

곡물류와 홍삼분말 급여가 당뇨성 흰쥐의 혈당 및 지질대사에 미치는 영향

손미예 · 최선영 · 조현소 · 성낙주[†]

경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구소

Effects of Cereal and Red Ginseng Flour on Blood Glucose and Lipid Level in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Mi-Yae Shon, Sun-Young Choi, Hyun-So Cho and Nak-Ju Sung[†]

Dept. of Food and Nutrition, and Institute of Agriculture & Life Science,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

This study was conducted to examine the effects of feeding diets containing bioorganic power (BP) flour, wheat flour and rice flour on blood glucose and lipid level in streptozotocin-induced diabetic rats. BP flour was composed with the mixture of defatted flour (16 g soybean, 12 g wheat, 8 g barley), 2 g red ginseng and 2 g whole wheat flour per 100 g diet. Experimental groups were divided into non-diabetic normal and 4 diabetic groups containing control, 40% BP, 41.6% wheat and 41.6% rice flours with basal diet. BP group was significantly increased body weight gain and decreased plasma glucose compared with the diabetic control, wheat and rice flour groups ($p < 0.05$). Food efficiency ratio of diabetic rats were significantly lower than that of the normal rats. The concentrations of total cholesterol and triglyceride in plasma and atherogenic index were significantly decreased in BP, wheat and rice diabetic groups than diabetic control ($p < 0.05$). The concentration of total cholesterol and triglyceride in liver was significantly lower in BP group as compared with the diabetic control, wheat and rice flour groups ($p < 0.05$). In conclusion, the results indicated that BP flour feeding improved plasma glucose level, total cholesterol and triglyceride in diabetic rats.

Key words: bioorganic power flour, blood glucose, cholesterol, triglyceride, diabetic rats

서 론

당뇨병은 인슐린의 절대적 또는 상대적 결핍 및 여러 조직에서의 인슐린 작용 저하에 기인한 탄수화물, 지방 및 단백질 대사 장애와 병리학적인 변화를 초래하는 질환으로 제1형인 인슐린 의존형 당뇨병(insulin dependent diabetes mellitus, IDDM)과 제2형인 인슐린 비의존형 당뇨병(non-insulin dependent diabetes mellitus, NIDDM)으로 분류하고 있다.

당뇨병은 유전적인 요인과 환경적인 요인이 합쳐져서 나타나는데, 환경적인 요인에는 식생활, 운동부족 및 스트레스 등이 포함된다. 당뇨병은 고혈당의 지속화와 만성화로 혈관 내 free radical의 발생을 촉진하여 체내 방어기전 저하와 free radical에 의한 조직 손상을 야기한다(1). 그리하여 망막 질환으로 인한 실명, 뇌졸중, 심근경색증 및 만성신부전증 등의 여러 가지 합병증 발생을 유발하며 합병증으로 인한 심각한 결과를 초래할 수 있다(2-4).

현재 당뇨병은 한국인 사망 요인 중 제 4위를 차지하고 있는데(5), 이러한 당뇨병의 치료를 위해서는 식사요법과, 운동

요법 및 약물요법으로 혈당을 조절하고 당뇨병성 합병증을 예방하고 있으나, 근본적으로 치료할 수 있는 방법이 없으므로 우리나라에서는 많은 당뇨병 환자들이 여러 종류의 민간요법을 시도하고 있다(6).

현재 사용되고 있는 대표적인 경구용 혈당 강하제로는 설펜닐요소제, 메트포르민, 알파 글리코시다제 저해제 등 다양한 약물들이 판매되고 있으나, 약제에 따라 저혈당, 간독성, 체중증가, 복부 팽만감 및 젖산 혈증 등의 부작용이 있어 그 사용이 제한될 수 있기 때문에 부작용이 적은 혈당강하 신소재의 발굴에 대한 관심이 증대되었고, 이 분야에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이런 관점에서 최근까지 보고된 동물실험 혹은 인체실험을 통한 혈당강하 및 지질개선 효과에 영향을 미치는 천연 식물성 소재로서는 대두(7,8)와 그 단백질(9,10) 및 생리 활성성분(11-14), 콩나물 추출물(15), 생약재 추출물이 첨가된 재성형 당뇨쌀(16), 인삼과 홍삼 및 그 추출·분획물(17-22), 메밀(23)과 보리 및 보리 β -glucan(24, 25), 홍차 추출물(26) 및 약용식물(27) 등에 관한 보고가 다양하게 있다.

