

표고버섯 헤미셀룰로스의 식이가 쥐의 혈당과 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

김미향 · 이명예 · 김순동[†]

대구가톨릭대학교 식품산업학부

Dietary Effect of Hemicellulose from Shiitake Mushroom(*Lentinus edodes*) on Blood Glucose and Cholesterol Content in Rats

Mee-Hyang Kim, Myung-Ye Lee and Soon-Dong Kim[†]

Faculty of Food Industrial Technology, Catholic University of Daegu

Abstract

The effect of hemicellulose extracted from Shiitake mushroom(*Lentinus edodes*) on the level of blood sugar and cholesterol in the diabetes-induced rat by streptozotocin(STZ) was investigated. The yield of hemicellulose by extraction process of 5% salt extraction, preparation of alcohol insoluble substance, 1N KOH extraction, acid precipitation(pH 3.0), and dialysis was 9.24%. The experimental plots divided to 1% cellulose group(control), 0.5% hemicellulose group(H-1) and 1% hemicellulose group(H-2). The groups were fed for 6 weeks, then continuously fed for 1 week after induction of diabetes by STZ. Feed intakes, weight gain and feed efficiency of the each groups were not significantly different, while water intakes and liver weight of H-2 group were lower than those of control and H-1 group. Weight of liver in the H-2 group was significantly lower than those of control and H-1 groups. The amounts of feces were 0.32 g/day in the control group, 0.43~0.44 g/day in the H-1 and H-2 groups, while the amounts of urine were 15.28 mL/day in the control group, 10.83~11.20 mL/day in the H-1 and H-2 groups. The content of blood glucose before diabetes induction(fed for 3~5 weeks) was 111.2~132.6 mg/dL in the control group, not significantly different from others. After diabetes induction, however, the contents were 212.8 mg/dL in the control group, 140.0~144.0 mg/dL in the H-1 and H-2 groups, which showed significant difference. Urine glucose contents of H-2 group before and after diabetes induction were lower than those of control and H-1 groups. There was no significant difference in the content of neutral lipid between each groups. Total cholesterol contents were 101.6 mg/dL in the control group, 56.2~64.0 mg/dL in the hemicellulose groups. HDL-cholesterol content and atherogenic index of hemicellulose groups were lower than those of control group, respectively. In conclusion, the hemicellulose extracted from Shiitake mushroom represented improving and preventing effects for diabetes.

Key words : Shiitake mushroom(*Lentinus edodes*), hemicellulose, blood glucose, blood cholesterol.

서 론

당뇨병은 혈액을 통하여 공급되는 당을 조직세포가 충분히 이용하지 못하여 혈액내 과잉의 당이 존재하게 되고 지질 대사에 이상을 일으켜 혈액관련 질환이 유발되는 만성적 대사성 질환이다. 당뇨병의 원인과 유전방식에 대하여는 확실히 밝혀지지는 않았으나 절대적 또는 상대적인 인슐린 부족으로 발생하며, 대사적인 특징으로는 혈당농도의 상승과 지질대사의 이상으로 인한 혈중지질의 증가, free radical 생성에 의한 지질의 과산화 등이 수반되고 당뇨병환자의 20~70%가 고지혈증(hyperlipidemia) 등의 합병증을 수반한다(Kim 1972, Abrams 1982). 따라서 당뇨병환자는 혈당 조절뿐만 아니라 혈

중 지질농도 및 지단백의 농도 조절이 중요하다. 우리나라 당뇨병 환자 중 80% 이상이 인슐린 비의존형 당뇨병으로 이의 치료나 예방에 관한 연구가 계속되고 있다(Park & Han 2002). 당뇨병의 치료는 주로 약물요법과 식이요법에 의존하고 있는데 약물요법으로 활용되고 있는 인슐린 또는 혈당강하제는 경제적 부담과 함께 부작용의 위험이 있을 뿐만 아니라 내성이 문제가 되고 있으며 의약품으로서의 개발에 많은 시간과 비용이 소비되고 있다. 그러므로 오래 전부터 민간에서 쓰여 온 야생식물 등 천연자원의 혈당강하 효과에 대한 관심과 이를 이용한 식이 개발의 중요성이 강조되고 있다. 최근 천연자원의 생리활성 물질 탐색에 관한 연구가 여러 방면에서 활발하게 진행되고 있으며, 우리가 일상적으로 섭취하고 있는 식품재료 중에서도 지질 개선효과가 있음이 다수 보고되었으며(Park & Lee 2003, Jang et al 2002, Lee et al 1994), 식용 및 약용으로 널리 이용되고 있는 버섯에도 항당뇨 및

[†] Corresponding author : Soon-Dong Kim, Tel: 053-850-3216,
E-mail: kimsd@cu.ac.kr

항고지혈증에 효과가 있을 것으로 기대되고 있다.

