

## 두류의 첨가가 당뇨병 쥐의 장기능과 당뇨증세에 미치는 영향\*

박수현·이혜성

경북대학교 생활과학대학 식품영양학과

### Effects of Legume Supplementation on the Gastrointestinal Function and Diabetic Symptoms in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Park, Soo-Hyun · Lee, Hye-Sung

Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

#### ABSTRACT

The present study was conducted to evaluate the usefulness of four kinds of legumes (black soybean: BS, yellow soybean: YS, green peas: GP, soybean curd residue: SCR) as a high-fiber supplement in the therapeutic diet for diabetic patients. Seven groups of normal and streptozotocin-induced diabetic rats were fed isocaloric experimental diets containing 8% dietary fiber from one of legumes for 6 weeks. The effects of legumes on the gastrointestinal function and diabetic symptoms in diabetic rats were also examined and compared with the effects of cellulose or pectin diet. Legume supplementations had no significant effects on alleviating typical diabetic symptoms such as polydipsia, polyphasia, polyuria, and urinary glucose excretion when compared with cellulose or pectin supplementations. The supplementations of legumes all resulted in remarkable changes in gastrointestinal functions: shortening of GI transit time and increases in fecal volume, fecal water and crude fat contents. Legume supplementations appeared to suppress the damages of the small intestine villi and the enteritis symptoms in diabetic rats. GP led to regular villus patterns closer to normal villus. BS, YS and GP led to the enlargement of cecum in diabetic rats. In conclusion, the present studies have demonstrated that legumes may possess a significant physiological actions in the control of various diabetic conditions. (*Korean J Nutrition* 32(6) : 617~627, 1999)

**KEY WORDS:** diabetes, legume, gastrointestinal function, diabetic symptoms.

## 서론

당뇨병 환자를 위해 권장되는 식사요법의 초점은 식이섬유와 복합당질의 높은 섭취와 지방과 콜레스테롤의 낮은 섭취이다.<sup>1)2)</sup> 고탄수화물-고섬유식을 이용하여 당뇨병의 치료를 시도한 Anderson 등<sup>3)</sup>은 열량의 70%를 탄수화물로 제공하고 섬유소를 35g/1000kcal 포함하는 고탄수화물-고섬유식 (high carbohydrate & fiber diet, HCF diet)이 혈당조절을 크게 개선할 수 있음을 보여주었다. HCF 식이는 당뇨병 환자에 있어 전통적인 식사를 했을 때와 비교해서 혈당조절이 개선되고 인슐린 요구량이 낮아지며, 혈청 콜레스테롤 농도가 감소됨이 보고되었다.<sup>4)</sup> Wolever와 Jenkins<sup>5)</sup>는 섬유소를 저탄수화물식이 보다 고탄수화물식이에 첨가하였을 때 효과적이며 또한 혈당지수가 낮은 식품들로부터 섬유소 섭취량을 증가시킬 때 당뇨병 환자의 혈당

과 지질대사의 개선효과를 보고하였다. Mani 등<sup>6)</sup>도 peas, green gram, bengalgram 등 혈당지수가 낮은 두류를 첨가한 식이가 포도당 50g을 첨가한 대조군과 비교하여 식후 혈당반응이 유의적으로 낮아졌음을 보고하였다. 이와 같이 식이섬유(dietary fiber)의 다량 섭취가 당뇨병 환자의 내당능 및 비정상적 지질대사를 개선시키는 효과가 있다는 사실이 밝혀진 이후 당뇨병에서 식이섬유의 중요성이 강조되고 있다. 식이섬유의 섭취증가가 장기능에 미치는 생리효과는 장통과시간의 단축, 장내용물의 부피와 용적 등을 증가시켜 장으로의 영양소 확산을 지연시키며, 또한 식후에 혈장으로의 영양소 출현을 지연시킨다.<sup>7)</sup> 곡류와 채소류 등에 포함된 불용성 식이섬유는 변의 부피와 수분함량을 증가시킴으로써 변비를 예방하고 완화하며, 동시에 게실증을 방지하는 등 정상적인 장기능에 중요한 작용을 한다.<sup>8)</sup> Stephen과 Cumming<sup>9)</sup>은 wheat fiber 섭취 후 48%의 변부피 및 수분함량의 증가를 보고하고 이것은 수화된 섬유소의 수분보유력에 기인한다고 설명하였다.

두류는 건조중량의 약 20%정도가 식이섬유로 구성<sup>10)</sup>된 고섬유식품의 가능성을 가진 식품이다. Jenkins 등<sup>11)</sup>과

채택일 : 1999년 7월 16일

\*This research was supported by grants from Korea Research Foundation.

Simpson 등<sup>12)</sup>은 두류의 섭취가 내당능 개선과 당뇨조절에 유의한 효과를 가진다고 보고하였으며, Wolever 등<sup>13)</sup>도 green lentiles, pinto bean, chick pea, kidney bean과 같은 두류가 당뇨병 환자의 식후 혈당과 인슐린반응을 낮춘다고 하였다. 이와 같은 결과들은 당뇨병 환자를 위한 고식이섬유 첨가물로서 두류의 유용성을 시사하였으며 보다 체계적인 연구의 필요성을 제시하게 되었다. 또한 콩제품 중 대두가공 부산물인 대두박(비지)의 경우 혈당지수가 6으로 매우 낮을 뿐 아니라,<sup>13)</sup> 총 식이섬유 함량이 약 70%에 달하는 고식이섬유 물질이므로 당뇨병의 대사 개선을 위한 유용한 식이섬유 소재로서의 가능성을 검토하는 것은 새로운 가능성 식품의 발견 및 식품 자원의 재활용이라는 점에서도 그 의의가 있다고 생각한다. 이처럼 두류는 한국인의 입맛에 익숙한 상용식품의 일종으로서 식이섬유 함량이 높고 혈당지수가 낮아 당뇨병환자의 대사조절에 있어 유의한 식이섬유 소재의 가능성을 가진 식품이라 생각된다. 따라서 본 연구에서는 두류를 시료로 선택하여 당뇨동물에 있어 체중 변화 및 장의 형태학적 변화와 장기능 및 고혈당의 증세 호전도에 미치는 영향을 보다 체계적으로 조사하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 식이

실험동물은 3주령된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 화학연구소(대전시 유성구 장동 100번지)로부터 입수하여 3주간 pellet형 고형사료로 체중 300g 정도의 성숙한 쥐로 성장할 때까지 사육한 다음 fiber-free control diet로 1주일간 적응시킨 후 평균 체중이 유사하도록 각 군당 10~12마리씩 7군으로 나누었다. 본 실험에 사용한 두류 시료는 한국인의 상용두류 중 식이섬유의 함량이 높은 두류 3종 즉 대두(yellow soybean), 검정콩(black bean), 완두콩(green peas)들과 대두가공 부산물로 나오는 대두박(비지, soybean curd residue)을 선택하여 건조상태로 볶아 분말화하여 성분분석을 한 후 사용하였다. 실험동물은 streptozotocin에 의해 실험적으로 당뇨상태를 유발시킨 흰쥐를 사용하였다. 두류 급원에 따른 당뇨동물의 대사 개선효과를 판정하기 위해 정제섬유인 셀룰로오스와 이미 당뇨병 개선효과가 인정되어 있는 펙틴을 대조물질로 사용하였다. 실험군의 분류는 1) 정상 셀룰로오스군(N-C), 2) 당뇨병 셀룰로오스군(D-C), 3) 당뇨병 펙틴군(D-P), 4) 당뇨병 검정콩군(D-BS), 5) 당뇨병 대두군(D-YS), 6) 당뇨병 완두콩군(D-GP), 7) 당뇨병 비지군(D-SCR)으로 하였다.

본 실험에 사용한 식이의 구성성분은 Table 1과 같다. 모

든 실험식은 총탄수화물(59%), 총단백질(20%), 총지방(8%)의 비율을 동일하게 유지하기 위해 시료 두류의 성분 분석 결과에 따라 각 실험식의 전분, 카제인, 대두유의 함량을 조절하여 모든 실험식을 isocaloric diet가 되도록 하였다. 열량 영양소의 PFC(protein/fat/carbohydrate) 비율은 21 : 18 : 61이 된다. 실험식의 식이섬유 함량은 8g/100g diet이며 이를 칼로리당 함량으로 환산하면 8g/388kcal가 되며 이는 20.6g/1000kcal에 해당되므로 당뇨병 환자를 위한 식이섬유의 권장 수준(15~25g/1000kcal) 범위이다. 식이섬유 첨가물로 사용한 두류는 볶은 후 50 mesh 이하로 분말화하여 사용하였다. 시료로 사용한 두류의 일반성분 및 식이섬유 함량은 한국식품공업협회 식품검사부에 의뢰하여 정량하였다. 즉 수분은 상압가열 건조법으로, 조단백은 semi-microkjeldahl법으로, 조지방은 soxhlet 추출법<sup>14)</sup>으로 회분은 직접 회화법으로, 식이섬유는 Prosky-AOAC법<sup>15)</sup>인 효소중량법(enzymatic-gravimetric procedure)으로 정량하였다. 탄수화물은 수분, 조단백, 조지방, 회분, 식이섬유의 양을 합한 후 100에서 뺀 수치로 하였다. 두

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	Control diet		Experimental diets			
	Cellulose	Pectin	BS	YS	GP	SCR
	g/100g diet					
Total Carbohydrate	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00
Cornstarch	44.00	44.00	41.12	36.09	31.17	43.95
Sucrose	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
From fiber source	0.00	0.00	2.88	7.91	12.83	0.05
Total Protein	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Casein	20.00	20.00	10.20	4.09	14.23	18.02
From fiber source	0.00	0.00	9.80	15.91	5.77	1.98
Total Fat	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Soybean oil	8.00	8.00	2.59	0.00	4.20	6.85
From fiber source	0.00	0.00	5.41	8.00	3.80	1.15
AIN 76 vitamin Mix <sup>1)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
AIN 76 mineral Mix <sup>2)</sup>	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Choline chloride	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-methionine	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Dietary fiber	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00

Abbreviations BS: black soybean, YS: yellow soybean, GP: green peas, SCR: soybean curd residue.

