement- solutions composed of L-PBP, A-PBP, chitosan, and other fiber constituents, for 30 days under the normal diet. Ninety female volunteers were also supplemented for 8 weeks with six kinds of capsules including control and five test groups as the same manners (two times a day, 4 capsules). From 12 days after feeding of L-PBP (Group I) and A-PBP (Group II), the weight of mice began to reduce as compared with control, whereas that of Group III fed chitosan was decreased 15 days after feeding. Group IV and Group V, which were fed mixture of L-PBP, A-PBP, chitosan, and other dietary fiber, were more significant in lowering weight. After 4 weeks of the supplementation in women, their serum LDL-cholesterol level and body weights in Group I and II were reduced, but Group III taken with chitosan capsule showed weaker effect than Group I and II. After 8 weeks, LDL-cholesterol content in the sera of Group I (132.5 mg/dL) and II (131.5 mg/dL) was decreased to ideal level (125.4 and 122.8 mg/dL) for healthy blood vessel. In the case of Group IV supplemented with mixture of L-PBP, A-PBP, and chitosan, the weight-reduction effect (11.8%) and hypocholesterolemic effect (11.0%) was most significant, indicating their synergistic action. These data suggested that the weight-controlling and hypolipidemic effect of L-PBP and A-PBP was involved, at least in part, in absorption of cholesterol as their role of dietary fiber, as well as cholesterol metabolism.

**Key words:** Protein-bound polysaccharide, *Agaricus blazei*, *Lentinus edodes*, LDL-cholesterol, body weight

최근 한국인의 건강수준 및 질병양상은 식생활의 변화와 의료환경 개선으로 많은 변화를 가져왔다. 한국인의 평균수명이 연장되고 노령인구가 급속히 증가하고 있으며 사망원인이 되는 주요 질병양상도 감염성 질환에서 심장병, 고혈압, 뇌혈관질환 등 순환기계 질환과 암 등 만성퇴행성 질환으로 이행하고 있다. 또한 우리나라의 영양관련 질환도 과거 영양결핍에서 영양과잉 또는 영양불균형으로 유발되는 당뇨병 및 간질환 등으로 질병양상이 변화되어 왔다[19].

1996년 WHO는 전 세계적으로 비만인구가 점차 증가하고 있음을 밝히고 비만은 분명히 치료가 필요한 병으로 경고한 바 있으며, 현재 의학적으로도 비만은 여러 대사장애 및 신체 스트레스를 동반하는 만성질환의 집합체로 인식된다[15,18,22]. 1990년 이후 조사된 국내 성인의 비만율은 약

20% 수준이며 더욱이 심혈관계 질환 및 당뇨병과 같은 성인병 질환자의 경우 비만율은 40% 이상으로 조사되고 있다[3]. 또한, 비만이 동맥경화, 고지혈증, 고혈압, 심근경색 등의 관상동맥질환과 당뇨병 및 수종의 암을 야기시킬 수 있음이 직간접적으로 밝혀지고 있다[17]. 에너지 과잉성 단순비만의 경우 동물성 지방의 섭취증가와 식이 섬유질의 섭취감소 및 운동부족등으로 초래되는데 보통 이들 비만인들의 혈중지질 패턴은 점차 이상지혈증(dyslipidemia)으로 변화된다. 즉, 관상동맥질환의 위험인자들인 혈중 중성지방 및 저밀도 지단백 콜레스테롤(LDL-cholesterol)의 증가와 항심장질환 인자로 알려진 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-cholesterol)의 감소가 관찰되며 이러한 상태가 지속될 경우 LDL-cholesterol의 과산화가 촉진되어 다양한 혈관계질환으로 이환되는 것으로 추정된다[2,21]. 따라서, 비만과 고지혈증의 예방과 치료를 위하여 혈중 지질의 조성을 효과적으로 조절할 수 있는 의약품과 기능성식품의 소재화 연구들이 세계적으로 다양하게 진행되어 왔다[1,8].

담자균류에서 분리되는 다당류들이 새로운 생체반응조절

\*Corresponding author

Tel. 82-3290-4811, Fax. 82-2-923-2983

E-mail: yipark@korea.ac.kr

제(biological response modifier, BRM)로서 기대되며[5], 일 큰을 비롯하여 근간 국내에서도 이 분야에 많은 연구결과들이 축적되었다. 특히 아가리쿠스, 느타리, 팽이, 표고버섯 및 영지버섯등의 자실체와 균사체에서 분리되는 다당류와 단백질 다당류들의 항종양활성과 항보체, 식세포강화 및 사이토카인 생성을 촉진하는 면역강화활성으로 집약될 수 있다[6,13, 4]. 담자균 다당류들의 항종양활성은 종양세포에 직접적으로 독성을 나타내지 않고 숙주매개 면역반응(host-mediated immune response)에 관여하여 손상된 면역기능을 회복 또는 증강시킴으로써 효과를 발휘하는 것으로 확인되었다. 표고버섯에서 분리된 항종양성  $\beta$ -(1→3)-glucan인 lentinan의 경우에는 macrophage에 존재하는 specific  $\beta$ -glucan receptor를 통하여 pinocytosis를 유발시킬 수 있음이 많은 연구자들에게 의해서 인정되는 사실이다[5]. 현재 lentinan과 치마버섯의 shizopyllan( $\beta$ -(1→3), (1→6)-glucan) 및 구름버섯의 krestin-SK(protein bound  $\beta$ -(1→3), (1→6)-glucan) 등은 암환자에게 투여시 다른 부작용 없이 임상적 효과를 나타냄이 인정되어 세계적으로 상용화되어 있다[16].