버섯은 탄수화물, 단백질을 포함한 5대 영양소를 골고루 함유하고 있을 뿐만 아니라 그 맛과 향이 독특하여 예로부터 식재료로 널리 이용되어 왔으며 자연식품, 저 칼로리 식품 및 무공해식품으로도 가치성이 높은 것으로 인정받고 있다. 특히 항암작용, 강장, 이뇨효과가 있고 고혈압, 신장염, 신경쇠약, 불면증, 천식, 위궤양 등에 대한 효능이 알려지면서 버섯에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 그 중에서도 표고버섯은 활엽수에 기생하는 담자균류 주름버섯목 송이과에 속하는 독특한 풍미를 지닌 식용버섯으로 이에 함유된 단백 다당체는 혈당 강하작용이 있는 것으로 알려져 있다(Yang et al 2002, Kim et al 2002). 또, 자실체에 함유된 lentinacin (eritadenine)은 항콜레스테롤 효과가 있으며, lentinan(β -1,3 glucan)은 항암성이 있는 것으로 밝혀져 있다. Lentinan은 진균류의 세포벽을 구성하는 헤미셀룰로즈 성분으로 항균, 항바이러스, 항염증, 혈압 강하 및 혈당 강화작용 등이 있으며 체내 콜레스테롤을 저하시킬 뿐만 아니라 면역기능을 회복시키거나 촉진시키는 작용이 알려져 있다(Hamuro et al 1978, Suga et al 1984).

본 연구에서는 천연자원으로부터 항당뇨 및 항콜레스테롤 기능성의 재료를 선별하는 일련의 연구로 표고버섯으로부터 추출한 헤미셀룰로즈가 streptozotocin으로 유발한 당뇨쥐의 혈당과 혈청콜레스테롤 함량에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

표고버섯(*Lentinus edodes*)은 경상북도 일원에서 생산한 자연산으로 대구 칠성시장에서 구입하여 60℃에서 열풍 건조시킨 후 분쇄기(Jisico, Jeil Sci Ind Ltd, Korea)로 100 mesh 입도로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

2. 헤미셀룰로즈의 추출

표고버섯으로부터 헤미셀룰로즈의 추출은 Son(Son MA 1993)의 방법을 일부 변화시킨 Fig. 1의 방법에 따라 행하였다. 즉, 60℃에서 건조시켜 100 mesh로 분말화한 표고버섯 250 g에 5%의 소금물 1 L을 가하여 Polytron homogenizer (Homomixer Mark II F, TK, Japan)로 20분간 균질화한 후 10,000 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 잔사는 다시 동일용매 1 L씩으로 3회 세척하여 단백질을 제거하였다. 다음에 증류수로 3회 세척하여 염분을 제거시킨 후 80% ethanol 1 L씩을 가하여 3회 추출, Whatman No 50 여과지로 감압여과하여 알코올 불용성 물질(AIS: alcohol insoluble substance)을 얻었다. AIS는 1 L씩의 증류수로 3회 세척한 후 원심분리하여

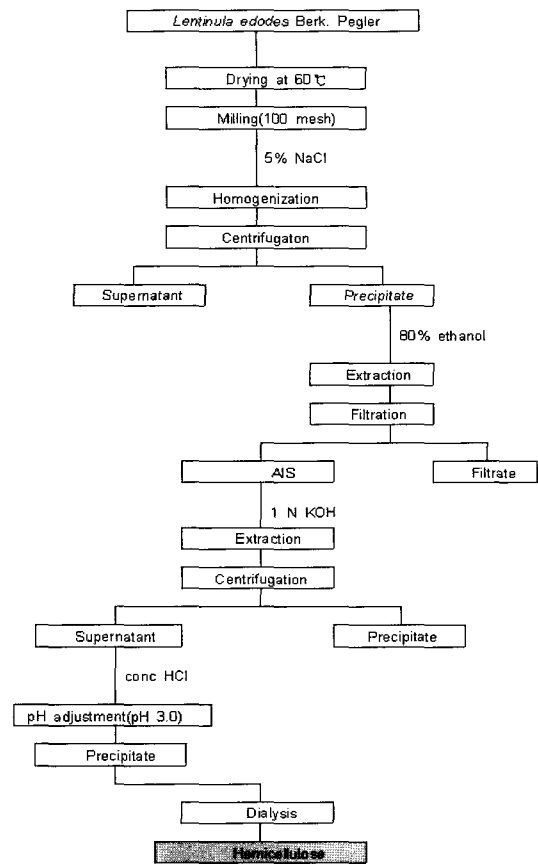


Fig. 1. Extraction procedure of hemicellulose from *Lentinula edodes* Berk. Pegler.

탈수시켰으며, 여기에 500 mL의 1N KOH 용액으로 추출하는 조작을 3회 반복하여 알칼리 가용성 헤미셀룰로즈를 추출하였으며 진한 염산으로 pH 4.0으로 조정하여 침전물을 얻었다. 침전물은 10,000 rpm으로 원심분리하여 얻은 후 분자량 12,000이하를 제거시키는 투석막(Sigma diagnostics, USA)을 이용하여 증류수로 72시간동안 투석하고 40℃에서 감압건조하여 건조분말을 얻었다.

3. 사료의 조제

실험식은 AIN-76 diet(Teklad, USA)를 기본으로 하여 조제하였다. 식이성분으로는 choline bitartrate(ICN Biomedicals Inc. Germany), chromium potassium sulfate 및 ferric citrate (Kanto Chemical Co. INC. Japan), zinc carbonate(Yakuri Pure Chemicals Co. Ltd., Japan), cellulose(Aldrich Chemical Company. Inc. USA) casein(Dae Jung Chemicals & Metals Co. Ltd, Korea), DL-methionine(Research Chemicals Ltd, Korea), corn starch(Dusan Corn Products Co., Ltd, Korea), sucrose(Sam yang Co. Ltd., Korea), corn oil(Jeiljedang, Co., Ltd, Korea)을, mineral 및 vitamin mixture는 AIN-76(Teklad, USA)에 따라 조제하였

다. 기본식이는 탄수화물:단백질:지질의 비를 60:20:15로 조정하였으며, 헤미셀룰로스 식이는 H-1군은 0.5%, H-2군은 1%를 첨가하여 Table 1과 같이 식이를 조제하였다.

