

콩 식이섬유로부터 추출한 헤미셀룰로스의 식이가 Streptozotocin 유도 당뇨 흰쥐의 혈당과 혈청 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

이명예¹ · 김미경² · 신진기¹ · 김순동^{1*}

¹대구가톨릭대학교 식품산업학부

²문경대학 호텔조리과

Dietary Effect of Hemicellulose from Soy Fiber on Blood Glucose and Cholesterol Content in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Myung-ye Lee¹, Mee-Kyung Kim², Jin-Gi Shin¹ and Soon-Dong Kim^{1*}

¹Faculty of Food Industrial Technology, Catholic University of Daegu, Daegu 712-702, Korea

²Dept. of Hotel Culinary Art, Munkyeong College, Gyeongbuk 745-706, Korea

Abstract

The effect of hemicellulose extracted from soy fiber on the level of blood glucose and serum cholesterol in the streptozotocin-induced diabetic rat were investigated. The experimental plots were divided to cellulose group (control), 0.5% hemicellulose group (H-1) and 1% hemicellulose group (H-2) group. The groups were fed for 6 weeks, then fed for 1 week more after streptozotocin injection. Food intakes, weight gain and food efficiency ratio of H-2 group were higher, while water intakes and liver weight were lower than those of control and H-1 group. The content of blood glucose and urine glucose were 212.8 mg/dL, 0.97 mg/dL in the control group, 160.5 mg/dL, 0.53 mg/dL in the H-1 group, 141.0 mg/dL, 0.35 mg/dL in the H-2 group, respectively. There was no significantly difference in the content of neutral lipid, while the content of total serum cholesterol was 101.6 mg/dL in the control group, 73.8~78.4 mg/dL in the hemicellulose groups. The content of serum HDL-cholesterol in the all experimental groups showed no significantly difference showing 39.8~44.7 mg/dL. HTR and atherogenic index were 0.44 and 1.27 in the control group, but 0.54 and 0.46~0.85 in the hemicellulose groups, respectively.

Key words: soy fiber, hemicellulose, blood glucose, serum cholesterol

서 론

경제성장과 소득수준의 향상에 따라 식생활 문화에 변화가 오면서 암, 심장병, 뇌졸중, 고혈압, 당뇨병과 같은 퇴행성 질병의 발병율이 증가되고 있다. 그 중 당뇨병은 만성적 대사성 질환으로 혈액을 통하여 공급되는 당을 조직세포가 충분히 이용하지 못하여 혈액내 과잉의 당이 존재하게 되고 지질 대사에 이상을 일으켜 혈액관련 질환이 유발되는 것으로 알려져 있다(1). 구체적인 사례로 당뇨를 유발시킨 쥐에서는 중성지방의 증가와 HDL-콜레스테롤의 감소가 관찰되고(2), 체내 콜레스테롤 합성증가에 의한 고 콜레스테롤 혈증이 유발된다고 한다(3). 이러한 현상은 인슐린 의존형 또는 비의존형 당뇨병에서 일어나는 현상으로 식이성분이 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는데 그 중 식이섬유는 장내에서 콜레스테롤 또는 담즙산을 흡착하여 대변으로 배설시킴으로써 콜레스테롤이 담즙산 합성에 이용되어 콜레스테롤 함량을

감소시키는 것으로 알려져 있다(4).

콩은 식재료 중에서 식이성 섬유를 가장 풍부하게 함유하고 있으며, 특히, 껍질부는 87%가 식이성 섬유이며 셀룰로스가 33~40%, 헤미셀룰로스가 14~33%, 리그닌이 1~3%로 구성되어 있어 혈청콜레스테롤의 함량을 저하시키는 것으로 알려져 있다(5,6). 두부가공 중에 발생하는 비지는 거의 모두가 콩의 껍질부분이며, 대부분이 식이성 섬유로 이루어져 있는데 식량자원이 부족했던 과거에는 발효시켜 부식으로 사용하였으나 쉽게 변질되는 특성이 있어 최근에는 대부분이 폐기물로 버려지고 있다.

콩의 식이성 섬유가 혈청콜레스테롤 함량에 미치는 효과에 대한 많은 연구자료(7-10)가 있으나 콩으로부터 식이성 섬유를 제조하는 방법이나 콩 식이성 섬유의 주류를 이루는 헤미셀룰로스의 산업적 추출, 상품화 등에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 콩으로부터 식이성 섬유를 제조하고 이로

*Corresponding author. E-mail: kimsd@cu.ac.kr
Phone: 82-53-850-3216, Fax: 82-53-850-3216

부터 간편한 방법으로 얻은 헤미셀룰로즈를 시료로 사용하여 당뇨유발전과 유발후의 쥐 혈당과 혈청콜레스테롤 함량에 미치는 영향을 조사함으로써 콩의 이용성 증대를 위한 기초 자료를 마련코자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 콩은 2003년도 경북 청도에서 생산된 은하콩(Glycine max Eunha)으로 농협에서 구입하여 재료로 사용하였다.