최근, 담자균류 다당들이 기존의 면역강화기능 외에도 혈당 및 콜레스테롤 감소기능과 지질과산화억제 및 항산화효소 활성화와 관련된 다수의 논문들이 보고됨[4,7,10,12]에 따라 생체방어성 식이섬유(dietary fiber)로서의 새로운 효능도 기대되어 진다. 식이섬유들의 정상작용, 혈중지질 및 혈당강화 작용과 같은 인체에 유용한 생리효과가 알려짐으로써 식이섬유를 사용한 변비예방 및 다이어트 음료제품들이 국내에서도 출시되어 왔다. 이들 제품들은 원료로 해조류, 감귤류외피, 미강, 대두박, 사과즙 부산물 및 일부 야채류 등이 이용되나 다이어트 기간 중에 손상되기 쉬운 체내 면역기능과 항상성을 유지할 수 있는 새로운 다이어트 소재의 개발도 요구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 아가리쿠스 및 표고버섯 자실체에서 추출된 단백질다당류들의 다이어트소재로서의 효능을 검토하고자 기존의 다이어트 소재인 키토산과 함께 흰쥐 및 성인여성들에 복용시킨후 체중변화 및 혈중지질에 미치는 영향을 조사하였다.

**재료 및 방법**

**실험재료**

실험동물은 10 주령의 Balb/C 마우스로 female 마우스에 서의 estrogen 주기에 따른 physiological variation을 최소화 하고자 웅성으로만 사용하였으며 (주)엠제이일티디로부터 구입하였다. 아가리쿠스와 표고버섯 균사체 및 수용성 키토산은 (주)신바이오텍에서 구입하였다. 다이어트캡셀화 혼합물로 사용한 galactomannan, glucomannan, garciniaCambogia, soy peptide, vitamin mixture, cascarasgrada 및 citrus 추출물은 대덕약품으로부터 polymanuronate은 (주)KBP로부터 구입하였으며, 동아는 (주)렉스진바이오텍 제약재배농가에서

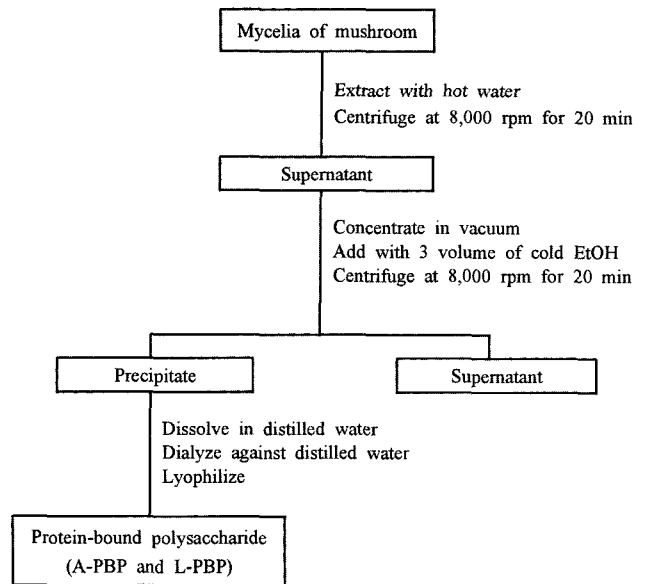


Fig. 1. Preparation of protein-bound polysaccharide from the mycelia of *Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*. A-PBP: from *Agaricus blazei*, L-PBP: from *Lentinus edodes*.

생산된 것을 사용하였다.

**버섯균사체로부터 단백질다당류의 분리**

아가리쿠스와 표고버섯의 단백질다당류(A-PBP, L-PBP)의 분리과정은 Fig. 1과 같이 Kweon 등[14]의 방법에 준하여 실시하였으며 분리된 단백질다당류는 동결건조하여 실험에 사용하였다.

**다이어트 소재의 조제**

Fig. 1의 방법으로 분리한 아가리쿠스와 표고버섯 단백질다당류의 체중 및 혈중콜레스테롤 조절효과를 검토하고자 이들을 이용한 다이어트 보충식을 종류를 달리하여 Table 1과 같이 5종으로 조제하였다. Group I은 표고버섯 단백질다당류(L-PBP)로, Group II는 아가리쿠스 단백질다당류(A-PBP)로, Group III은 기존의 다이어트 소재인 키토산으로 구성하였다. Group IV에서는 상기 3가지 소재를 혼합하여 조제하였으며, Group V에서는 glucomannan, galactomannan, soy peptide 등이 함유된 시판 식이섬유소재 혼합물을 첨가하여 조제하였다. 조사대상인 마우스와 성인여성에게 투여시 각각 함량을 달리하여 마우스에는 식염수에 용해하여 1일 1회 주사기로 경구투여하였으며, 성인여성에게는 캡셀화하여 1일 2회 식후에 복용하도록 하였다. 대조군에는 dextrin을 동량 동일한 방법대로 투여하되 캡셀화의 경우는 젤라틴 베이스를 이용하였다.

