

# 한국산 식용 및 약용 식물의 섭취가 당뇨 유발 흰쥐의 혈당, 글리코겐 및 단백질 농도에 미치는 영향\*

- 고본, 누룩치, 모시대 및 산초를 이용하여 -

임숙자<sup>§</sup> · 한혜경 · 고진희

덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과

## Effects of Edible and Medicinal Plants Intake on Blood Glucose, Glycogen and Protein Levels in Streptozotocin Induced Diabetic Rats\*

Lim, Sook Ja<sup>§</sup> · Han, Hye Kyoung · Ko, Jin Hee

Department of Food & Nutrition, College of Natural Sciences, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea

### ABSTRACT

The hypoglycemic effects of four edible plants (*Angelica tenuissima* (*A. ten.*), *Pleurospermum kamtschaticum* (*P. kam.*), *Adenophora remotiflora* (*A. rem.*) and *Zanthoxylum schinifolium* (*Z. sch.*)) in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats were investigated. Sprague-Dawley male rats weighing 190 – 230 g were induced diabetes mellitus by the STZ injection (45 mg/kg) into the tail vein and were divided into six groups : normal, STZ-control and four edible plant groups (*A. ten.*, *P. kam.*, *A. rem.* and *Z. sch.* groups). Normal and STZ-control groups were fed a AIN-93 diet and four groups of STZ-induced diabetic rats were fed one of each experimental diets containing 10% of the edible plant powder for 4 weeks. Diabetic rats showed the lower weight gain compared to the normal rats. In experimental groups except *P. kam.*, AST activities were close to normal. *A. ten.* group were lowered ALT activities slightly. The plasma glucose levels of the diabetic experimental groups were significantly decreased at 4th week. The plasma insulin levels in diabetic experimental groups were not significantly different compared to the STZ-control group. The liver glycogen levels in STZ injected rats were significantly lower in compared to the normal rats. However no significant differences were found in response experimental plants intake in diabetic rats. The muscle glycogen were not significantly different among all the groups. (*Korean J Nutrition* 36(10) : 981~989, 2003)

**KEY WORDS :** *Angelica tenuissima*, *Pleurospermum kamtschaticum*, *Adenophora remotiflora*, *Zanthoxylum schinifolium*, streptozotocin-induced diabetic rats, hypoglycemic effect.

### 서 론

우리나라는 영양부족 및 영양불량으로부터 초래되는 질환은 감소하는 반면 영양과잉이나 영양불균형에서 오는 고혈압, 관상동맥질환 및 당뇨와 같은 질환이 지속적으로 증가하고 있다.<sup>1-3)</sup> 식생활의 변화로 곡류와 채소류의 섭취는 감소하고, 가공식품의 섭취가 증가하고 있으며, 동물성 식품의 섭취가 증가함에 따라 만성퇴행성질환이 크게 대두되고 있으며, 점차 증가하는 추세를 보여 심각한 문제로 등장

하고 있는 실정이다.<sup>4)</sup>

당뇨병은 췌장에 있는  $\beta$ -세포에서의 인슐린 분비장애와 말초조직에 대한 인슐린 저항에 의해 초래되는 고혈당을 특징으로 하는 질환이다.<sup>5)</sup> 당뇨가 오래 지속되고 치료가 적절히 이루어지지 않으면 혈중 포도당이 체내로 이동되지 못하고 장기내 글리코겐이 분해되며 인슐린이 관여하는 당질, 단백질 및 지방의 에너지 대사에 이상이 초래된다. 이러한 당뇨의 증세가 계속되면 신경변증, 혈관질환 및 폐결핵 등의 많은 합병증을 수반하게 되고,<sup>6)</sup> 또한 단백질 결핍과 헤모글로빈, 헤마토크릿, 철분 및 아연의 감소경향이 나타나기도 한다.<sup>7)</sup>

당뇨병의 치료를 위해 민간요법으로서 효과가 있는 것으로 알려진 천연식물은 약 400여종으로 보고되고 있으며,<sup>8)</sup> 한국산 식용 및 약용식물들의 항당뇨 연구가 계속적으로 이

접수일 : 2003년 2월 10일

채택일 : 2003년 12월 15일

\*This research was funded by Promoting program for the basis for Women's University (00-N6-05-01-A-01).