콩 식이섬유의 제조

콩으로부터 식이섬유를 제조하는 방법은 Fig. 1과 같이 행하였다. 즉, 원료 콩에 대하여 10배의 물을 가하여 균질화시킨 후 100°C에서 30분간 끓여 두유를 추출한 후 3겹의 cheese cloth로 여과하여 잔사를 얻었다. 얻어진 잔사는 다시 10배의 물로 세척하는 조작을 3회 행한 후 60°C에서 충분히 건조시켜 100 mesh 입도로 분말화한 콩 식이섬유를 제조하였다.

헤미셀룰로즈의 추출

콩 식이섬유로부터 헤미셀룰로즈의 추출은 Son(11) 및 Kim(12)의 방법을 간편화시킨 Fig. 2의 방법에 따라 행하였다. 즉, 콩 식이섬유 100 g에 5%의 소금물 1 L를 가하여 Polytron homogenizer(Homomixer Mark II F, TK, Japan)로 20분간 균질화한 후 10,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 잔사를 얻었으며, 잔사는 다시 동일용매 1 L씩으로 3회 세척하여 단백질을 제거하였다. 다음에 1 L의 증류수와 80% 알코올을 순서로 각각 3회 반복 세척한 후 Whatman No 50 여과지로 감압여

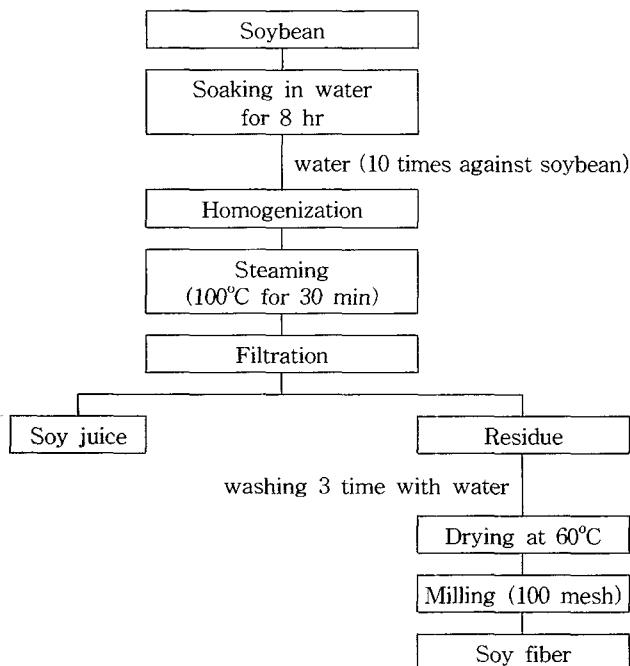


Fig. 1. Preparation of soy fiber from soybean.

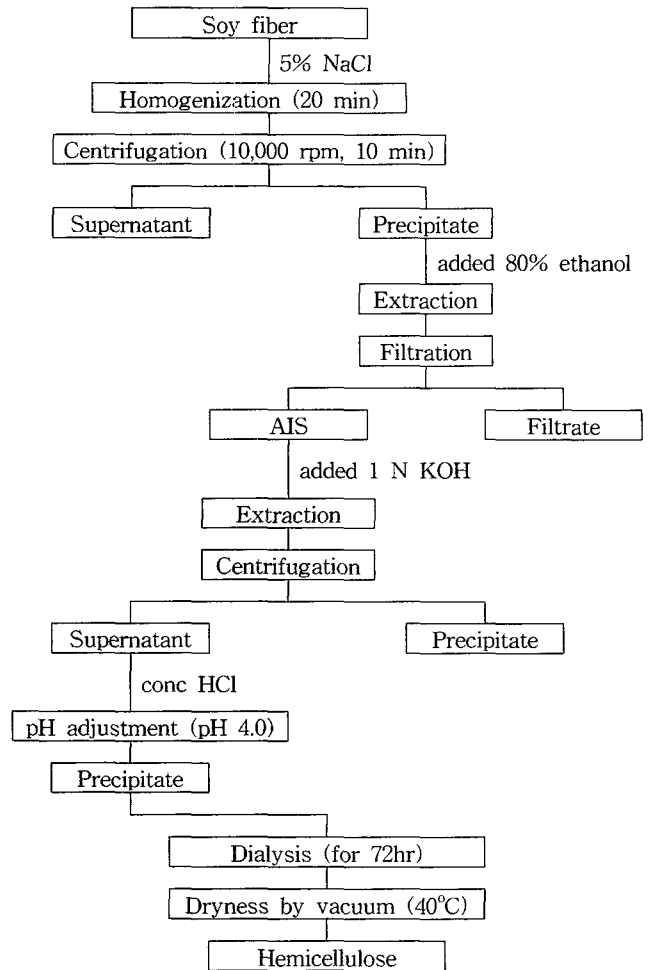


Fig. 2. Preparation and extraction of hemicellulose from soy fiber.