[†]Corresponding author. E-mail: snakju@nongae.gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5975, Fax: 82-55-751-5971

이에 본 연구에서는 streptozotocin으로 유발된 당뇨쥐에 서 몇 가지 곡물류와 홍삼으로 조성된 혼합 분말의식이 섭취가 혈당강하와 체내지질 대사에 미치는 영향을 조사하기 위하여 대두, 보리, 밀의 유지를 제거하고 껍질을 포함하여 분말한 것을 홍삼분말과 혼합한 다음 흰쥐에 5주간 급여하였고, 혈장의 혈당강하 효과와 체내 지질 개선에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

당뇨 유도

실험동물은 평균체중이 250 ± 10 g인 6주령의 숫컷 Sprague-Dawley rat를 효창 사이언스로부터 구입하여 고형식이로 일주일간 환경에 적응시킨 후 각 군으로 나누었으며, 당뇨유발은 실험동물을 16시간 절식시킨 후 0.1 M citrate buffer(pH 4.5)에 용해시킨 streptozotocin(45 mg/kg/body weight)을 1 mL/kg으로 만들어 3일 간격으로 2회 복강에 주사하여 실시하였다(28). 그리고 streptozotocin처리 후 48시간 만에 쥐의 꼬리 정맥에서 혈액을 채취하여 혈당을 측정하고, 비공복 혈당이 300 mg/dL 이상인 동물만을 당뇨쥐로 실험에 사용하였으며, 정상군은 당뇨병군과 동일한 스트레스를 주기 위하여 0.1 M citrate buffer(pH 4.5)를 복강에 주사하였다.

실험식이 및 실험동물의 사육

실험군과 대조군의 식이 조성은 Table 1과 같다. 실험식이군은 control(정상대조군; n=10), STZ-control(당뇨대조군; n=10), BP flour(BP분말 식이 당뇨군; n=11), wheat flour(밀

가루 식이 당뇨군; n=12) 및 rice flour(쌀가루 식이 당뇨군; n=11)의 5개 실험군으로 나누었다. BP분말 식이군은 곡물류와 홍삼분말 첨가 식이군으로서 대두, 밀과 보리의 유지 성분을 저비점 용제인 n-hexane으로 제거하고 분말화한 후에 대두가루 16 g, 밀가루 12 g, 보리가루 8 g, 홍삼가루 2 g 및 유지를 제거하지 않은 밀가루 2 g을 혼합한 바이오활성(BP) 분말을 전체 식이의 중량비 40%로 급여하였으며, 밀가루와 쌀가루 분말 첨가 식이군은 시중에서 판매되고 있는 것을 구입하여 각각 41.6%를 급여하였다. 식이와 물은 제한하지 않고 자유롭게 섭취하도록 하면서 5주간 사육하였다. 흰쥐의 음료수 섭취량과 사료 섭취량은 매일 측정하였으며, 체중은 주 1회 측정하였다. 사육실의 온도는 20~25°C로 유지하였으며, 명암은 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다. 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 5주간의 체중증가량을 같은 기간의 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

혈당 측정과 혈액, 장기의 수집 및 처리

혈당 측정은 실험 시작 1주일 후부터 꼬리 정맥에서 채혈한 후 혈당계(Roche)로 매주 측정하였다. 그리고 실험동물은 희생하기 12시간 전부터 절식시킨 후 ethyl ether로 마취하여 EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid) 10 mg씩 넣은 주사기로 심장에서 채혈하였다. 혈액을 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 얻은 혈장은 콜레스테롤, 중성 지질 등의 분석을 위해 -20°C로 냉동 보관하였다. 간장, 신장, 심장, 비장 및 고환은 채혈 즉시 적출하여 0.9% 생리식염수로 행구어 물기를 제거한 뒤 무게를 측정 후 -70°C에서 보관하였다.

생화학적 검사

40% BP 분말군, 41.6% 밀가루군 및 41.6% 쌀가루군의 섭

Table 1. Compositions of experimental diets for the animal study

(%)

Ingredients	Groups				
	Normal	STZ-control	BP flour ³⁾	Wheat flour	Rice flour
Casein	20.0	20.0	-	10.0	10.0
BP flour					
Soybean (defatted)	-	-	16.0	-	-
Wheat (defatted)	-	-	12.0	-	-
Barley (defatted)	-	-	8.0	-	-
Red ginseng	-	-	2.0	-	-
Wheat	-	-	2.0	-	-
Wheat flour	-	-	-	41.6	-
Rice flour	-	-	-	-	41.6
DL-Methionine	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
Sucrose	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Soybean oil	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Corn starch	25.7	25.7	13.6	-	-
Cellulose ¹⁾	9.3	9.3	3.0	5.0	5.0
Mineral mixture ²⁾	3.5	3.5	1.7	1.7	1.7
Vitamin mixture ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cholin bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Metabolic energy (kcal/100 g)	392.8	392.8	392.2	394.7	358.3

¹⁾Cellulose: Sigma Co., Ltd., USA.