1) AIN-76 vitamin mix(g/kg mix): thiaminHCl 0.6, riboflavin 0.6, pyridoxineHCl 0.7, nicotinic acid 3, D-calcium pantothenate 1.6, folic acid 0.2, cyanocobalamin 0.001, retinyl palmitate 0.8(500,000IU/g), DL- $\alpha$ -tocopheryl acetate 20(250IU/g), cholecalciferol 0.0025, menaquinone 0.005, sucrose to make 1kg, 2) AIN-76 mineral mix(g/kg mix): calcium phosphate dibasic 500, sodium chloride 74, potassium citrate monohydrate 220, potassium sulfate 52, magnesium oxide 24, manganese carbohydrate 3.5, ferric citrate 6, zinc carbonate 1.6, cupric carbonate 0.3, potassium iodate 0.01, sodium selenite 0.01, chromium potassium sulfate 0.55, sucrose to make 1kg

To provide 8g dietary fiber/100g diet, the following amounts of legumes(g/100g diet) were used: BS: 45.7, YS: 29.0, GP: 33.3, SCR: 11.7

류의 성분 분석결과는 Table 2와 같다.

**2. 실험방법**

**1) 당뇨병의 유도**

실험식이 급여 시작 전날 당뇨병의 동물에 streptozotocin(STZ, Sigma, USA)(60mg/kg BW)을 대퇴부 근육에 1회 주사함으로써 중등도 당뇨병을 유발하였다. STZ은 0.1M citric acid buffer(pH 4.5)용액에 용해시켜 사용하였고 정상군은 동량의 citric acid(0.1M, pH 4.5)용액을 주사하였다. 당뇨병의 확인은 STZ 주사 24시간 후 꼬리 정맥으로부터 채혈하여 공복시 혈당이 180mg/dl 이상일 때 당뇨병이 유발된 것으로 간주하였으며 실험식이 투여 5주째에 공복시 혈당 측정에 의해 당뇨상태가 유지되고 있음을 확인하였다. 혈당의 측정은 혈당계(Accutrend GC, Boehringer Mannheim, Germany)로 측정하였다.

**2) 체중 변화 측정**

실험식이 개시일을 0day로 하여 1주마다 동물체중으로 체중을 달아 실험 종료일까지 동물의 체중 변화상태를 측정하였다.

**3) 장통과 시간(Gastrointestinal transit time)의 측정**

Marker로 사용한 Carmine red(Sigma Chem. Co., USA)를 0.5%의 농도로 각 실험식이에 첨가하여 실험 22일째 급여하였고 매시간 변중 marker를 확인하였다. 장통과시간은 실험식이 급여 시작 시간과 marker가 변 중에 처음 나타나기까지의 시간 간격으로 하였다.

**4) 당뇨증세의 측정**

식이 섭취량, 수분 섭취량, 뇨 배설량과 뇨당을 측정하기 위해 실험 5주째에 실험 동물을 48시간 동안 한마리씩 대사 사육장에 수용하여 충분한 양의 식이와 물을 제한없이 급여하였다. 식이 및 수분의 급여량과 잔여량의 차이로부터 1일 평균 식이 섭취량, 수분 섭취량을 계산하였다. 뇨 배설량은 대사 사육장으로부터 1일 평균 뇨배설량을 계산하였고 뇨당은 glucose analyzer(YSI, 2300 STAT, USA)를 이용하여 측정하였다. 혈당은 사육기간 6주 후 공복상태에서 채혈한 혈액을 glucose analyzer(YSI, 2300 STAT, USA)를 이용해서 측정하였다.

**5) 분변 중 수분함량 및 조지방량의 측정**

실험식이 5주째 대사 사육장에서 48시간 동안 배설되는 대변을 하루 2회씩 수집하여 수분보유상태의 무게를 칭량한 후 냉동시켰다가 -50℃에서 항량에 달할 때까지 냉동 건조시킨 뒤 건조무게를 칭량하고 수분 보유상태 무게와의 차이를 수분함량으로 하였다. 변 중 조지방 배설량은 Soxhlet 추출법<sup>14)</sup>에 의하였다.

**6) 재혈 및 조직의 채취**

사육기간 완료 전날 밤 실험동물을 12시간 절식시킨 후 다음날 아침 1% 농도 ketamin hydrochloride 용액을 체중 100g당 0.2ml량으로 복강내 주사하여 마취시킨 후 개복하고 heparin(100units/ml)처리가 된 주사기로 복부 대정맥(inferior vena cava)에서 혈액을 채취하여 이를 실온에서 1시간 방치한 후 3000rpm에서 20분간 원심분리해서 혈청을 분리하여 분석시까지 -40℃에서 냉동 보관하였다. 혈액을 채취한 다음 즉시 간과 콩팥을 적출하여 지방을 제거하고 냉장 생리 식염수로 여러번 헹군 후 가아제로 수분을 제거하고 무게를 달았다. 또한 장을 소장과 대장으로 구분하여 채취한 후 길이를 측정하였다. 대장은 맹장의 시작부 위부터 직장까지의 길이로 하였다.

**7) 장의 형태학적 관찰**

장의 형태학적 분석을 위해 맹장 부분을 떼어내 관찰하였고 또한 십이지장의 일정부위 1cm를 절취하여 10% 중성 포말린용액에 12~24시간 동안 고정시킨 후 흐르는 물에 12시간 담가두었다가 50% 에틸 알콜에서 점차적으로 100% 에틸 알콜, 클로로포름으로 처리한 후 파라핀으로 포매하였다. 5µm 두께로 박절하여 PAS(Periodic acid schiff)로 염색한 후 광학현미경으로 40배의 배율에서 관찰하였다.

**8) 이당류 분해 효소 활성 측정**

Lactase, Maltase, Sucrase 활성은 Dahlqvist 방법<sup>16)</sup>에 의해 측정하였다. 이당류 효소 활성도는 specific activity (units of activity/g protein)로서 나타내며 장점막의 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준물질로 사용하여 Lowry법<sup>17)</sup>에 의해 정량하였다.

**3. 자료의 통계처리**

당뇨쥐의 장기능과 증세호전도에 미치는 식이섬유 급여

**Table 2.** Composition of legumes

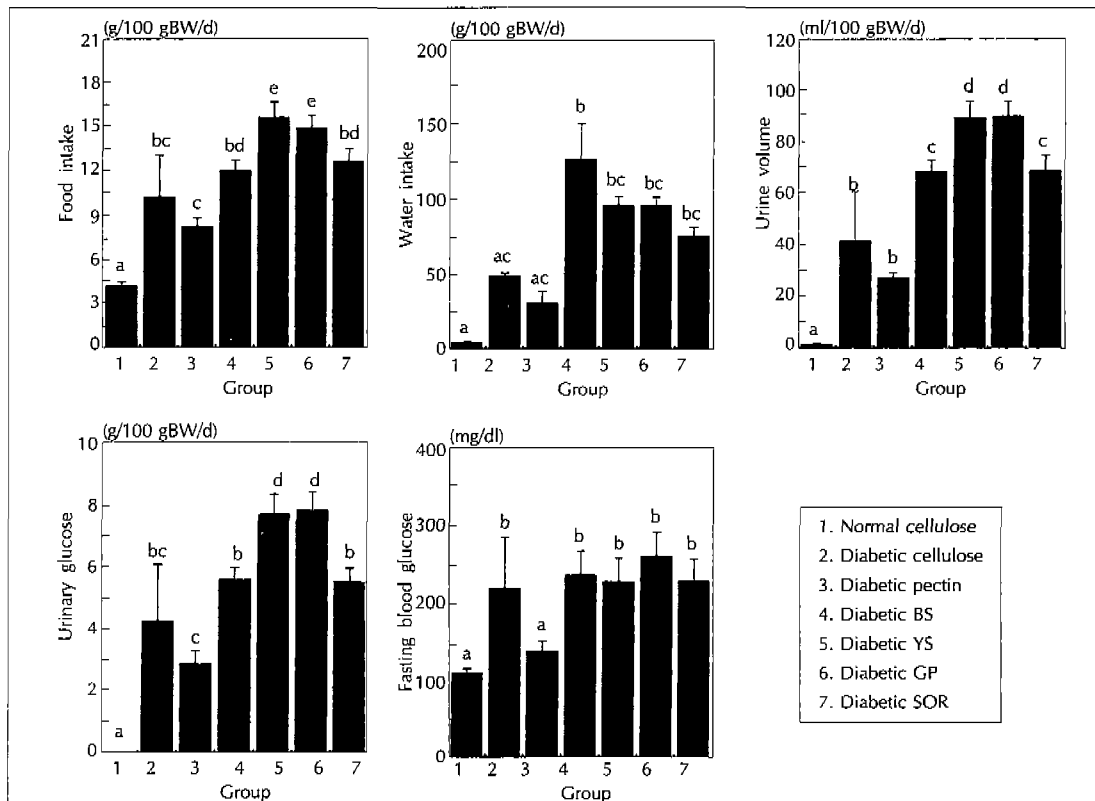
legumes	Moisture	Protein	Fat	Ash	Carbohydrate	Total dietary fiber
Yellow soybean	6.0	33.7	18.6	4.3	9.9	27.5
Black soybean	6.7	34.8	18.9	4.8	17.3	17.5
Green peas	5.1	17.3	11.4	3.7	38.5	24.0
Soybean curd residue	2.7	16.6	9.6	3.4	0.4	67.3