**Balb/C 마우스에서의 체중변화 측정**

Table 1에서와 같이 조성을 달리한 버섯 균사체 단백질다당

**Table 1. Classification of experimental group.**

Group of supplementation	Mouse
Control	0.5 mL of saline containing of 20 mg dextrin
Group I	Control with 1 mg L-PBP <sup>1</sup>
Group II	Control with 1 mg A-PBP <sup>2</sup>
Group III	Control with 5 mg chitosan
Group IV	Control with Group I, II, and III
Group V	Control with Group IV and fiber mixture I <sup>4</sup>
Group of supplementation	Human <sup>3</sup>
Control	Dextrin 1000 mg/dosage
Group I	Control with 100 mg L-PBP
Group II	Control with 100 mg A-PBP
Group III	Control with 400 mg chitosan
Group IV	Control with Group I, II, and III
Group V	Control with Group IV and fiber mixture II <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Protein-bound polysaccharide from *Lentinus edodes*

<sup>2</sup>Protein-bound polysaccharide from *Agaricus blazei*

<sup>3</sup>Each sample for human was capsulized with gelatin (250 mg/capsule).

<sup>4</sup>It is composed of galactomannan (2 mg), glucomannan (0.2 mg), garciacambogia (0.5 mg), soy peptide (0.5 mg), vitamin complex (0.04 mg), cascarasagrada extract (0.12 g), citrus aurantium (0.8 mg), polymanuronate (0.04 mg), and wax gourd (0.04 mg).

<sup>5</sup>Mixture 3: galactomannan (20 mg), glucomannan (2 mg), garciacambogia (4 mg), soy peptide (4 mg), vitamin complex (0.4 mg), cascarasagrada extract (1.2 g), citrus aurantium (8 mg), polymanuronate (4 mg), and wax ground (6 mg).

류를 대조군을 포함하여 6 group으로 분류하여 다이어트 식이를 조제하였다. 15마리씩 각 실험군별로 30일간 1일 1회 경구투여하면서 3일 간격으로 체중변화를 관찰하였으며, 실험전에 3일간 텍스트린 용액(20 mg/0.5 mL)을 이용하여 경구투여에 대한 스트레스에 적응시켰으며, 각각의 시료용액을 주사기를 이용하여 처리군별로 일정한 시간에 경구투여하였다. 본 연구에 이용된 마우스는 10주령 이상의 성장이 거의 완료된 것이었으며 정상사료를 이용하여 방음, 항온, 항습 기능이 가능한 실험동물 사육장(SS-2000, 대종기계)에서 12시간 간격의 명암주기를 유지하면서 사육하였다.

#### 성인여성에 대한 체중변화 측정

버섯 균사체 단백질당류와 키토산등을 Table 1에서와 같이 조성을 달리하여 각각 250 mg씩 젤라틴 캡셀에 충전하였으며, 정상성인 여성들에게 일반식사(약 800 Kcal)와 함께 1일 2회 1000 mg씩(아침, 저녁 식사후 30분, 1일 4캡셀), 8주간 복용시켰으며, 대조군은 동량의 텍스트린을 이용하여 조제한 캡셀을 동일한 방법으로 복용시켰다. 조사 대상자들은 각 실험군 15명씩으로 구성된 총 90명의 성인여성들로서 이들의 평균적인 체격지수, 혈중지질, 체지방지수 및 연령은

Table 2에 나타내었다. 약 8주간(2000. 3~2000. 4) 실험에 동원되었으며, 실험기간 중의 체중변화를 2주일 간격으로 측정하였다.

#### 체지방 측정

성인여성의 체지방은 실험시작 전, 실험 후 2 주일 간격으로 TBF-105 체지방 측정기(Tanita, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정은 대상자가 착용한 의복무게, 신장, 성별을 입력한 후 맨발로 체지방 측정기 위에 정확히 올라선 후 실시되었다.

#### 혈중지질의 분석

저녁식사후 12시간 동안 공복상태로 혈액을 채취하고 10분간 정지한 후 원심분리하여(3000 rpm, 15분) 혈청을 얻어 냉동보관(-70°C)하면서 혈액자동분석기(Mirolab 100, Merck, Germany)을 사용하여 혈청중 총 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤을 분석하였다. LDL-콜레스테롤은 Friedwald 등[9]의 방법을 이용하여 계산하였다.

#### 통계처리

실험결과는 SAS 프로그램을 이용하여 분석, 비교하였다. ANOVA(analysis of variance) 분석을 통해 실험군별로 평균(mean)±표준오차(S.E)로 나타내었으며, 각 실험군 간의 평균치의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 검정하였다.

## 결과 및 고찰

#### 성인여성 조사대상자의 특성

본 연구에 조사대상자로 참여한 90명의 성인여성들은 Table 2에 제시한 바와 같이 평균연령이 32.7세이었으며 최소연령자는 20세, 최고 연령자는 48세로 조사되었다. 평균신

**Table 2. General characteristics of the female subjects.**

	Average	Variation (lower/higher)
Age (yrs)	32.7±6.4	20/48
Height (cm)	156.9±6.1	144.2/169.8
Weight (kg)	64.3±5.5	52.5/72.3
PIBW <sup>1</sup> (%)	127.6±5.0	111.9/142.5
BMI <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	26.1±3.4	22.9/39.5
Percent of body fat (%)	34.9±5.5	22.1/49.5
WHR <sup>3</sup>	0.9±0.0	0.75/0.98
Triglyceride in blood (mg/dL)	145.8±6.7	132.4/158.9

<sup>1</sup>Percent ideal body weight: Current body weight/Ideal body weight ×100