²⁾AIN-76 mineral and vitamin mixture (29).

³⁾BP flour was composed with the mixture of defatted flour (16 g soybean, 12 g wheat, 8 g barley), 2 g red ginseng and 2 g whole wheat flour per 100 g diet.

취에 따른 혈장에서의 콜레스테롤(Eilken kit, cholesterol-enzyme-V)과 중성지질 및 HDL-콜레스테롤의 농도는 시판 kit(아산제약)로 측정하였다. 간의 지질분석을 위한 시료는 Folch법(29)과 Soxhlet법으로 각각 추출하여 총 지방 함량은 비중법으로 구하였고, 콜레스테롤과 중성지질의 농도는 혈장과 같은 효소비색법으로 측정하였다(30).

통계처리

Data는 SPSS 통계package를 이용하여 평균치와 표준오차를 구하였으며, 군 간의 차이는 ANOVA와 Duncan's multiple comparison test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

식이 섭취량과 체중 변화 및 식이효율

곡물류와 홍삼 분말을 첨가한 식이가 당뇨쥐에 있어서 당뇨병 증세의 개선에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 실험 식이로 5주간 사육한 흰쥐의 식이 섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 5주간 평균 식이 섭취량은 정상대조군 758.1 g에 비하여 당뇨 유발군은 993.5 g으로서 가장 높게 나타났으며($p < 0.05$), 곡물류와 홍삼 분말 혼합군(BP 분말군)은 867.3 g으로서 밀(952.2 g)과 쌀(957.3 g)분말의 식이군에 비하여 낮게 나타났으나 정상대조군에 비하여 높게 나타났다. 식이 섭취에 따른 5주간 평균 체중증가는 정상대조군 120.7 g에 비하여 당뇨대조군에서는 29.3 g으로서 유의적으로 크게 낮은 경향을 나타내었고($p < 0.05$), BP군은 75.2 g으로서 밀과 쌀 식이군(41.0 g, 52.9 g)에 비하여 높게 나타났으며, 당뇨대조군에 비하여 체중변화는 2.7배로 증가되어 당뇨병 동물의 체중감소억제 현상이 나타났다($p < 0.05$). 따라서 BP 분말군의 식이효율은 8.68%로서 밀(5.55%)과 쌀(4.20%) 식이군에 비하여 높았으며, 정상대조군보다는 낮았으나 당뇨군내에서 아주 높아서 대체로 식이효율은 열등하지 않음을 보여주었다.

Ko(7)는 흰쥐에 무게비로 50% 생콩식이를 4주간 실시한 결과 생콩은 대조군에 비하여 유의하게 체중증가를 억제시켰으며, 당뇨생콩군은 체중이 크게 감소되었고, 당뇨대조군에 비하여 체중감소는 약간 적었지만 그 유의성은 없었다. Rho 등(8)은 50% 노란 생콩식이를 당뇨쥐에 4주간 급여할 때에 정상대조군은 58.1 g이 증가한데 비하여 노란 생콩군은

3.4 g 증가로 유의하게 낮은 증가율을 나타내었고, 당뇨 대조군과 당뇨 노란 생콩군은 각각 67.3 g, 50.5 g씩 감소하였다고 보고하였다. Lee 등(17)은 STZ-당뇨쥐에서 인삼분말을 5%와 10%를 2주간 급여하였을 때에 식이효율은 각각 5.36%와 2.31%로 보고하였으며, Park 등(18)은 홍삼, 백삼 및 화기삼은 당뇨대조군에 비하여 식이 7일 이후부터 유의적인 체중증가를 나타낸다고 하였다. 이상의 연구결과에서 노란 생콩과 홍삼 혹은 인삼 등이 당뇨쥐에서 고혈당으로 인한 체중감소 현상을 개선시키는 것으로 볼 때, 본 실험의 당뇨쥐에서 대두와 홍삼이 포함되어 있는 BP분말 식이군의 경우에서도 당뇨 대조군과 밀, 쌀 식이군에 비하여 부분적으로 체중감소의 억제효과를 높게 나타낸 것으로 판단된다(7,8,18).

