韓國營養學會誌 30(7) : 743~750, 1997

버섯 단백다당체가 당뇨 유발 흰쥐의 혈당수준과 에너지원 조성에 미치는 영향*

김명화 · 박무현** · 김건희

덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과, 한국식품개발연구소*

Effects of Mushroom Protein-bound Polysaccharides on Blood Glucose Levels and Energy Metabolism in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Kim, Myung-Wha · Park, Moo-Hyun · Kim, Gun-Hee**

*Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Korea Food Research Institute,** Seoul, Korea*

ABSTRACT

The hypoglycemic effects of 2 mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*, on streptozotocin(STZ) induced diabetic rats were investigated in this study. Diabetes mellitus was induced in male Sprague-Dawley rats by the injection of STZ into the tail vein at a dose of 45mg/kg. Sprague-Dawley male rats(200 – 250g) were assigned to one control and three STZ-diabetic groups. Diabetic groups were assigned to STZ-control, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes* groups. All groups were fed a AIN-76 diet. The two experimental groups were fed with each protein-bound polysaccharide(150mg/kg BW) for 14 days and with carboxymethyl cellulose for STZ-control group. The body weight gain was monitored and the blood levels of glucose and cholesterol were measured. Levels of protein, triglyceride, and free fatty acid in plasma were analysed. Serum aminotransferase activity as also measured.

The body weight gain was lower in the all diabetic groups than in the of normal group. The weight of spleen was reduced by administration of the *Lentinus edodes* protein-bound polysaccharides. The extent of blood glucose decrements in rats that fed *Lentinus edodes* protein-bound polysaccharides was significantly greater than found in the STZ-control group. The plasma levels of cholesterol and protein were not influenced in diabetic rats. The free fatty acid levels and alanine aminotransferase(ALT) activity were significantly decreased by administration of *Lentinus edodes* protein-bound polysaccharides.

The result suggest that orally administered *Lentinus edodes* protein-bound polysaccharides exhibited hypoglycemic effect in STZ-induced diabetic rats and that these protein-bound polysaccharides may be useful for the management of diabetes mellitus. (*Korean J Nutrition* 30(7) : 743~750, 1997)

KEY WORDS : *Pleurotus ostreatus* · *Lentinus edodes* · hypoglycemic effect · diabetes mellitus.

서 론

현대는 식생활 및 생활양식의 변화로 성별과 연령의 구별 없이 성인병 문제가 대두되어 그 예방과 치료에 대한 관심이 집중되고 있다.

당뇨병은 인슐린 분비능의 감소 및 다른 원인 등에 의해 발생되는 대사성질환이다. 주요한 대사적인 특징은 혈당농도의 상승과 지질대사의 이상으로 이환기간

채택일 : 1997년 6월 25일
*본 연구는 1995년 보건의료기술 연구비로 수행되었음.

© 1997 The Korean Nutrition Society

이 길어지면 free radical 생성에 의한 지질산화로 관상동맥질환 등과 같은 합병증발생이 건강상 위험 요인으로 문제시되고 있다.

우리 나라 당뇨병 환자 중 약 80%이상이 인슐린 비의존형당뇨병의 경우이므로 당뇨병 환자의 치료 및 예방에 관하여 국민 영양관리면에서 큰 문제점으로 대두되고 있고 합병증으로 인한 그 치료와 예방에 대한 연구가 계속되고 있다.

당뇨병에 대한 치료로 인슐린이나 경구용 혈당강하제의 투여는 경제적 부담과 함께 부작용의 위험뿐 아니라 환자의 내성이 문제가 된다. 일반적으로 의약품으로서의 개발에는 너무 많은 시간과 비용이 소비되므로 본 연구에서는 기능성 식품으로 각광받는 표고버섯과 느타리버섯의 단백다당체를 이용하여 당뇨병 치료에 대한 효과를 연구하였다.

버섯은 탄수화물[1)2)], 단백질[3)], 지질[4-6)], 무기질 및 비타민[7)] 등의 영양소를 골고루 함유하고 있을 뿐만 아니라 독특한 맛과 향기[8)]를 지니고 있어 예로부터 널리 이용되어 왔으며 자연 식품, 저칼로리식품 및 무공해식품으로도 진가가 인정되는 식품이다. 특히 버섯의 항암작용, 생체기능조절 및 뇌졸증, 심장병 등 성인병에 대한 예방과 개선 효과가 보고[9)10)]됨에 따라 버섯에 대한 관심은 더욱 높아지게 되었다.