<sup>2</sup>Body mass index: Body weight/Height<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Waist-to-hip ratio

Table 3. Effect of mushroom-mycelial extracts on weight gain in mice during experiment period.

treatment <sup>2</sup>	Weight (g/mouse) <sup>1</sup>									
	days 3	6	9	12	15	18	21	24	27	
Control	31.3±2.3	32.5±2.4 <sup>NS</sup>	33.4±3.3 <sup>a</sup>	34.1±4.2 <sup>a</sup>	35.6±3.9 <sup>a</sup>	35.9±3.5 <sup>a</sup>	36.5±2.9 <sup>a</sup>	37.4±2.5 <sup>a</sup>	38.6±2.3 <sup>a</sup>	
ΔIWG <sup>3</sup>	0	3.8	6.9	8.9	13.7	14.7	16.6	19.4	23.3	
Group I	32.3±3.1	33.2±3.6	33.8±2.9 <sup>a</sup>	32.4±3.1 <sup>b</sup>	32.2±2.9 <sup>c</sup>	32.5±3.2 <sup>c</sup>	33.2±3.2 <sup>b</sup>	33.9±3.2 <sup>b</sup>	34.4±2.1 <sup>b</sup>	
ΔIWG	0	2.7	4.4	0.3	-0.3	0.3	2.7	5.0	6.5	
Group II	31.5±2.4	32.4±3.2	32.6±2.4 <sup>a</sup>	32.5±2.5 <sup>ab</sup>	33.1±3.1 <sup>ab</sup>	33.2±2.4 <sup>ab</sup>	34.1±2.9 <sup>ab</sup>	33.5±2.6 <sup>ab</sup>	34.4±1.8 <sup>ab</sup>	
ΔIWG	0	2.9	3.6	3.2	5.1	5.5	8.3	6.3	9.2	
Group III	33.4±2.0	34.2±3.9	34.4±2.3 <sup>a</sup>	34.1±2.2 <sup>ab</sup>	34.2±3.0 <sup>b</sup>	34.5±2.8 <sup>b</sup>	34.7±2.4 <sup>b</sup>	35.2±3.1 <sup>b</sup>	35.4±2.0 <sup>b</sup>	
ΔIWG	0	2.4	2.8	2.1	2.3	3.3	3.8	5.4	6.0	
Group IV	32.5±2.3	33.2±3.1	33.4±2.8 <sup>a</sup>	32.4±3.0 <sup>c</sup>	32.1±3.1 <sup>c</sup>	32.5±3.6 <sup>cd</sup>	33.2±2.6 <sup>b</sup>	32.5±2.6 <sup>c</sup>	32.6±1.9 <sup>c</sup>	
ΔIWG	0	2.2	3.0	-0.3	-1.2	0	2.2	0	0.6	
Group V	32.1±3.1	33.2±2.2	32.2±3.1 <sup>b</sup>	32.9±2.4 <sup>ab</sup>	32.4±2.5 <sup>bc</sup>	32.5±4.1 <sup>c</sup>	32.5±3.1 <sup>c</sup>	32.6±2.9 <sup>bc</sup>	32.3±2.5 <sup>c</sup>	
ΔIWG	0	3.4	0.1	2.5	0.9	1.3	1.2	1.6	0.4	

Each value represents the Mean ± SE of each group (n=15)

Composition of each supplementation is presented in Table 1.

CIWG: Change index in weight gain as compared with control

<sup>b,c,d</sup>Means in the same column with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>S</sup>Not significant.

상과 평균체중은 각각 156.9 cm(144.2~169.8 cm)와 64.3 g(52.5~72.3 cm)이었고 이를 이용하여 BMI 지수를 계산한 결과 26.1로서 평균적으로 경도비만에 해당되는 수준이었지만 실제 조사대상자들의 BMI 지수는 22.9~39.5의 범위로 개인간의 체격특성은 다양하다고 하겠다. 이상체중에 대한 현재 체중의 비율(Ideal body weight, IBW(신장-100)×0.9)을 나타내는 표준체중 백분율(PIBW: percent ideal body weight)은 평균 127.6%이었으며, 이를 120% 이상을 경도비만, 130%~150%를 중등도비만, 150% 이상을 고도비만으로 분류하는 일반적 기준[17]과 비교해 볼 때 본 연구 대상자들을 정상체중인, 경도비만 및 중등도비만인들로 크게 분류되어 있음을 알 수 있었다. 한편, 지방의 분포양상을 나타내는 허리와 엉덩이둘레의 비율(weist-to-tip ratio, WHR)로 분류해본 결과 평균 WHR은 0.75~0.98 범위에 속하여 대상자들의 일부는 0.9 이상인 복부비만[20]을 동반하고 있었다. 조사대상자들의 체지방함량과 혈중 총중성지방(total triglyceride)을 조사한 결과 평균적으로 각각 34.9%와 145.8 mg/dL로서 정상수준보다는 다소 높았으며, 개인에 따라서는 상당한 고지혈성(158.9 mg/dL)을 나타내는 대상자들도 포함되어 있음을 보여 주었다.

