

## Streptozotocin-유도 당뇨모델을 이용한 쥐눈이콩 분말의 혈당강하 및 인슐린 감수성의 효과

이대훈<sup>1</sup> · 곽동훈<sup>1</sup> · 김성민<sup>1</sup> · 주은진<sup>1</sup> · 최한길<sup>1</sup> · 김옥희<sup>2</sup> · 황진봉<sup>3</sup> ·  
배남궁<sup>3</sup> · 정규용<sup>4</sup> · 한진철<sup>5</sup> · 박흠대<sup>5</sup> · 추영국<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>원광대학교 생명과학부, <sup>2</sup>영산식품, <sup>3</sup>한국식품연구원 분석평가팀  
<sup>4</sup>원광대학교 의과대학 약리학교실, <sup>5</sup>대구대학교 생명공학전공

## Effect of Small Black Soybean Powder on Blood Glucose and Insulin Sensitivity in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Dae-Hoon Lee<sup>1</sup>, Dong-Hoon Kwak<sup>1</sup>, Sung-Min Kim<sup>1</sup>, Eun-Jin Ju<sup>1</sup>, Han-Gil Choi<sup>1</sup>,  
Ok-Hee Kim<sup>2</sup>, Jin-Bong Hwang<sup>3</sup>, Nahm-Gung Bae<sup>3</sup>, Kyu-Yong Jung<sup>4</sup>,  
Jin-Chul Han<sup>5</sup>, Hum-Dai Park<sup>5</sup> and Young-Kug Choo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Biological Science, Wonkwang University, Jeonbuk 570-749, Korea

<sup>2</sup>Yongsan Food Co., Ltd., Jeonbuk 566-922, Korea

<sup>3</sup>Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Pharmacology, School of Medicine, Wonkwang University, Jeonbuk 570-749, Korea

<sup>5</sup>Biological Engineering Major, Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea

### Abstract

Beans are acknowledged to be food resources, which have more abundant proteins and fats. The constituent parts of beans (*i.e.* aspartic acid, glycine, arginine) are effective against diabetes, and dietary fiber contained in the beans has an important property to maintain insulin sensitivity. Based on these, using streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats, this study examined how the rat-eye soybean, which is principal products of the Imsil province, is effective to attenuate and/or prevent the development of diabetes mellitus. We divided rats into the non-diabetic and diabetic group, and diabetic group was further subdivided into six experimental groups [DC, diabetic control; DI, diabetes with insulin treatment (4~6 IU/rat); DB, diabetes with black bean; DY, diabetes with yellow soybean; DS, diabetes with rat-eye soybean; DSS, diabetes with vinegar-fermented rat-eye soybean. All bean treatment (1.5 mg/1 g body weight)]. Food efficiency ratio (FER), body weight and insulin sensitivity in diabetic rats were significantly reduced compared to those in normal control animals. These reductions were obviously attenuated by administration of a variety of beans used in this study (20~30%), and the recovery effects were comparable to the results obtained by insulin treatment. Taken together, this study suggests that all beans used may have an essential property to improve and/or attenuate the development of diabetes mellitus in rats.

**Key words:** small black soybean, blood glucose, insulin sensitivity

### 서 론

선진국이나 개발도상국에서는 최근 인구의 고령화와 더불어 식생활이나 기타 생활패턴의 변화로 당뇨환자가 급증세를 보이고 있다. 세계보건기구의 예측에 의하면 21세기에는 많은 국가에서 가장 문제가 되는 질환중의 하나가 당뇨병이 될 것으로 보여진다. 그리고 우리나라도 Kim 등(1)이 40세 이상의 전북 정읍지역 주민들을 대상으로 한 역학조사에서 당뇨병 유병률이 7.1%로 우리나라의 당뇨병 유병률은 서구

사람의 당뇨병 유병률과 비슷하거나 오히려 높은 것으로 서구화가 더 진행될 경우 우리나라 사람들이 서구인에 비하여 당뇨병에 대한 위험도가 더 높아질 가능성을 시사하고 있다.

이러한 당뇨병의 세포병리학적 원인은 포도당의 세포 내 흡수에 관여하는 인슐린이 부족하거나, 그 작용의 이상으로 혈중 포도당 농도가 적절한 농도로 유지되지 못함으로 인하여 발생하는 것으로 알려져 있다(2).

예부터 콩(대두 *Glycine max* Merrill)은 만주를 중심으로 한 동북부 아시아로 추정되는 한해살이 식물로 곡류위주의

\*Corresponding author. E-mail: ykchoo@wonkwang.ac.kr  
Phone: 82-63-850-6087, Fax: 82-63-857-8837

식습관을 지닌 우리나라 사람들에게 직접 혹은 간접적인 형태로 다양하게 이용되어 온 영양식품으로 비교적 값이 싸면서도 우수한 식품소재로 잘 알려져 왔다. 최근에 이르러 콩에 대한 기능성 연구가 많이 보고되고 있는데 그 중 대표적인 물질로는 콩 단백질과 그 가수분해 peptide, isoflavone, saponin, phytic acid 등을 들 수 있다(3). 콩이 가지고 있는 무기질 및 함유 펩티드 성분은 항암, 혈압강하, 면역증강, 칼슘흡수 및 촉진 등과 같이 광범위한 생리활성을 나타내는 것으로 보고되고 있으며(4) 또한 한방에서는 검정색을 띄는 콩이 신장에 좋다고 알려져 있고, 검정콩의 색소는 anthocyan 계열의 색소로서 이들 색소는 검정색 콩에 풍부하며 항산화 효과가 우수하다고 알려져 있다(5). 한편 당뇨병 환자는 특징적으로 산화적 스트레스에 대한 감수성이 높은 것으로 보고되고 있다(6-8). 최근 성인병질환의 원인이 활성산소종(reactive oxygen species)에 기인된 것이라는 학설이 제기됨에 따라 이를 조절할 수 있는 천연 항산화제를 개발하려는 연구가 현재 국내외에서 활발히 진행되고 있으며 활성산소종들은 생체막의 지질을 과산화시켜 생체막을 변질시킴에 따라 그 연쇄반응으로 당뇨병, 동맥경화, 암 등의 질병을 유발한다고 하는 보고가 주목을 받고 있다(9-12). 이러한 쥐눈이콩의 국내 대표적 재배지로는 강원 정선과 전북 임실을 들 수 있다. 최근 국내의 강원도 정선지역에 자생하는 쥐눈이콩(약콩)은 항산화 효과가 특히 뛰어나다는 연구보고가 흥미를 끌고 있다(13). 한편 천연과실 및 곡류의 발효에 의해 생산되는 발효 식초는 산미료로서 건강유지, 피로회복, 정장작용, 비만에 좋다고 알려져 있다(14). 최근 다양한 콩들을 식초에 절인 결과 쥐눈이콩은 이들중 산도에 대한 관능검사, 절임과 건조 후 콩의 텍스처 측정과 같은 항목에서 쥐눈이콩의 기호도가 가장 우수한 것으로 보고되었다(15).