혈당농도의 변화

곡물류와 홍삼 분말을 첨가한 식이로 5주간 사육한 당뇨쥐에 있어서 당뇨대조군은 혈당이 541.7 mg/dL였고, BP 분말군에서는 혈당이 270.7 mg/dL로 유의적인 차이가 있었으며($p < 0.05$), 밀가루와 쌀가루 당뇨 식이군은 각각 483.3, 527.4 mg/dL로 이들 식이군은 사육기간에 따라 약간씩 혈당이 증가하는 경향으로 당뇨대조군과 비슷한 경향을 나타내었다. 그리하여 BP 분말군은 밀가루나 쌀가루 당뇨 식이군과 다르게 당뇨대조군보다 약 50.0% 정도의 혈당저하의 효과를 나타내었다(Table 3). 이는 대두에 함유되어 있는 식이섬유소와 isoflavone 및 피니톨 등이 당의 흡수억제와 혈당강하 효과에 의한 것으로 판단된다(12,31). 특히 대두에 다량으로 함유되어 있는 피니톨은 섭취시 인슐린 신호전달 체계의 작용을 도와 인슐린 유사작용을 하는 것으로 그 작용기작이 규명되었으며, streptozotocin 유발 당뇨쥐에게 피니톨을 투여한 결과 혈당이 감소하였으며(13), 임상시험에서도 혈당강하 기능이 입증되었다(14). 이것은 피니톨이 인슐린의 표적 기관에서 인슐린 신호 전달 체계를 보충시키는 작용을 하여, 식후 혈당을 조절하기 때문인 것으로 보고되어 있다(13). 그리고 Choi(9)는 당뇨쥐의 콩단백질 섭취(179 mg/dL)는 카제인 섭취(377 mg/dL)에 비하여 혈당이 약 2배 이상 낮았다는 보고도 있으나, Choi와 Han(10)은 고콩단백질(20%, 60%)을 먹인 당뇨쥐에서 대조 식이를 시킨 당뇨쥐보다 혈당농도가 더 높게 나타났다고 하였다. Kim 등(11)은 대두올리고당의 혈당완화 효과는 설탕 대신에 5% 첨가한 2주간 당뇨쥐의 식이에서 당뇨발병 후에 올리고당을 섭취하는 것보다는 당뇨발병

Table 2. Body weight gain, food intake and food efficiency ratio(FER) in streptozotocin-induced diabetic rats fed for 5 weeks

	Groups				
	Normal	STZ-control	BP flour	Wheat flour	Rice flour
Body weight gain (g/5 weeks)	120.7 ± 1.58 ^{1)e2)}	29.3 ± 5.68 ^a	75.1 ± 4.62 ^d	52.9 ± 2.45 ^c	41.0 ± 2.45 ^b
Food intake (g/5 weeks)	758.1 ± 0.30 ^a	993.5 ± 0.67 ^e	867.3 ± 0.54 ^d	952.2 ± 1.08 ^b	957.3 ± 2.08 ^c
FER ³⁾ (%)	15.91 ± 1.29 ^b	2.89 ± 1.90 ^a	8.68 ± 4.57 ^a	5.55 ± 2.32 ^a	4.20 ± 1.05 ^a

¹⁾Values are mean ± SD (n=10~12).

²⁾Means with different superscripts in the same row significantly difference at $p < 0.05$.

³⁾FER: Body weight gain (g/5 weeks) / food intake (g/5 weeks) × 100.

Table 3. Effect of BP flour, wheat flour and rice flour on blood glucose in streptozotocin-induced diabetic rats fed for 5 weeks (mg/dL)

Weeks	Groups				
	Normal	STZ-control	BP flour	Wheat flour	Rice flour
0	105.34 ± 15.16 ^{1)a2)}	422.00 ± 17.72 ^b	449.93 ± 31.06 ^b	430.21 ± 26.41 ^b	438.68 ± 24.49 ^b
1	106.71 ± 4.40 ^a	406.00 ± 19.69 ^b	452.00 ± 23.12 ^{bc}	417.28 ± 25.70 ^b	447.42 ± 15.30 ^{cd}
2	110.00 ± 16.14 ^a	450.12 ± 15.67 ^c	369.52 ± 30.78 ^b	421.57 ± 31.69 ^{bc}	456.71 ± 20.70 ^c
3	111.57 ± 11.77 ^a	438.14 ± 25.96 ^c	351.71 ± 33.70 ^b	496.28 ± 24.37 ^d	473.57 ± 5.90 ^d
4	106.42 ± 10.23 ^a	499.28 ± 21.19 ^c	269.00 ± 20.27 ^b	493.28 ± 32.18 ^c	493.71 ± 21.10 ^c
5	110.14 ± 10.18 ^a	541.71 ± 30.32 ^c	270.70 ± 40.24 ^b	483.28 ± 30.13 ^c	527.42 ± 35.21 ^c

¹⁾Values are mean ± SD (n=10~12).

²⁾Means with different superscripts in the same row significantly difference at p<0.05.