본 연구에서는 streptozotocin(STZ)으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에게 느타리와 표고버섯 단백다당체를 2주간 투여한 후 혈액에서 혈장 포도당, 단백질, cholesterol, 중성지방, 유리지방산, alanine aminotransferase(ALT) 및 aspartate aminotransferase(AST) 활성도를 측정하여 느타리와 표고버섯 단백다당체가 당뇨 유발 흰쥐의 혈당 수준과 에너지원 조성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 단백다당체의 추출

느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)과 표고버섯(*Lentinus edodes*)의 단백다당체를 실험에 사용하기 위해 이[11)]가 사용한 방법을 이용하여 다음과 같은 방법으로 추출하였다.

배양액을 6,000rpm에서 10분간 원심분리한 후, 여액은 감압농축기로 10배 농축한 후 3배량의 에탄올을 가하여 4℃에 하룻밤 방치하여 추출하였으며, 원심분리 후 회수된 균사체는 2배가량의 물을 첨가한 다음 100℃에서 3시간 정도 가열한 후 상기와 같은 방법으로 추출하였다.

배양액 전체에서 단백다당체의 추출은 Fig. 1과 같이 실시하였다. 배양액을 여러 추출 방법에 따라 추출한 후 8,000rpm에서 20분간 원심분리하여 얻은 상징액을 감압농축하고, 농축물에 3배정도의 에탄올을 가하여 4℃에서 하룻밤 방치하였다. 방치 후 생성된 침전물을 원심분리하여 분리한 다음 증류수에 녹여 상기의 추출조작을 2회 반복한 후 동결건조하여 단백다당체를 분리하였다.

2. 실험동물, 식이 및 당뇨유발

실험동물로는 Sprague-Dawley계 흰쥐(수컷)를 환경에 적응시키기 위해 22±1℃에서 고형사료(삼양사료주식회사)로 1주일 정도 예비사육한 후 체중 200g 내외가 되었을 때 1마리씩 분리하여 4주간 stainless steel cage에서 사육하였다. 실험군은 정상군(Normal)과 당뇨실험군으로 하여 당뇨대조군(STZ-control), 느타리버섯추출군 및 표고버섯추출군으로 각각 나누어 실험하였다. 실험식이는 AIN-76 조제식이[12)]를 사용하였다. 식이는 오전 9~10시 사이에 공급하였고 일정한 시간에 식이섭취량을 측정하였다. 정상군과 당뇨대조군은 대조군식이를 실험군은 느타리와 표고버섯 단백다당체를 2주간 150mg/kg BW를 경구투여한 후 단두로 희생시켰다.

당뇨를 유발시키기 위하여 실험동물을 16시간 절식시킨 후 STZ(Sigma Chemical Co., 45mg/kg BW/

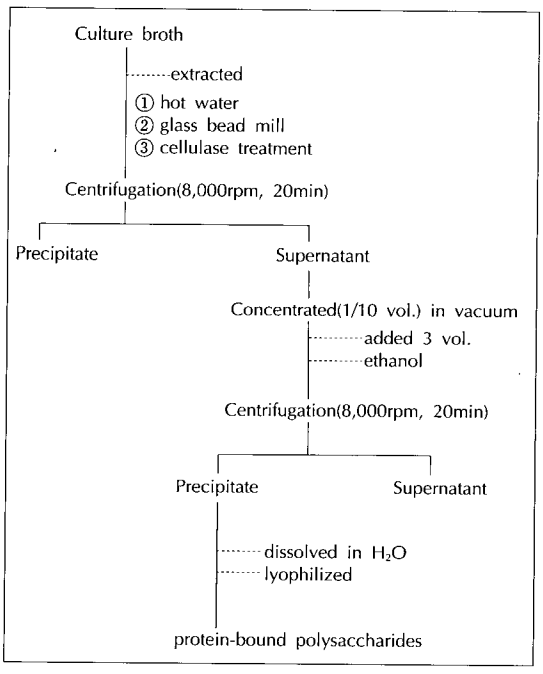

Fig. 1. Extraction of the protein-bound polysaccharides form the cultures broth of mushroom.

0.01M citrate buffer)을 꼬리 정맥에 주사하여 당뇨를 유발시켰다. STZ은 췌장의 β-세포에만 특이적으로 작용하여 다른 기관에 영향을 주지 않으며 인슐린의 결핍으로 고혈당을 유발시킨다고 알려져 있다[13-15].

STZ 주사 24시간 후에 실험동물의 안구정맥총에서 혈액을 채취하여 원심분리(HA-300, Hanil centrifuge Co., Ltd)한 후 혈당을 측정하여 혈장 포도당 농도가 300mg/dl 이상인 것을 당뇨가 유발된 것으로 판정하여 실험에서 사용하였다.