따라서 본 연구에서는 현재 당뇨의 예방 및 치료에 효과가 있다고 알려지고 있는 쥐눈이콩, 식초에 발효시킨 쥐눈이콩과 식용으로 기호도가 높은 검정콩, 메주콩을 대상으로 streptozotocin(STZ)-유도 당뇨모델 흰쥐를 사용하여 이들 콩 시료를 규정식 외의 첨가식이가 혈중 포도당 농도 및 인슐린 감수성에 어떠한 영향을 미치는지를 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 시료로 사용된 식이물질은 검정콩(*Glycine max* (L.) Merr), 메주콩(*Glycine max* Merr), 쥐눈이콩(*Rhynchosia Nulubilis*), 식초에 절인 쥐눈이콩(*Rhynchosia Nulubilis* by soaked in vinegar)으로 4종류이며 이중 쥐눈이 식초콩은 콩 5g 당 발효과정에 의해 숙성된 현미식초 25 mL에 담귀 30°C 항온수조에서 10일간 절임한 콩으로서 다른 식이물질과 마찬가지로 분말형태로 제공되었다.

### STZ에 의한 당뇨 유발 및 사육조건

체중  $195.5 \pm 0.98$  g 내외의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐

를 (주)샘타코로부터 분양받아 일반고형사료(삼양유지사료 주식회사)로 7일동안 예비사육에 의해 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 당뇨 유발은 체장의  $\beta$ -세포에만 특이적으로 작용하여 다른 기관에 영향을 주지 않으며 인슐린을 결핍시켜 고혈당을 유발시킨다고 알려진 streptozotocin(STZ)를 몸무게 1 kg 당 70 mg로(16,17) 하여 0.1 M sodium citrate buffer (pH 4.5)에 녹여 0.2 mL로 복강주사하였다.

복강주사 후 24시간 후 및 3일 후에 꼬리정맥에서 공복시 포도당 농도가 350 mg/dL 이상인 것을 당뇨병이 유발된 흰쥐로 인정하였다. 실험군은 평균체중이 유사하도록 난교법에 의해 그룹당 10마리씩 7개군으로 나누어 4주간 사육하였다.

본 연구의 효과적인 실험을 위해서 콩을 먹이지 않은 대조군과 콩을 먹인 실험군으로 나누었다. 대조군인 무첨가군은 정상군(NC; 인슐린 무처리, STZ무투여, 무첨가식이) 1개군과 당뇨대조군 2개군(DI, 인슐린투여, STZ투여, 무첨가식이; DC; 인슐린 무처리, STZ투여, 무첨가식이)으로 나누었으며, 실험군(DB; 검정콩 식이군, DY; 메주콩 식이군, DS; 쥐눈이콩 식이군, DSS; 쥐눈이식초콩 식이군)은 4군으로 전부 STZ를 투여하였다. DI군에 대해서는 STZ투여 3일 후부터 2일 간격으로 insulin을 4~6 IU로 근육주사하였다. 사육기간 중 물과 사료는 무제한 공급하였고 사육실 온도는 22~25°C, 습도는 50~60%, 소음은 70 db이하, 명암은 14시간(6시점등, 20시소등)을 주기로 자동시스템에 의해 이루어지게 하였다.

무첨가 식이군인 정상군(NC)를 제외한 모든 군에게 공급한 콩가루 시료의 정확한 양의 공급을 위해 경구투여 방법으로 몸무게 1 g 당 시료 1.5 mg을 정제된 D·W 3 mL에 녹여 수용화 상태로 공급하였으며, 무첨가식이 당뇨대조군인 DC, DI군에게는 같은 양의 D·W만을 경구투여 방법으로 공급하였다. 각각의 조제식은 1일 1회 일정한 시간에 이루어졌다.

### 식이섭취량 및 체중

실험기간 동안 식이섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하여 1일 식이섭취량을 얻었고 1주일 단위로 합하여 주당 1일 평균 식이섭취량을 구하였다. 체중은 3일 간격으로 매일 일정한 시간에 동일한 순서로 동물용 체중계로 측정하였다. 측정된 식이섭취량에 대한 체중 증가량으로 식이이용효율(food efficiency ratio: FER)을 계산하였다.

### 음용수 섭취량 및 뇨량

다뇨(polyuria), 다갈(polydipsia)의 측정방법은 모든 군들에서 STZ 투입 전인 적응기간을 포함한 6주 동안 1주 1회 일정한 시간에 이루어졌으며 특수한 형태의 사육장치로 각군의 물의 공급량과 뇨량을 확인할 수 있는 사육장치를 이용하여 24시간 동안 측정하였다. 물의 공급량은 동물이 물의 요구 도중 낙하되는 물의 양을 더하여 측정하였다.

### 채혈 및 장기채취

혈당의 측정을 위한 혈액 채취는 1주 간격으로 꼬리 정맥으로부터 채취하였으며 test machine(An ACCU-CHEK Co.,

Ltd.)을 이용하여 모든 실험 사육 동물에서 실시하였다. 혈장분리를 위한 혈액은 5주간 실험식의 급여 후 사육 동물을 ethyl ether로 마취시킨 후 heparin(SIGMA Co., Ltd.)을 혈액 1 mL 당 100 IU로 처리한 주사기로 복대동맥(abdominal aorta)으로부터 채취하였다. 채취 후 4°C에서 3000 rpm으로 15분간 원심분리(MF80, Hannil centrifuge Co., Ltd.) 후 혈장을 분리하여 냉장고(2~8°C)에 보관 중 수일 내에 성분분석하였다. 또한 채혈 후 간, 신장을 적출하여 0.9% normal saline으로 혈액을 제거한 다음 각각의 무게를 측정하고 체중 100 g 당 장기무게로 환산하였다.

#### 혈장내 insulin검출

Insulin-insulin receptor 결합실험은 냉장고에 보관중인 혈장 sample을 rat insulin RIA kit 250 tubes(Linco Co., Ltd.)를 이용하여 분석하였다. 인슐린 항체 면역분석법(18)과 protein-binding 경쟁적 원리를 이용한 분석법(19)을 개량한 방법으로 완충용액(0.05 M phosphosaline pH 7.4, EDTA, sodium azide and 1% RIA grade BSA)과 준비한 혈청 내의 무표식된 돼지 인슐린 항체를 각각 시험관의 인슐린 농도가 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10(non-specific bind: NSB) ng/mL가 되도록 넣고  $^{125}\text{I}$ -insulin로 표식된 367  $\mu\text{Ci}/\text{ng}$ 를 label hydrating buffer와 혼합하여 수화시킨 후 100  $\mu\text{L}$ 되게 첨가한 후 rat insulin antibody(Guinea pig anti-rat insulin serum in assay buffer)를 동일하게 100  $\mu\text{L}$ 되게 첨가하고 완충용액으로 총 부피가 400  $\mu\text{L}$ 가 되게 하여 4°C에서 20분간 incubation하였다.