**버섯 단백질다당류의 경구투여에 의한 마우스의 체중변화**  
실험전에 경구투여에 대한 적응시킨 10주령의 마우스들에게 Table 1과 같이 조제한 버섯 단백질다당류 다이어트 소재를 식염수에 용해하여 주사기로 1일 1회 경구투여하면서 실험

시작 3일 후부터 3일 간격으로 각각의 실험군에 대하여 체중을 측정하였다(Table 3). 덱스트린만을 경구투여한 대조군의 경우, 시간의 경과와 함께 체중이 점차 증가하여 실험 초기의 체중을 100%로 하였을 경우 약 23%의 체중증가를 나타내었다. 실험기간 동안 모든 실험군(Group I~Group V)에서 체중증가 현상이 있었으나 대조군에 비하여 낮은 수준을 나타내었다. 표고버섯 L-PBP로만 구성된 Group I의 경우 경구투여 12일째부터 대조군에 비하여 체중감소 효과가 유의적으로(p<0.05) 관찰되었으며, 아가리쿠스 A-PBP로만 구성된 Group II의 경우는 경구투여 18일째부터 체중감소(p<0.05) 영향을 나타내었으나 그 효과는 L-PBP보다 다소 낮았다. 기존의 다이어트 소재인 키토산 첨가군인 Group III의 경우 실험 15일 후부터 체중감소가 유의적으로 나타났다. 이 결과에서 특히 표고버섯 단백질다당류는 키토산과 비교할 때 더 효과적인 체중감소를 일으킴을 알 수 있었다. 상기 세 종류의 다당류 즉 L-PBP, A-PBP 및 키토산을 혼합한 Group IV에서는 투여 12일째부터 Group I, II, III 보다 현저한 체중감소효과를 나타냄을 관찰 할 수 있다. 이는 예측되는 결과로써 첨가 다당류의 상대적인 함량의 증가와 함께 서로 다른 구조의 다당류들이 복합적으로 작용하여 체중감소의 시너지 효과를 일으키는 것으로 사료되었다. Group IV에 시판 식이섬유 혼합물을 첨가한 Group V에서는 투여 9일째부터 대조군에 비하여 유의적으로 체중감소를 보여 모든 실험군 중에 가장 빠른 효과를 나타내었다. 그러나 투여 12일 이후부터는 체중감소 양상이 Group IV에 비하여 크게

**Table 4. Effect of mushroom-mycelial extracts on body weight of female volunteers during the experiment period.**

Weeks Treatment <sup>2</sup>	Body weight (kg) <sup>1</sup>				
	0	2	4	6	8
Control	61.2±5.5	61.3±5.5 <sup>NS</sup>	61.3±5.6 <sup>a</sup>	60.9±5.6 <sup>a</sup>	61.2±5.6 <sup>a</sup>
CIWG <sup>3</sup>	0	0.1	0.2	-0.5	-0.1
Group I	59.6±5.2	60.2±5.4	58.9±5.3 <sup>a</sup>	58.3±5.4 <sup>ab</sup>	57.9±5.7 <sup>b</sup>
CIWG	0	1.0	-1.3	-2.3	-3.1
Group II	61.2±4.9	61.3±5.7	60.9±5.2 <sup>a</sup>	59.5±5.5 <sup>ab</sup>	58.1±5.2 <sup>b</sup>
CIWG	0	0.1	-0.5	-2.8	-3.7
Group III	62.2±5.1	62.2±5.9	61.6±5.4 <sup>a</sup>	60.7±5.3 <sup>ab</sup>	59.8±5.6 <sup>b</sup>
CIWG	0	-0.2	-1.0	-2.4	-3.7
Group IV	61.3±5.1	60.8±5.2	58.9±5.4 <sup>c</sup>	57.3±5.1 <sup>c</sup>	54.2±5.3 <sup>d</sup>
CIWG	0	-0.9	-4.1	-6.6	-11.8
Group V	60.4±4.9	60.4±4.8	59.5±4.9 <sup>ab</sup>	58.1±5.6 <sup>b</sup>	53.0±4.8 <sup>d</sup>
CIWG	0	-0.1	-1.7	-3.8	-12.8

<sup>1</sup>Each value represents the Mean ± SE of each group (n=15)

<sup>2</sup>Composition of each supplementation is presented in Table 1

<sup>3</sup>CIWG: Change index in weight gain as compared with control

a,b,c,d Means in the same column with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>NS</sup>Not significant.

차이가 없었다.

#### 버섯 단백질당류 복용에 의한 성인여성의 체중변화

32.7세의 평균연령과 경도비만에 해당되는 26.1의 평균 BMI 지수를 나타내는 90명의 성인여성을 조사대상으로 Table 1 방법으로 버섯 단백질당류를 캡슐화하여 8주 동안 1일 2회 복용시킨 후 동량의 dextrin(1000 mg)이 함유된 캡슐을 복용한 대조군과 함께 시간경과에 따른 체중변화를 2주 간격으로 관찰하였다. Table 4의 결과에서 텍스트린만으로 조제된 캡슐을 복용한 대조군의 경우 전 실험과정 동안 체중감소가 일어나지 않았다. 버섯 단백질당류와 기타 시판 다이어트소재를 복용한 전 실험군들(Group I~Group V)에서 복용 2주까지는 체중감소가 유의적으로 나타나지 않았으나 실험 4주째부터 대조군에 비하여 체중이 감소됨을 볼 수 있다. 표고버섯 L-PBP와 아가리쿠스 A-PBP 단백질당류가 첨가된 Group I, II의 경우, 실험 초기(4주~6주)에는 체중감소가 대조군에 비하여 현저하지 않았으나 8주째에 유의적으로 체중감소(각각 3.1%, 3.7%)를 일으켰다(p<0.05). 기존 다이어트 소재인 키토산이 투여된 Group III은 마우스 실험(Table 3)과 달리 아가리쿠스 A-PBP 투여군인 Group II와 유사한 양상을 나타내었으나, 캡슐 함유량은 A-PBP(100 mg)보다 4배 많은 400 mg이었다. L-PBP, A-PBP 및 키토산을 혼합한 Group IV에서는 마우스 실험결과와 동일하게 실험 4주째부터 뚜렷하게 체중감소를 보였으며 실험 8주째에 11.8%의 체중감소를 나타내었다. 식이섬유 혼합물이 Group

IV에 첨가된 Group V의 경우, 실험 중반에는 오히려 Group IV보다 낮은 효과를 보이다가 실험 8주째에 다소 높은(12.8%) 체중감소 경향을 보였다.