(%)

**Table 3.** Effect of legumes on growth performance and organ weight in normal and diabetic rats

Groups	Initial body weight(g)	Final body weight(g)	Body weight gain (g/42 days)	Liver weight		Kidney weight	
				(g)	(g/42 days)	(g)	(g/100 gBW)
Normal cellulose	303.10 ± 11.67 <sup>a</sup>	481.56 ± 14.61 <sup>a</sup>	176.44 ± 3.22 <sup>a</sup>	13.19 ± 0.73 <sup>**</sup>	2.73 ± 0.87 <sup>a</sup>	2.58 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.01 <sup>a</sup>
Diabetic cellulose	307.75 ± 7.67	370.50 ± 45.79 <sup>b</sup>	40.00 ± 39.45 <sup>b</sup>	12.56 ± 1.00 <sup>b</sup>	3.47 ± 0.27 <sup>bc</sup>	3.19 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.15 <sup>bc</sup>
Diabetic pectin	296.50 ± 8.19	295.67 ± 7.67 <sup>c</sup>	-0.83 ± 11.48 <sup>bcd</sup>	9.69 ± 0.37 <sup>c</sup>	3.27 ± 0.74 <sup>cc</sup>	2.56 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.96 ± 0.02 <sup>cc</sup>
Diabetic BS	298.33 ± 8.31	272.08 ± 11.36 <sup>c</sup>	-26.25 ± 9.30 <sup>c</sup>	10.47 ± 0.39 <sup>bc</sup>	3.87 ± 0.89 <sup>d</sup>	2.80 ± 0.07 <sup>ac</sup>	1.05 ± 0.04 <sup>bd</sup>
Diabetic YS	298.08 ± 8.10	280.82 ± 17.11 <sup>c</sup>	-15.00 ± 13.50 <sup>cd</sup>	10.72 ± 0.52 <sup>bc</sup>	3.85 ± 0.98 <sup>bd</sup>	3.05 ± 0.08 <sup>bc</sup>	1.12 ± 0.06 <sup>b</sup>
Diabetic GP	297.17 ± 7.89	276.89 ± 12.19 <sup>c</sup>	-20.44 ± 7.07 <sup>cd</sup>	9.98 ± 0.40 <sup>c</sup>	3.61 ± 0.65 <sup>bd</sup>	2.94 ± 0.10 <sup>c</sup>	1.07 ± 0.03 <sup>bd</sup>
Diabetic SCR	298.33 ± 8.05	303.20 ± 14.34 <sup>c</sup>	12.20 ± 13.54 <sup>bd</sup>				

\*Mean ± S.E., Different superscripts in the same column indicate significant difference ( $p < 0.05$ ) between groups by Duncan's multiple comparison test, Abbreviations BS: black soybean, YS: yellow soybean, GP: green peas, SCR: soybean curd residue



**Fig. 1.** Food intake, water intake, urine volume, urinary glucose excretion and blood glucose in normal and diabetic rats. Values are means with their standard errors indicated by vertical bars. Different letters indicate significant difference between groups by Duncan's multiple comparison test ( $p < 0.05$ ). Abbreviations BS: black soybean, YS: yellow soybean, GP: green pea, SCR: soybean curd residue.

에 따른 영향의 차이는 SPSS 통계 package를 이용하여 평균치와 표준오차를 산출하고 실험군간의 차이의 유의성은 one-way ANOVA와 Duncan's multiple comparison test<sup>18)</sup>에 의해  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다.

## 결 과

### 1. 두류가 체중증가량 및 장기무게에 미치는 영향

실험식이 투여 6주 후 실험동물의 체중변화와 장기무게는 Table 3과 같다. 실험기간 동안 정상 대조군인 셀룰로오스군에서는 평균 176g의 체중증가를 보인 반면 당뇨병군의

셀룰로오스군에서 40g, 비지군에서 12g의 낮은 체중증가를 보였고 대두군, 검정콩군, 완두군 그리고 펙틴군에서는 오히려 각각 26g, 15g, 20g, 0.8g의 체중감소를 보여 당뇨병에 의한 체중 저하현상이 나타났다. 당뇨병내 식이섬유의 급원에 따른 체중변화 상황은 셀룰로오스군에 비해 대두군, 검정콩군, 완두군에서 유의적인 감소가 나타났으며 펙틴군과의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 간과 신장의 체중 100g당 무게는 모든 당뇨병군에서 정상대조군에 비해 높게 나타났다. 특히 신장의 경우는 모든 당뇨병 동물에서 정상대조군에 비해 약 2배 정도의 비대현상을 보였으며 셀룰로오스와 펙틴 군에 당뇨병군들은 다른 두류 첨가군들에 비해 유

의적으로 낮은 신장 비대를 보였다.

**2. 당뇨병의 증세호전도에 미치는 두류의 영향**

실험식이 5주째에 대사 사육장을 이용하여 측정된 실험동물의 식이 섭취량, 수분섭취량, 뇨 배설량 및 뇨당 배설량과 6주째에 측정된 공복 혈당치는 Fig. 1과 같다. 식이섭취량은 정상대조군(4.25g/100g BW/d)에 비해 모든 당뇨군에서 유의적으로 높았다. 당뇨군에서는 대두군(15.54g/100g BW/d)과 완두군(14.82g/100g BW/d)에서 유의적으로 높은 식이섭취를 보였다. 수분섭취량은 정상대조군(4.43g/100g BW/d)에 비해 모든 당뇨군들이 8~30배로 높았으며 당뇨군에서는 검정콩군(128.45g/100g BW/d)의 수분섭취량이 셀룰로오스군(49.86g/100g BW/d)과 펙틴군(31.43g/100g BW/d)에 비해 유의적으로 높았다. 뇨 배설량은 수분섭취량과 유사한 경향을 보였으며 당뇨군에서는 셀룰로오스군과 비교하여 펙틴군을 제외한 다른 두류군들 모두에서 유의적으로 높은 배설량을 보였다. 뇨당 배설량은 정상 대조군에서는 뇨당이 검출되지 않았으며 당뇨군에서는 대두군(7.67g/100g BW/d)과 완두군(7.80g/100g BW/d)이 다른 군들에 비해 유의적으로 높았고 섬유군들간에는 펙틴군(2.86g/100g BW/d)에서 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. 혈당은 사육기간 6주 후 공복상태에서 측정된 것으로서

정상대조군(108mg/dl)에 비해 당뇨 펙틴군(136mg/dl)을 제외한 모든 당뇨군에서 217~259mg/dl 의 유의적으로 높은 고혈당치를 나타내었다.