3. 분석 시료 채취

실험동물은 에테르로 마취시킨 다음 매주 혈액을 안구정맥총에서 채혈하여 3,000rpm에서 원심분리로 혈장을 취해 혈당과 cholesterol을 측정하였으며 실험 마지막날에는 실험동물을 단두로 희생시킨 직후 혈액을 heparinized tube에 모아 원심분리하고 혈장을 분석용 시료로 사용하였다. 채혈 후에는 즉시 개복하여 간장, 신장, 심장 및 비장을 적출하여 측량하였다.

4. 시료의 분석

식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 칭량하여 1일 섭취한 식이의 양을 측정하였고 1주일 단위로 주당 1일 평균 식이 섭취량을 구하였다. 또한 체중은 1주일에 한 번씩 같은 요일, 같은 시간에 동물용 체중계로 측정하였다. 측정된 식이섭취량에 대한 체중증가량으로 식이효율(feed efficiency ratio : FER)을 계산하였다.

혈장 중 포도당은 glucose oxidase법[16]을 이용한 glucose kit(영동제약)를 사용하였고, 단백질은 biuret법[17], cholesterol은 효소이용법[18][19]에 의한 cholesterol kit(영동제약), 중성지방은 Trinder법[20]을 이용한 triglyceride kit(영동제약), 유리지방산은 ACS-ACOD효소법[21]에 의해 UV/visible spectrophotometer를 사용하여 흡광도를 측정하였다. Aminotranferase(AST 및 ALT)의 활성도는 Reitman-Frankel법[22]을 이용한 kit(영동제약)를 이용하여 측정하였다.

5. 통계분석

모든 data는 평균과 표준편차를 계산하였고 유의성 검증은 student t-test로 하였다.

결과 및 고찰

1. 체중의 변화 및 식이효율

체중변화를 살펴보면 2주의 실험기간 후 당뇨가 유발되지 않은 정상군에서는 체중이 계속 증가하였으나(15.4%) 당뇨가 유발된 당뇨대조군은 9.1%가 감소하였다. 느타리버섯추출군은 초기 체중의 16.4%, 표고버섯추출군에서는 6.7%가 감소되었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 당뇨병 상태에서는 세포의 포도당 이용이 저하되어 기아 상태의 대사 특징을 나타내므로 본 실험의 결과에서 모든 당뇨군이 정상군에 비해 낮은 체중 증가를 보였으므로 다른 연구와 일치되는 결과를 보였다.

Brooks 등[23]에 의한 2주간의 실험에서 정상 쥐는 체중이 증가하였으나 STZ을 처리한 동물은 체중이 감소한다는 보고와 일치한다. 다른 연구들[24-27]의 실험에서도 STZ 유발 당뇨 흰쥐의 성장이 급격히 감소하여 체중 감소가 일어난다고 보고하였으며 STZ주사에 의한 체중 감소는 alloxan으로 유도된 당뇨와는 달리 체중 회복이 쉽지 않았다는 보고도 있다[28].

당뇨가 유발된 동물에서는 STZ투여에 따른 췌장내 β-세포의 파괴로 인한 인슐린 생성 부족으로 당대사의 불균형을 초래하여 체지방조직과 체단백의 파괴로 체중이 감소하게 되는 것으로 알려져 있다[29-31].

1일 평균 식이 섭취량은 모든 당뇨군에서 정상군보다 섭취량이 많았으나 유의적인 차이를 보이지 않았으며 식이효율은 약간의 차이를 보였으나 당뇨실험군 모두에서 정상군보다 낮았다(Table 1). 이것은 당뇨대조군은 정상군에 비해 식이섭취량이 높았으나 체중이 감소하여 식이효율이 낮아진 것으로 보인다.

2. 장기의 무게

버섯단백다당체 투여에 따른 장기의 무게를 체중 100g당 환산하였을 때 간장, 신장, 심장 및 비장의 무게를 Table 2에 나타내었다.

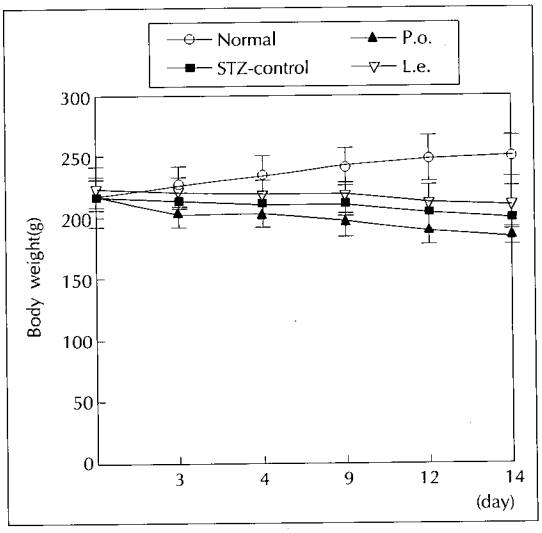

Fig. 2. Changes in body weights of diabetic rats fed on mushroom protein bound polysaccharides