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

루어지고 있다.<sup>9-11)</sup> 특히 식용 및 약용식물 연구의 일환으로 강원도 산지를 중심으로 산채류의 성분조사<sup>12)</sup>와 산채류의 기능성을 살린 식품개발에 관한 연구<sup>13)</sup>가 이루어지고 있다. 식용 및 약용식물 추출물과 화합물의 과산화지질 생성에 미치는 영향<sup>14)</sup> 및 항산화성 연구<sup>15)</sup>도 발표되고 있다.

고본 (*Angelica tenuissimae*)은 산형과 (Umbelliferae) 식물로 근경과 뿌리를 건조하여 사용한다.<sup>16)</sup> 주요 성분으로는 3-butylphthalide, 3-butylidenephthalide, cnidilide, methylengenol 및 ligustilide 등의 성분이 보고되어있다. 특히 butylidenephthalide의 비특이적 항경련 작용<sup>17,18)</sup> ligustilide의 쥐 동맥평활근의 증식억제 효과 및 알츠하이머병 등의 효과<sup>19,20)</sup> ligustilide와 butylidenephthalide의 항암활성 효과가 있다<sup>21)</sup>는 보고가 있다. Kim 등의 연구<sup>22)</sup>에서는 고본의 정유성분이 혈당강하, 혈압조절, glutathione-S-transferase활성 및 혈전용해능력이 있음을 밝혀내었다.

누룩치 (*Pleurospermum kamtschaticum*)는 깊은 산 양지에서 자라는 산형과의 다년초로서 연한 엽병은 고추장이나 된장에 찍어서 먹는데 독특한 냄새가 있어 처음 먹을 경우 쉽게 받아들여지지 않는다. 신맛, 쓴맛 및 뚝뚝맛을 지닌 잎을 장아찌로 가공하여 강원도 특히 설악산 지역에서 사용하고 있다.<sup>23)</sup> 비타민 A가 풍부하며, 소화촉진 효과 및 항암 기능에 관한 연구<sup>24)</sup>가 보고된 바 있다.

모시대 (*Adenophora remotiflora*)는 초롱꽃과 (Campanulaceae)에 속하는 식물로 음식으로 이용할 때 어리고 부드러운 잎을 따서 뜨거운 물에 데쳐 나물로 무치거나 줄기와 잎을 날것으로 갖은 양념을 무쳐 먹기도 한다. 골다공증과 골연화증 예방에 쓰이고 빈혈과 저산소증에 도움이 된다. 또한 아스코르빈산과 비타민이 풍부하여 스트레스감소, 감기 예방 및 발암물질 억제에 효과가 있다고 한다.<sup>11)</sup>

산초 (*Zanthoxylum schinifolium*)는 운향과 (蓼香科, Rutaceae)에 속하는 식물로 우리나라를 비롯하여 중국과 일본 등 동북아시아에 널리 자생한다. 방향성 건위, 소염, 이뇨 및 구충제로서 사용되고 위장을 자극하여 신진대사를 항진시키고 위하수증과 위확장 등에 유용하며, 예로부터 해독 살충약을 비롯하여 식욕증진, 치통, 신경통, 저혈압증, 냉증, 참석증, 요로결석, 지사제, 감기, 진해제 및 증풍치료에 다양하게 이용되어 왔다.<sup>25)</sup> 산초는 우리나라 야산에 널리 자생하여 향신료로 추어탕에 첨가되어 비린내 제거뿐만 아니라 민물 추어에 많이 함유된 불포화지방산의 과산화억제효과와도 관련이 있을 것으로 추정되고 있다. 또한 *in vitro* 실험에서 산초 및 그 활성성분인 guercetin-3-O- $\beta$ -D-galactopyranoside (hyperoside)가 항산화능이 매우 높다는 사실이 밝혀져 있으며,<sup>26)</sup> 산초의 메탄올 추출물은 사