#### 버섯 단백질당류 복용에 의한 성인여성의 혈중지질의 변화

실험시작 전에 성인여성 조사대상자들의 혈중지질 패턴을 각각 조사하고 평균화 한 결과(Table 5), 대조군과 5개 실험군에서 군간에 큰 차이를 보이지 않았다. 총 콜레스테롤 함량은 211.8~221.5 mg/dL으로 조사되었고 이중 HDL-cholesterol은 47.9~48.6 mg/dL으로 거의 동일한 수준이었으며 LDL-cholesterol은 131.5~137.9 mg/dL로 조사되었다. 중성지방(triglyceride)의 경우, 143.2~146.5 mg/dL의 범위로 측정되었다. 통상 비만인의 혈중지질 패턴이 콜레스테롤 특히 관상동맥질환과 심혈관질환의 위험인자가 되는 LDL-cholesterol과 중성지방이 높게 유지되는 고지혈증 증상을 나타내게 된다[1, 2]. 또한 혈중 콜레스테롤의 약 70%는 LDL에 결합된 형태로 존재하므로 콜레스테롤 수치가 높다는 것은 대개 LDL-콜레스테롤이 높음을 의미한다. 본 연구의 조사대상자들이 평균적으로 경도비만의 범주에 속하므로(Table 2) 이들의 혈중 지질패턴 역시 건강인에 비하여 양호한 수준이 아니었다. 통상 건강한 혈관의 혈중지질기준은 총콜레스테롤이 200 mg/dL 미만, LDL-콜레스테롤이 130 mg/dL 미만, 중성지방이 150 mg/dL 미만이며, HDL-콜레스테롤 60 이상임을 고려할 때[2, 9], 본 연구 대상자들은 다소 주의가 요구되는 혈중 콜레스테롤의 수준을 보인다고 하겠다.

Table 5. Plasma lipid pattern in the female volunteers before the experiment.

Treatment <sup>2</sup>	Serum lipids (mg/dL) <sup>1</sup>			
	Total-cholesterol	Triglyceride	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol <sup>3</sup>
Control	212.6±12.7	144.1±11.5	47.9±6.7	133.6±12.3
Group I	211.8±17.4	143.2±12.1	48.3±8.7	132.5±10.8
Group II	218.4±15.9	145.6±10.4	48.2±6.9	131.5±12.1
Group III	221.5±13.7	146.5±18.7	48.6±8.9	137.4±11.5
Group IV	217.7±17.4	145.8±13.5	47.9±8.7	135.8±6.9
Group V	215.4±15.9	144.6±14.7	48.3±6.8	137.9±11.3

Each value represents the Mean ± SE of each group (n=15)  
 Composition of each supplementation is presented in Table 1  
 Total-cholesterol-(HDL-cholesterol+TG/5)

일반적으로 고 콜레스테롤증 약물치료에서 치료시작 후 4-8주 뒤에 혈액을 채취하여 약물의 효능을 평가하므로 본 연구에서도 실험 기간중 조사대상자들의 혈중지질 변화를 관찰하고자 실험 4주 째 및 8주 째에 혈액을 채취하여 혈청 중의 총콜레스테롤, 중성지방(triglyceride), HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량을 측정하여 대조군과 비교하였다(Fig. 2). 실험 4주 째의 경우 대조군을 제외한 전 실험군에서 콜레스테롤과 중성지방이 약간씩 감소하였으나 유의적으로 효과는 뚜렷하지 않았다. 단지 Group IV와 Group V에서 LDL-콜레스테롤 및 중성지방의 함량이 유의적으로 감소되는 경향을 나타내었다(p<0.05). 대부분의 실험군에서 HDL-cholesterol의 감소현상을 관찰되지 않았다. 실험 8주 째의 혈액에서는 버섯 다당류만이 첨가된 실험군들에서(Group I, II) 총콜레스테롤 함량이 유의적으로 감소하였으며, 특히 LDL-콜레스테롤이 현저하게 감소하였음을 알수 있었다. 키토산의 경우 버섯 다당류들 보다 다소 낮은 효과를 보였으나, Group I, II와 동일하게 LDL-콜레스테롤의 감소가 뚜렷하였다. 또한, 체중감소의 양상과 마찬가지로 3종의 다당류들과 시판 식이섬유 혼합물을 혼합투여시(Group IV, V), 총콜레스테롤, 중성지방 및 LDL-콜레스테롤의 감소효과가 현저하였다(p<0.05).