**3. 장 형태 및 기능에 미치는 두류의 영향**

두류의 첨가가 장내용물의 장통과시간(GI transit time), 분변 배설량, 분변 중 고형물량과 수분함량, 분변 중 조지방 함량, 대장 및 소장 길이에 미치는 효과는 Fig. 2와 같다. 장내용물의 장통과시간은 정상 셀룰로오스군의 13.4시간에 비해 당뇨군들 중 셀룰로오스군이 11.0시간, 검정콩군이 10.0시간, 대두군이 11.6시간, 비지군이 11.0시간으로서 유의적인 단축을 나타내었다. 수용성 정제 식이섬유인 펙틴 투여군(14.2시간)에 비해서도 두류군들의 장통과 시간이 유의적으로 짧았고 두류군들에서는 검정콩군이 가장 짧았으나 유의적인 차이는 아니었다. 분변의 총량과 고형물량(건조중량)은 정상군에 비해서 펙틴군을 제외한 다른 당뇨군들에서 유의적인 증가를 나타내었으며 변 중 수분함량은 당뇨 셀룰로오스군(43.2%)을 제외한 모든 당뇨군에서 정상 셀룰로오스군(32.7%)에 비해 유의적으로 높았고 그 중에서도 대두군(65.9%)이 가장 높은 수분함량을 나타내었다. 분변 중 조지방 함량은 당뇨 검정콩군(61.3mg/100g/d)이 정상 대조군(23.5 mg/100g/d)에 비해 유의적으로 높은 수준이었으며 다른 당

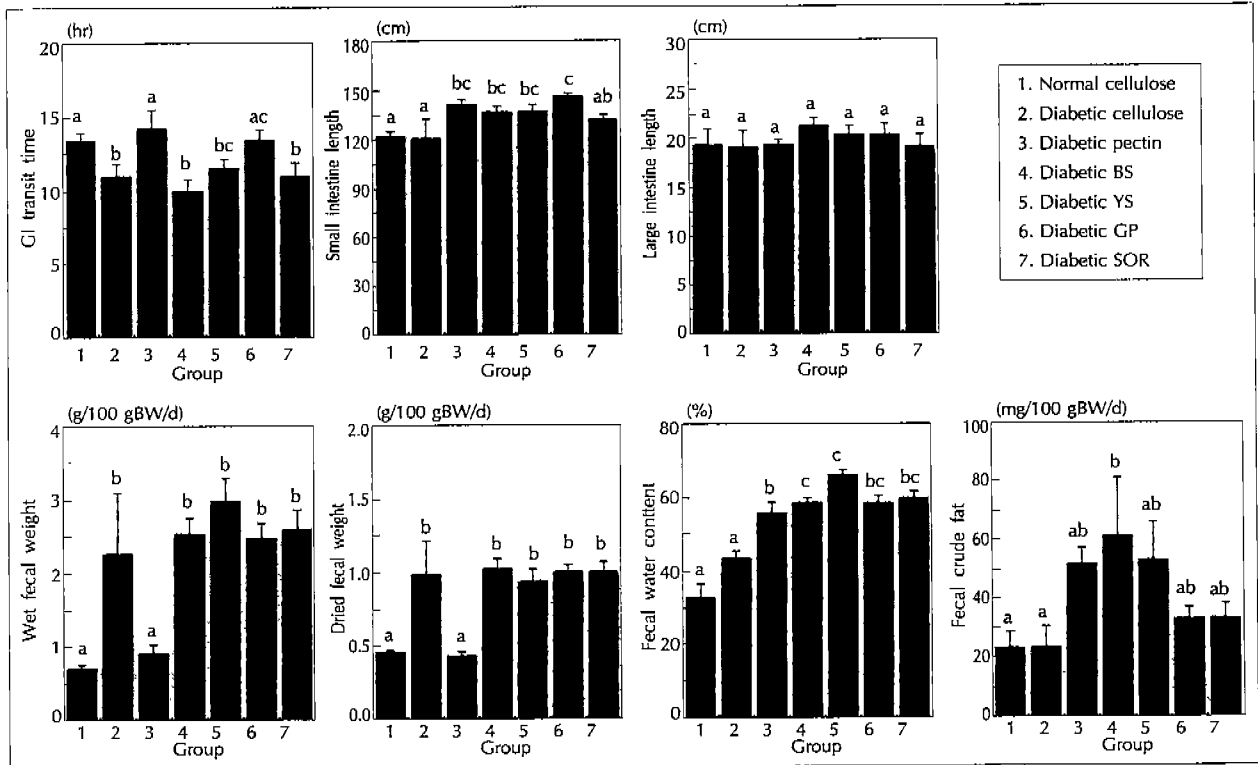


Fig. 2. Effects of legumes on gastrointestinal parameters in normal and diabetic rats. Values are means with their standard errors indicated by vertical bars. Different letter indicates significant difference between groups by Duncan's multiple comparison test(p < 0.05). Abbreviations BS: black soybean, YS: yellow soybean, GP: green pea, SCR: soybean curd residue.

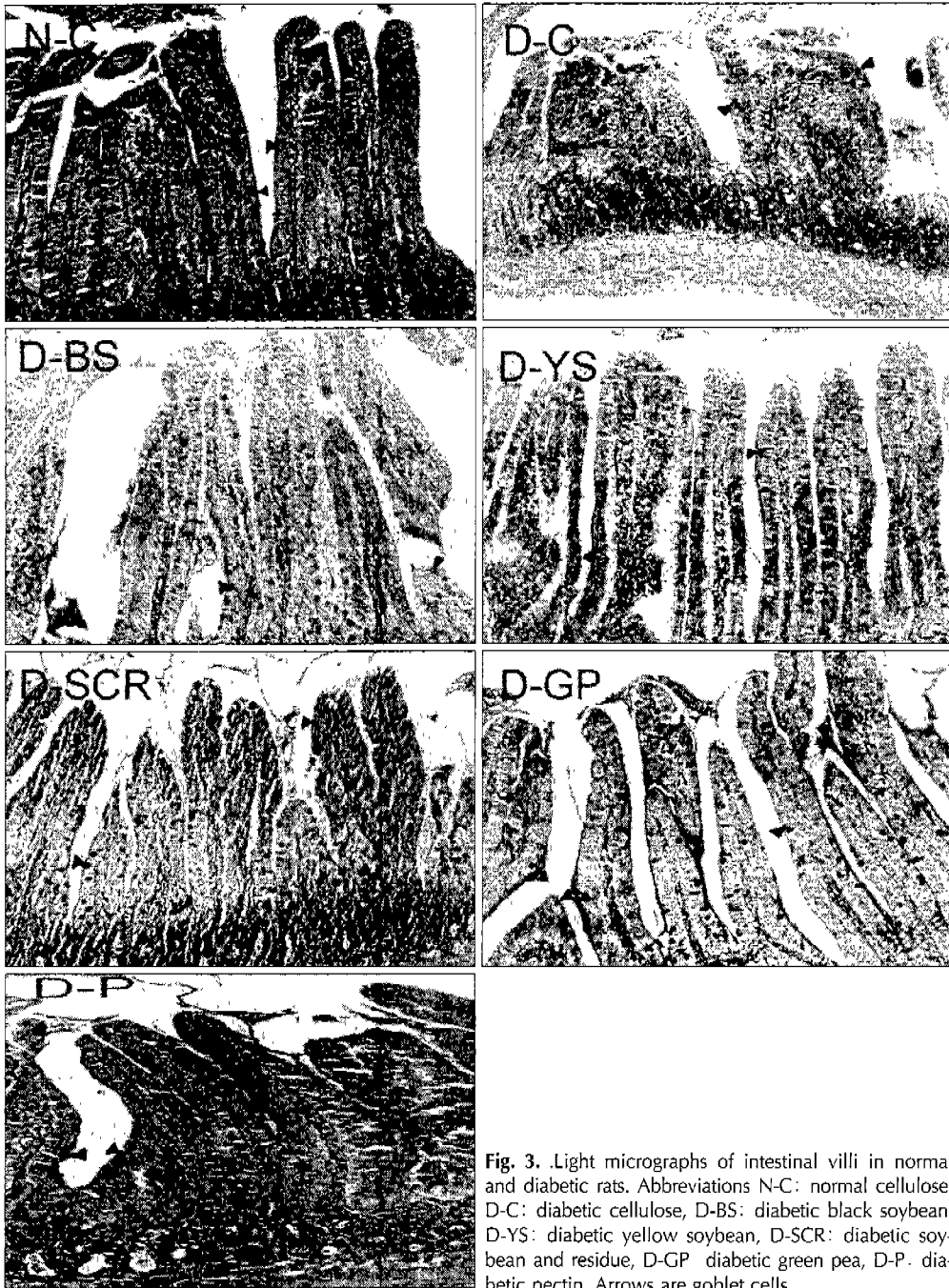


Fig. 3. Light micrographs of intestinal villi in normal and diabetic rats. Abbreviations N-C: normal cellulose, D-C: diabetic cellulose, D-BS: diabetic black soybean, D-YS: diabetic yellow soybean, D-SCR: diabetic soybean and residue, D-GP: diabetic green pea, D-P: diabetic pectin. Arrows are goblet cells.

노균들과는 유의적인 차이가 없었다. 소장 길이는 대조군에 비해 비지군(132.4cm)을 제외한 당뇨 두류군들에서 유의적으로 길었으며 그 중 완두군(146.4cm)이 가장 길었다. 대장의 길이는 군간 유의적인 차이가 관찰되지 않았다.