과하여 알코올 불용성물질(AIS: alcohol insoluble substance)을 얻었다. AIS는 1 L씩의 증류수로 3회 세척한 후 원심분리하여 탈수시켰으며, 여기에 500 mL의 1 N 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°C에서 감압건조하여 건조분말 4.02 g을 얻었다.

실험동물사료의 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 조합하였다. 기본식은 탄수화물 : 단백질 : 지질의 비를 60 : 20 : 15로 조정하였으며, 헤미셀룰로오스 식이는 H-1군은 0.5%, H-2군은 1%를 첨가하여 Table 1과 같이 식이를 조제하였다.

실험동물과 사육방법

실험동물은 평균체중이 105.5 g되는 Sprague-Dawley계 숫컷 흰쥐 30마리를 rat용 펠렛사료로 일주일간 적응시킨 후 난괴법에 따라 한 군에 10마리씩 3군 즉, 무처리군, 콩 식이섬유로부터 추출한 헤미셀룰로오스(이하 헤미셀룰로오스) 5 g/kg-diet 식이군(H-1), 헤미셀룰로오스 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±2°C, 60±5%로 조정하였고 명암의 주기는 12시간 간격으로 설정하였으며, 사육중 물과 사료는 자유 섭취시켰다.

당뇨유발

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

이상일 경우에 당뇨로 간주하였다.

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)를 함유하는 5 mL 주사기로 복부대동맥에서 채혈하여 4°C, 3000 rpm으로 10분간 원심분리하여 혈청을 얻었으며 -70°C에 두면서 분석용 재료로 사용하였다. 분노는 7주간 사육이 끝난 다음날 24시간동안 수집하였으며 뇨의 경우는 원심분리하여 이 물질을 제거하여 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. 혈청내의 중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL 콜레스테롤 함량은 enzymetic assay kit(Nissui Pharm. Co. Ltd., Japan)로 측정하였으며, 동맥경화지수(atherogenic index)는 (total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol의 계산식에 의하여 산출하였다.

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 test 및 t-test를 행하였다.

결과 및 고찰

헤미셀룰로오스의 식이에 따른 식이섭취량, 체중 및 식이효율

각 실험식으로 7주간 사육중 6주째 당뇨를 유발시킨 쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 조사한 결과는 Fig. 3, 4 및 Table 2와 같다. 평균 식이섭취량(Table 2)은 대조군과 헤미셀룰로오스 식이군(H-1, H-2) 다같이 당뇨유발 전에는 140.4~143.9 g/week의 범위로 높았으나 처리에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 당뇨유발 1주 후의 평균 식이섭취량은 당뇨대조군이 132.7 g/week, H-1 식이군이 136.9 g/week로 유의적인 차이를 보이지 않았으나 H-2 식이군에서는 137.6 g/week으로 당뇨대조군과 H-1군에서 보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 체중증가량(Fig. 3, Table 2)은 대조군과 헤미셀룰로오스 식이군 모두 당뇨유발 전에는 147.0~159.4 g/rat/week의 범위를 나타내었으나 처리간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 당뇨유발 후는 136.0~151.4 g/week로 당뇨 유발전의 체중증가량에 비하여 당뇨대조군과 H-1군은 2.6~3.8%, H-2군은 4.6%로 H-2군에서

Table 1. Composition of experimental diets (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 from soyfiber	-	5	10
Total	1000	1000	1000

¹⁾Control: basal diet.
²⁾H-1: hemicellulose extracted from soy fiber 0.5%+basal diet.
³⁾H-2: hemicellulose extracted from soy fiber 1%+basal diet.
⁴⁾AIN mineral mixture (g/kg): calcium lactate 620.0, sodium chloride 74.0, potassium phosphate di-basic 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.