Table 1. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on diet intake and feed efficiency ratio in diabetic rats[1)]

	Normal	STZ-control	*Pleurotus ostreatus*	*Lentinus edodes*
Diet intake(g)				
1st wk	16.0±1.1	21.4±4.8	21.5±8.6	19.5±4.5
2nd wk	15.2±1.9	23.9±2.9	23.8±7.7	24.9±8.9
Mean	15.6±1.2	22.7±2.9	22.6±7.4	22.2±6.4
FER[NS2)]	0.155±0.033	−0.068±0.053	−0.108±0.048	−0.088±0.007

1) Values are mean±S.D.(n=6) 2) NS : not significant at the 5% level

Table 2. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on organ weights in diabetic rats[1)]

	Normal	STZ-control	*Pleurotus ostreatus*	*Lentinus edodes*
		(g/100g BW)		
Liver	3.87±0.42	4.29±0.38	4.16±0.48	4.34±0.15
Kidney	0.39±0.02	0.61±0.02	0.62±0.12	0.58±0.07
Heart	0.37±0.04	0.39±0.03	0.40±0.02	0.39±0.03
Spleen	0.33±0.11	0.60±0.14	0.50±0.22	0.38±0.05

1) Values are mean±S.D.(n=6)

간장은 정상군에 비해 당뇨대조군 모두에서 약간의 비대를 보였다. 당뇨유발시 간장의 크기가 정상에 비해 비대해 진다는 보고[32-34]가 있으며 STZ으로 당뇨유발시 면역기능에 영향을 받게 되고[35] 인슐린 분비가 저하되어 당대사가 정상적으로 일어나지 않아 간장내에 지질 성분이 축적되기 때문이라고 보고되고 있다[36].

신장에서는 정상군(0.39±0.02g)과 비교할 때 큰 차이를 보였으며 표고버섯추출군(0.58±0.07g)은 다른 실험군에 비해 약간의 낮은 차이를 보였으나 유의차는 보이지 않았다.

신장의 경우 STZ으로 당뇨를 유발한 쥐에서 포도당이 UDP-glucose 또는 glycogen으로 대사되어 사구체내의 mesangial cells에 축적되거나[37] 또한 pentose phosphate 경로에서 포도당유출과 RNA 및 DNA의 합성을 증가시키기 때문에 신장의 세포 분열을 촉진시켜 신장의 비대 현상을 초래한다[38)39)].

비장의 경우는 표고버섯추출군(0.38±0.05g)에서 정상군(0.33±0.11g)에 가까운 수치를 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 버섯단백다당체 중 표고버섯단백다당체 투여의 경우 당뇨시 비장의 무게에 영향을 주는 것으로 나타났다. 비장은 STZ에 의한 독성으로 비대해 지는데 버섯단백다당체의 투여시 면역기능의 작용 활성화로 당뇨대조군에 비해 비장이 작아진 것으로 추정된다.

3. 혈당에 미치는 영향

혈장 중의 포도당 수준은 당뇨대조군이 정상군에 비해 현저하게 증가되었다. 실험 14일 동안 혈장 중의 포도당 수준은 초기에 비해 당뇨대조군에서는 계속적으로 증가하는 경향(11%)을 보였다. 표고버섯추출군에서는 유의적으로 감소하여($p<0.05$) 초기 혈당치에 비해 24.2%까지 감소하였다(Fig. 3).

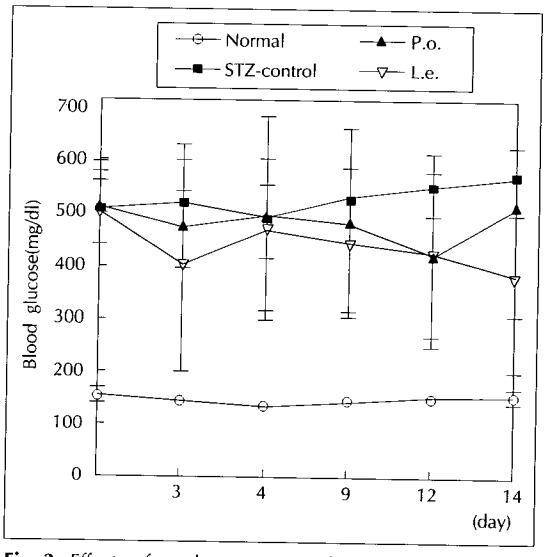

Fig. 3. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on blood glucose levels in diabetic rats.
P.o. : *Pleurotus ostreatus*, L.e. : *Lentinus edodes*.