두류투여 6주 후 광학현미경으로 관찰한 소장 용모의 형태학적 변화는 Fig. 3과 같다. 정상 셀룰로오스군은 용모의 높이가 일정하고 세포가 규칙적이며 용모의 모양을 잘 유지하고 있는 반면 당뇨 셀룰로오스군에서는 용모의 모양의 규

칙성이 없어지고 길이가 짧아졌으며 점막 하층에 염증세포의 침윤이 증가되는 등의 소장점막 용모의 손상이 관찰되었다. 당뇨 대두군에서는 용모길이 유지가 잘 되어 있으며 용모의 모양과 상태도 양호한 상태였다. 검정콩군은 용모의 길이가 비교적 길어졌으며 비지군은 용모의 길이가 짧아진 것들과 서로 섞여 있어 모양이 전체적으로 불규칙하게 보이지만 용모의 손상정도는 비교적 적었다. 완두군에서는 용모의 길이 유지가 잘 되어 있으며 실험군 중에서 용모 상태가

가장 양호한 상태이다. 펙틴군에서도 용모의 길이가 잘 유지되어 있으며 또 mucin이 잘 남아있는 상태였다.

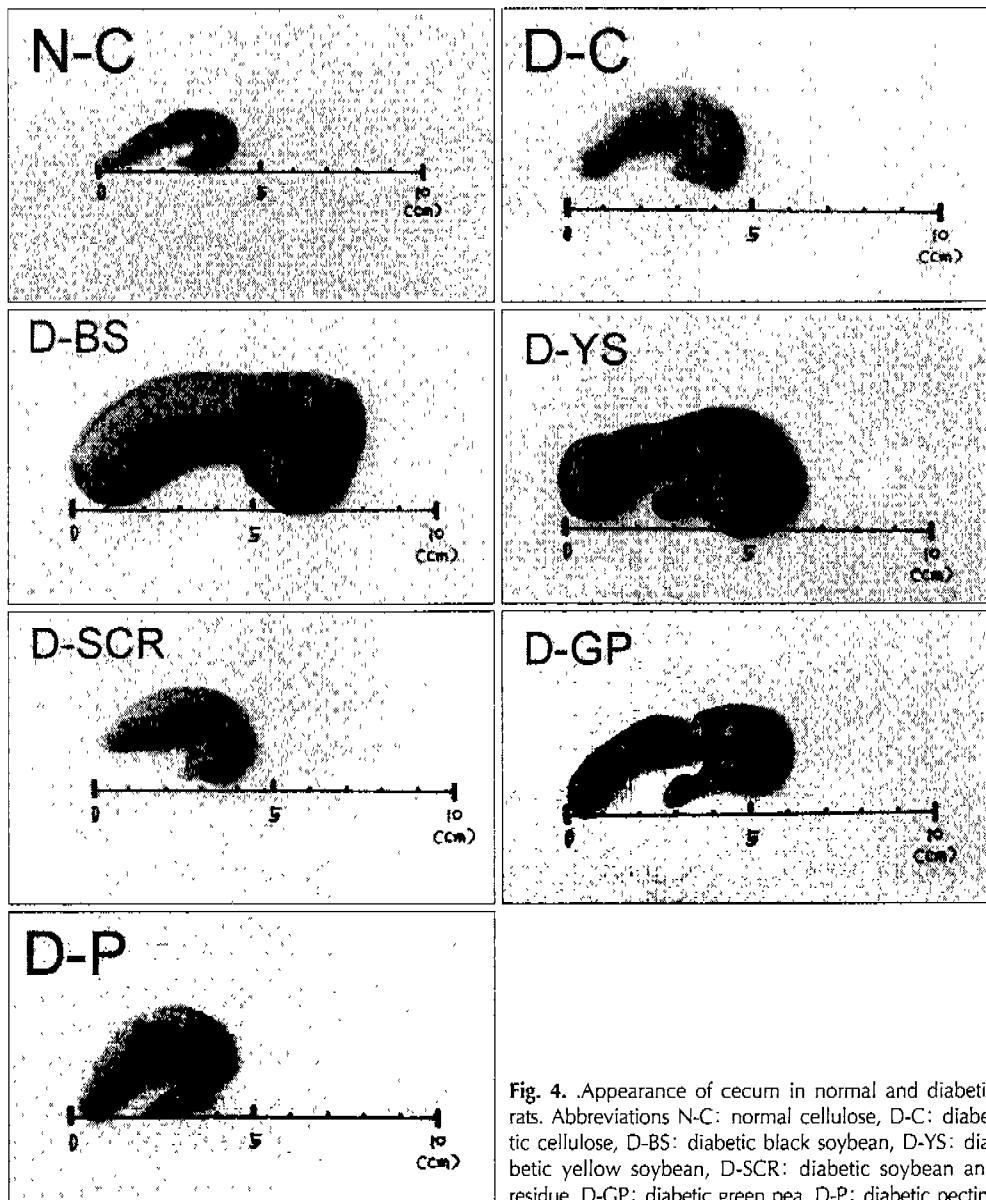
두류의 투여가 당뇨 동물의 소장 점막에 존재하는 이당류 분해 효소활성에 미치는 효과를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 이당류 분해 효소들의 활성도는 전반적으로 정상 동물에 비해 당뇨 동물에서 높은 경향을 보였다. 당뇨 동물에서의 효소 활성도는 셀룰로오스군에 비해 두류 첨가군과 펙틴군이 전반적으로 높았으며 완두 투여군의 lactase, maltase, sucrase 활성도는 모두에서 유의적으로 가장 높았으며 검정콩군과 비지군은 이들 3가지 효소활성에서 통계적으로 유의적이지는 않았으나 펙틴군보다 낮은 활성도를 보였다.

실험식이 투여 후 실험동물에 일어난 맹장의 형태학적 소

**Table 4.** Disaccharidase enzyme activity of jejunal mucosa in normal and diabetic rats

Groups	Lactase	Maltase	Sucrase
(specific activity)			
Normal cellulose	15.07 ± 1.38 <sup>a*</sup>	191.17 ± 25.89 <sup>a</sup>	57.69 ± 8.03 <sup>b</sup>
Diabetic cellulose	17.10 ± 2.70 <sup>a</sup>	262.06 ± 43.66 <sup>a</sup>	68.67 ± 12.51 <sup>a</sup>
Diabetic pectin	26.78 ± 3.17 <sup>a</sup>	483.35 ± 73.00 <sup>a</sup>	179.26 ± 27.69 <sup>a</sup>
Diabetic BS	19.80 ± 1.53 <sup>a</sup>	245.17 ± 20.22 <sup>a</sup>	105.68 ± 22.07 <sup>a</sup>
Diabetic YS	31.03 ± 3.29 <sup>a</sup>	392.80 ± 22.02 <sup>a</sup>	146.72 ± 16.70 <sup>a</sup>
Diabetic GP	40.89 ± 7.58 <sup>a</sup>	605.81 ± 94.40 <sup>a</sup>	257.74 ± 55.66 <sup>a</sup>
Diabetic SCR	25.48 ± 2.99 <sup>a</sup>	351.76 ± 40.95 <sup>a</sup>	120.85 ± 15.66 <sup>a</sup>

\*Mean ± S.E., Different superscripts in the same column indicate difference (p < 0.05) between groups by Duncan's multiple comparison test. Abbreviations BS: black soybean, YS: yellow soybean, GP: green peas, SCR: soybean curd residue



**Fig. 4.** Appearance of cecum in normal and diabetic rats. Abbreviations N-C: normal cellulose, D-C: diabetic cellulose, D-BS: diabetic black soybean, D-YS: diabetic yellow soybean, D-SCR: diabetic soybean and residue, D-GP: diabetic green pea, D-P: diabetic pectin.

견은 Fig. 4와 같다. 정상군과 비교해 당뇨동물에서 맹장의 비대현상이 일어났다. 당뇨군 중에서는 비지군(D-SCR)이 정제식이섬유군들과 유사한 크기를 보였으며 검정콩(D-BS)과 대두투여군(D-YS)에서는 맹장의 비대 정도가 매우 크게 나타났다.