염화탄소로 독성을 유발시킨 흰쥐에서 혈청 및 간장에서의 지질과산화 억제효과 및 간독성 예방효과가 보고되었다.<sup>27)</sup>

본 연구에서는 우리나라 고유 식용식물 자원의 효능탐색을 체계적으로 수행하고자 계획된 연구의 일환으로 한국에서 자생하는 방향성 식용 및 약용식물인 고본, 누룩치, 모시대 및 산초를 이용하여 당뇨병 치료의 실질적 접근을 위한 항당뇨 효능에 관하여 알아보고자 하였다. 본 실험 식물의 섭취가 당뇨 쥐에서 혈당, 글리코겐 및 단백질농도에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 식물은 “천연소재 식물성자원활용 식품개발” 연구의 일환으로 한국에서 자생하는 방향성식물을 선택하고 그 중에서 고본, 누룩치, 모시대 및 산초의 4가지 식물을 선택하였다. 실험재료 중 고본의 근경과 산초의 열매는 음건한 것을 경동시장에서 구입하였고, 누룩치와 모시대는 강원도산으로 잎, 줄기 및 뿌리의 식물 전체를 세정한 후 음건하였다. 모든 재료는 분쇄하여 분말 (80 mesh)로 만들어 식이에 첨가하였다.

### 2. 실험동물 사육 및 당뇨유발

샘타코 (Sam : TacN (SD)BR)로부터 공급받은 7주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 환경에 적응시키기 위해 고행사료 (삼양사료주식회사)로 예비사육한 후 체중에 따라 난괴법에 의하여 1군의 정상군과 5군의 당뇨유발군으로 분리하였다. 당뇨유발군은 당뇨대조군 (STZ-control)과 고본군 (*A. ten.*), 누룩치군 (*P. kam.*), 모시대군 (*A. rem.*) 및 산초군 (*Z. sch.*)의 4가지 당뇨실험군으로 분리하였다. Stainless steel cage에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 정상군과 당뇨대조군은 AIN-93조제식이<sup>28)</sup>를, 당뇨실험군은 AIN-93 조제식이를 변형하여 (대조군의 cellulose를 5%, corn starch 15%대신 실험재료의 섬유소가 대조군의 cellulose 5%와 비슷하게 들어있다는 것을 가정하여 실험군에서는 해당 실험식물분말을 10%, corn starch 10% 첨가) 동물사료로 사용하였다.

당뇨를 유발시키기 위하여 16시간동안 실험동물을 절식시킨 후, 췌장의  $\beta$ -세포에만 특이적으로 작용하여 다른 기관에 영향을 미치지 않는다고 알려진 streptozotocin (STZ, Sigma Chemical Co.)<sup>29,30)</sup>을 pH 4.5의 0.01 M citrate buffer에 45 mg/kg 농도로 녹여 꼬리정맥에 주사하였다. 정상군은 동량의 citrate buffer 용액을 주사하였다. 주사

후 24시간 후에 안구정맥총에서 혈액을 채취하여 원심분리 (HA-300, Hanil Centrifuge Co., Ltd) 한 후 상장액을 취하여 비공복시 혈장 중의 포도당 농도가 300 mg/dl 이상인 것을 당뇨가 유발된 것으로 확인하였다.

3. 분석시료 채취

혈액의 채취는 일주일 간격으로 9 : 00~10 : 00에 실험 동물을 에테르로 마취시킨 후 안구정맥총에서 채혈하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 혈장만을 취해 비공복시 포도당 농도를 측정하였다. 실험 마지막 주에는 실험동물을 단두로 희생시킨 직후, 해파린 처리한 시험관에 혈액을 취하여 그 일부는 헤마토크릿치를 측정하였고 나머지는 3,000 rpm에서 15분간 냉장 (4℃)에서 원심분리한 후 혈장만을 취하여 분석시까지 -70℃에서 급속 냉동시켜 보관하였다. 채혈 후 즉시 실험동물의 복부를 절개하여 간장, 폐, 신장, 심장, 췌장 및 비장을 적출하여 각각의 무게를 측정하였다. 근육은 뒷다리 상단부에서 적출한 후 분석시까지 -70℃에서 보관하였다.