STZ 투여 후 1~3일 후의 현저한 고혈당과 인슐린 저하는 간의 인슐린 저항으로 포도당 흡수가 현저히 감소되어 당분해 작용의 감소가 나타난다. 당뇨쥐에서 정상화된 혈당은 간의 glycogen synthetase phosphate 활성 감소의 결과로 볼 수 있다[40].

추출물에 의한 혈당강하 작용에 대해서는 대부분의 연구[41-45]에서 아직은 확실한 작용기전이 밝혀지지 않았으나 인슐린 분비에 영향하지 않고 인슐린 분해지연이나 작용촉진으로 혈당을 감소시키는 작용이 있다고 하였다[46)47)].

표고버섯 단백다당체가 인슐린 분비와 혈당감소작용

에 관여할 것으로 추정된다.

4. 혈장 cholesterol 함량

혈장 중의 cholesterol 함량은 당뇨 초기에 당뇨대조군에서 정상군보다 약간의 수준 차이를 보였으며 14일 후에 평균 혈장 cholesterol수준을 보면 실험군간에 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 4).

이들 버섯단백다당체 투여는 혈장 cholesterol에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 추정되며 Riyad 등[45]의 연구에서도 비슷한 경향을 나타내었다.

5. 혈장 단백질 함량

느타리버섯추출군에서 혈장 중의 단백질 함량이 당뇨대조군에 비해 약간 높은 경향을 나타냈으나 표고버섯추출군에서는 혈장 중의 단백질 함량이 당뇨대조군에 비해 약간 낮은 경향을 나타냈다(Table 3). 주 등[46]의 연구에서도 혈장 단백질 농도는 인슐린에 의하여 쉽게 영향받지 않는다고 하였으며 정상 흰쥐와 당뇨 흰쥐의 혈장 단백질의 수준이 비슷하였다고 보고하였다.

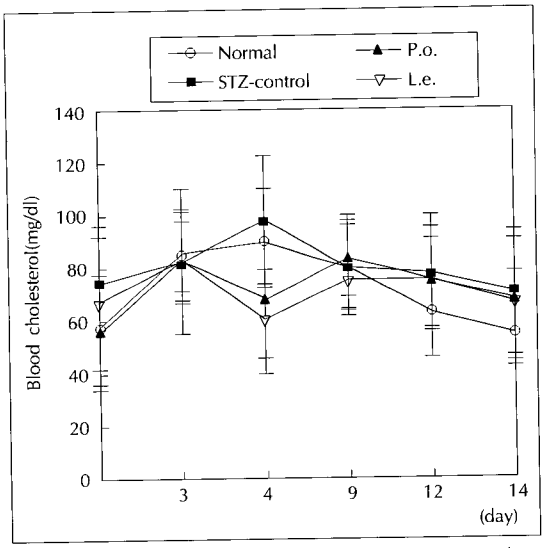

Fig. 4. Effects on mushroom protein-bound polysaccharides on blood cholesterol levels in diabetic rats.
P.o. : *Pleurotus ostreatus*, L.e. : *Lentinus edodes*.

6. 혈장 중성지방 함량

혈장 중의 중성지방(triglyceride : TG)은 정상군에 비해 당뇨대조군에서 높게 나타났으며 표고버섯추출군에서는 비슷한 수준을 보였다(Table 3).

최 등[49]의 연구에서도 혈장의 중성지방이 당뇨시 증가되었다고 하였다.

혈장 중성지방함량은 정상군에 비해 당뇨대조군에서 현저하게 증가하였는데 이는 당뇨병 유발에 의한 당대사의 이상이 지질대사에 장애를 일으킨 것으로 보인다[50]. Niall 등[34]의 연구에서도 고혈당일 때 매우 높은 혈장 중성지방함량을 보이었다고 하였다.

7. 혈장 유리지방산(free fatty acid : FFA) 함량

느타리버섯단백다당체에 의한 혈장 중의 유리지방산(free fatty acid : FFA) 함량은 당뇨대조군에 비해 낮게 나타났다(Table 3).

표고버섯단백다당체에 의한 혈장 중의 유리지방산 함량은 당뇨대조군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며 정상군과 비슷한 수준이었다(Table 3).

혈장 유리지방산은 지방조직 중 중성지방의 가수분해에 의해 유리되어 albumin과 결합하여 운반되며 각종 대사 이상으로 변화된다고 한다[51][52].