## 고 찰

### 1. 두류의 투여가 당뇨병 쥐의 고혈당 증세에 미치는 영향

당뇨쥐의 식이 섭취량이 정상 쥐에 비해 많음에도 불구하고 실험 기간 중에 계속적인 체중 감소를 보였다. 이는 당뇨병 상태에서는 세포의 포도당 이용이 저해되어 기아상태의 대사특징을 나타내기 때문이며 따라서 본 실험에서 모든 당뇨군들이 정상 대조군에 비해 유의적으로 낮은 체중 증가를 나타낸 것은 당연히 예측할 수 있는 결과라고 본다. 이와 같은 결과는 Odaka 등<sup>20</sup>과 Furuse 등<sup>21</sup>의 실험에서 streptozotocin으로 당뇨상태를 유발시킨 당뇨쥐의 성장이 급격히 감소하여 체중 감소가 일어난다는 결과들과 일치하는 것이다. 당뇨군의 체중 감소 현상으로 부터 인슐린의 결핍이 당뇨 동물의 전반적인 성장율에 크게 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 한편 Zacharia<sup>21</sup>의 실험결과에서 brown rice fiber 또는 soybean fiber 투여군의 체중 증가율이 당뇨 대조군에 비해 높은 경향을 나타냈는데 본 실험에서는 당뇨 대조군인 셀룰로오스 투여군에 비해 검정콩, 대두, 완두 등의 두류투여군이 낮은 체중 증가 경향을 보였다. 이 결과는 두류의 첨가가 쥐의 체중감소를 억제시켰다는 Dabai 등<sup>22</sup>의 실험결과와 일치한다. 간과 신장의 단위 체중당 증량은 당뇨군에서 정상군에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 간의 단위 체중당 증량은 정상대조군에 비하여 당뇨군에서 75.4% 증가되었는데 당뇨병에서의 이와 같은 간의 비대현상은 streptozotocin에 의한 체내 인슐린의 저하로 당질대사가 정상적으로 일어나지 않고 대신 체지방이 분해되어 유리 지방산이 다량 혈액으로 방출되어 간에서의 중성지방합성이 증가되어 간장내 축적되기 때문인 것으로 추정되며, 이와 같은 결과는 이정선 등<sup>23</sup>의 연구에서도 보고된 바 있다. 당뇨 유발 6주 후 당뇨쥐의 체중 100g당 신장의 무게는 평균 1.0g 으로서 정상쥐의 0.54g 에 비해 2배 정도 높은 유의적 차이를 보였는데 이것은 Gallaher 등<sup>24</sup>의 실험에서 실험기간 12주 후 당뇨쥐의 체중 100g당 신장의 무게가 1.33g 으로서 정상쥐의 0.67g에 비해 유의적으로 높았다는 결과와 일치한다. 또한 홍성관 등<sup>25</sup>도 STZ 투여로 당뇨병이 유발된 흰쥐에서 급속한 신장 무게의 증가를 보고한 바 있다. 이와 같은 당뇨동물에서 신장의 단위 체중당 증량이 현

저하게 증가된 것은 당뇨병의 발병 초기에 신사구체 여과율의 증가와 함께 콩팥의 크기와 용적이 증가하는 병태적 특징 때문이다.<sup>24,25</sup> Seyer-Hansen<sup>26</sup>은 당뇨쥐에서 콩팥의 비대는 당뇨 유발 후 수일내에 시작되는 것으로 보고했으며 비대의 정도는 혈당조절 정도와 상관관계가 있는 것으로 밝혔다. 정상쥐의 췌장을 당뇨 쥐에 이식하거나 당뇨쥐의 신장을 정상쥐에게 이식할 경우 당뇨병에 의한 신장의 이상은 회복된다고 보고되었다.<sup>27</sup> 따라서 당뇨쥐에서 나타나는 고혈당과 체중감소 그리고 간과 신장크기의 유의적인 증가는 이들 실험동물의 당뇨 상태를 확인시켜 줄 수 있는 중요한 지표로 보여진다.

당뇨병에서 당질대사의 비정상성과 관련된 주요 증세들이 다갈(多飲, polydipsia), 다식(多食, polyphasia), 다뇨(多尿, polyuria), 뇨당배설(glycosuria), 고혈당(hyperglycemia)이라는 점에서 두류 투여에 따른 이들 증세의 완화상태를 식이섭취량, 수분섭취량, 뇨배설량, 뇨중 당농도, 공복시 혈당 수준의 측정을 통해 관찰한 결과 당뇨 동물들은 정상동물에 비해 이상의 모든 측정치들에서 유의하게 높은 수준을 나타냄으로써 전형적인 당뇨증세들을 보였다. 정제식이섬유를 시료로 사용한 박수현 등<sup>28</sup>의 보고에서는 셀룰로오스, 펙틴, 구아검 등이 당뇨 동물의 당뇨 증세를 호전시킬 수 있음이 보여졌고 또 해조류와 펙틴을 시료로 사용한 이해성 등<sup>29</sup>의 보고에서는 해조류 중 다시마와 수용성 정제섬유인 펙틴이 당뇨 동물의 당뇨 증세를 호전시킬 수 있음을 보고하였다. 본 실험에서도 수용성 정제식이섬유인 펙틴 투여군에서 여전히 가장 양호한 증세호전 효과가 나타났으며 두류군 중에서는 검정콩군과 비지군이 식이섭취량, 뇨와 뇨당 배설량, 공복시 혈당수준 등의 증세에서 그 정도는 약하지만 이미 그 효과가 인정된 정제섬유소군들과 유사한 증세호전 효과를 보임으로써 당뇨증세를 완화시키는데 있어 두류 투여가 유의한 효과를 나타낼 가능성이 있는 것으로 기대된다.

### 2. 두류의 투여가 당뇨병 쥐의 장기능에 미치는 영향

식이섬유의 물리적 특성 중 수분보유량, 점성, 젤형성성 그리고 담즙산 결합력(bile acid binding capacity)은 동물의 장기능에 영향을 미칠 수 있다. 즉 수용성 식이섬유들은 위배출시간과 유미즙의 소장 통과시간을 지연시키고 불용성 섬유들은 강한 수분보유력으로 인해 대변의 부피를 증가시키고 유미즙의 장내 통과를 촉진하는 작용이 알려져 있으므로 이와 같은 장기능의 변화는 당뇨 동물에서 소화관대 macronutrients의 소화와 흡수과정에 변화를 초래함으로써 당질과 지질대사에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측된다. 본 실험의 결과에서는 두류 첨가군들에서 정제식이섬유인 펙틴과 셀룰로오스 첨가군들에 비해 유사하거나 더 짧은 장 통



과시간이 나타난 것은 두류 투여에 의해 분변량의 유의적 증가와 함께 증가된 장 내용물이 장의 연동운동을 자극한 결과로 해석된다. Margareta 등<sup>30)</sup>은 수용성 식이섬유가 불용성 식이섬유에 비해 질형성효과와 수분보유량 및 점성이 더 크고 불용성 식이섬유는 bulking effect가 커서 대변의 배설량을 증가시킨다고 보고하였다. Stephen 등<sup>31)</sup>은 건강한 성인에게 하루 130g의 두류를 3주동안 섭취시켜 대변무게의 유의적인 증가를 보고하였다. 따라서 식이섬유의 투여가 분변량을 증가시키며 그 정도는 섬유의 종류에 따라 차이가 있음이 알려져 있는데 본 실험결과에서 천연 정제섬유인 펙틴에 비해 두류를 첨가한 군들에서 분변 총 배설량이 유의적으로 높게 나타난 것은 펙틴이 수용성 정제 식이섬유인데 비해 두류를 첨가한 군들에는 보수성이 높은 불용성 섬유가 상당량 함유되어 있기 때문<sup>11)</sup>인 것으로 사료된다. 당뇨 셀룰로오스균의 분변 중 수분 보유량이 정상 셀룰로오스균에 비해 높게 나타난 것은 당뇨쥐의 높은 수분 섭취량과 관계가 있는 것으로 보인다. 당뇨군에서는 두류 첨가군들에서 전반적으로 분변 수분 보유량이 높게 나타났는데 이것은 두류의 불용성 식이섬유 성분의 수분 흡수성 및 단축된 장 통과 시간과 관계가 있는 것으로 생각되며 이는 김파래, 다시마, 미역, 환천 등의 해조류를 식이섬유 재료로 사용했을 때 장 통과 시간의 감소, 분변 총 배설량의 증가 및 수분 보유량 등이 증가한다고 보고한 이혜성 등<sup>29)</sup>의 실험 결과와 일치한다. 대장의 주기능이 장 내용물의 수분 흡수인 점에서 본 실험에서는 대장에서의 통과시간을 측정하지는 않았지만 두류군들의 단축된 장 통과 시간이 대장에서의 수분 흡수를 단축할 수 있다고 유추할 수도 있다. 본 실험에서 장 통과시간과 분변량 사이에 역의 상관관계를 보였는데 장 통과시간이 영양소의 흡수율에 영향을 미칠 수 있다는 점에서 두류 투여군의 증가된 분변 배설량과 짧은 장 통과시간은 당질과 지질의 흡수시간을 단축시킴으로써 당뇨쥐의 당질과 지질대사에 영향을 미칠 수도 있을 것으로 사료된다. 본 실험에서 분변 중 조지방 배설량은 검정콩 투여군이 가장 높았으며 대두 투여군도 펙틴투여군과 유사한 정도의 높은 배설량을 보였는데 이는 수용성 식이섬유들의 기능 중 하나인 혈중 지질 강하작용과 연관이 있는 것으로 보인다. 점성의 식이섬유는 장내용물의 점성 증가로 효소와 기질의 확산을 막고 소화산물의 흡수세포로의 접근을 방해하여 소화율을 감소시킨다고 보고<sup>32)</sup>되었으며, Brown 등<sup>33)</sup>의 실험에서는 펙틴과 구아검을 섭취한 흰쥐의 소장길이와 근육층의 증가 원인을 젤형성 성질로 인한 영양소 흡수저해 결과에 대한 적응과정으로 설명하였다. 본 실험에서 흰쥐의 소장길이가 셀룰로오스균에 비해 두류 첨가군들과 펙틴군에서 길게 나타난 것은 점성이 강한 수용성 식