전부터 지속적으로 섭취하는 것이 효과적일 것이라는 보고가 있다. Ko(7)는 흰쥐에 무게비로 50% 생콩식이를 4주간 실시한 결과 당뇨대조군에 비하여 당뇨생콩군은 혈당농도가 41%까지 유의하게 감소하였으나 정상군에 비교하면 80% 증가되어 정상수준으로 낮추지는 못하였다.

한편 Lee 등(17)은 streptozotocin 유도 당뇨쥐를 이용하여 배양인삼분말을 5%와 10%로 첨가한 식이가 혈당저하 효과를 나타낸다고 보고하였으며, 이는 인삼의 사포닌 혼합물과 정제된 ginsenoside 및 지용성 분획물 등이 지방질대사와 당류대사와 연관된 여러 가지 대사반응을 촉진시킨다고 보고하였다(19). 또한 Kim 등(20)은 홍삼은 streptozotocin 투여로 인한 고혈당에 대한 혈당강화작용을 나타낸다고 보고하였으며, Park 등(18)은 홍삼, 백삼 및 화기삼은 당뇨대조군에 비하여 식이 11~14일 이후부터 혈당변화의 유의적인 차이를 나타내었으며, 그 중에 홍삼은 ginsenoside profile의 protopanaxadiol/protopanaxatriol ratio가 가장 크기 때문에 혈당강화 활성이 가장 높았고, 또한 혈당을 감소시키는 속도에서도 상대적으로 빠르며, 췌장 베타세포를 보호하는 능력도 높다고 보고하였다. 그리고 Kimura 등(21)은 고려인삼의 혈당강화작용은 정상혈당 상태에서는 작용하지 않지만 고혈당 상태에서만 인슐린 분비를 촉진시켜 혈당강화 작용을 나타낸다고 동물실험결과를 발표한 바 있다. 이상의 연구결과들로 보면, 본 실험의 당뇨쥐에서 BP분말의 혈당강화 효과는 대두분말의 섬유소, 피니톨, 이소플라본, 울리고당 등을 포함하여 홍삼의 지용성 및 사포닌과 관련되는 성분 및 밀과 보리분말의 탄수화물 분해효소 저해물질들에 의한 것으로

생각된다(12,19,31).

혈장과 간 지질대사의 변화

곡물류와 홍삼 분말을 첨가한 BP분말을 포함한 5가지의 실험식이를 5주간 섭취한 흰쥐에서 혈장 지질의 농도는 Table 4와 같다. 혈장 총 콜레스테롤의 함량은 당뇨 대조군(100.2 mg/dL)과 BP 분말군(76.0 mg/dL)이 유의적인 차이가 있었으며(p<0.05), 정상대조군(65.5 mg/dL)보다는 밀가루(73.3 mg/dL)나 쌀가루 분말군(77.2 mg/dL)이 유의적 차이는 없었으나 대체로 높게 나타났다. 그리고 HDL-콜레스테롤의 함량은 정상대조군(37.9 mg/dL)에 비해 BP 분말군(33.6 mg/dL)을 포함한 다른 당뇨 유발군(32.8~34.1 mg/dL)과 유의한 차이를 나타내지 않았으며, LDL-콜레스테롤의 함량은 당뇨대조군(44.3 mg/dL)에 비하여 BP 분말군(32.73 mg/dL)을 포함한 다른 당뇨군들이 유의적인 낮은 값을 나타내었으며(p<0.05), 당뇨군내에서는 BP분말군이 가장 낮은 값을 나타내었다. 동맥경화지수는 정상대조군에 비하여 모든 실험군은 높게 나타났고, BP 분말군(1.26)이 당뇨대조군(1.65)보다 유의하게 낮았으며(p<0.05), 당뇨군내에서는 상호간 차이가 나타나지 않았다. 중성지질의 함량은 당뇨대조군(98.9 mg/dL)과 BP 분말군(71.2 mg/dL)은 유의적인 차이가 있었으며(p<0.05), 정상대조군과 모든 당뇨 실험군들과는 상호 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

또한 Ko(7)는 흰쥐에 무게비로 50% 생콩식이를 4주간 실시한 결과 당뇨대조군에 비하여 당뇨생콩군은 혈청중성지질과 총콜레스테롤 농도는 당뇨생콩군은 당뇨대조군에 비하여 유의하게 감소되었으며 정상대조군에 수준으로 개선되었

Table 4. Plasma total cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and atherogenic index in streptozotocin-induced diabetic rats fed for 5 weeks (mg/dL)