Incubation 종료 시 0~4°C의 Precipitating reagent(goat anti-Guinea Pig IgG serum) 1.0 mL를 각각 첨가하여 4°C에서 20분간 incubation후 즉시 3000~4000 rpm(2000~3000×g)에서 20~30분간 원심분리하여 상청액을 vacuum pump

을 이용하여 버리고 같은 precipitating reagent로 2번 세척한 후  $\gamma$ 선 측정기(ANSR gamma counter, Abott)로 unlabeled porcine insulin과 labeled  $^{125}\text{I}$ -insulin의 경쟁원리에 따른  $^{125}\text{I}$ 에 대한 방사성 활성도를 측정하였다.

#### 식이물질 성분검사

성분검사 방법 중 아미노산(amino acid)는 Wang과 Murphy (20) 및 Barnes 등(21)의 방법을 개선한 HPLC(AccQ-Tag) 방법(22)으로 시료 약 1.0 g를 정확히 취하여 ampule에 넣고 6 N 염산 15 mL를 가한 다음  $\text{N}_2$ 를 치환하여 신속하게 밀봉하였다. 이를 110°C 오븐에서 24시간 가수분해시킨 뒤 방냉하여 탈이온수로 50 mL 정용플라스크에 정용 후 0.2  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과한 후 희석하여 AccQ-Tag 방법으로 유도체화시킨 후 분석하였다. 이때 사용한 표준물질은 amino acid standard solution(type H; Wako, Japan), column은 3.9 × 150 mm Nova-pak C18, 검출기는 fluorescence(JASCO FP-920, Japan)로 Ex. 250 nm, Em. 395 nm, 이동상은 0.14 M sodium acetate와 60% acetonitrile로서 gradient법으로 분석하였다. 또한 분석간격은 50분, 주입량 10  $\mu\text{L}$ , column온도 37°C이었다. 조지방, 조단백 및 식이섬유의 분석은 식품공전법에 준하였다.

#### 통계처리

실험결과는 SPSS Program을 이용하여 분산 분석한 후 유의차가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$ ,  $p < 0.001$  수준에서 시료간의 유의차를 검정하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 식이원료의 일반성분 및 아미노산 조성

식이물질의 원료가 되는 콩의 아미노산 조성 및 성분분석

Table 1. Various amino acids and major composition of various beans grown in the area of Imsil, Korea (unit: g/100 g)

Amino acid	Small black soybean soaked in vinegar	Small black soybean	Black bean	Yellow soybean
Aspartic acid	4.3	4.3	3.8	4.1
Serine	1.3	1.4	1.2	1.3
Glutamic acid	6.5	6.7	5.9	6.2
Glycine	1.6	1.6	1.4	1.5
Histidine	1.2	1.2	1	1.1
Threonine	1.6	1.2	1	1.1
Arginine	2.6	2.7	2.4	2.5
Alanine	1.6	1.5	1.4	1.5
Proline	1.8	1.8	1.6	1.7
Cystein	0.3	0.3	0.3	0.3
Tyrosine	1.1	1.2	1	1.1
Valine	1.8	1.8	1.6	1.7
Methionine	0.4	0.3	0.3	0.4
Lysine	1.9	2.2	2	2.1
Isoleucine	1.7	1.7	1.6	1.7
Leucine	2.5	2.5	2.2	2.4
Phenylalanine	1.8	1.8	1.6	1.7
Lipid	16.0±0.04	15.2±0.03	16.6±0.01	17.8±0.03
Protein	35.3±0.13	34.9±0.00	31.9±0.02	34.7±0.14
Guar gum	19.2±0.16	18.5±0.02	16.2±0.11	18.5±0.09

은 Table 1과 같다. 각각의 콩 구성성분의 아미노산 조성을 조사한 결과 쥐눈이콩과 식초에 절인 쥐눈이콩은 시스테인, 리신을 제외한 모든 아미노산 함량이 검정콩과 메주콩보다 유의적으로 높게 나타났으며 지방성분의 함량은 쥐눈이콩과 식초에 절인 쥐눈이콩이 이들에 비해 낮았다.

당뇨와 관련된 아미노산에 관한 연구는 다수가 보고되고 있는데 이중 중요한 것으로는 1) 아스파르트산 생합성 물질인 malate-aspartate는 유의적인 인슐린 분비증가를 나타내며(23) 2) 글리신과 히스티딘은 사구체의 비정상적 비대화의 방지와 당뇨 합병증을 억제 또는 지연시키는 효과가 있으며(24,25), 3) 아르기닌과 알라닌은 혈당저하 및 지방축적에 영향을 미치고(26) 당뇨쥐의 근대사에서 인슐린 활성증가에 관여한다는 보고가 있다(27). 또한 Table 1에서 보여지는 식이 섬유 함량은 각각의 시료 100 g 당 최대 19.2 g에서 최소 16.2 g으로써 식품성분 분석표에 의하면(28,29) 기호도가 높은 다양한 두류와 비교 시 식이섬유 함량이 높은 것으로 나타났다. 최근 연구에 의하면 식이섬유는 체내에서 위장막 소화효소의 저해효과에 의한 혈당상승의 저해효과 및 STZ투여 당뇨 유발 동물모델에서 식이섭취량과 당뇨병의 주요 증상의 하나인 다식증상의 호전에 효과가 보고되고 있다(30,31). 따라서 아미노산과 식이섬유의 함량이 높은 각각의 콩 시료를 규정 식 외의 추가식이 STZ투여 당뇨유발 동물모델에서 당뇨병 개선에 효과적일 것으로 사료된다.

#### 식이섭취량과 식이이용효율

식이섭취량과 식이이용효율(food efficiency ratio)은 Table 2와 같다. 식이섭취량의 경우 당뇨대조군(DI)의 식이섭취량이  $41.28 \pm 3.58$  g/day/rat으로 정상대조군(NC)과 비교해 볼 때 2배 정도 높게 나타난 반면 검정콩(DB), 메주콩(DY), 쥐눈이콩(DS), 쥐눈이식초콩(DSS) 식이군은 당뇨대조군(DI)과 비교시 각각 9.15%, 8.13%, 10.31%, 10.00%의 유의적인 감소를 보여주었다. 식이이용효율(FER)은 정상군(NC)이 당뇨대조군(DI, DC) 및 당뇨실험군에 비해 월등히 높은 유

의적 수준을 보였으며( $p < 0.05$ ), 주목할 만한 결과는 식이이용효율(FER)을 기준으로 당뇨실험군(DB, DY, DS, DSS)과 당뇨대조군(DI)의 비교시 20~30%의 높은 식이이용효율을 나타내었다. 이와 같이 당뇨대조군에서 식이이용효율(FER)의 감소는 당뇨로 인한 체내 대사의 퇴행적인 변화 때문인 것으로 사료된다(32).