4. 실험동물과 사육방법

실험동물은 평균체중이 105.5 g으로 Sprague-Dawley계 숫컷 흰쥐 30마리를 rat용 펠릿사료로 일주일간 적응시킨 후 난괴법에 따라 한 군에 10마리씩 3군 즉, 무처리군, 표고버섯으로부터 추출한 헤미셀룰로스 5 g/kg-diet 식이군(H-1), 표고버섯 헤미셀룰로스 10 g/kg-diet 식이군(H-2)으로 나누어(Table 1) 6주간 사육하였으며, 당뇨를 유발시킨 후 동일한 실험식으로 1주간 사육하였다. 사육장은 stainless steel 장을 사용하였고, 온도 및 습도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ 로 조정하였고 명암은 6:00 a.m.~6:00 p.m.으로 설정하였다. 사육 중 물과 사료는 자유 섭취시켰다.

Table 1. Composition of experimental diet (g/kg diet)

Ingredients	Control ¹⁾	H-1 ²⁾	H-2 ³⁾
Corn starch	350	350	350
Sucrose	240	240	240
Casein	200	200	200
DL-Methionine	3	3	3
Corn oil	50	50	50
Lard	100	100	100
AIN mineral mixture ⁴⁾	35	35	35
AIN vitamin mixture ⁵⁾	10	10	10
Choline bitartrate	2	2	2
Cellulose	10	5	-
Hemicellulose ⁶⁾	-	5	10
Total	1000	1000	1000

³⁾ Control: basal diet, H-1: hemicellulose extracted from Shiitake mushroom 0.5%+basal diet, H-2: hemicellulose extracted from Shiitake mushroom 1%+basal diet.

⁴⁾ AIN mineral mixture(g/kg): calcium lactate 620.0, sodium chloride 74.0, potassium phosphate dibasic 220.0, potassium sulfate 52.0, magnesium oxide 23.0, manganous carbonate 3.3, ferric citrate 6.0, zinc carbonate 1.0, cupric carbonate 0.2, potassium iodate 0.01, sodium selenite 0.01, chromium potassium sulfate 0.5, finely powdered to make 1,000 g.

⁵⁾ AIN vitamin mixture(mg/kg): thiamin-HCl 600, riboflavin 600, pyridoxine-HCl 700, nicotinic acid 3,000, D-calcium pantothenate 1,600, folic acid 200, D-biotin 20, vitamin B₁₂ 2.5, vitamin A 400,000 IU, vitamin D₃ 100,000 IU, vitamin E 7,500 IU, vitamin K 75, finely powdered to make 1,000 g.

⁶⁾ See Fig. 1.

5. 당뇨유발

대조군, H-1 및 H-2 식이군으로 나누어 6주간 사육한 쥐는 체중별로 나눈 후 streptozotocin(STZ, Sigma Chem. Co. MO, USA)을 0.01M citrate buffer(pH 4.2)에 녹여 체중 250g 당 37.2 mg/mL 농도로 복강에 주사하였으며 그 후 1주간 사육하였다. STZ 투여 후 1~2일에 뇨당을 분석하였으며 공복시 꼬리 정맥으로부터 취한 혈액의 혈당농도가 200 mg/dL 이상일 경우에 당뇨로 간주하였다.

6. 측정 및 분석

식이 섭취량, 체중 및 음용수 섭취량은 1주일에 한번씩 매일 같은 시간에 측정하였다. 7주간 사육이 끝난 실험동물은 해부하기 전에 15시간동안 사료공급을 중단한 후 ether로 마취시킨 후 항응고제(heparin)을 함유하는 5 mL의 주사기로 복부대동맥에서 채혈하여 4°C, 3000 rpm으로 10분간 원심분리하여 혈청을 얻었으며 -70°C에 두면서 분석용 재료로 사용하였다. 분뇨는 실험동물을 희생시키기 이전 정상식이 기간 24시간 동안 수집하였다. 뇨의 경우는 원심분리하여 이물질을 제거한 후 중량과 부피를 각각 측정하였다. 간장은 분리한 후 phosphate buffered saline용액으로 씻어내어 paper towel로 습기를 제거한 후 무게를 측정하였다. 혈당은 Gluco-Tester (Life Scan Inc., USA)로, 뇨당은 Uriscan GP 2(YD Diagnostics, Seoul, Korea)로 각각 측정하여 mg/dL 단위로 나타내었다. 혈청의 중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL 콜레스테롤 함량은 enzymatic assay kit(Nissui Pharm. Co. Ltd., Japan)로 측정하였으며, 동맥경화지수(atherogenic index)는 (total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol에 의하여 산출하였다.

7. 통계처리

모든 실험결과는 실험동물 10마리의 평균치±표준편차로 표시하였으며, 유의성 검증은 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program을 이용하여 Duncan's multiple range test를 행하였다.