	Groups				
	Normal	STZ-control	BP flour	Wheat flour	Rice flour
Total cholesterol	65.52 ± 11.27 ^{1)a2)}	100.16 ± 9.69 ^b	75.98 ± 3.12 ^a	73.28 ± 5.70 ^a	77.18 ± 3.30 ^a
Triglyceride	69.52 ± 6.14 ^a	98.92 ± 5.67 ^d	71.14 ± 0.78 ^{ab}	73.00 ± 1.69 ^{abc}	75.39 ± 1.71 ^{ac}
HDL-cholesterol	33.91 ± 2.89 ^a	37.83 ± 2.48 ^a	33.60 ± 2.85 ^a	32.76 ± 3.19 ^a	34.09 ± 2.62 ^a
LDL-cholesterol	28.24 ± 2.12 ^a	44.30 ± 3.64 ^c	32.73 ± 2.14 ^b	44.86 ± 3.04 ^c	44.42 ± 4.14 ^c
Atherogenic index ³⁾	0.93 ± 0.06 ^a	1.65 ± 0.34 ^c	1.26 ± 0.17 ^b	1.24 ± 0.21 ^b	1.26 ± 0.16 ^b

¹⁾Values are mean ± SD (n=10~12).

²⁾Means with different superscripts in the same row significantly difference at p<0.05.

³⁾Atherogenic index: (Total cholesterol - HDL cholesterol) / HDL cholesterol.

Table 5. Liver total cholesterol and triglyceride in streptozotocin-induced diabetic rats fed for 5 weeks

	Groups				
	Normal	STZ-control	BP flour	Wheat flour	Rice flour
Total cholesterol	102.32±6.27 ^{1)c2)}	113.46±1.92 ^b	97.19±5.30 ^d	122.66±3.00 ^a	119.47±1.00 ^a
Triglyceride	111.17±5.22 ^{bc}	115.14±1.83 ^b	108.11±4.27 ^c	119.00±2.79 ^b	126.38±3.00 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=10~12).

²⁾Means with different superscripts in the same row significantly difference at p<0.05.

Table 6. Effect of intake of BP flour, wheat flour and rice flour on the weight of various organs in streptozotocin-induced diabetic rats fed for 5 weeks

Organs	Groups				
	Normal	STZ-control	BP flour	Wheat flour	Rice flour
Liver	3.58±0.21 ^{1)a2)}	6.33±0.26 ^c	5.11±0.21 ^b	5.95±0.46 ^c	6.35±0.22 ^c
Kidney	0.67±0.01 ^a	1.19±0.01 ^c	1.11±0.03 ^b	1.10±0.06 ^b	1.22±0.02 ^d
Heart	0.36±0.02 ^a	0.41±0.01 ^b	0.36±0.01 ^a	0.37±0.03 ^a	0.41±0.02 ^{ab}
Spleen	0.18±0.02 ^a	1.13±0.01 ^b	1.19±0.03 ^c	1.25±0.06 ^c	1.19±0.01 ^c
Testicles	1.03±0.01 ^a	1.28±0.04 ^c	1.09±0.07 ^{ab}	1.21±0.07 ^{bc}	1.27±0.02 ^c

¹⁾Values are mean±SD (n=10~12).

²⁾Means with different superscripts in the same row significantly difference at p<0.05.

고, HDL-콜레스테롤 농도는 정상대조군과 비슷한 경향을 나타내었다. 그리고 Lee 등(17)은 배양인삼 분말 5%와 10% 첨가 식이를 하므로 당뇨쥐의 지질대사를 개선하여 혈장중의 총 콜레스테롤 및 동맥경화지수를 저하시키고 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율을 증가시켰다고 보고하였다. Yamamoto(22)는 인삼 사포닌 성분이 혈중 콜레스테롤 함량 저하 및 배설촉진과 HDL-콜레스테롤의 상승으로 동맥경화 지표의 개선효과가 있음을 보고한 바 있다.

간의 총콜레스테롤과 중성지질의 분석 결과는 Table 5와 같다. 간에서의 총콜레스테롤의 함량은 당뇨대조군과 BP 분말군간에 유의적인 차이가 있었으며, 중성지질은 BP 분말군이 정상대조군과 유의적으로 차이가 없었다. 따라서 BP 분말에 함유되어 있는 식이섬유, isoflavone 및 피니톨과 같은 성분들이 혈당 조절 및 dyslipidemia의 개선에 도움을 주며 또한 순환계 당뇨합병증의 예방과 치료에 중요한 요인들로 알려져 있다(32). 그리하여 식물자원에 함유되어 있는 isoflavone과 피니톨과 같은 기능성 생리활성 물질들이 당뇨환자의 혈당을 조절하고 고콜레스테롤 혈증을 개선하여 당뇨병 치료에 도움을 줄 것이라 생각된다. 한편 Ko(7)는 흰쥐에 무게비로 50% 생콩식이를 4주간 실시한 결과 당뇨생콩군은 간의 중성지질과 총콜레스테롤 농도에서 대조군에 비하여 낮은 농도를 나타내었다.