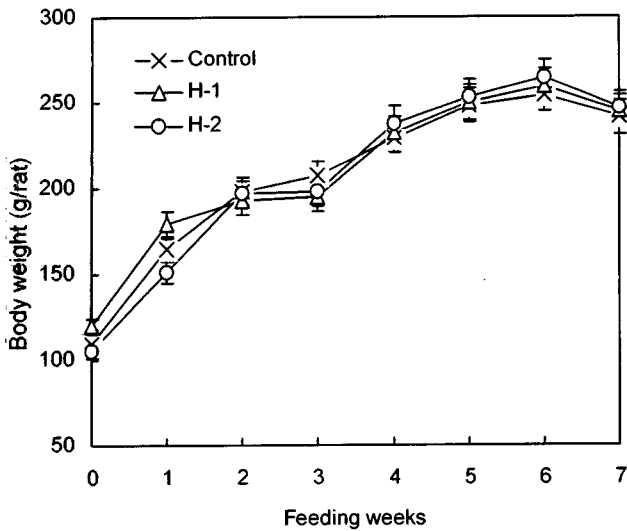


Fig. 3. Changes in body weight of rats fed hemicellulose extracted from soy fiber for 7 weeks. Abbreviations (H-1, H-2): See Table 1. STZ was injected after feeding diet for 6 weeks. Values are means±SD of 10 rats.

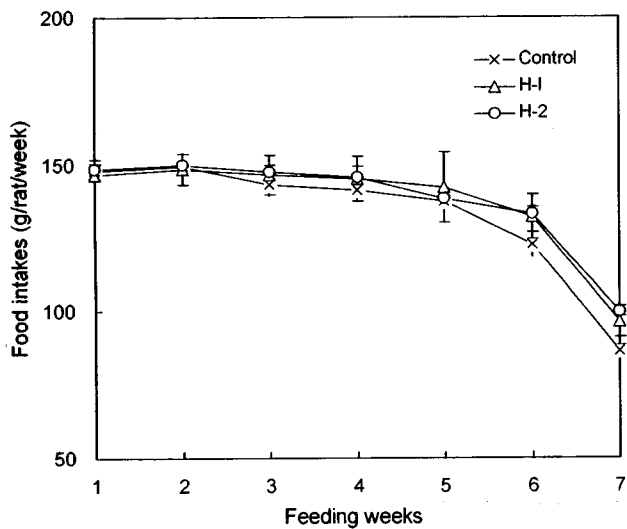


Fig. 4. Changes in food intakes of rats fed hemicellulose extracted from soy fiber for 7 weeks. Abbreviations (H-1, H-2): See Table 1. STZ was injected after feeding diet for 6 weeks. Values are means±SD of 10 rats.

높은 증가를 나타내었으며, 대조군은 당뇨유발 전후의 유의적인 차이를 보였으나 헤미셀룰로즈 식이군에서는 유의적인 차이가 없었다. 식이효율은 당뇨유발 전에는 1.05~1.18로 처리간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나 당뇨유발 후는 H-II 식이군은 타군에 비하여 유의적으로 높았으며, 당뇨유발 전후의 차이는 대조군에서는 나타났으나 헤미셀룰로즈 식이군에서는 나타나지 않았다.

당뇨가 유발되면 체내 insulin의 생성부족과 이로 인한 체내 대사의 퇴행적 변화를 초래하여 체중이 감소하게 되는데 Koh(13)는 STZ로 유발시킨 당뇨쥐를 4주간 식이한 결과 정상군은 17%의 체중증가가 있는 반면 대조군 당뇨쥐와 콩가루식이 당뇨쥐의 경우는 뚜렷한 차이 없이 20% 정도의 체중감소를 보였다고 하였다. 본 실험에서도 당뇨대조군의 경우는 당뇨유발로 인한 체중감소가 유의적인 차이를 보였으나 헤미셀룰로즈 식이군에서의 감소는 유의적인 차이를 보이지 않아 결과적으로 Koh(13)의 연구와 유사한 결과라 판단된다.

당뇨쥐는 다식현상으로 정상쥐보다 식이섭취량이 증가하나(14), 헤미셀룰로즈 식이군에서는 이와 반대의 결과를 보였다. Lee 등(15)은 STZ로 유발시킨 당뇨쥐를 무식이 섬유군, 셀룰로즈군 이눌린군, 치커리군으로 나누어 4주간 식이한 결과 식이섭취량과 체중증가율은 치커리군이 나머지 3군에 비하여 높고 무식이 섬유군, 셀룰로즈군 및 이눌린군 간에는 유의적인 차이가 없었다고 하였다. 이 같은 결과들로 미루어 볼 때 본 실험의 H-2군에서 당뇨유발 후 체중증가율이 높은 것은 식이섭취량이 높은 것과 관련이 있는 것으로 생각된다.