당뇨 유발로 인해 세포들이 에너지원을 지방에서 얻게 됨으로써 유리지방산의 재에스테르화가 일어나지

Table 3. Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on plasma protein, triglyceride and free fatty acid levels in diabetic rats[1]

	Protein(mg/dl)	TG[NS2](mg/dl)	FFA(μEq/L)
Normal	76.8±15.0	78.7±40.8	279.5± 84.9
STZ-control	76.5±15.0	115.5±22.4	425.2± 39.1
Pleurotus ostreatus	103.2±33.7	118.6±15.1	381.9±159.4
Lentinus edodes	73.6±14.8	76.5±14.8	316.2± 84.0*[3]

1) Values are mean±S.D.(n=6) 2) NS : not significant at the 5% level
3) *significantly different at the 5% level compared to the STZ-control group

Table 4. Effect of mushroom protein-bound polysaccharides on serum ALT and AST activities in diabetic rats[1]

Group	ALT(KA unit/L)	AST[NS2](KA unit/L)
Normal	33.0± 15.2	114.6± 55.4
STZ-control	335.0±177.4	434.6±272.2
Pleurotus ostreatus	289.1±122.3	499.9±234.0
Lentinus edodes	125.3± 78.0*[3]	175.4± 71.9

1) Values are mean±S.D.(n=6) 2) NS : not significant at the 5% level
3) *significantly different at the 5% level compared to the STZ-control group

못하여 혈중 유리지방산의 증가가 나타나고 당뇨시 인슐린 부족으로 인해 호르몬에 민감한 지방 분해 효소가 활성화되어 저장지방으로부터 유리지방산의 유리가 증가된다는 보고[53]가 있다.

8. 혈청 aminotransferase의 활성도

혈청 ALT 및 AST 활성도는 표고버섯추출군에서는 당뇨대조군에 비해 ALT 활성도가 유의성있게($p<0.05$) 낮게 나타났으며 AST 활성도도 낮게 나타났다(Table 4).

AST 및 ALT는 간세포에 다량으로 존재하는 효소로서 간세포 손상시 세포 외로 유출되어 혈중에 증가되므로서 간 손상의 지표로 이용되는데[54] 당뇨대조군에서는 STZ의 투여로 ALT 및 AST 활성도의 증가를 볼 수 있었다.

결과 및 요약

본 연구는 STZ으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에서 혈당수준과 지질대사의 변화에 따른 항당뇨 효능을 보기 위해 기능성 식품으로 중요한 느타리와 표고버섯단백다당체를 14일간 경구투여하여 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

1) 체중 변화를 살펴보면 정상군에 비해 당뇨대조군과 버섯추출군에서는 체중이 감소하였다. 1일 평균 식이 섭취량은 모든 당뇨군에서 정상군보다 섭취량이 많았고 식이효율은 당뇨실험군 모두에서 정상군보다 낮게 나타났다.

2) 장기의 무게를 체중 100g당 환산하였을 때 비장의 경우 표고버섯추출군에서 정상군에 가까운 수치를 얻었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다.

3) 혈장 중의 포도당수준은 당뇨대조군에서 계속적으로 증가하는 경향을 보였고 표고버섯추출군에서는 유의적으로 낮아졌다($p<0.05$).

4) 혈장 중의 단백질과 cholesterol 함량은 정상군과 당뇨대조군사이에 큰 차이를 보이지 않았다. 혈장 중의 중성지방 수준은 표고버섯추출군에서 낮게 나타났으며 혈장 유리지방산 함량도 유의적으로 낮은 수준을 보였다($p<0.05$).

5) 혈청 aminotransferase 활성도는 표고버섯추출군에서 당뇨대조군에 비해 ALT 활성도가 유의성있게 ($p<0.05$) 낮게 나타났으며 AST 활성도도 낮은 경향을 보였다.

이상의 연구 결과로 당뇨 유발 흰쥐에서 표고버섯단백다당체 투여시 혈당강하작용을 보였으므로 고혈당의 문제가 있는 환자의 식이요법에 유용하게 이용될 수 있는 기능성식품으로 사료된다.