이들 결과로부터 검정콩(DB), 메주콩(DY), 쥐눈이콩(DS), 쥐눈이식초콩(DSS) 식이군은 당뇨의 주요증상인 다식(polyphagia)현상을 개선해주며 이들 중 쥐눈이콩과 식초에 절인 쥐눈이콩이 가장 효과적임을 알 수 있었다.

#### 장기무게에 미치는 영향

각각의 당뇨실험군에서 식이첨가 투여에 따른 간장 및 신장 무게를 측정하고 체중 100 g 당 장기무게로 환산한 결과는 Table 3과 같다. 간장과 신장은 정상군(NC)과 비교해서 모든 당뇨군에서 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 당뇨 발병시 간장의 크기가 정상에 비해 비대해지는 원인으로서는 현재 STZ로 당뇨 유발시 면역기능에 악영향을 받게 되고 이로 인한 인슐린 분비가 저하되어 당 대사가 정상적으로 일어나지 않음으로 간장 내에 지질성분이 축적되기 때문으로 보여진다(33,34). 간장을 몸무게 100 g으로 환산한 수치에서 첨가식이군들은 서로간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 당뇨대조군(DC)과의 비교에서는 간장의 무게가 상대적으로 낮게 나타났다. 한편 당뇨병의 발병초기에 신사구체 여과율의 증가와 함께 신장의 크기와 동적 역시 증가하며, 이들 신장의 비대는 당뇨유발 후 수일 내에 시작되며 비대의 정도는 혈당조절 정도와 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다(35-37). 결과적으로 STZ-유발 당뇨모델 흰쥐에서 각각의 콩가루 첨가는 신장에 부담을 감소시켜주며 당 대사의 개선에도 관여할 것으로 추정된다.

#### 혈중 포도당 농도에 미치는 영향

실험기간 동안 사육되는 모든 흰쥐는 공복 시 채혈을 실시

Table 2. Changes of the food intake and food efficiency ratio (FER) in STZ-induced diabetic rats fed various beans for 4 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Body weight change (g/4 weeks)	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	Mean	FER <sup>2)</sup>
NC (n=9)	$143.3 \pm 10.6^{3)}$	$18.4 \pm 0.9^{4)}$	$20.5 \pm 0.9^a$	$21.5 \pm 0.9^a$	$24.0 \pm 0.9^a$	$21.1 \pm 2.3^a$	$20.3 \pm 4.6^a$
DI (n=9)	$37.9 \pm 3.5^{**}$	$26.5 \pm 1.1^b$	$36.9 \pm 1.2^{ab}$	$28.4 \pm 1.2^{ab}$	$30.4 \pm 1.2^{ab}$	$30.6 \pm 4.4^{ab}$	$4.4 \pm 0.7^b$
DC (n=8)	$-21.1 \pm 7.6^*$	$36.5 \pm 1.0^c$	$44.8 \pm 1.2^c$	$43.0 \pm 1.0^c$	$40.6 \pm 1.0^c$	$41.2 \pm 3.5^c$	$-1.7 \pm 0.4^c$
DB (n=9)	$11.9 \pm 4.5^*$	$35.9 \pm 1.1^c$	$40.9 \pm 1.7^{bc}$	$36.5 \pm 1.3^b$	$37.5 \pm 1.3^b$	$37.5 \pm 2.2^b$	$2.7 \pm 0.3^{bc}$
DY (n=9)	$8.7 \pm 4.8^*$	$36.7 \pm 1.3^c$	$39.7 \pm 1.6^{bc}$	$37.2 \pm 1.1^c$	$39.7 \pm 1.0^c$	$37.9 \pm 1.6^b$	$2.5 \pm 0.3^{bc}$
DS (n=9)	$14.7 \pm 3.6^*$	$36.4 \pm 1.1^c$	$38.5 \pm 1.2^b$	$36.4 \pm 1.0^{bc}$	$38.5 \pm 1.2^{bc}$	$37.0 \pm 1.2^b$	$2.9 \pm 0.2^{bc}$
DSS (n=9)	$16.7 \pm 5.5^*$	$36.1 \pm 0.9^c$	$39.2 \pm 0.9^b$	$36.5 \pm 1.0^b$	$36.6 \pm 0.9^b$	$37.1 \pm 1.4^b$	$3.1 \pm 0.2^{bc}$

<sup>1)</sup>NC, normal control group; DC, diabetic group; DI, diabetic group injected with insulin (4~6 IU); DB, diabetes with small black soybean powder; DS, diabetes with small black soybean powder; DSS, diabetes with vinegar fermented black soybean.

<sup>2)</sup>FER: [body weight gain (g/4 week) / food intake (g/4 week)] × 100.

<sup>3)</sup>Values are expressed as mean ± SE, from 9 animals.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts within the same column are significantly different at  $p < 0.05$  level Duncan's multiple range test.

\* $p < 0.05$  vs. normal control group, \*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$  vs. diabetic group.

Table 3. The liver and kidney weight in STZ-induced diabetic rats fed various bean for 5 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Liver		Kidney <sup>2)</sup>	
	Weight (g) <sup>3)</sup>	g/100 g (BW)	Weight (g) <sup>3)</sup>	g/100 g (BW)
NC (n=9)	15.1±0.87 <sup>4)</sup>	3.9±0.22 <sup>a5)</sup>	2.1±0.04	0.5±0.01 <sup>a</sup>
DI (n=9)	9.5±0.67	4.2±0.29 <sup>b</sup>	1.7±0.03	0.7±0.01 <sup>ab</sup>
DC (n=8)	8.4±0.94	4.8±0.54 <sup>c</sup>	2.2±0.09	1.2±0.07 <sup>c</sup>
DB (n=9)	9.0±0.23	4.2±0.11 <sup>b</sup>	2.0±0.04	0.9±0.01 <sup>b</sup>
DY (n=9)	9.1±0.27	4.3±0.12 <sup>bc</sup>	2.0±0.03	0.9±0.01 <sup>b</sup>
DS (n=9)	8.9±0.32	4.2±0.32 <sup>b</sup>	1.9±0.05	0.9±0.02 <sup>b</sup>
DSS (n=9)	9.1±0.27	4.2±0.12 <sup>b</sup>	1.9±0.04	0.9±0.02 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as those of Table 2.

<sup>2)</sup>Mean of two kidneys.

<sup>3)</sup>All parameter were measured at 5 weeks after induction of diabetes.

<sup>4)</sup>All values are expressed as mean±SE.

<sup>5)</sup>Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 level Duncan's multiple range test.