결과 및 고찰

1. 표고버섯으로부터 헤미셀룰로스의 추출과 수율

표고버섯으로부터 헤미셀룰로스를 추출하기 위한 전처리로 물과 5%의 소금물로 추출한 후 amylase나 protease 등의 효소를 처리하지 않고 80%의 에탄올로 AIS를 얻었는데 AIS에 함유하는 탄수화물과 단백질 함량은 오차범위 내에 속하여 효소처리법의 의의가 없었다. 따라서 식이용 헤미셀룰로스를 얻기 위한 전처리로는 물과 5% 소금물 추출 후 AIS를 직접 제조하는 공정이 적합한 것으로 판단되었다. AIS로부터

헤미셀룰로스를 추출하기 위하여 알칼리의 종류와 농도별에 따른 추출 수율을 조사해 보았는데 그 결과는 Table 2와 같다. 헤미셀룰로스 추출에 사용되고 있는 용매로는 일반적으로 50mM의 Na₂CO₃와 1~4N KOH 용액을 사용하고 있으나 표고버섯의 경우는 KOH의 경우가 수율이 높았으며, 이 경우도 1N의 경우가 가장 높은 수율을 나타내었다. pH 조절에 의한 침전정도는 pH 3이 가장 우수하였고 이 경우 수율은 9.24%이었다.

2. 체중, 식이섭취량, 식이효율

각 실험식으로 7주간 사육중 6주째 당뇨를 유발시킨 쥐의 체중변화, 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 조사한 결과는 Table 3~5와 같다. 식이에 따른 체중변화는 당뇨 유발 전까지는 모든 군에서 주별 차이는 있으나 식이기간에 따라 증가하는 경향을 보였으나 당뇨 유발 후 1주째는 당뇨 유발 직전에 비하여 대조군에서는 13.3 g/week, 헤미셀룰로스 식이 군에서는 12.2~15.7 g/week이 각각 감소되었으나 유의적인 차이는 없었다. 평균 식이섭취량은 대조군과 헤미셀룰로스 식이군이 다같이 당뇨유발 전에는 115.6 ~149.8 g/rat/week이었으나 당뇨유발 후는 93.2~97.3 g/rat/week으로 낮아졌으

Table 2. Yields of hemicellulose precipitate from alkali extracts of Shiitake mushroom by adjustment of pH (%, dry weight basis)

pH adjustment	50 mM Na ₂ CO ₃	1N-KOH	2N-KOH	3N-KOH	4N-KOH
3	3.20±0.12 ^{aA1)}	9.24±0.23 ^{aA}	8.52±0.15 ^{bA}	7.52±0.14 ^{cA}	5.68±0.09 ^{dA}
4	3.28±0.10 ^{aA}	8.60±0.15 ^{aB}	8.00±0.06 ^{bB}	7.64±0.20 ^{cA}	4.92±0.06 ^{dB}
5	2.75±0.07 ^{bB}	6.64±0.11 ^{aC}	6.13±0.12 ^{bC}	5.80±0.17 ^{bB}	2.76±0.03 ^{cC}

¹⁾ Values are mean±standard deviations(Sds) of triplicate determinations, different superscripts within a row(a-e) and a column(A-C) indicate significant differences(*p*<0.05).

Table 3. Effect of hemicellulose extracted from Shiitake mushroom on the body weight of rat during feeding for 7 weeks (g/week)

Groups	Feeding weeks							
	0	1	2	3	4	5	6 ¹⁾	7
Control	109.8±8.7 ^{A4)}	164.5±16.5 ^A	198.2± 4.3 ^A	207.6± 7.1 ^A	229.6± 9.1 ^A	248.1±16.2 ^A	254.5±8.0 ^A	241.2±8.8 ^A
H-1 ²⁾	109.3±2.0 ^A	170.4± 1.9 ^A	202.2± 6.2 ^A	200.9± 4.4 ^A	244.5± 5.9 ^A	256.0± 7.5 ^A	257.8±8.9 ^A	245.6±4.9 ^A
H-2 ³⁾	116.1±4.5 ^A	175.9± 6.5 ^A	194.4±11.5 ^A	195.4± 8.2 ^A	243.7±16.2 ^A	257.8±10.0 ^A	261.5±8.1 ^A	245.8±3.8 ^A

¹⁾ STZ was injected after feeding for 6 weeks.

^{2,3)} See Table 1.

⁴⁾ Values are mean±SDs of 10 rats, different superscripts within a column(A-C) indicate significant differences(*p*<0.05).

Table 4. Effect of hemicellulose extracted from Shiitake mushroom on the feed intakes of rat during feeding for 7 weeks (g/week)

Groups	Feeding weeks						
	1	2	3	4	5	6 ¹⁾	7
Control	147.9±14.0 ^{A4)}	149.5±10.6 ^A	146.0±13.7 ^A	137.0±11.9 ^A	118.2±11.8 ^A	126.4±14.3 ^A	93.2±11.7 ^A
H-1 ²⁾	149.6±10.8 ^A	149.6±10.4 ^A	149.8±10.4 ^A	139.3±11.8 ^A	120.2±17.1 ^A	115.6±15.6 ^A	96.2±11.2 ^A
H-2 ³⁾	144.4±13.0 ^A	149.1±10.9 ^A	149.7±10.6 ^A	136.4±12.0 ^A	120.1±13.6 ^A	118.8±15.1 ^A	97.3±12.0 ^A

¹⁾ STZ was injected after feeding for 6 weeks.