음용수 섭취량

음용수 섭취량을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 당뇨유발 전에는 모든 처리군에서 주별로 다소 차이는 있으나 체중증가와 식이섭취량의 증가에 따라 점차적으로 증가하여 식이 6주 후에는 301.6~312.6 mL/week를 섭취하였다. 그러나 당뇨유발 1주 후에는 대조군과 H-1군은 유의적인 차이가 없이 마리당 평균 617.5~625.4 mL/week를 소비하였으나 H-2군은 601.7 mL/week로 타군에 비하여 섭취량이 낮았다. Lee와 Kim(16)은 당뇨가 유발되면 심장과 폐가 병들어 입이 마르고, 많이 마시며, 가슴이 답답하고, 소변이 자주 마려우며 음식을 많이 먹어도 배가 고프고 땀이 많고 변비가 있는데 그

Table 2. Food intake, weight gain and food efficiency of diabetic rats¹⁾ fed hemicellulose extracted from soy fiber

Groups	Food intake		Weight gain		Food efficiency	
	BID ⁴⁾ (g/week)	AID ⁵⁾ (g/week)	BID (g/week)	AID (g/week)	BID	AID
Control	140.4±21.4 ^{aA6)}	132.7±1.7 ^{aB}	147.0±6.6 ^{aA}	136.0±3.4 ^{bB}	1.05±0.03 ^{aB}	1.02±0.01 ^{aB}
H-1 ²⁾	143.7±5.4 ^{aA}	136.9±3.8 ^{aAB}	152.0±13.4 ^{aA}	141.9±2.8 ^{aAB}	1.08±0.02 ^{aB}	1.04±0.00 ^{bB}
H-2 ³⁾	143.9±6.0 ^{aA}	137.6±1.8 ^{aA}	159.4±9.1 ^{aA}	151.4±2.2 ^{aA}	1.18±0.02 ^{aA}	1.10±0.01 ^{bA}

¹⁾STZ was injected after feeding diet for 6 weeks.

^{2,3)}See Table 1.

⁴⁾BID: before induction of diabetes. ⁵⁾AID: after induction of diabetes.

⁶⁾Values are means±SD of 10 rats, different superscripts within a row (a,b) and a column (A~C) indicate significant differences (p<0.05).

Table 3. Changes in water intakes of diabetic rats during feeding of hemicellulose extracted from soy fiber for 7 weeks (mL/rat)

Groups	Feeding weeks						
	1	2	3	4	5	6 ³⁾	7
Control	90.3±2.1 ⁴⁾	118.4±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 ¹⁾	89.1±2.1 ^a	116.3±3.3 ^a	215.2±3.0 ^a	221.6±2.1 ^a	255.1±2.2 ^a	309.5±5.2 ^a	617.5±8.3 ^a
H-2 ²⁾	85.1±1.9 ^a	121.2±3.0 ^a	208.3±3.7 ^a	229.4±2.5 ^a	241.5±2.4 ^a	301.6±5.1 ^a	601.7±8.1 ^b

^{1,2)}See Table 1.

³⁾STZ was injected after feeding diet for 6 weeks.

⁴⁾Values are means±SD of 10 rats, different superscripts within a column (a,b) indicate significant differences (p<0.05).

원인을 신장의 수분부족 때문이라 하였다. 본 실험결과 당뇨 유발로 음용수 섭취량이 증가하는 현상은 부족된 수분을 보충하려는 생리적 현상으로 헤미셀룰로스 식이군 특히 H-2군에서 음용수 섭취량이 당뇨대조군에 비하여 적었다.

간장무게 및 분뇨량

7주간 사육 중 6주째에 당뇨를 유발시켜 1주간 사육한 쥐의 간장 및 분뇨의 무게를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 간장의 무게는 대조군과 H-1군은 8.5~9.1 g인데 비하여 H-2군은 7.8 g으로 헤미셀룰로스 식이군(H-2)에서 유의적으로 낮았다. Iyorra와 Paya(17)은 당뇨쥐의 간장은 정상 쥐에 비하여 비대해진다고 하였으며, Lim과 Kim(18)은 동글레 추출물을 식이한 당뇨쥐의 간장이 당뇨대조군에 비하여 낮음으로서 식이군에서 당뇨의 회복이 촉진되는 현상이라 하였다. 본 실험에서도 H-2군은 당뇨 대조군에 비하여 간장의 무게가 낮게 나타나 헤미셀룰로스 식이군에서 항당뇨효과가 있음을 나타내었다.