Table 4. Fasting blood glucose level in STZ-induced diabetic rats fed various bean for 4 weeks (unit: mg/dL)

Group <sup>1)</sup>	3 days <sup>2)</sup>	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
NC (n=9)	98.9±1.8 <sup>3)ad)</sup>	95.50±2.2 <sup>a</sup>	91.72±1.5 <sup>a</sup>	97.79±1.9 <sup>a</sup>	96.08±2.6 <sup>a</sup>
DI (n=9)	448.3±14.1 <sup>bc</sup>	329.27±20.7 <sup>ab</sup>	280.09±19.1 <sup>ab</sup>	278.51±17.6 <sup>ab</sup>	270.49±18.5 <sup>ab</sup>
DC (n=8)	449.9±11.2 <sup>bc</sup>	476.85±17.5 <sup>c</sup>	473.60±11.4 <sup>c</sup>	527.87±11.4 <sup>c</sup>	536.37±16.3 <sup>c</sup>
DB (n=9)	446.9±15.5 <sup>b</sup>	449.05±20.8 <sup>b</sup>	441.05±10.4 <sup>bc</sup>	431.75±11.0 <sup>b</sup>	440.25±13.5 <sup>b</sup>
DY (n=9)	451.7±10.8 <sup>c</sup>	456.38±15.4 <sup>bc</sup>	452.37±15.5 <sup>bc</sup>	449.53±15.9 <sup>bc</sup>	445.43±16.9 <sup>bc</sup>
DS (n=9)	445.4±12.2 <sup>b</sup>	448.69±14.2 <sup>b</sup>	442.29±14.2 <sup>bc</sup>	433.50±12.6 <sup>b</sup>	432.53±14.8 <sup>b</sup>
DSS (n=9)	446.3±10.5 <sup>b</sup>	449.83±10.3 <sup>b</sup>	439.59±11.2 <sup>b</sup>	433.18±8.75 <sup>b</sup>	431.56±11.4 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as those of Table 2.

<sup>2)</sup>Blood glucose was measured after 3 days after induction of diabetes.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±SE.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 level Duncan's multiple range test.

하여 혈중포도당 농도를 분석하였다(Table 4). 혈중 포도당 농도는 정상군(NC)에 비해 당뇨대조군(DI, DC)과 당뇨실험군(DB, DY, DS, DSS)은 혈당이 유의적으로 높았지만(p<0.05) 당뇨실험군은 실험기간 내내 당뇨대조군(DC)보다 유의적으로 낮은 수준이었다(p<0.005). 특히 쥐눈이콩(DS)과 쥐눈이식초콩(DSS) 식이군이 메주콩(DY)보다 혈당강하효과가 뛰어난 것으로 나타났는데 이는 쥐눈이콩이 항산화 효과 높은 풍부한 양의 anthocyan계 색소와 이소플라본, 사포닌을 함유하고 있을 뿐만 아니라 식이섬유는 위장막에서 분비되는 트립신 작용을 저해하여 결과적으로 혈당상승을 느리게 하기 때문인 것으로 보여진다. 이외에도 혈당강하 효과는 쥐눈이콩에 함유된 아스파르트산, 세린, 아르기닌, 알라닌(38-43)과 같은 아미노산에 의해 영향을 받았을 것으로 추정된다.

#### 음용수 섭취량 및 뇨량

고혈당이 유도되는 과정에서 당뇨의 특징적인 증상인 다뇨(polyuria), 다갈(ploydipsia) 현상에 각각의 식이물질들이 미치는 영향을 STZ 투여 후 5주에 걸쳐 1주 1회 측정된 결과를 Table 5에 나타내었다. 정상대조군(NC)은 실험 전기간에 걸쳐 음용수 섭취량 및 뇨량이 있어서 커다란 차이를 보이지 않은 반면에 당뇨대조군(DI, DC)과 당뇨실험군(DB, DY, DS, DSS)은 고혈당이 유도되면서 큰 폭으로 증가하였다. 하

Table 5. Water intake and urine quantity level in STZ-induced diabetic rats fed various bean for 5 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Water intake <sup>2)</sup>	Urine quantity <sup>2)</sup>
NC (n=9)	23.6±3.2 <sup>3)ad)</sup>	11.30±1.7 <sup>a</sup>
DI (n=9)	97.4±2.7 <sup>b</sup>	78.00±4.8 <sup>b</sup>
DC (n=8)	224.4±14.6 <sup>c</sup>	202.20±9.1 <sup>c</sup>
DB (n=9)	200.6±2.0 <sup>bc</sup>	178.70±1.9 <sup>bc</sup>
DY (n=9)	201.0±2.0 <sup>bc</sup>	179.00±2.5 <sup>bc</sup>
DS (n=9)	198.8±3.4 <sup>bc</sup>	177.00±3.5 <sup>bc</sup>
DSS (n=9)	197.6±2.0 <sup>bc</sup>	176.20±1.7 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as those of Table 2.

<sup>2)</sup>Volumes of water intake and urine excretion were measured for 24 hrs at 5 weeks after induction of diabetes.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±SE.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 level Duncan's multiple range test.

지만, 당뇨실험군은 당뇨대조군(DC)과 비교하여 유의적으로 음용수 섭취량과 뇨량이 감소했으며(p<0.05) 당뇨실험군 간의 비교에서는 쥐눈이식초콩(DSS), 쥐눈이콩(DS), 검은콩(DB), 메주콩(DY) 순으로 음용수 섭취량 및 뇨량의 수치 감소가 나타났지만, 각각의 식이투여군들 간에 유의적인 차이는 없었다.

#### 콩가루분 투여가 인슐린 감수성에 미치는 영향

Radioimmuno assay 방법에 의한 혈액 내 혈장의 인슐린

수용체에 대한 결합물의 산출은 labeled  $^{125}$ I-insulin과 unlabeled insulin 간의 경쟁적 원리에 의해서 방사성 활성도 측정에 따라서 산출되었으며, 측정 결과에 따른 각각의 군들에 대한 혈장 인슐린( $\mu$ U/mL) 수치를 Fig. 1에 나타내었다. STZ 투여 후 당뇨유발 3일 후부터 5주에 걸쳐 식이물질을 투여한 후 인슐린 수치를 측정된 결과 당뇨실험군 중 인슐린 투여군(DI)과 모든 당뇨대조군(DB, DY, DS, DSS)의 비교 시 첨가식으로 사육한 당뇨실험군중 쥐눈이콩 식이군(DS)과 쥐눈이식초콩 식이군(DSS)에서 크게는 2배가량 인슐린 감수성이 높게 나타났다. 이들 결과는 Lavigne 등(44)의 실험에서 각종 음식물의 투여 후 인슐린감수성과 당 내성을 비교한 결과 콩 단백질과 콩류에서 가장 높은 대사활성 반응을 보였다는 연구결과와 일치한다.