이섬유가 영양소의 소화흡수를 방해하는데 따른 신체의 보상작용으로 보여진다. 김상연 등<sup>34)</sup>의 연구에서 김, 미역 등의 섬유소 섭취군에서 대장의 길이가 길고 중량이 높은 것으로 나타났다고 보고하였으나 본 실험에서는 대장의 길이에서 군간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이것은 식이 중에 섬유소급원으로써 10% 수준의 alginate와 cellulose를 사용한 실험에서 대장의 길이가 무섬유군과 각 군간에 유의적 차이가 없었다고 보고한 결과와 일치한다.<sup>35)</sup> 송영선 등<sup>36)</sup>은 식이섬유의 공급이 소장의 흡수 세포를 형태적으로 변화시킨다는 것을 확인하고 무섬유식이군의 소장용모는 주름이 없는 길고 납작한 모양을 하고 있으며 셀룰로오스균의 소장용모는 미약한 주름을 약간 가지고 있고 무섬유 대조군에 비해 상대적으로 넓은 잎모양(broad leaf-shaped)을 하고 있다고 보고하였다. 또한 Tasman<sup>37)</sup>은 채식을 위주로 하는 사람들이 육식을 많이 하는 사람들에 비해 소장의 길이가 길고 용모의 표면적이 넓다고 보고하였다. 본 실험에서 광학현미경을 이용하여 관찰한 소장의 점막 용모상태는 정상군과 비교하여 당뇨동물에서 용모의 모양이 변형되고 점막 하층에 염색세포의 침윤이 증가되는 등의 장염 증세가 나타났다. 당뇨군 중 셀룰로오스첨가군이 용모 손상의 정도가 가장 두드러진 것에 비해 두류 첨가군은 용모손상의 정도가 약하거나 증세가 완화되었다. 특히 완두첨가군에서의 소장 점막 용모상태는 정상에 가까울 만큼 유지가 아주 잘 되어 있었다. 따라서 두류의 첨가는 당뇨쥐의 점막세포 용모 손상의 정도를 많이 호전시키는 것으로 사료된다. 송영선 등<sup>36)</sup>은 무식이섬유군과 비교해 식이섬유군의 용모에서 돌림주름과 goblet cell이 잘 발달되어 있다고 하였으며 또한 Schneeman 등<sup>38)</sup>도 wheat bran의 공급이 goblet cell의 비율을 증가시켰다고 보고하였다. Goblet cell은 미분화된 crypt cell로부터 만들어지며 점액성 물질인 mucin을 분비한다. Mucin은 영양소의 흡수속도를 제한하는 diffusion barrier로 작용하는 unstirred water layer의 주된 성분이다. 따라서 식이섬유의 섭취로 영양소의 흡수가 저해되는 것은 부분적으로 goblet cell에서 분비하는 mucin의 증가에 기인한 것으로 보이며 이와 같은 소장의 구조 변화는 식이섬유의 섭취에 대한 그 기관의 적응현상으로 볼 수 있다.

본 실험에서는 두류와 정제 식이섬유의 투여가 당뇨동물의 소장 점막에 존재하는 이당류 분해효소들의 활성에 미치는 효과를 조사하였다. 본 실험의 결과 모든 당뇨군에서 3가지 이당류 분해효소의 활성이 정상 대조군 보다 높은 경향을 보이는데 이것은 이혜성 등<sup>29)</sup>의 실험에서 이당류 분해효소들의 활성도가 정상동물에 비해 당뇨동물에서 전반적으로 높은 경향을 나타내었다는 결과와도 일치한다. 당뇨병의 특징

이 고혈당인 점에서 섭취된 탄수화물이 소장 점막 미세 융모의 이당류 분해효소의 소화작용에 의해 포도당이 되어 흡수될 때 소화생리적 측면에서 당뇨군들이 정상 대조군에 비해 더 큰 효소활성 값을 나타내는 것은 당뇨쥐의 혈당상승에 부분적으로 영향을 미칠 수 있을 가능성을 제시한다. 본 실험의 이당류분해 효소활성은 당뇨쥐의 소장 점막 융모형태를 관찰한 결과와도 관련지어 볼 수 있다. 소장 융모는 당뇨 셀룰로오스군에서 융모 모양변형 등의 심한 융모손상을 입은 반면 두류 첨가군에서는 융모 손상의 정도가 약한 편이거나 융모의 상태 유지가 비교적 양호하였으므로 두류군의 효소활성도가 높게 나타난 것이라 생각된다. Thomsen<sup>38)</sup>은 흰쥐를 5군으로 나누어 고지방, 무식이섬유식을 대조식으로 하고 고지방식에 pectin, cellulose, galactomannan, tannin 등을 첨가한 실험 식이를 27주 동안 섭취시켰을 때 모든 식이섬유 투여군의 이당류 효소활성 수준이 무식이섬유 투여군에 비해 낮았다고 보고하였다. 또한 Isaksson 등<sup>39)</sup>은 섬유소 급원식품들이 소장에서 소화효소들의 활성을 유의적으로 감소시킬 수 있음을 제시하였다. Schneeman과 Gallaher<sup>40)</sup>은 10%의 셀룰로오스를 실험동물에 5주간 투여하여 소장내 소화효소의 활성이 모두 감소되었다고 보고하여 정상동물을 이용한 연구들에서는 식이섬유가 이당류 분해 효소의 활성을 억제한다는 일관성 있는 결과들을 보여 주었다. 그리고 Gallaher와 Schneeman<sup>41)</sup>은 두류는 아밀라아제의 저해제를 함유하고 있어 소장에서 녹말의 가수분해를 지연시킨다고 하였다. 본 연구에서는 완두를 제외한 모든 두류군들에서 나타난 이당류 효소활성값이 셀룰로오스, 펙틴 투여군들과 유사한 수준의 낮은 값을 나타냄으로써 검정콩, 대두, 비지의 투여가 당뇨동물에서 이당류의 소화를 지연시킴으로써 흡수 가능한 포도당의 생성속도와 양을 어느 정도 억제시킬 수 있는 가능성을 시사하였다.

Oku 등<sup>42)</sup>은 셀룰로오스와 펙틴을 첨가한 섬유소군에서 맹장의 무게가 유의적으로 증가하였다고 보고하였으며, 이와 같은 맹장의 비대는 셀룰로오스, 펙틴 외에 glucomannan<sup>43)</sup>과 같은 섬유소의 섭취 경우에도 나타났다. 본 실험에서의 맹장 비대현상은 정상군에 비해 당뇨군에서 더 증가하였는데 이는 당뇨군에서의 높은 식이섭취량과 관계가 있는 것으로 보인다. 맹장의 부피와 무게 증가는 맹장내에 세균의 증식을 의미하며 이 세균에 의해 소화 흡수되지 않는 난소화성 다당류는 대장의 세포성장을 촉진시키고 이어서 short chain fatty acid로 변화하여 체내로 흡수되어 콜레스테롤이나 혈당을 저하시키는 작용을 하는 것으로 알려졌다.<sup>44)</sup> 왕수경 등<sup>45)</sup>은 수세한 맹장의 중량도 섬유소를 섭취하지 않은 군보다 펙틴이나 난소화성 텍스트린섭취군이 유의

적으로 높게 나타났다고 보고하였으며 이는 섬유소가 맹장 세포를 증식시켜 나타나는 결과라고 보고하였다. Tokunaga 등<sup>46)</sup>과 Oku 등<sup>47)</sup>은 식이 중 섬유소와 같은 난소화성 다당류의 성분을 제거하게 되면 비대해진 맹장이 다시 원래 상태로 회복이 된다는 것을 밝힌 바 있다. 그러므로 식이섬유소 섭취로 인한 맹장의 비대는 생리적 적응에 의한 것으로 생각된다.

## 결 론

한국인이 상용하는 두류 4종(대두, 검정콩, 완두, 비지)으로부터 식이섬유가 8% 공급되도록 한 실험식이를 6주간 투여한 후 두류가 당뇨동물의 체중변화와 장기능 및 증세호전도에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 당뇨동물들의 체중증가는 정상동물에 비해 유의적으로 낮았으며, 두류군들은 셀룰로오스군에 비해 낮은 체중 증가를 보였다. 조직들의 단위체중당 중량은 당뇨군이 정상군에 비해 유의적으로 높았으며 특히 당뇨군은 현저한 신장비대를 나타내었으나 두류첨가군간의 유의적 차이는 없었다.

2) 두류의 첨가가 당뇨 동물에 있어 정제 식이섬유인 셀룰로오스와 펙틴의 첨가에 비해 유의한 당뇨증세 호전 효과가 나타나지 않았다.

3) 두류투여군들은 정제식이섬유인 펙틴투여군에 비해 장통과시간의 유의적인 단축, 분변배설량의 유의적인 증가, 분변의 높은 수분보유량과 변중 조지방함량의 증가를 나타내었다.

4) 당뇨 동물에서 일어난 소장점막 융모의 손상 정도는 당뇨 셀룰로오스군에서 가장 심한 반면 두류 첨가군에서는 그 손상 정도가 약하거나 호전되는 효과가 나타났다. 특히 완두군에서 융모의 길이와 모양이 가장 양호한 상태로 유지되어 있었다. 당뇨동물에서의 맹장 비대현상은 검정콩, 대두, 완두투여군에서 그 비대정도가 현저하게 증가하였으며 비지투여군에서는 정제식이섬유군들과 유사한 정도의 크기를 나타내었다.