Literature cited

1) 홍재식 · 김태영. 느타리버섯, 표고버섯 및 양송이의 유리당과 당 알코올 조성. *한국식품과학회지* 20 : 459-462, 1988

2) 임수빈 · 김미옥 · 구성자. 식용버섯 중 식이섬유소의 함량 측정. *한국조리과학회지* 7 : 69-76, 1991

3) 홍재식 · 김영회 · 김명곤 · 김영수 · 손희숙. 양송이, 느타리, 표고버섯의 유리아미노산 및 전아미노산조성. *한국식품과학회지* 21 : 58-62, 1989

4) 권용주 · 엄태붕. 느타리버섯의 지방성분에 관한 연구. *한국영양식량학회지* 13 : 175-180, 1984

5) 홍재식 · 김영회 · 이극로 · 김명곤 · 조정익 · 박건호 · 최윤희 · 이종배. 느타리, 표고와 양송이버섯의 유기산 및 지방산 조성. *한국식품과학회지* 20 : 100-105, 1988

6) 홍재식 · 김영회 · 김명곤 · 김태영 · 김금재. 한국산 식용버섯의 지방질 성분에 관한 연구. *한국식문화학회지* 5 : 437-442, 1990

7) Bano Z, Rajarathnam S. Pleurotus mushroom. Part Ⅱ. Chemical composition, nutritional value, postharvest physiology, preservation, and role as human food. *CRC Reviews in Food Science and Nutrition* 27 : 87-158, 1988

8) 안장수. 한국산 식용버섯의 향기 및 영양성분에 관한 연구. *단국대학교 박사학위논문*, 1987

9) Mori K, Toyomasu T, Nanba H, Kuroda H. Antitumor Activities of edible mushrooms by oral administration. *Proc Int'l Sym Scientific and Technical Aspects of Cultivating Edible Fungi* 1-6, 1986

10) 김군자 · 김한수 · 정승용. 고콜레스테롤 혈증 유발 흰쥐에 있어서 버섯류가 지질성분에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 21 : 131-135, 1992

11) 이병우. 표고버섯 균사체 배양 및 그 추출물의 생리학적 특성. 경북대학교 대학원 박사학위논문. 1993

12) American Institute of(AIN) Ad Hoc Committe on Standards for Nutritional Studies. Report of the committe. *J Nutrition* 107 : 1340, 1977

13) Lazarus SS, Shapiro SH. Streptozotocin-induced diabetes and islet cell alterations in rabbits. *Diabetes* 21 : 129-137, 1972

14) Juno, A, Lambert AE, Orci L, Pictet R, Gonet AE, Renold AE. Studies of the diabetogenic action of streptozocin. *Proc Soc Exp Biol Med* 126 : 201-205, 1967

15) Pitkin RM, Reynolds WA. Diabetogenic effects of streptozotocin in rhesus monkeys. *Diabetes* 19 : 85-90, 1970

16) Raabbo E, Terkildsen TC. On the enzymatic determination of blood glucose. *Scand J Lab Invest* 12 : 402, 1960

17) Gornall AG, Bardawill CS, David MM. Determination of

serum protein by means of the biuret reaction. *J Biol Chem* 177 : 751-766, 1949

18) Richmond W, Paul C Fu. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *J Clin Chem* 20 : 470-475, 1974

19) Allain CC, Poon LS, Chan CSG, Richmond W, Fu PC. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *J Clin Chem* 20 : 470-475, 1974

20) Giegel JL, Ham SB, Clema W. Serum triglyceride determined colorimetry with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *J Clin Chem* 21 : 1575-1581, 1975

21) 金井泉 · 他. 臨床檢查法小慨要 改正 第29版 467, 1983

22) Reitman S. Frankel S. A colorimetric method for the determination of serum glutamic pyruvic transaminases *Am J Clin Pathol* 28 : 58-63, 1957

23) Brooks DP, Nutting DF, Crofton JL, Share L. Vasopressin in rats genetic and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetes* 38 : 54, 1989

24) Furuse M, Kimura C, Mabayo RT, Takahashi H, Okumara J. Dietary sorbose prevents and improves hyperglycemia in genetically diabetic mice. *J Nutr* 123 : 59-65, 1993

25) Forman S, Estilow ML, Vailenko P. Streptozotocin diabetes alters immunoreactive β-endorphin levels and pain perception after 8wk in female rats. *Diabetes* 35 : 1309-1313, 1986

26) Fisher KJ, Stewart JK. Phenylethanolamin N-methyltransferase in the basis of streptozotocin diabetic rats. *Endocrinology* 119 : 2586-2589, 1986

27) 김옥경 · 박수영 · 조경혜. 닭의장풀추출액의 혈당강하 및 효소활성변화에 미치는 영향. *생약학회지* 22 : 225-232, 1991

28) Pain VM, Garlick P. Effect of streptozotocin diabetes and insulin treatment on the rate of protein synthesis in tissues of the rat in vivo. *J Biol Chem* 249 : 4510, 1974

29) Smith OLK, Wong CY, Gelfand RA. Skeletal muscle proteolysis in rat with acute streptozotocin-induced diabetes. *Diabetes* 38 : 1117-1122, 1989

30) Kadowak M, Harada N, Takahashi S, Noguchi T, Naito H. Differential regulation of degradation of myofibrillar and total protein in dietary protein and starvation. *J Nutr* 119 : 471-477, 1989