체중에 미치는 영향

실험기간동안 정상군(NC)을 제외한, 당뇨대조군(DI, DC) 및 첨가식이군인 검정콩식이군(DB), 메주콩식이군(DY), 쥐눈이콩식이군(DS), 쥐눈이식초콩 식이군(DSS)에 대하여 당뇨대조군은 정제된 식수를 경구투여하였으며 첨가식이군은 각각의 시료 첨가식이 방법으로 경구투여를 실시하였다. 또한 당뇨쥐에 있어서 당뇨병 개선에 미치는 영향을 조사하기 위해 첨가식이 급여 시일부터 종료 시까지의 체중의 변화양상에 대하여 측정하였다(Fig. 2). 정상군의 체중은 지속적으로 증가하였고 당뇨대조군 중 인슐린 투여군(DI)에서 체중이 증가한 반면 인슐린 무투여군(DC)에서는 점차적 체중 감소를 보였다. STZ투여 3일 후인 시료를 먹인 시점부터는

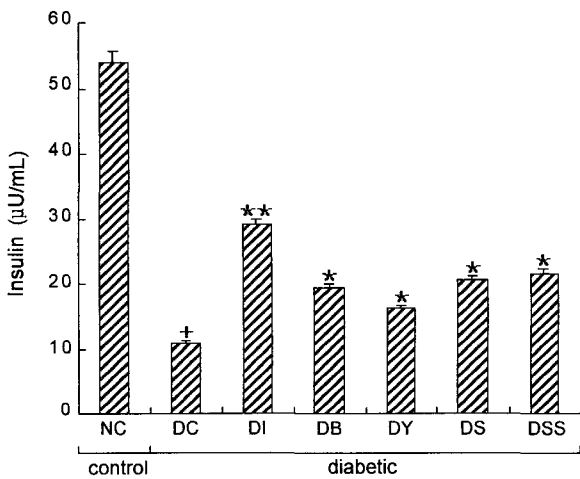


Fig. 1. Changes of plasma insulin level in STZ-induced diabetic rats.

All animals were sacrificed at 4 after induction of diabetes, and blood was collected through abdominal vein. NC, normal control group; DC, diabetic group; DI, diabetic group injected with insulin (4~6 IU); DB, diabetes with small black soybean powder; DS, diabetes with small black soybean powder; DSS, diabetes with vinegar fermented black soybean. Each column represents mean  $\pm$ SE, from 9 animals. \* $p$ <0.01 vs. normal control group, \*\* $p$ <0.01, \* $p$ <0.05 vs. diabetic group.

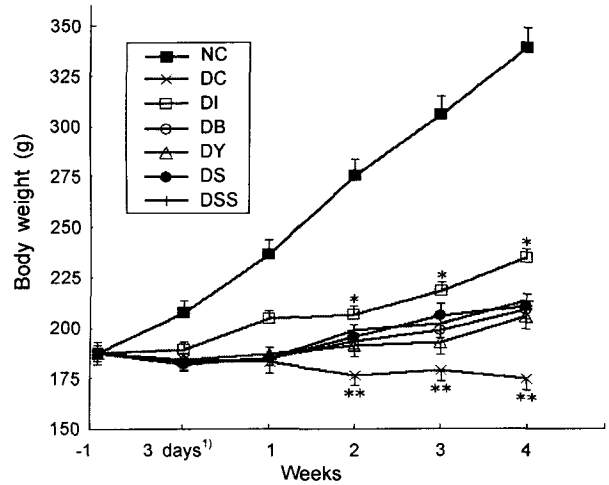


Fig. 2. Changes of body weight in normal and diabetic rats fed various bean powder.

<sup>1)</sup>Blood glucose was measured after 3 days after induction of diabetes.

NC, normal control group; DC, diabetic group; DI, diabetic group injected with insulin (4~6 IU); DB, diabetes with small black soybean powder; DS, diabetes with small black soybean powder; DSS, diabetes with vinegar fermented black soybean. \* $p$ <0.01 us. normal control group, \*\* $p$ <0.05 us. diabetic group.

정상군에 비해 당뇨 유발군의 체중이 유의적으로 낮은 수준을 보였으며( $p$ <0.05), 이는 Ohara와 Tabuchi(45) 및 Preton 등의 연구(46)에서 streptozotocin-유도 당뇨모델 흰쥐의 성장이 급격히 감소하여 체중 감소가 일어났다는 보고와 일치하였다. 그러나 상대적으로 첨가식이군에서는 당뇨대조군에 비해 유의적으로 체중이 증가하였으며 각각의 첨가식이군에서 식이 4주째에는 검정콩식이군(DB)과 메주콩식이군(DY)은 각각  $11.97 \pm 4.48$  g과  $8.76 \pm 4.79$  g의 증가를, 쥐눈이콩(DS)과 쥐눈이식초콩(DSS) 식이군에서 각각  $14.37 \pm 3.65$  g과  $16.71 \pm 5.54$  g의 체중 증가를 보여 동일한 사육기간 동안 쥐눈이식초콩 식이군(DSS)이 메주콩식이군(DY)에 비교하여 평균적으로 2.34 g의 높은 체중 증가를 보였다(Table 6).

한편 당뇨가 유발되면 세포 내에서는 포도당 이용률이 감소하므로 간, 근육 및 지방조직의 지방 및 체내 단백질로부터 에너지를 생산하게 되며, 이로써 체중이 감소된다(47). 또한 STZ 유발 당뇨병 쥐에서 체중 감소 현상은 물과 용질의 교환을 가능하게 하는 모세혈관 표면적의 감소에 의한 골격근의 위축 때문이며 alloxan유도 당뇨 흰쥐 모델의 체중변화와는 달리 회복이 쉽지 않다고 알려져 있다(48).

그러나 본 실험결과 체중증가율은 당뇨대조군(DC)과 비교하여 각각의 콩가루 식이군(DB, DY, DS, DSS)에서 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 쥐눈이콩(DS)과 쥐눈이식초콩(DSS)에서 높게 나타났다. 따라서 이러한 체중증가의 주된 원인은 경구투여를 통한 첨가식에 따른 각각의 콩 식이물질에 함유된 아미노산 및 식이섬유의 추가적 공급에 따라서 인슐린 감수성이 증가되었고, 그에 따라 혈중에 존재하는 당 성분 감소현상과 식이이용효율(FER)이

Table 6. Changes of body weight in STZ-induced diabetic rats fed various bean for 4 weeks