^{2,3)} See Table 1.

⁴⁾ Values are mean±SDs of 10 rats, different superscripts within a row(a-g) and a column(A-C) indicate significant differences(*p*<0.05).

Table 5. Feed intake, weight gain and feed efficiency of diabetes-induced rat fed with Shiitake mushroom during feeding for 7 weeks

Groups	Weight gain (g/week)	Feed intake (g/week)	Feed efficiency
Control	206.69±21.4 ^{A3)}	132.69±11.7 ^A	1.56 ^A
H-1 ¹⁾	210.84±20.8 ^A	131.49±11.2 ^A	1.60 ^A
H-2 ²⁾	211.33±19.8 ^A	130.83±12.0 ^A	1.62 ^A

^{1,2)} See Table 1.

³⁾ STZ was injected after feeding for 6 weeks. Values are mean±SDs of 10 rats, different superscripts within a column (A-C) indicate significant differences($p<0.05$).

며 식이효율은 1.56~1.62로 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

당뇨가 유발되면 체내 insulin의 생성부족과 이로 인한 체내 대사의 퇴행적 변화를 초래하여 체중이 감소하나(Koh JB 1998) 식이섭취량은 일반적으로 당뇨에 의한 다식현상으로 증가한다(Lee et al 1996). 그러나 본 실험에서는 헤미셀룰로즈 식이 당뇨 유발군이 대조군에 비하여 체중과 식이섭취량이 증가하는 경향을 보였으며 이러한 결과는 Lee et al(1997)이 STZ로 유발시킨 당뇨쥐를 치커리 추출물로 식이한 결과 식이군과 대조군의 식이섭취량과 체중 증가율이 높았다는 것과 유사하였다.

3. 음용수 섭취량

음용수 섭취량을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 당뇨유발 전에는 모든 처리군에서 주별로 다소 차이는 있으나 체중 증가와 식이섭취량의 증가에 따라 처리간의 뚜렷한 차이없이 점차적으로 증가하여 사육 6주후는 311.5~315.3 mL/week를 섭취하였다. 그러나 당뇨 유발 1주 후는 대조군에서는 625.4 mL/week, 헤미셀룰로즈 식이군에서는 601.6~602.4 mL/week로 헤미셀룰로즈 식이군에서 적었다.

Table 6. Effect of hemicellulose extracted from Shiitake mushroom on the water uptakes during feeding for 7 weeks (g/week)

Groups	Feeding weeks						
	1	2	3	4	5	6)	7
Control	90.3±2.1 ^{A4)}	18.4±5.4 ^A	208.4±5.4 ^A	221.5±6.2 ^A	257.4±3.3 ^A	312.6±4.8 ^A	625.4±9.1 ^A
H-1 ²⁾	93.4±4.1 ^A	124.2±3.0 ^A	215.3±7.6 ^A	231.2±7.2 ^A	256.3±5.7 ^A	315.3±2.2 ^A	601.6±7.5 ^B
H-2 ³⁾	95.1±4.3 ^A	122.4±5.5 ^A	210.1±6.3 ^A	229.6±5.6 ^A	261.2±6.7 ^A	311.5±3.2 ^A	602.4±5.6 ^B

¹⁾ Streptozotocin was injected after feeding for 6 weeks.

^{2,3)} See Table 2.

⁴⁾ Values are mean±standard deviations(SDs) of 10 rats, different superscripts within a row(a-g) and a column(A-C) indicate significant differences($p<0.05$).

한방에서 당뇨는 많이 마시며 가슴이 답답하고 음식을 많이 섭취하게 되는데 그 원인은 신장의 수분부족 때문이라 하였으며(Lee & Kim 2000), 이러한 사실들을 미루어 볼 때 헤미셀룰로즈 식이군이 대조군에 비하여 음용수 섭취량이 적은 현상은 헤미셀룰로즈의 항당뇨 효과에 기인한 현상이라 사료된다.

4. 간장무게 및 분뇨량

7주간 사육 중 6주 째에 당뇨를 유발시키고 계속해서 1주간 사육한 쥐의 간장무게 및 분뇨의 양을 측정 한 결과는 Table 7과 같다. 간장의 무게는 대조군이 9.07 g, H-1군이 5.87 g, H-2군이 4.84 g으로 헤미셀룰로즈의 식이량이 많을수록 낮은 값을 나타내었다. 분의 양은 대조군이 0.32 g/day, 헤미셀룰로즈 식이군이 0.43~0.44 g으로 식이군에서 많았고, 뇨의 양은 대조군이 15.28 mL/day, 헤미셀룰로즈 식이군이 10.83~11.20 mL/day으로 대조군에서 많았는데 이러한 결과는 Choi & Lee(1993)가 당뇨쥐에 비지를 식이한 쥐에서 나타난 현상과 유사하였다.