Choi와 Lee(19)는 비지를 식이한 군에서 간장의 무게가 적

었다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 식이에 따른 분의 양은 0.3~0.4 g/day, 뇨의 양은 11.8~15.3 mL/day로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

혈당 및 뇨당

대조군과 헤미셀룰로스 식이군으로 나누어 사육하면서 6주 후에 당뇨를 유발시키고 그 후 1주간 더 사육시킨 쥐의 혈당과 뇨당을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 당뇨를 유발시키기 전인 3~5주째의 혈당과 뇨당 함량은 대조군에서는 각각 118.4~132.6 mg/dL 및 0.78~0.87 mg/dL, 식이군에서는 각각 117.4~120.6 mg/dL로 대조군과 식이군간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 당뇨를 유발시킨 후 1주간 동일한 식이로 사육한 경우, 혈당은 대조군에서는 212.8 mg/dL, H-1군에서는 160.5 mg/dL, H-2군에서는 141.0 mg/dL로 H-2군에서는 대조군의 66%로 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 7주째 뇨당은 대조군 0.97 mg/dL, H-1군 0.53 mg/dL, H-2군 0.35 mg/dL로 H-1군은 대조군의 55%, H-2군은 대조군의 36%로 헤미셀룰로스 식이군이 대조군에 비하여 유의적으로 낮았다.

Koh(13)는 당뇨쥐에 4주간 생콩가루를 20% 함유하는 사료를 식이한 결과 당뇨대조군에 비하여 혈당수준이 42%가 감소하였다고 하였으나, Lee 등(15)은 셀룰로스, 인돌린 등의 식이섬유는 혈당과 뇨당함량에 큰 영향을 미치지 않았다고 하였다. 혈당과 뇨당은 식이요인 뿐만 아니라 운동량, 스트레스 등 여러 가지 요인에 따라 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다(20).

이상의 결과, STZ의 처리가 췌장의 파괴로 인하여 당뇨가 유발됨을 감안할 때 콩에 함유되어 있는 헤미셀룰로스가 췌

Table 4. Weight of liver and feces of diabetic rats¹⁾ fed hemicellulose extracted from soy fiber

Groups	Weight of liver (g)	Weight of feces (g/day)	Amounts of urine (mL/day)
Control	9.1±0.6 ⁴⁾	0.3±0.1 ^a	15.3±2.9 ^a
H-1 ²⁾	8.5±0.4 ^{ab}	0.4±0.0 ^a	11.8±1.6 ^a
H-2 ³⁾	7.8±0.3 ^b	0.4±0.1 ^a	13.3±0.5 ^a

¹⁾STZ was injected after feeding diet for 6 weeks.

^{2,3)}See Table 1.

⁴⁾Values are means±SD of 10 rats, different superscripts within a column (a,b) indicate significant differences (p<0.05).

Table 5. Changes in blood glucose content of diabetic rats during feeding of hemicellulose extracted from soy fiber

Group	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 ⁶⁾	0.78±0.39 ^a	118.4±13.9 ^a	0.87±0.22 ^a	212.8±30.6 ^a	0.97±0.25 ^a
H-1 ⁴⁾	117.4±29.0 ^a	0.40±0.25 ^a	117.8±17.7 ^a	0.55±0.15 ^a	160.5±25.5 ^{ab}	0.53±0.13 ^b
H-2 ⁵⁾	120.6±23.1 ^a	0.45±0.20 ^a	113.8±13.8 ^a	0.50±0.12 ^a	141.0±20.4 ^b	0.35±0.15 ^b

¹⁾STZ was injected after feeding diet for 6 weeks.

²⁾BG: blood glucose. ³⁾UG: urine glucose.

^{4,5)}H-1, H-2: See Table 1.

⁶⁾Values are means±SD of 10 rats, different superscripts within a column (a,b) indicate significant differences (p<0.05).

Table 6. Content of serum triglyceride, total serum cholesterol, serum HDL-cholesterol, HTR and atherogenic index in diabetic rats

Measurements	Control	H-1 ¹⁾	H-2 ²⁾
Triglyceride (mg/dL)	117.5±32.3 ^{a5)}	102.8±24.7 ^a	104.2±19.5 ^a
Total cholesterol (mg/dL)	101.6±11.1 ^a	73.8±5.1 ^b	78.4±6.1 ^b
HDL-cholesterol (mg/dL)	44.7±2.31 ^a	39.8±3.52 ^a	42.5±4.19 ^a
HTR ³⁾	0.44±0.02 ^a	0.54±0.03 ^a	0.54±0.04 ^a
Atherogenic index ⁴⁾	1.27±0.22 ^a	0.85±0.23 ^b	0.46±0.12 ^c

^{1,2)}See Table 1.

³⁾The ratio of HDL-cholesterol/total cholesterol.

⁴⁾(Total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol.

⁵⁾Values are means±SD of 10 rats, different superscripts within a row (a~c) indicate significant differences (p<0.05).

장의 재생과 밀접한 관련이 있음을 시사한다.