이상의 결과로부터 두류의 첨가는 당뇨동물의 소화와 흡수과정에 영향을 미칠 수 있는 장 통과시간의 단축, 분변배설량 증가, 변중 조지방배설량 증가 등의 장기능 변화를 초래하여 대사개선의 가능성을 보여주었으며 나아가 당질 및 지질대사에도 영향을 미칠 수 있을 것이라 생각된다. 검정콩과 비지는 그 효과의 정도는 약하지만 정제섬유소 펙틴과 유사한 증세호전 효과를 보임으로써 당뇨병 주요 증세를 완화시키는데 있어 유익한 효과를 나타낼 가능성이 있는 것으로 기대된다.

## Literature cited

- 1) Crapo P. The nutritional therapy of non-insulin dependent(type II) diabetes. *Diabetes Educator* 9: 13-18, 1983
- 2) Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, et al. Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 95-147, 1990
- 3) Anderson JW, Chen WJL. Plant fiber carbohydrate and lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 32: 346-363, 1979
- 4) Anderson JW, Tietzen-Clark J. Dietary fiber: Hyperlipidemia, hypertension, and coronary heart disease. *Am J Gastroent* 81: 907-919, 1986
- 5) Wolever TMS, Jenkins DJA, Thompson LU, Wong GS, Josse RG. Effect of canning the blood glucose response to beans in patients with type 2 diabetes. *Hum Clin Nutr* 41: 135-140, 1986
- 6) Mani UV, Bhatt S, Mehta NC, Pradhan SN, Shah V, Mani I. Glycemic index of traditional Indian carbohydrate foods. *J Am Coll Nutr* 9: 573-577, 1990
- 7) Spiller RC. Pharmacology of dietary fiber. *Pharmacol Ther* 62: 407-427, 1994
- 8) Gray DS. The clinical uses of dietary fiber. *Am Fam Physician* 51: 419-426, 1995
- 9) Stephen Am, Cumming JH. Mechanism of action of dietary fiber in the human colon. *Nature* 284: 283-284, 1980
- 10) Kim EH, Maeng YS, Woo SJ. Dietary fiber contents in some cereal and pulses. *Korean J Nutrition* 26: 98-106, 1993
- 11) Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Thorne MJ, Lee R, Kalmusky J, Reichert R, Wong GS. The glycemic index of foods tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. *Diabetologia* 24: 257-264, 1983
- 12) Simpson HRC, Simpson RW, Lousley S et al. A high carbohydrate leguminous fibre diet improves all aspects of diabetic control. *Lancet* 1: 1-5, 1981
- 13) Nishimune T, Yakushiji T, Sumimoto T, Taguchi S, Konishi Y, Nakahara S, Ichikawa T, Kunita N. Glycemic response and fiber content of some foods. *Am J Clin Nutr* 54: 414-419, 1991
- 14) Sohn TW, Shim KW, Choi JO. Food Analysis, pp.141-142 Kong Hak Sa, Seoul, 1983
- 15) Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, Devries JW, Furda I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem* 71: 1017-1023, 1988
- 16) Arne D. Intestinal disaccharidase. In: Elizabeth FN, Victor G. Methods in enzymology vol.8, pp.584-591, Academic Press, 1966
- 17) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Bio Chem* 193: 265-275, 1951
- 18) Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. Multivariate data analysis with readings. 4th ed Prentice-Hall International Editions, USA 1995
- 19) Odaka H, Matsuo T. Ameliorating effects of an intestinal disaccharidase inhibitor, AO-128, in streptozotocin-induced diabetic rats. *Jap J Nutr* 45: 33-38, 1992
- 20) Furuse M, Kimura PT et al. Dietary sorbose prevents and improves hyperglycemia in genetically diabetic mice. *J Nutr* 123: 59-65, 1993
- 21) Zacharia M. Effect of brown rice and soybean dietary fiber on the control of glucose and lipid metabolism in diabetic rats. *Am J Clin Nutr* 38: 388-393, 1983
- 22) Dabai FD, Walker AF, Sambrook IE, Welch VA, Owen RW. Comparative effects on blood lipids and faecal steroids of five legume species incorporated into a semi-purified hypercholesterolaemic rat diet. *Brit J Nutr* 75: 557-571, 1996
- 23) Lee JS, Son HS, mang YS, Jang YK, Joo JS. Effects of Buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 27: 819-827, 1994
- 24) Gallaher DD, Csallany AS, Shoemam DW, Olson JM. Diabetes increase excretion of urinary malondialdehyde conjugates in rats. *Lipids* 28: 663-666, 1993
- 25) Hong SK, Koh KS, Kim SY, Cho BY, Lee HK, Koh CS, Min HK. Early renal hypertrophy and kidney tissue IGF-I in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Diabetes* 14: 29-34, 1990
- 26) Seyer-Hansen K. Renal hypertrophy in streptozotocin-diabetic rats. *Clin Sci Mol Med* 51: 551-555, 1976
- 27) Mauer SM, Steffes MW, Michael AF, Brown DM. Studies of diabetic nephropathy in animal and man. *Diabetes* 25(suppl 2): 850-857, 1976
- 28) Park SH, Lee YK, Lee HS. The effect of dietary fiber feeding on gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 27: 311-322, 1994
- 29) Lee HS, Choi MS, Lee YK, Park SH, Kim YJ. A Study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients( I ) - Effect of seaweed supplementation on the gastrointestinal function and diabetic symptom control in streptozotocin - induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 29: 286-295, 1996
- 30) Margareta N, Thoman FS, Susanne T, Silvia R, Nils-Georg ASP. Fermentation of vegetable fiber in the intestinal tract of rats and effects on fecal bulking and bile acid excretion. *J Nutr* 120: 459-466, 1990
- 31) Stephen AM, Dahr WJ, Sieber GM, Van Blaricom JA, Morgan DR. Effect of green lentils on colonic function, nitrogen balances and serum lipids in healthy human subjects. *Am J Clin Nutr* 62: 1261-1267, 1995
- 32) Ikegami S, Tsuchihashi F, Harada H, Tsuchihashi N, Nishide E, Inanami S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs on rats. *J Nutr* 120: 353-360, 1990
- 33) Brown RC, Kelleher J, Losowsky MS. The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestine. *Br J Nutr* 42: 357-365, 1979
- 34) Kim SY, Chang YK. Effect of guar gum and calcium supplement on nutritional bioavailabilities in the rats. *Korean J Nutrition* 26: 21-33, 1993
- 35) Song YS, Yang JL, Suh MJ. Effects of sodium alginate and cellulose on gastrointestinal physiology in rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 25: 551-559, 1996
- 36) Tasman-Jones C. Effects of dietary fiber on the structure and function of the small intestine. In Medical aspects of dietary fiber Spiller GA, Kay RM, eds. pp.67, Plenum Press, New York, 1980
- 37) Schneeman BO. Pancreatic and digestive function. In: Dietary Fiber in Health and Disease (Vahouny GV, Kritchevsky D, eds.) pp.73-83, Plenum Press, New York 1982
- 38) Thomsen LL. Disaccharidase levels of the rat jejunum are altered by dietary fiber. *Digestion* 23: 253-258, 1982
- 39) Isaksson G, Lundquist B, Akessen B, Ihse I. Effects of pectin and wheat bran on intraluminal pancreatic enzyme activities and on fat absorption as examined with the triolein breath test in patients with pancreatic insufficiency. *Scand J Gastroenterol* 19: 467-472, 1984
- 40) Schneeman BO, Gallaher DD. Changes in small intestinal digestive enzyme activity and bile acids with dietary cellulose in rats. *J Nutr* 110: 584-590, 1980
- 41) Gallaher DD, Schneeman BO. Effects of dietary fiber on digestive enzymes. In: Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition(Spiller GA, ed.) pp.305-312, CRC Press Boca Raton FL, 1986
- 42) Oku T, Fujii Y, Okamatsu H. Polydextrose as dietary fiber: Hydrolysis by digestive enzyme and its effect on gastrointestinal transit time in rats. *J Clin Biochem Nutr* 11: 31-40, 1991
- 43) Oku T, Konishi F, Hosoya N. Biochemical and morphological changes of gastrointestinal tract by dietary fiber. *Nutr Rep Int* 28: 643-653, 1982
- 44) Paulini I, Mehta T, Hargis A. Intestinal structural changes in African green monkeys after long term psyllium or cellulose feeding. *J Nutr* 117: 253-266, 1987
- 45) Wang SG, Yoon EY, Lim YH. Effects of indigestible dextrin on bowel function and serum lipid in rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 25: 560-567, 1996
- 46) Tokunaga T, Oku T, Hosoya N. Influence of chronic intake of new sweetener fructooligosaccharide(Neosugar)on growth and gastrointestinal tract of rat. *J Nutr Sci Vitaminol* 32: 111-121, 1986