일반적으로 당뇨가 유발된 쥐는 정상쥐에 비하여 간장이

Table 7. Weight of liver and feces of diabetes-induced rat fed with Shiitake mushroom for 7 weeks

Groups	Weight of liver(g)	Weight of feces(g/day)	Weight of urine (mL/day)
Control	9.07±0.57 ^{A3)}	0.32±0.10 ^B	15.28±2.89 ^A
H-1 ¹⁾	5.87±0.24 ^B	0.44±0.01 ^A	10.83±1.27 ^B
H-2 ²⁾	4.84±0.20 ^C	0.43±0.09 ^A	11.20±1.35 ^B

^{1,2)} See Table 2.

³⁾ STZ was injected after feeding for 6 weeks. Values are mean±SDs of 10 rats, different superscripts within a column (A-C) indicate significant differences($p<0.05$).

비대해지며(Iyorra & Paya 1988), 특히 STZ로 당뇨 유발시는 당대사가 정상적으로 이루어지지 않으므로 간장 내 지질성분이 축적되는 것으로 알려져 있다(Grey et al 1975). 본 실험의 당뇨대조군에서의 간장의 무게는 체중의 3.7%로 정상적인 쥐의 3%보다 높은 것으로 나타났으나 H-1식이군에서는 2.3%, H-2식이군에서는 2.0%로 낮은 값을 나타내었는데 이러한 현상은 간장의 지질함량과 관련이 있는 것으로 사료되며, Lim & Kim(1995)이 등글레 추출물을 식이한 당뇨쥐의 간장무게가 당뇨 대조군에 비하여 낮게 나타난 결과와 비슷하였다. 이들은 이러한 현상에 대하여 등글레 추출물이 당뇨 회복을 촉진하는 현상이라 설명하였다.

5. 혈당 및 뇨당 함량

혈당과 뇨당을 측정 한 결과는 Table 8과 같다. 당뇨를 유발시키기 전인 3~5주 짜 대조군의 혈당은 111.2~132.6 mg/dL 수준으로 처리간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 뇨당은 대조군에서는 0.78~0.87 mg/dL, 헤미셀룰로즈 식이군에서는 0.28~0.52 mg/dL로 식이군에서 낮았다. 일반적으로 당뇨병이 유발되지 않은 정상쥐에서도 뇨당은 검출되는 것으로 알려져 있는데 표고버섯 헤미셀룰로즈의 식이로 이러한 뇨당이 감소되었다.

6주째 당뇨를 유발시킨 후 1주간 사육한 쥐의 혈당은 대조군에서는 212.8 mg/dL로 당뇨유발 전에 비하여 80.2~100.6 mg/dL가 증가된 반면 식이군에서는 140.0~144.0 mg/dL로 당뇨유발 전에 비하여 25.0~28.8 mg/dL가 증가하여 H-1 및 H-2 식이군에서 항당뇨 효과가 있었다. 뇨당의 경우는 당뇨유발 전과 유발 후의 차이가 뚜렷하지 않았으나 대조군>H-1군>H-2군 순으로 헤미셀룰로즈 식이군에서 낮은 함량을 나타내었다. 표고버섯의 헤미셀룰로즈에 관한 연구는 보이지 않으나 Lee et al(1997)은 셀룰로즈, 인눌린 등의 식이섬유는 혈당과 뇨당함량에 큰 영향을 미치지 않았다고 하였으나, Lee & Shin(1997)은 치커리, Park et al(1994)은 식이섬유 첨가

가 혈당과 뇨당의 함량을 저하시키는 효과가 있다고 하였다. 또, Prestom & Gonzalez(1986)는 혈당과 뇨당의 함량은 식이요인뿐만 아니라 운동, 스트레스 등의 요인에 따라서도 상당한 영향을 받는다고 하였다. 이러한 사실들로 미루어 볼 때 본 실험의 표고버섯 헤미셀룰로즈의 식이에 의하여 혈당과 뇨당의 함량이 유의적으로 감소한 것은 표고버섯 헤미셀룰로즈의 식이가 항 당뇨에 비교적 큰 영향을 미치는 것으로 평가된다.

6. 혈청콜레스테롤 함량

혈액의 중성지질과 총콜레스테롤함량, HDL-콜레스테롤함량, HTR(HDL-콜레스테롤함량/혈중총콜레스테롤) 및 동맥경화지수를 조사한 결과는 Table 9와 같다. 중성지질의 함량은 대조군에서 117.5 mg/dL, 식이군에서 102.8~104.2 mg/dL로 평균값은 헤미셀룰로즈 식이군에서 낮은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 혈중총콜레스테롤함량은 대조군에서 101.6 mg/dL, 식이군에서는 56.2~64.0 mg/dL로 식이군에서 유의적으로 낮았으며 H-2군이 H-1군보다 낮았다. HDL-콜레스테롤 함량은 헤미셀룰로즈 식이군에서 낮은 경향을 보였으나 HTR은 대조군<H-1군<H-2군 순으로 헤미셀룰로즈 식이군에서 높았으며, LTR은 HTR과 반대의 결과를 나타내었다. 동맥경화지수는 대조군>H-1>H-2군 순으로 H-1군과 H-2군이 대조군보다 낮았다.