31) Beppu H, Maruta K, Krner T, Kolb H. Diabetogenic action of streptozotocin : essential role of membrane permiability. *Acta Endocrinol(Copehn)* 114 : 90-95, 1987

32) Iyorra MD, Paya H. Hypoglycemic and insulin release effects of tormentic acd : a new hypoglycemic natural product. *Planta Medica* 55 : 282-286, 1988

33) Shon KH, Kim SH, Choi JW. Pretreatment with nicotinamide to prevent the pancreatic enzymes changes by streptozotocin in rats. *Korean Soc Food Nutr* 21 : 117-123, 1992

34) Niall MG, Rosaleen AM, Daphne O, Patrick BC, Alan HJ, Gerald HT. Cholesterol metabolism in alloxan-induced diabetic rabbits. *Diabetes* 39 : 626-636, 1990

35) Harvey JN, Jaffa AA, Margolius HS, Mayfield RK. Renal kallikrein and hemodynamic abnormalities of diabetic kidney. *Diabetes* 39 : 299-304, 1990

36) Grey NJ, Karls I, Kipnis DM. Physiologic mechanism in the development of starvation ketosis in man. *Diabetes* 24 : 10, 1975

37) Steer KA, Sochor M, Mclean P. Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. *Diabetes* 34 : 485-490, 1985

38) Socher M, Kunjara S, Baquer NZ, McLean P. Regulation of glucose metabolism in livers and kidneys of NOD mice. *Diabetes* 40 : 1467-1471, 1991

39) Dai S, Thompson K, McNeill JH. One-year treatment of streptozotocin-induced diabetic rats with vanadyl sulphate. *Pharmacology & Toxicology* 74 : 99-107, 1994

40) Youn JH, Kim JK, Buchanan TA. Time course of changes in hepatic and skeletal muscle insulin action and GLUT4 protein in skeletal muscle after STZ injection. *Diabetes* 43 : 564-571, 1994

41) Lim SJ, Kim MW. Hypoglycemic effects of Korean wild vegetables. *Korean J Nutr* 25 : 511-517, 1992

42) 임숙자 · 김수연 · 이주원. 한국산 야생식용식물이 당뇨 유발 흰쥐의 혈당 및 간과 근육내 에너지원 조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28 : 585-594, 1995

43) 이정선 · 손홍수 · 맹영선 · 장위경 · 주진순. 메밀급여가 STZ유발 당뇨쥐의 장기무게 및 당질과 지질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27 : 819-827, 1994

44) Akhtar MS, Khan QM, Khaliq T. Effects of *Euphorbia prostrata* and *Fumaria parviflora* in normoglycemic and alloxan-treated hyperglycemic rabbits. *Planta Medica* 50 : 132-142, 1984

45) Liyad MA. Abdul-Salam SA, Mohammad SS. Effect of fenugreek and lupine seeds on the development of experimental diabetes in rats. *Planta Medica* 54 : 286-290, 1988

46) Day C. The Allium aliiance. *Nutr Food Sci* 90 : 20-21, 1984

47) Kimura Y, Okuda H, Arichi S. Effects of the extracts of *Ganoderma lucidum* on blood glucose level in rats. *Planta Medica* 54 : 290-294, 1988

48) 주진순 · 최 면 · 고은숙 · 최문기. 부신홀몬과 식이가 당뇨성 백서에 미치는 영향. *한국영양학회지* 22 : 63-69, 1989

49) 최종원 · 손기호 · 김석환. Nicotinamide가 streptozotocin 당뇨성쥐의 혈중 지질성분에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 20 : 306-310, 1991

50) 강영우. 당뇨병환자에서의 각종 혈청 지질치의 변화 양상. *경북대학교 대학원 석사학위논문*. 1986

51) 정재환 · 이승일 · 김원식 · 박상규 · 이강수 · 조진국. 정상인 및 각종 환자에서의 혈청지질에 관한 연구. *대한내과학회잡지* 28 : 365, 1985

52) Gordon RS. Unesteified fatty acid in human blood plasma. *J Clin Invest* 36 : 810, 1955

53) 최성근 · 윤기현 · 양인명 · 김진우 · 김영실 · 김광원 · 최영길 · 박원근 · 김선우. 당뇨병환자에서의 식후 HDL subfracion 및 triglyceride농도의 변화에 관한 연구. *당뇨병* 10 : 75-80, 1988

54) Bursch W, Schulte HR. Cytoprotective effect of the prostacyclin derivative Hoprost against liver cell death induced by the hepatotoxins CCl_4 and bromobenzen. *Klin Wochenschr* 47, 1986