장기 무게의 변화

곡물류와 홍삼 분말을 첨가한 BP 분말군을 포함한 5가지 실험식이 흰쥐의 체중에 대한 장기의 중량 %를 Table 6에 나타내었다. 간장, 신장, 비장 및 고환의 무게는 정상대조군에 비교하여 당뇨유발군에서 다소 증가하는 경향을 보였으며, 이것은 정상대조군에 비해서 당뇨로 인한 총 체중증가가 작아서 상대적으로 체중 100g에 대한 무게가 증가된 것이라

할 수 있다(32,33). Ko 등(34)는 20%의 농도로 생콩을 4주간 먹인 당뇨쥐의 간, 신장 및 비장의 무게는 대조군과 실험군에서 비슷하였으나, 체중에 대한 간, 비장 및 신장무게의 %비율은 유의적(p<0.05)으로 증가하였다고 보고하였다. 또한 Rho 등(8)은 50% 노란 생콩식이를 당뇨쥐에 4주간 급여할 때에 체중 100g당 간 및 신장의 중량은 대조군보다 생콩군과 당뇨생콩군에서 유의하게 증가하였다. 체중 100g당 비장의 무게는 대조군에 비하여 당뇨생콩군이 유의하게 증가되었다. 상기의 여러 보고에서와 같이 본 실험의 BP분말군도 유사한 결과를 나타내었다.

요 약

당뇨병 환자의 혈당조절 식이를 개발할 목적으로 탈지시킨 곡물류 분말(대두 40%, 밀가루 30%, 보리 20%)과 홍삼분말 5% 및 밀가루 5%로 혼합한 바이오활성(BP)분말을 전체 식이의 중량비로 40% 투여가 streptozotocin으로 유발한 당뇨쥐의 혈당강하 효과와 체내지질의 농도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 SD계 웅성 흰쥐를 정상대조군, 당뇨대조군, BP분말식이 당뇨군, 밀가루식이 당뇨군 및 쌀가루식이 당뇨군으로 나누어 5주간 급여하여 식이실험을 행하였다. 식이효율은 당뇨 대조군에 비하여 모든 실험군에서 증가하였으며, BP 분말군은 당뇨대조군에 비하여 5주간 식이 섭취에 따른 체중증가(75.1 vs. 29.3 g)와 혈당강하(270.1 vs. 541.7 mg/dL) 효과가 각각 유의적으로 차이가 나타났(p<0.05). 혈장 총콜레스테롤의 함량은 BP 분말군이 당뇨대조군에 비해 유의적으로 낮게 나타났으나(p<0.05), 다른 당뇨 식이군과는 차이가 없었다. 간에서 총콜레스테롤 및 중성지질의 함량은 BP 분말군이 정상대조군을 제외한 모든 당뇨 식이군에서 가장 낮은 수준을 나타내었다. 결론적으로 BP 분말을 흰

취의 식이에 첨가하여 섭취시키면 혈당강하 효과와 체내 지질대사를 개선하는 효과를 나타내었다.