식이성 섬유가 혈액의 지질대사에 미치는 영향에 대하여는 많은 연구가 있으나 식이성 섬유를 구성하는 헤미셀룰로즈에 대한 자료는 거의 보이지 않는데 Choi & Lee(1993)는 식이성 섬유가 풍부한 비지를 4주간 쥐에 식이한 결과, 혈중 중성지질의 함량에는 큰 영향을 미치지 않으나 총 콜레스테롤 함량은 크게 감소시킨다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

일반적으로 STZ에 의한 당뇨쥐는 정상쥐에 비하여 중성지질의 농도가 높으며(Koh JB 1998), 식이섬유는 혈액의 중성

Table 8. Effect of hemicellulose extracted from Shiitake mushroom on the blood and urine glucose content of diabetes-induced rat during feeding feeding for 7 weeks

Groups	Feeding weeks after injection of STZ ¹⁾					
	3		5		7	
	BG ²⁾ (mg/dL)	UG ³⁾ (mg/dL)	BG(mg/dL)	UG(mg/dL)	BG(mg/dL)	UG(mg/dL)
Control	132.6±19.9 ^{A6)}	0.78±0.10 ^A	118.4± 3.92 ^A	0.87±0.12 ^A	212.8±32.6 ^A	0.97±0.15 ^A
H-1 ⁴⁾	115.6± 9.3 ^A	0.32±0.12 ^B	119.0±13.84 ^A	0.52±0.09 ^B	140.0±14.2 ^B	0.60±0.18 ^B
H-2 ⁵⁾	111.2±15.9 ^A	0.28±0.07 ^B	114.6± 9.07 ^A	0.28±0.05 ^C	144.0± 4.9 ^B	0.28±0.13 ^C

¹⁾ STZ was injected after feeding for 6 weeks.

²⁻⁵⁾ H-1, H-2: See Table 1, BG: blood glucose, UG: urine glucose.

⁶⁾ Values are mean±SDs of 10 rats, different superscripts within a column(A-C) indicate significant differences($p<0.05$).

Table 9. The levels of serum triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, HTR, LTR and atherogenic index in diabetes-induced rats

Measurements	Control	H-1 ¹⁾	H-2 ²⁾
Triglyceride (mg/dL)	117.5±32.3 ^{a6)}	102.8±24.7 ^a	104.2±19.5 ^a
Total cholesterol (mg/dL)	101.6±11.1 ^a	64.0±26.1 ^b	56.2± 4.6 ^c
HDL-cholesterol (mg/dL)	44.7± 2.3 ^a	37.5± 3.8 ^{ab}	36.7± 5.3 ^b
HTR ³⁾	0.44± 0.2 ^c	0.59± 0.2 ^b	0.65± 0.3 ^a
LTR ⁴⁾	0.56± 0.3 ^a	0.41± 0.2 ^B	0.35± 0.2 ^c
Atherogenic index ⁵⁾	1.27± 0.2 ^a	0.71± 0.6 ^b	0.53± 0.4 ^c

^{1,2)} See Table 1.

³⁾ HTR: the ratio of HDL-cholesterol/total blood cholesterol.

⁴⁾ LTR: the ratio of (total blood cholesterol - HDL-cholesterol)/total blood cholesterol.

⁵⁾ Atherogenic index = (total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol.

⁶⁾ Values are mean±SDs of 10 rats, different superscripts within a row(a-c) indicate significant differences($p < 0.05$).

지질과 콜레스테롤의 농도를 낮추는 것으로 알려져 있다 (Roberfroid 1993). 표고버섯의 헤미셀룰로스에 관한 연구자료는 거의 없으나 Tokunagu et al(1986)은 식이성 섬유인 fructooligosaccharide는 혈중콜레스테롤함량에는 변화를 주지 않으나 중성지질의 농도를 감소시킨다고 하였다.

요약 및 결론

표고버섯으로부터 헤미셀룰로스의 추출과 추출 헤미셀룰로스가 streptozotocin으로 유발한 당뇨쥐의 혈당과 혈청콜레스테롤 함량에 미치는 영향을 조사하였다. 5% 소금물 추출, 알코올 불용성 물질의 제조, 1N KOH 추출, 산 침전(pH 3) 및 투석법을 이용한 공정으로 표고버섯으로부터의 헤미셀룰로스의 추출 수율은 9.24%이었다. 실험군은 셀룰로스군(대조군), 헤미셀룰로스 0.5% 식이군(H-1군), 헤미셀룰로스 1% 식이군(H-2군)으로 나누어 6주간 사육한 후 당뇨를 유발시키고 계속해서 1주간 사육하였다. 당뇨 유발에 따른 각 식이군의 식이섭취량과 체중증가량 및 식이효율은 유의적인 차이를 나타내지 않은 반면 음용수 섭취량은 H-2군이 대조군 및 H-1군보다 낮았다. 간장의 무게는 H-2군이 대조군과 H-1군에 비하여 유의적으로 낮았다. 분의 양은 대조군은 0.32 g/day, H-1 및 H-2군 0.43~0.44 g/day으로 헤미셀룰로스 식이군에서 낮았으며, 뇨의 양은 대조군 15.28 mL/day, H-1 및 H-2군 10.83~