본 연구에서 아가리쿠스와 표고버섯 자실체 유래 단백질의 체중감소 및 혈중콜레스테롤의 저하효과는 적어도 복용 4주 이상이 되어야 그 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료되며, 단독으로 사용할 때보다 혼합하거나 다른 식이섬유 소재를 첨가하였을 때 시너지효과가 크다는 것을 확인 할 수 있었다. Bobek 등[17]에 의하면 느타리 버섯 자실체에서 분리된 β-glucan이 고콜레스테롤 식이로 사육된 rat의 혈청 LDL-콜레스테롤 함량과 혈청과 간내의 지방산화를 감소시켰는데, 이의 기전으로 β-glucan이 콜레스테롤의 대사를 촉진하는 담즙의 생성을 억제하거나 담즙자체를 흡착제(sequestration)하는 것으로 해석한 바 있다. 저자들은 아가리쿠스와 표고버섯 단백질다당류 섭취에 의한 체중감소는 혈청 콜레스테롤의 저하와 밀접한 관련이 있다고 판단되며, 이는 이들이 식이섬유로서 단순한 배변촉진 기능외에 식사성 콜

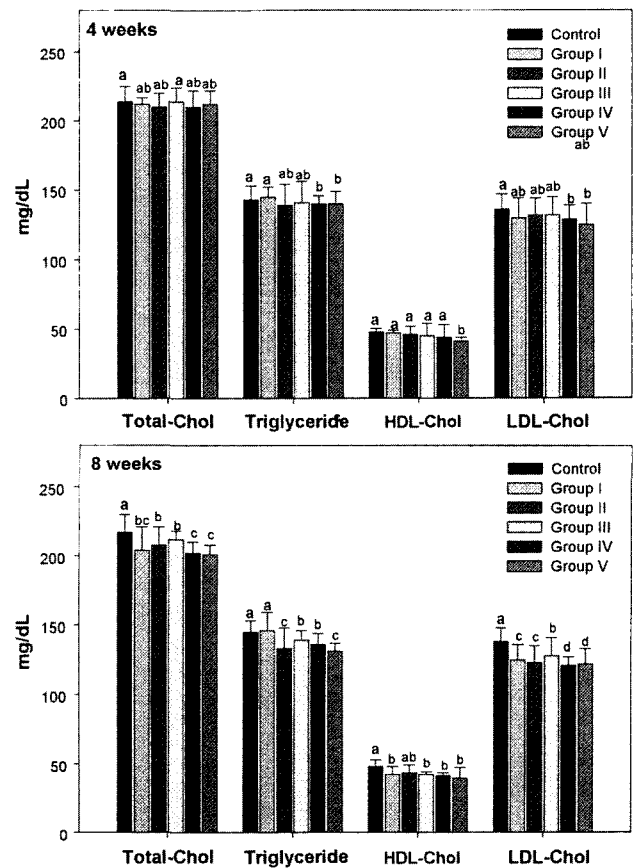


Fig. 2. Changes in plasma lipid pattern of female volunteers supplemented with mushroom-mycelial extracts. Each bar represents mean and SE (n=15). Values with different letters among 6 groups are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. Composition of supplementation in each group is presented in Table 1.

레스테롤의 흡수자체를 억제하거나, 단백질다당류의 β-glucan 부분이 간내 콜레스테롤의 합성을 억제한 결과[20, 23]로 사료된다. 따라서 이들 버섯 단백질다당류의 섭취로 비만과 고지혈증이 어느정도 개선될 수 있을것으로 생각되어지며[11] 향후 이들 단백질다당류의 당쇄부위와 단백질 특성을 밝히고 정확한 기작 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 요 약

아가리쿠스와 표고버섯 균사체에서 분리한 단백다당류 (A-PBP, L-PBP)의 체중과 혈중 콜레스테롤 조절효과를 흰쥐와 성인여성을 대상으로 조사하였다. 투여방법은 L-PBP(Group I), A-PBP(Group II), chitosan(Group III), 상기 3종 혼합물(Group IV) 및 Group IV에 식이섬유혼합물의 첨가된(Group V) 5가지 실험군으로 구성하여 다이어트 소재를 구성하였다. 흰쥐의 경우는 정상사료 공급하에 액상으로 1일 1회, 성인 여성은 정상식사 후 캡슐 화하여 1일 2회 복용시켰다. 마우스 투여 12일 후부터 L-PBP와 A-PBP로만 구성된 Group I, II에서 체중이 유의적으로 감소됨을 관찰 할 수 있었다. 키토산만으로 구성된 Group III은 이들보다 낮은 효과를 보였으며, Group IV 및 V에서는 더 높은 체중감소를 나타내었다. 여성성인의 경우, A-PBP 와 L-PBP를 복용한 4주 째부터 체중이 유의적으로 감소하였고, 8주 째 부터는 혈청 총 콜레스테롤 함량이 유의적으로 감소하였으며, 특히 LDL-콜레스테롤이 현저하게 감소하였음을 알 수 있었다. 키토산의 경우 버섯 다당류들 보다 다소 낮은 효과를 보였으나, Group I, II와 유사하게 LDL-콜레스테롤의 감소가 현저하였다. 버섯 단백다당류들과 키토산 및 시판 식이섬유 혼합물을 혼합 투여시(Group IV, V), Group I, II에서보다 체중이 효과적으로 감소되어 실험 8주 째에 각각 11.8%와 12.8%의 체중감소를 나타내었다. 또한, 혈중지방 특히 중성지방과 LDL-콜레스테롤의 감소에 있어서도 현저한 시너지 효과를 보였다. 이상의 결과는 아가리쿠스와 표고버섯 단백다당류가 식이섬유로서 콜레스테롤 흡수저해와 콜레스테롤 생합성을 억제하여 비만과 고지혈증의 예방과 개선에 기여할 수 있음을 시사해 준다.