문 헌

- Wolff SP, Dean RT. 1987. Glucose autooxidation and protein modification: the potential role of autooxidative glycosylation in diabetes. *Biochemical Journal* 245: 243-246.
- DeFronzo RA. 1981. The effect of insulin on renal sodium metabolism. *Diabetologia* 21: 165-171.
- Steiner G, Haynes F, Yoshino G. 1984. Hyperinsulinemia and *in vivo* very low density lipoprotein triglyceride kinetics. *Am J Physio* 246: 187-192.
- Young IR, Stout RW. 1987. Effects of insulin and glucose on the cells of the arterial wall: Interaction of insulin with dibutyryl cyclic AMP and low density lipoprotein in arterial cells. *Diabetes Metab* 13: 301-306.
- Korea National Statistical Office. 2002. The cause of death statistics 2001. *Annual Report on the Cause of Death Statistics* p 21.
- Ivorra MD, Paya M, Villar A. 1988. Hypoglycemic and insulin release effects of tormentic acid: a new hypoglycemic natural product. *Planta Med* 54: 282-285.
- Ko JB. 1996. Effects of raw soy flour (yellow and black) on serum glucose and lipid concentration in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 313-318.
- Rho MH, Choi MA, Koh JB. 1998. Effects of raw soy flour (yellow and black) on serum protein concentrations and enzyme activity in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 724-730.
- Choi MJ. 1997. Comparison of dietary casein or soy protein effect on plasma glucose, lipids and hormone concentrations in the streptozotocin-induced diabetic rats. *J Research Institute for Life Sciences* (Keimyung University) 23: 285-295.
- Choi MJ, Han YJ. 1994. Effects of the soy protein level on plasma glucose, lipids, and hormones in streptozotocin-diabetic rats. *Korean J Nutrition* 27: 883-891.
- Kim MH, Kim HY, Kim WK, Kim JY, Kim SH. 2001. Effects of soyoligosaccharide on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 34: 3-13.
- Jha HC. 1985. Inhibition of *in vitro* microsomal lipid peroxidation by isoflavonoids. *Biochem Pharmacol* 34: 1367-1369.
- Bates SH, Jones RB, Bailey CJ. 2000. Insulin-like effect of pinitol. *Br J Pharmacol* 130: 1944-1948.
- Fleming A, Gunn R, Longo R, Sleevi M, Gregory J, Rogol A. 2001. Evaluation of D-chiro-inositol (Ins-1) in combination with sulfonylureas on glycemic control and lipids in subjects with type 2 diabetes mellitus. 61th Scientific Session of American Diabetes Association. Abstract No. 448-P, June 22-26, Philadelphia, Pennsylvania.
- Kim JI, Kang MJ, Bac SY. 2003. Hypoglycemic effect of the methanol extract of soybean sprout in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 921-925.
- Lee YT. 2003. Preparation and hypoglycemic effect of reconstituted grain added with selected medicinal herb extract. *Korean J Food Sci Technol* 35: 527-531.
- Lee IS, Lee SO, Lee IZ. 2003. Effects of tissue cultured ginseng on blood glucose and lipids in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food Sci Technol* 35: 280-285.
- Park KS, Ko SK, Chung SH. 2003. Comparisons of antidiabetic effect between Ginseng Radix Alba, Ginseng Radix Rubra and Panax Quinquifoli Radix in MLD STZ-induced diabetic rats. *J Ginseng Res* 27: 56-61.
- Kwak YS, Park JD, Yang JW. 2003. Present and its prospect of red ginseng efficiency research. *Food Industry and Nutrition* 8: 30-37.
- Kim HS, Seong YH, Yang JW, Jeon BS, Park UY, Park WK, Oh KW, Choi KJ. 1997. Hypoglycemic effects of extract mixture of red ginseng and steamed *Rehmaniae radix* on streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Ginseng Sci* 21: 169-173.
- Kimura M, Wakai I, Kikuchi T. 1981. Hypoglycemic components from *Ginseng radix* and the action insulin release. *Proc Symp Wakan Yaku* 14: 125-131.
- Yamamoto M. 1984. Long term ginseng effects on hyperlipidemia in man with further study of its action on atherogenesis and fatty liver in rats. 4th Int'l Ginseng Symp. Ginseng Research Institute, Seoul, Korea. p 13-20.
- 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 Nutrition* 27: 819-827.
- Newman RK, Lewis SE, Newman CW, Boik RJ, Ramage RT. 1989. Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr Rep Int* 39: 749-757.
- Kim SR, Seog HM, Choi HD, Park YK. 2002. Cholesterol-lowering effects in rat liver fed barley and β -glucan-enriched barley fraction with cholesterol. *Korean J Food Sci Technol* 34: 319-324.
- Koh JB, Choi MA. 1999. Effect of tea fungus/kombucha beverage on lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic male rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 613-618.
- Lim SJ, Han HK, Ko JH. 2003. Effects of edible and medicinal plants intake on blood glucose, glycogen and protein levels in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean Nutr Soc* 36: 981-989.
- Park MS, Kudchodkar BJ, Liepa GU. 1987. Effect of dietary animal and plants proteins on the cholesterol metabolism in immature and mature rats. *J Nutr* 117: 30-37.
- American Institute Nutrition. 1977. Report of the American institute nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107: 1340-1347.
- Folch J, Lees M, Stanley GH. 1956. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 223: 498-500.
- Sale FO, Marchesini S, Fishman PH, Berra B. 1984. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. *Anal Biochem* 142: 347-352.
- Koh JB, Kim JY, Rho MH. 1996. Effects of raw soy flour yellow and black diet on serum protein concentration and enzyme activity in streptozotocin-diabetic rats. *J Nat Sci Pusan Univ* 2: 1-11.
- Domingo JL, Gimez M, Llobet JM, Gorbella J, Keen CL. 1991. Oral vanadium administration to streptozotocin-diabetic rats has marked negative side effects which are independent of vanadium used. *Toxicology* 66: 279-287.
- Ko JB, Kim JY, Rho MH. 1996. Effects of raw soy flour and magnesium on serum protein concentration and enzyme in streptozotocin-diabetic rats. *J Nat Sci Pusan Womem's Univ* 2: 1-11.

(2004년 8월 25일 접수; 2004년 10월 30일 채택)