4. 시료의 분석

매일 일정한 시간에 식이섭취량을 측정하였다. 식이효율은 전체 체중증가량을 같은 기간동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였으며 매주 일정한 시간에 동일한 순서로 체중을 측정하였다. 헤마토크릿치는 microhematocrit법<sup>31,32)</sup>으로 측정하였고, aspartate aminotransferase (AST)와 alanine aminotransferase (ALT) 활성도를 알아보기 위하여 Reitman-Frankel법<sup>33)</sup>에 의해 제조된 kit (영동제약)를 사용하여 측정하였다. 혈장 포도당은 glucose oxidase법<sup>34)</sup>에 의하여 제조된 kit (영동제약)를 사용하여 측정하였다. 혈장 인슐린 함량은 RIA (competitive method) 방법<sup>35)</sup>으로 Gamma counter (Peckard, USA)를 이용하여 측정하였다. 간장과 근육의 글리코겐 함량은 Hassid와 Abraham의 방법<sup>36)</sup>에 의해 분석하였고 혈장 단백질 함량 분석은 혈장을 취하여 biuret 시약과 반응시켰다.<sup>37)</sup> 간장, 폐, 신장 및 췌장의

단백질함량은 Lowry 등<sup>38)</sup>의 방법에 따라 분석하였다. 모든 실험결과는 평균 및 표준편차를 계산하였고 비교군들 간의 유의성 검증은 PC-Stat Program<sup>39)</sup>을 이용하여 F-test를 한 후 L.S.D. 검사법으로 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 체중의 변화 및 식이이용효율

실험식물을 4주간 섭취시킨 흰쥐의 체중변화는 Fig. 1에 나타나있다. 본 실험기간동안 실험동물의 체중변화는 초기 체중에 비해 당뇨가 유발되지 않은 정상군이 127.6 ± 16.9 g의 가장 큰 체중증가를 보인 반면, 당뇨대조군은 56.0 ± 16.9 g의 체중감소를 나타내었다. 당뇨실험군에서 모시대군

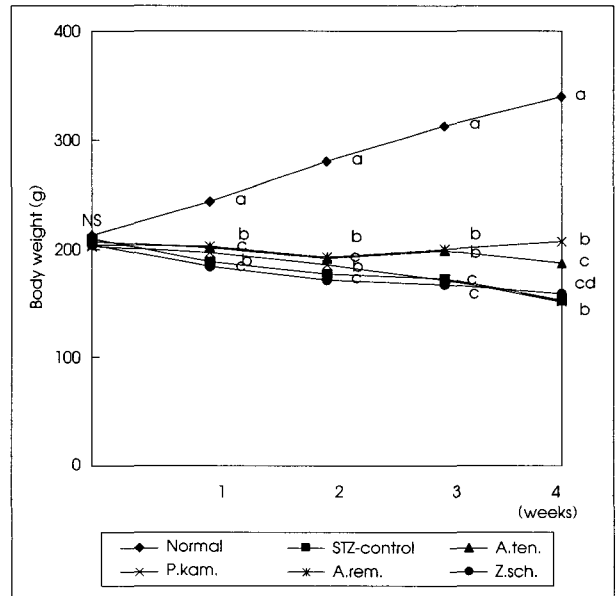


Fig. 1. Changes in body weights of normal and diabetic rats, Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, A. ten.: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissima*, P. kam.: STZ-group supplemented with *Pleurospermum kamtschaticum*, A. rem.: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, Z. sch.: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*.

Table 1. Food intake and feed efficiency ratio (FER) in normal and diabetic rats (g/day)<sup>1)2)</sup>