요 약

혈청 콜레스테롤 함량

대조군과 헤미셀룰로즈 식이군의 실험동물을 사육하면서 6주째 당뇨를 유발시키고 계속해서 7주간 사육한 쥐 혈청의 중성지질과 총콜레스테롤함량, HDL-콜레스테롤함량, HDL-콜레스테롤함량/총콜레스테롤비(HTR) 및 동맥경화지수를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 중성지질의 함량은 대조군에서 117.5 mg/dL, 식이군에서 102.8~104.2 mg/dL로 평균치는 식이군에서 낮았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 총콜레스테롤함량은 대조군에서 101.6 mg/dL, 식이군에서는 73.8~78.4 mg/dL로 식이군에서 유의적으로 낮았으며 HDL-콜레스테롤 함량은 모든 실험군에서 39.8~44.7 mg/dL 범위로 비슷한 수치를 나타내었다. 식이군에서 HTR은 대조군과 유사하나 동맥경화지수는 0.46~0.85로 대조군보다 낮다.

Choi와 Lee(19)는 casein식이군, 두부식이군, 비지식이군으로 나누어 4주간 식이한 결과 두부와 비지식이군에서 혈청 콜레스테롤 수준이 유의적으로 감소하였다고 하였다. Koh(13)는 STZ에 의한 당뇨쥐는 정상쥐에 비하여 혈청내 중성지질의 농도가 증가되며, 생콩의 식이로 중성지질의 농도가 정상수준으로 감소한다고 하였다. 또, Roberfroid(21)는 식이섭유가 혈중 중성지질 및 혈청콜레스테롤의 농도를 낮춘다고 하였으나 Tokunagu 등(22)은 식이성 섭유인 fructooligosaccharide의 식이는 혈청콜레스테롤함량에는 변화를 주지 않으나 중성지질의 농도는 감소시킨다고 하였다. 또, Potter 등(23)은 고콜레스테롤 증세를 가진 26명의 남자들의 혈청지질에 미치는 콩으로부터 분리한 식이섭유와 콩 단백질의 혼합식이로 4주간 식이한 결과 HDL-콜레스테롤 수치는 유지하면서 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수치를 유의적으로 낮춘다고 하였으며, Hermansen 등(10)도 콩 껍질의 식이섭유가 LDL/HDL의 비율을 떨어트린다고 보고하였다.

본 실험에서도 헤미셀룰로즈 식이로 혈청 중성지질의 함량에는 큰 영향을 미치지 않았으나 혈청 총콜레스테롤 함량에는 상당한 영향을 미쳤으며 결과적으로 헤미셀룰로즈 식이군에서 LDL-콜레스테롤의 함량이 낮은 것으로 나타났다. 또한 동맥경화지수도 대조군>H-1군>H-2군 순으로 헤미셀룰로즈 식이군에서 낮았다.

콩 식이섭유로부터 제조한 헤미셀룰로즈가 streptozotocin으로 유발한 당뇨쥐의 혈당과 혈청콜레스테롤함량에 미치는 영향을 조사하였다. 실험군은 셀룰로즈군(대조군), 헤미셀룰로즈 0.5% 식이군(H-1군), 헤미셀룰로즈 1% 식이군(H-2군)으로 나누어 6주간 사육한 후 당뇨를 유발시키고 계속해서 1주간 사육하였다. 당뇨유발에 따른 식이섭유량과 체중 증가량 및 식이효율은 H-2 식이군이 대조군과 H-1군에서 보다 높은 값을 나타낸 반면 음용수 섭취량은 H-2군에서 낮았다. 간장의 무게는 H-2군이 대조군과 H-1군에 비하여 유의적으로 낮았다. 혈당은 대조군에서는 212.8 mg/dL, H-1군에서는 160.5 mg/dL, H-2군에서는 141.0 mg/dL로 H-2군은 대조군의 66%수준이었으며 뇨당은 대조군 0.97 mg/dL, H-1군 0.53 mg/dL, H-2군 0.35 mg/dL로 H-1군은 대조군의 55%, H-2군은 대조군의 36%로 헤미셀룰로즈 식이군이 대조군에 비하여 유의적으로 낮았다. 혈청내 중성지질의 함량은 식이에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나 혈청 총콜레스테롤 함량은 대조군에서 101.6 mg/dL, 식이군에서는 73.8~78.4 mg/dL로 유의적으로 낮았으며, 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 모든 실험군에서 39.8~44.7 mg/dL 범위로 비슷한 수치를 나타내었다. HTR과 동맥경화지수는 대조군에서는 각각 0.44 및 1.27로 나타났으나 헤미셀룰로즈 식이군에서는 각각 0.54 및 0.46~0.85로 대조군보다 낮았다. 이상의 결과, 콩 식이섭유로부터 추출한 헤미셀룰로즈는 항당뇨효과가 높음을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물 가공·저장 및 산업화 연구센터의 일부지원에 의한 것입니다.