Groups <sup>1)</sup>	3 days <sup>2)</sup>	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
NC (n=9)	207.4±2.8 <sup>3)ad)</sup>	236.4±2.7 <sup>a</sup>	275.6±3.0 <sup>a</sup>	305.9±2.0 <sup>a</sup>	338.8±3.7 <sup>a</sup>
DI (n=9)	189.1±1.9 <sup>ab</sup>	204.5±2.8 <sup>ab</sup>	207.1±2.9 <sup>ab</sup>	218.8±2.1 <sup>ab</sup>	235.1±1.6 <sup>ab</sup>
DC (n=8)	184.1±5.3 <sup>b</sup>	183.2±2.2 <sup>c</sup>	179.3±2.3 <sup>c</sup>	176.7±2.0 <sup>c</sup>	174.8±2.2 <sup>c</sup>
DB (n=9)	182.9±3.7 <sup>b</sup>	184.9±2.5 <sup>bc</sup>	193.4±3.6 <sup>b</sup>	199.4±2.9 <sup>bc</sup>	208.9±2.2 <sup>b</sup>
DY (n=9)	184.1±3.6 <sup>b</sup>	187.2±2.1 <sup>b</sup>	191.6±3.2 <sup>b</sup>	192.9±2.5 <sup>bc</sup>	205.8±2.9 <sup>bc</sup>
DS (n=9)	182.2±3.3 <sup>b</sup>	184.5±2.3 <sup>bc</sup>	196.0±2.5 <sup>b</sup>	207.1±3.2 <sup>b</sup>	210.5±1.7 <sup>b</sup>
DSS (n=9)	182.4±2.8 <sup>b</sup>	185.6±3.0 <sup>bc</sup>	199.4±1.7 <sup>bc</sup>	202.6±3.5 <sup>b</sup>	213.6±3.8 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as those of Table 2.

<sup>2)</sup>Blood glucose was measured after 3 days after induction of diabetes.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±SE.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 level Duncan's multiple range test.

높아지기 때문인 것으로 추론된다.

이와 같은 결과들에 의하여 체중증가율은 당뇨대조군(DC)과 비교하여 각각의 콩가루 식이군(DB, DY, DS, DSS)에서 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 쥐눈이콩군(DS)과 쥐눈이식초콩군(DSS)에서 높게 나타났다. 이들 결과들은 콩류의 첨가가 쥐의 체중감소를 억제시켰다는 Babai 등(49)의 실험결과와도 일치함을 보여준다.

## 요 약

본 연구에서는 임신특산물인 쥐눈이콩 및 쥐눈이식초콩의 혈당강하 및 인슐린 감수성에 대한 효과를 검정콩, 메주콩과 비교하여 조사하였다. 식이물질의 성분검사 결과 쥐눈이콩과 쥐눈이식초콩이 검정콩과 메주콩에 비하여 당뇨개선의 효과가 있는 여러 아미노산 및 식이섬유 함량이 유의적으로 높게 측정되었다. 실험을 위해 평균체중 195.5±0.98 g의 숫컷쥐를 정상군(NC), 당뇨대조군(DI, DC), 검정콩식이군(DB), 메주콩식이군(DY), 쥐눈이콩식이군(DS), 쥐눈이식초콩식이군(DSS)으로 총 7개군으로 나누어 해당식이첨가 시료로 4주간 사육하였다. 당뇨유발을 위해 STZ를 1회(70 mg/kg/rat) 투여하였으며 그 결과 체중변화는 당뇨대조군(DC)에서 21.12 g 감소함에 반하여 각각의 시료를 첨가식이한 당뇨실험군에서 특히 쥐눈이콩(DS)과 쥐눈이식초콩(DSS) 식이군은 높은 식이이용 효율(FER)을 보여 각각 14.73±3.65 g 및 16.71±5.54 g의 몸무게 증가를 보였다. 음용수 및 뇨량의 측정결과 역시 당뇨실험군에서 유의적인 감소(p<0.05)를 보였다. 혈당량은 당뇨대조군(DC)에 비하여 검정콩(DB), 메주콩(DY), 쥐눈이콩(DS), 쥐눈이식초콩(DSS) 식이군이 각각 17.9%, 16.9%, 10.35%, 19.54%씩 유의하게 감소하였으나 정상대조군(NC)보다는 높은 수치를 나타내었다. 또한 당뇨쥐의 인슐린 감수성에 대한 관찰결과 당뇨대조군 중 인슐린 무처지군(DC)에 비하여 모든 당뇨실험군에서 높은 값을 보였다. 결론적으로 임신산 쥐눈이콩과 쥐눈이식초콩은 당뇨쥐의 혈당강하 및 인슐린감수성에 대한 개선작용의 가능성이 있으므로 당뇨합병증 예방의 기능성 식품으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 전북지방중소기업청에서 시행한 2004년도(제 12차) 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업(과제번호: 2004-05)에 의해 수행된 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

- Kim YI, Choi CS, Kim SW. 1998. Prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in Korean adults living in Jungup district. *J Korean Diabetes Assoc* 22: 363-371.
- Kim JY, Park JY, Lee KU. 1994. Diabetes and traditional medicine effect of several traditional drug on the plasma glucose levels in streptozotocin-induced diabetic rat. *J Korean Diabetes Assoc* 18: 377-380.
- Souci SW, Fachmann W, Kraut H. 1994. *Food composition and nutrition table*. CRC Press, NY, USA. p 770-771.
- Kwon TW. 2000. Soybean in the 21st century. *Korea Soybean Digest* 17: 1-4.
- Fiat AM, Migliore-Samour D. 1993. Biologically active peptides from milk proteins with emphasis on two examples concerning antitrombotic and immuno modulating activities. *J Dairy Sci* 76: 301-310.
- Bae EA, Moon GS. 1997. A study on the antioxidative activities of Korean soybean. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 203-208.
- Abrams JJ, Ginberg H, Grundy SM. 1982. Metabolism of cholesterol and plasma triglycerides in non-ketotic diabetes mellitus. *Diabetes* 31: 903-910.
- Prichard KA, Patel ST, Karper CW, Newman HAI. 1986. Increased lipoprotein lipase activity in livers of diabetic rat fed high dietary vitamin E. *Diabetes* 35: 278-281.
- Behren WA, Madere R. 1991. Vitamin C and vitamin E status in the spontaneously diabetics BB rat before the onset of diabetes. *Metabolism* 40: 72-76.
- Richard MJ, Guiraud P, Meo J, Favier A. 1992. High performance liquid chromatographic separation of malondialdehyde thiobarbituric acid adduct in biological materials (plasma and human cells) using a commercially available reagent. *J Chromatogr* 577: 9-18.
- Lissi E, Salim-Hanna M, Pascual C, del Castillo MD. 1995. Evaluation of total antioxidant potential (TRAP) and total antioxidant reactivity from luminal-enhanced chemilumin-