	Normal	STZ-control	A. ten.	P. kam.	A. rem.	Z. sch.
1st week	16.0 ± 1.4 <sup>a</sup>	22.8 ± 5.6 <sup>b</sup>	23.2 ± 6.4 <sup>b</sup>	25.8 ± 3.7 <sup>b</sup>	24.4 ± 4.2 <sup>b</sup>	24.7 ± 3.0 <sup>b</sup>
2nd week	17.1 ± 1.6 <sup>a</sup>	32.4 ± 3.6 <sup>b</sup>	33.5 ± 5.7 <sup>b</sup>	32.9 ± 3.7 <sup>b</sup>	32.1 ± 5.7 <sup>b</sup>	25.6 ± 1.9 <sup>c</sup>
3rd week	18.3 ± 1.4 <sup>a</sup>	33.9 ± 5.9 <sup>bc</sup>	34.0 ± 5.5 <sup>bc</sup>	38.3 ± 10.5 <sup>b</sup>	34.2 ± 7.8 <sup>bc</sup>	31.7 ± 4.9 <sup>c</sup>
4th week	19.1 ± 2.5 <sup>a</sup>	29.5 ± 8.4 <sup>bc</sup>	33.7 ± 5.4 <sup>bd</sup>	29.1 ± 5.7 <sup>bc</sup>	35.6 ± 5.1 <sup>d</sup>	23.8 ± 6.2 <sup>cc</sup>
Mean	17.6 ± 1.5 <sup>a</sup>	29.7 ± 1.6 <sup>bc</sup>	31.1 ± 5.3 <sup>bc</sup>	31.5 ± 2.8 <sup>b</sup>	31.6 ± 5.2 <sup>b</sup>	27.8 ± 3.8 <sup>b</sup>
FER	0.259 ± 0.021 <sup>a</sup>	-0.070 ± 0.021 <sup>b</sup>	-0.004 ± 0.020 <sup>c</sup>	-0.058 ± 0.014 <sup>bd</sup>	-0.001 ± 0.014 <sup>c</sup>	-0.040 ± 0.010 <sup>d</sup>

1) Values are mean ± S.D., n=4-8

2) Values with different superscripts within the row are significantly different at 5% level. Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, A. ten.: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissima*, P. kam.: STZ-group supplemented with *Pleurospermum kamtschaticum*, A. rem.: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, Z. sch.: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*

(*A. rem.*)이 체중증가 ( $4.5 \pm 20.2$  g)를 보였고, 고분군 (*A. ten.*), 누룩치군 (*P. kam.*) 및 산초군 (*Z. sch.*)은 각각  $19.6 \pm 31.2$  g,  $51.4 \pm 13.4$  g 및  $44.9 \pm 18.5$  g의 체중 감소를 보였다. STZ 투여에 따른 인슐린 생성부족으로 당뇨가 유발되면 에너지 대사에 이상이 발생하게 되고 체중이 감소한다고 한다.<sup>40)</sup> Furuse 등<sup>41)</sup> 및 Fisher와 Stewart<sup>42)</sup>는 STZ 당뇨 유발 흰쥐에서 성장의 감소와 체중의 감소를 보고하였다. 다른 연구<sup>43,44)</sup>에 의하면 STZ 유발 당뇨 흰쥐의 체중감소 현상은 물질과 용질 교환이 가능한 모세혈관의 최대 표면적이 상대적으로 감소되어 나타난 골격근의 위축 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서도 당뇨대조군이 정상군에 비하여 체중감소가 크게 나타났다. 모시대군 (*A. rem.*)을 제외한 당뇨실험군에서는 초기체중에 비하여 체중이 감소하였으나, 모시대군 (*A. rem.*)은 초기체중을 유지하였으므로, 모시대의 섭취가 당뇨시의 급격한 체중감소를 억제할 수 있다고 사료된다.

식이섭취량 및 식이이용효율은 Table 1과 같다. 정상군과 비교할 때 당뇨실험군에서 뚜렷한 식이섭취량의 증가를 보였는데 이는 당뇨병의 주요증세인 다식현상으로 생각된다. 한편 식이이용효율은 정상군에서만 양성을 보이었고, 당뇨대조군과 모든 실험군에서는 음성효과를 나타내었다. 이와 같이 정상군에 비해 당뇨군의 식이섭취량이 많음에도 불구하고 계속적인 체중감소가 나타난 것은 당뇨에 의한 체내 대사의 퇴행적인 변화 때문인 것으로 보여진다.<sup>45)</sup> 그러나 당뇨대조군에 비하여 누룩치군 (*P. kam.*)을 제외한 당뇨실험군에서 유의적으로 높은 식이이용효율을 보였다.