문 헌

1. Strachan WJ, Deary IJ. 1997. Is type II diabetes associated with an increased risk of cognitive dysfunction? *Diabetes*

- Care 20: 438-445.
2. Ginsberg H. 1991. Lipoprotein physiology in non-diabetic and diabetic states: relationship to atherogenesis. *Diabetes Care* 14: 839-855.
 3. Best JD, O'Neal DN. 2000. Diabetic dyslipidaemia-current treatment recommendations. *Drugs* 59: 1101-1111.
 4. Jonnalagadda SS, Thye FW, Robertson JL. 1993. Plasma total and lipoprotein cholesterol, liver cholesterol and fecal cholesterol excretion in hamsters fed fiber diets. *J Nutr* 123: 1388-1382.
 5. Ko MK, Kim JI, Moon JW, Song YS. 1998. Effect of soy hull on cholesterol metabolism in rats. *Korea Soybean Digest* 15: 23-30.
 6. Kritchevsky D, Tepper SA, Czarnecki SK, Kourfeld DM, Story JA. 1982. Experimental atherosclerosis in rabbits fed cholesterol free diets part 9. Beef protein and textured vegetable protein. *Atherosclerosis* 39-169.
 7. Potter SM, Bakhit RM, Essex-Sorlie DL, Weingartner KE, Chapman KM, Nelson RA, Prabhudesai M, Savage WD, Nelson AI, Winter LW. 1993. Depression of plasma cholesterol in men by consumption of baked products containing soy protein. *The Amer J Clin Nutr* 58: 501-506.
 8. Ham JO, Chapman KM, Essex-Sorlie D, Bakhit RM, Prabhudesai M, Winter L, Erdman JW Jr, Potter SM. 1993. Endocrinological response to soy protein and fiber in mildly hypercholesterolemic men. *Nutr Res* 13: 873-884.
 9. Slavin J. 1991. Nutritional benefits of soy protein and soy fiber. *J Amer Dietetic Asso* 91: 816-819.
 10. Hermansen K, Dinesen B, Hoie LH, Morgenstern E, Gruenwald J. 2003. Effects of soy and other natural products on LDL : HDL ratio and other lipid parameters: a literature review. *Advances in Therapy* 20: 50-78.
 11. Son MA. 1993. Changes in the cell wall components, enzyme activities and structure of jujuba fruits (*Zizyus jujuba* M.) during softening. *PhD Dissertation*. Yeungnam Univ., Korea.
 12. Kim SD, Yoon SH, Kang MS, Park NS. 1986. Softening related changes in cell wall polysaccharides of hot pepper fruit. *J Korean Soc Food Nutr* 15: 165-170.
 13. 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: 313-318.
 14. Tomomatsu H. 1994. Health effects of oligosaccharides. *Food Tech Oct*: 61-65.
 15. Lee JS, Lee GS, Shin HK. 1997. Effects of chicory extract on serum glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 30: 781-788.
 16. Lee YG, Kim SD. 2000. Effect of palmiwon on diabetes-prone BB rats. *Food Sci Biotechnol* 9: 157-162.
 17. Iyorra MD, Paya H. 1988. Hypoglycemic and insulin release effects of tormentic acid: a new hypoglycemic natural product. *Planta Medica* 55: 282-286.
 18. Lim SJ, Kim KJ. 1995. Hypoglycemic effect of *Polygonatum Odoratum* var. *Pluriflorum ohwi* extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 28: 727-736.
 19. Choi YS, Lee SY. 1993. Cholesterol-lowering effects of soybean products (curd or curd residue) in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 673-677.
 20. Prestom AM, Gonzalez MJ. 1986. Glycated hemoglobin in streptozotocin-induced diabetic rats as measured by affinity chromatography. *Nutr Res* 6: 1371-1377.
 21. Roberfroid M. 1993. Dietary fiber, inulin and oligofructose: A review comparing their physiological effects. *Cri Rev Food Sci Nutr* 33: 103-148.
 22. 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.
 23. Potter SM, Bakhit RM, Essex-Sorlie DL, Weingartner KE, Chapman KM, Nelson RA, Prabhudesai M, Savage WD, Nelson AI, Winter LW. 1993. Depression of plasma cholesterol in men by consumption of baked products containing soy protein. *The Amer J Clin Nutr* 58: 501-506.

(2004년 3월 29일 접수; 2004년 8월 2일 채택)