- escence measurement. *Free Redic Bio Med* 18: 153-158.
12. Ghiselli A, Serafini M, Maiani G, Azzini E. 1995. A fluorescence-based method for measuring total plasma antioxidant capability. *Free Redic Biol Med* 18: 29-36.
  13. Sa JH, Shin IC, Jeong KJ, Shin TH. 2003. Antioxidative activity and chemical characteristics from different organs of small black soybean (Yak-Kong) grown in the area of Jungsun. *Korean J Food Sci Technol* 35: 309-315.
  14. Jeong HJ, Jo HB, Kim AK, Park KA, Son YJ, Lee KK. 1998. Studies on tannin contents and physiological function of commercial persimmon vinegars. *Report of S.I.H.E.* 33: 114-118.
  15. Yeo KE, Choi HS, Kim DW, Kim JS, Kim WJ. 2003. Effect of acidification on physical and organoleptic properties of soybean. *J Korean Food Sci Technol* 16: 410-416.
  16. Gold G, Manning M, Heldt A, Nowlain R, Pettit JG, Grodsky GM. 1981. Diabetes induced with multiple subdiabetogenic doses of streptozotocin. *Diabetes* 30: 634-638.
  17. Junod A, Lambert AE, Stauffacher W, Renold AE. 1969. Diabetogenic antion or streptozotocin: relationship of dose to metabolic response. *J Clin Invert* 48: 2129-2139.
  18. Morgan CR, Lazarow A. 1962. Immunoassay of insulin: Two antibody system. Plasma insulin levels in normal, subdiabetic, and diabetic rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 110: 29-32.
  19. Feldman H, Rodbard D. 1971. Methematical theory of radioimmunoassay. In *Principles of competitive protein binding assays*. Odell WD, Doughaday WH, eds. J.B. Leppincott Company, Phil. p 158-207.
  20. Wang HJ, Murphy PA. 1994. Isoflavones content in commercial soybean foods. *J Agric Food Chem* 42: 1666-1673.
  21. Barnes S, Kirk M, Coward L. 1994. Isoflavones and their conjugates in soy food. *J Agric Food chem* 42: 2466-2474.
  22. AccQ-Tag™. 1963. AccQ-Tag amino acid analysis system: Operator's manual. Waters Corporation, USA. p 154.
  23. Paola F, Rosanna V. 1987. Identification and partial purification of a (Na-K)ATPase stimulating serine protease from plasma of insulin-dependent diabetics. *Clinica Chimi Acta* 170: 121-134.
  24. Noe AV, Pedro Z, Eduarda C, Beatriz V, Edgar Z, Guillermo CS. 2003. Effect of glycine in streptozotocin-induced diabetic rats. *Comparative Bio & Physio Part C* 134: 521-527.
  25. Shinjiro K, Miho S, Ikuko K, Histoshi K, Ryoji N, Seikoh H, Nebuyoshi H. 2002. Roles of N<sup>ε</sup>-(carboxymethyl)lysine for neovascularization of cultured retinal capillary in early and advanced stages of streptozotocin-diabetic rats. *Intel Congress Series* 1245: 175-180.
  26. Mendez JD, Balderas F. 2001. Regulation of hyperglycemia and dyslipidemia by exogenous L-arginine in diabetic rats. *Biochimie* 83: 453-458.
  27. Rutkiewicz J, Gorska M, Gorski J. 1990. Alanine and aspartate aminotransferase activities in muscles of diabetic rats. *Acta Physiol Pol* 41: 165-169.
  28. 채규수, 강갑성, 마상조, 방광웅. 2002. 표준식품 분석학, 수정판. 도서출판 지구문화사, 서울. p 708-709.
  29. 김경삼, 금중화, 노승배, 문숙희. 1999. 식품분석, 초판. 도서출판 호일문화사, 서울. p 860-287.
  30. Cameron-Smith D, Habito R, Barnett M, Collier GR. 1997. Dietary guar gum improves insulin sensitivity in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Nutr* 127: 359-364.
  31. Gallaher DD, Olson JM, Larntz K. 1992. Dietary guar gum halts further renal enlargement in rats with established diabetes. *J Nutr* 122: 2391-2397.
  32. Niall MG, Rosaleen AM, Daphne O, Patrick BC, Alan HJ, Gerald HT. 1990. Cholesterol metabolism in alloxan-induced diabetic rabbits. *Diabetes* 39: 626-636.
  33. Harvey JN, Jaffa AA, Margolius HS, Mayfield RK. 1990. Renal kallikrein and hemodynamic abnormalities of diabetic kidney. *Diabetes* 39: 299-304.
  34. Grey NJ, Karls I, Kipnis DM. 1975. Physiologic mechanism in the development of starvation ketosis in man. *Diabetes* 24: 10-12.
  35. Steer KA, Sochor M, Mclean P. 1985. Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. *Diabetes* 34: 485-490.
  36. Mogensen CE, Anderson MJF. 1973. Increase kidney size and glomerular filtration rate in early juvenile diabetes. *Diabetes* 22: 706-712.
  37. Gallaher DD, Casallany AS, Shoeman DW, Olson JM. 1993. Diabetes increases excretion of urinary malonaldehyde conjugates in rats. *Lipid* 28: 663-666.
  38. Seyer-Hansen K. 1976. Renal hypertrophy in streptozotocin-diabetic rats. *Clin Sci Mol Med Suppl* 51: 551-555.
  39. Reddi AS, Bollineni JS. 2001. Selenium-deficient diet renal oxidative stress and injury via TGF- $\beta$ 1 in normal and diabetic rats. *Kidney Int* 59: 1342-1353.
  40. Kim JY, Maeng YS, Lee KY. 1995. Antioxidative effects of soybean extracts by using various solvents. *J Korean Food Sci Technol* 27: 635-639.
  41. Kim CS, Lee YS, Kim JS, Hahn YH. 2000. High performance liquid chromatographic analysis of isoflavones in soybean food. *J Korean Food Sci Technol* 32: 25-30.
  42. Chio YB, Sohn HS. 1998. Isoflavone content in Korean fermented and unfermented soybean foods. *J Korean Food Sci Technol* 30: 745-750.
  43. Kim JS, Yoon S. 1999. Isoflavone contents and  $\beta$ -glucosidase activities of soybean, meju, and doenjang. *J Korean Food Sci Technol* 31: 1405-1409.
  44. Lavigne C, Marette A, Jacques H. 2000. Cod and soy proteins compared with casein improve glucose tolerance and insulin sensitivity in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278: E491-500.
  45. Ohara I, Tabuchi R. 2000. Effects of modified rice bran on serum lipids and taste preference in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutr Res* 20: 59-60.
  46. Preton AM, Tome J, Morales JJ, Milan L, Cuevas AA, Medina J, Santiago JA. 1991. Diabetic parameters 58 weeks after injection with streptozotocin in rats fed basal diet supplemented with fiber, mineral and vitamins. *Nutr Res* 11: 895-906.
  47. Kim MH, Kim HY, Kim WK, Kim JY, Kim SH. 2001. Effects of soy oligosaccharides on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Nutr* 34: 3-13.
  48. Sexton WL. 1994. Skeletal muscle vascular transport capacity in diabetic rats. *Diabetes* 43: 225-231.
  49. Dabai FD, Walker AF, Sambrook IE, Welch VA, Owen RW. 1996. Comparative effects on blood lipids and faecal steroids of five legume species incorporated into a semipurified hypercholesterolaemic rat diet. *Br J Nutr* 75: 557-571.

(2004년 8월 24일 접수; 2004년 11월 29일 채택)