## REFERENCES

- Anderson, J.W., D. B. Spencer, and C. Hamilton. 1986. Oat-bran cereal lowers serum total and LDL-cholesterol in hypercholesterolemic men. *Am. J. Clin. Nutr.* **52**: 445-451.
- Anne, D. M. and P. M. Etherton. 1992. Effect of weight reduction on blood lipid and lipoprotein: A meta analysis, *Am. J. Clin. Nutr.* **56**: 320-328.
- Benotti, P. N., B. Bistriani, J. R. Benotii, and A. Blackburn. 1992. Heart disease and hypertension in severe obesity-The benefits of weight reduction, *Am J. Clin. Nutr.* **55**: 586-590.
- Bobek, P., L. Odzin, and L. Kuniak. 1997. Effect of oyster mushroom and isolated  $\beta$ -glucan on lipid peroxidation and on the activities of antioxidative enzymes in rats fed the cholesterol diet, *Nutritional Biochem.* **8**: 469-471.
- Bohn, J. A. and J. N. Be Miller. 1995. Beta-1,3-D-glucans as biological response modifiers. *Carbohydr. Polymers* **28**: 1433-1439.
- Chen, J. T. and K. Hasumi. 1993. Activation of peritoneal macrophages in patients with gynecological malignancies by sizophyllan and recombinant interferon- $\gamma$ . *Biotherapy* **6**: 189-94.
- Cheung, P. C. K. 1996. The hypocholesterolemic effect of extracellular polysacchride from the submerged fermentation of mushroom. *Nutr. Res.* **16**: 1953-1957.
- Cheung, P. C. K. 1996. The hypocholesterolemic effect of two mushrooms: *Auricularia auricula* (tree-ear) and *Tremella fuciformis* (white jelly-leaf) in hypercholesterolemic rats. *Nutr. Res.* **16**: 1721-1725.
- Friedwald, W. T., R. I. Levy, and D. S. Fredricson. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol without use of the preparative ultracentrifuge, *Clin. Chem.* **18**: 499-502.
- Fukushima, M., T. Ohashi, Y. Fujiwara, K. Sonoyama, and M. Nakano. 2001. Cholesterol-lowering effects of maitake (*Grifola frondosa*) fiber, and shiitake (*Lentinus edodes*) fiber, and enokitake (*Flammulina velutipes*) fiber in rats. *Experimental Biology and Medicine* **226**: 758-765.
- Han, E. G., I. S. Sung, H. G. Moor, and S. Y. Cho. 1998. Effect of *Codonopsis lanceolata* water extract on the levels of lipid in rats fed high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**: 940-944.
- Kim, M. W., M. H. Park, and G. H. Kim. 1997. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on blood levels and energy metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor. J. Nutrition* **30**: 743-750.
- Kitamura, S., T. Hori, K. Kurita, K. Takeo, C. Hara, W. Itoh, K. Tabata, A. Elgseter, and B. T. Stokke. 1994. An antitumor, branched  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-D-glucan from a water extract of fruiting bodies of *Cryptoporus volvatus*. *Carbohydr. Res.* **263**: 111-21.
- Kweon, M. H., W. J. Lim, H. C. Yang, and H. C. Sung. 2000. Characterization of two glucans activating an alternative complement pathway from the fruiting bodies of mushroom *Pleurotus ostreatus*. *J. Microbiol. Biotechnol.* **10**: 267-71.
- Lee, H. A. 1997. study on effects of aloe added diet control program S-28 on obese women, *Kor. J. Obesity* **6**: 75-84.
- Maeda, Y. Y. and G. Chihara. 1999. Lentinan and other antitumoral polysaccharides, pp. 203-223. In: H. Wagner (ed.). *Immunomodulatory Agents from Plants*, Basel: Birkhauser Verlag.
- Moon, S. J., H. S. Kim, and J. H. Kim. 1995. The effect of weight control on obese women. *Kor. J. Nutrition* **28**: 759-770.
- Moriguchi, S., B. Oonishi, M. Kato, and Y. Kishino. 1995. Obesity is a risk factor for deteriorating cellular immune functions decreased with aging. *Nutr. Res.* **15**: 151-160.
- National statistical office. 1997. Republic of Korea. Annual report on the cause of the death statistics.
- Park, K. S., J. S. Han, H. J. Kim, and M. G. Lim. 1997. The effect of grape diet on weight contro. and serum cholesterol and serum components in Korean overweight female college students. *Kor. J. Nutrition* **30**: 825-831.
- Rifkind, B. M. 1986. Diet, plasma cholesterol and coronary heart disease. *J. Nutr.* **116**: 1578-1594.

22. Story, M. and I. Alton. 1991. Current perspective on adolescent obesity. *Top. Clin. Nutr.* **6**: 51-56.
23. Yang, B. K., J. B. Park, S. O. Ha, K. Y. Kim, K. H. Kym, K. Y. Park, and J. W. Yun. 2000. Song DH. Hypolipidemic effect of extracts of soybean paste containing mycelia of mushroom in hyperlipidemic rats. *Kor. J. Appl Microbiol. Biotechnol.* **28**: 228-232.

**(Received Oct. 2, 2002/Accepted Nov. 30, 2002)**