11.20 mL/day으로 대조군에서 많았다. 당뇨유발 전 3~5주째의 혈당은 대조군에서 111.2~132.6 mg/dL으로 처리간의 유의적인 차이를 나타내지 않으나 당뇨 유발 후는 대조군에서는 212.8 mg/dL, H-1 및 H-2군에서는 140.0~144.0 mg/dL로 헤미셀룰로스 식이군에서 낮았다. 뇨당은 당뇨 유발 전후 다 같이 헤미셀룰로스 식이군에서 유의적으로 낮았다. 중성지질 함량은 대조군보다 식이군에서 낮은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 혈중 총콜레스테롤 함량은 대조군에서 101.6 mg/dL, 식이군에서는 56.2~64.0 mg/dL로 식이군에서 유의적으로 낮았으며 H-2군이 H-1군보다 낮았다. HDL-콜레스테롤 함량도 헤미셀룰로스 식이군에서 낮은 경향을 보였다. HTR은 대조군<H-1군<H-2군 순으로 나타났으며, 동맥경화지수는 대조군>H-1>H-2군 순으로 H-1군과 H-2군이 대조군 보다 낮았다. 이상의 결과 표고버섯 헤미셀룰로스의 식이(0.5~1%)는 당뇨병을 개선하거나 예방하는 효과가 있음을 나타내었다.

문헌

- Abrams JJ, Ginberg H, Grundy SM (1982) Metabolism of cholesterol and plasma triglycerides in non-ketotic diabetes mellitus. *Diabetes* 31(4): 903-910.
- Choi YS, Lee SY (1993) Cholesterol-lowering effects of soybean products(curd or curd residue) in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 22(6): 673-677.
- Grey NJ, Karls I, Kipnis DM (1975) Physiologic mechanism in the development of starvation ketosis in man. *Diabetes* 24(1): 10-15.
- Hamuro J, Rolinghoff M, Wagner H (1978) $\beta(1 \rightarrow 3)$ glucan-mediated augmentation of alloreactive murine cytotoxic T-lymphocytes *in vivo*. *Cancer Res* 38: 3080-3085.
- Iyorra MD, Paya H (1988) Hypoglycemic and insulin release effects of tormentic acid: a new hypoglycemic natural product. *Planta Medica* 55(4): 282-286.
- Jang MA, Lee KS, Seo JS, Choi YS (2002) Effects of dietary supplementation of sea tangle extracts on the excretion of neutral steroids and bile acid diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(5): 819-825.
- Kim MW, Park MH, Kim GH (1997) Effects of mushroom protein-bound polysaccharides on blood glucose levels and energy metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Korean Nutr Soc* 30(7): 743-750.
- Kim YJ (1972) Current concept of diabetes mellitus. *The Korean J Med* 15(3): 1-5.

- Koh JB (1998) Effect of raw soy flour(yellow and black) on serum glucose and lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27(2): 313-318.
- Lee JS, Son, HS, Maeng YS, Chang YK, Ju, JS (1994) Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 27(8): 819-827.
- Lee JS, Shin HK (1997) Effects of addition of chicory extract on starch hydrolysis *in vitro* and glucose response in healthy subjects. *Korean J Food Sci Technol* 29(6): 1295-1303.
- Lee HS, Choi MS, Lee YK (1996) A Study on the development of high fiber supplements for the diabetic patients. (1) Effect of seaweed supplementation on the gastrointestinal function and diabetic symptom control in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Korean Nutr Soc* 29(3): 286-295.
- Lee JS, Lee GS, Shin HK (1997) Effects of chicory extract on serum glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 30(7): 781-788.
- Lee YG, Kim SD (2000) Effect of *Palmiwon* on diabetes-prone BB rats. *Food Sci Biotechnol* 9(3): 157-162.
- Lim SJ, Kim KJ (1995) Hypoglycemic effect of *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum ohwi* extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 28(8): 727-736.
- Park SH, Han JH (2002) The effects of diabetic-oriented convenience food with medicinal plants and chicken on the nutritional status, diabetic indices and serum lipid compositions for non-insulin dependent diabetes mellitus patients. *J East Asian Soc Dietary Life* 12(3): 225-234.
- Park SH, Lee HS (2003) Effects of supplementation on the glucose and lipid metabolism and lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Korean Nuri Soc* 36(5): 425-436.
- Park SH, Lee YK, Lee HS (1994) The effect of dietary fiber feeding on gastrointestinal function and lipid glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 27(4): 311-322.
- Prestom AM, Gonzalez MJ (1986) Glycated hemoglobin in streptozotocin-induced diabetic rats as measured by affinity chromatography. *Nutr Res* 6: 1371-1377.
- Roberfroid M (1993) Dietary fiber, inulin and oligofructose: A review comparing their physiological effects. *Cri Rev Food Sci Nutr* 33:103-148.
- Son MA (1993) Changes in the cell wall components, enzyme activities and structure of jujuba fruits(*Zizypus jujuba* M.) during softening. *Ph D thesis*, Yeungnam Univ.
- Suga T, Shio TY, Chihara G (1984) Antitumor activity of lentinan in murine syngeneic and autochthonous hosts and suppressive effect on 3-methyl-cholanthrene-induced carcinogenesis. *Cancer Res* 44: 5132-5137.
- Tokunaga T, Oku T, Hosoya N (1986) : Influence of chronic intake of new sweetener fructo-oligosaccharide(Neosugar) on growth and gastrointestinal function of the rat. *J Nutr Sci Vitaminol* 32:111-121.
- Yang BK, Kim DH, Song CH (2002) : Production of *Lentinus edodes* mycelia in submerged culture and its hypoglycemic effect in diabetic rats. *The Korea J Mycology* 30(2): 131-135. (2004년 4월 14일 접수; 2004년 5월 18일 채택)