2. 장기 무게에 미치는 영향

실험동물의 간장, 폐, 신장, 심장, 췌장 및 비장의 무게는 Table 2와 같으며 각 장기를 체중 100 g당 무게로 환산하였다. 간장의 무게는 정상군에 비해 당뇨대조군이 무겁게 나타났으며 모든 실험군의 무게가 정상군에 비하여 모두 증가하였으므로 본 실험 결과는 당뇨유발시 간장의 크기가 정

상에 비해 비대해진다는 보고<sup>46,47)</sup>와 일치하였다. 이는 STZ으로 당뇨가 유발되면 면역기능에 영향을 받게 되어 인슐린 분비가 감소되고 비정상적인 당대사로 인해 간장 내 지질 성분이 축적되기 때문이라는 것을 알 수 있었다.<sup>48)</sup> 한편 당뇨실험군간에는 누룩치군 (*P. kam.*)이 가장 작은 수치를 보였다. 폐와 신장의 무게도 정상군에 비해 당뇨대조군이 유의적으로 무겁게 나타났으며, 한편 당뇨대조군에 비하여 모든 당뇨실험군이 가벼운 경향을 보였으며 모시대군 (*A. rem.*)에서 특히 유의적인 차이를 보였다. 당뇨가 유발되면 배설량이 증가되고 혈액 내의 높은 농도의 포도당이 pentose phosphate 경로를 거쳐 phosphoribosyl pyrophosphate를 공급하여 DNA와 RNA 합성의 증가 등 신장의 세포분열을 증가시켜 신장이 비대해지기 때문으로 추정된다고 한다.<sup>49)</sup> 또한 신장의 비대현상은 혈장내 높은 농도의 포도당이 세포막의 비대를 가져오는 UDP-galactose 또는 글리코겐으로 대사되어 사구체내의 mesangial cell에 축적되어 나타난다고 하였다.<sup>50)</sup> 한편 Schaefer 등의 연구<sup>51)</sup>에서 STZ 당뇨 유발시 세포중식과 사구체내에 matrix 축적으로 당뇨동물의 신장크기가 증가된다고 하는 보고와 본 실험의 당뇨

Table 3. Effect of experimental plants on hematocrit level and aminotransferase activities in normal and diabetic rats<sup>1)2)</sup>

	Hematocrit (%)	AST (KA unit/L)	ALT (KA unit/L)
Normal	44.4 ± 3.6 <sup>a</sup>	132.6 ± 19.3 <sup>a</sup>	22.6 ± 4.4 <sup>a</sup>
STZ-control	47.3 ± 4.5 <sup>ab</sup>	188.5 ± 90.6 <sup>ab</sup>	95.3 ± 33.6 <sup>bc</sup>
<i>A. ten.</i>	46.3 ± 3.3 <sup>ab</sup>	133.6 ± 36.5 <sup>a</sup>	79.5 ± 4.7 <sup>c</sup>
<i>P. kam.</i>	48.5 ± 1.3 <sup>ab</sup>	215.1 ± 76.3 <sup>b</sup>	129.5 ± 43.9 <sup>b</sup>
<i>A. rem.</i>	49.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	160.4 ± 31.6 <sup>a</sup>	124.9 ± 41.7 <sup>b</sup>
<i>Z. sch.</i>	46.9 ± 2.6 <sup>ab</sup>	130.2 ± 17.2 <sup>a</sup>	105.3 ± 27.5 <sup>bc</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 4-8

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at 5% level, Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, *A. ten.*: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissimae*, *P. kam.*: STZ-group supplemented with *Pleurospermum kamtschaticum*, *A. rem.*: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, *Z. sch.*: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*

Table 2. Organ weights in normal and diabetic rats (g/100 g)<sup>1)</sup>

	Liver	Lung	Kidney <sup>2)</sup>	Heart	Pancreas	Spleen
Normal	3.10 ± 0.25 <sup>ad3)</sup>	0.38 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.30 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.08 <sup>NS4)</sup>	0.21 ± 0.02 <sup>ab</sup>
STZ-control	4.03 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.75 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.04	0.19 ± 0.03 <sup>b</sup>
<i>A. ten.</i>	5.52 ± 0.45 <sup>c</sup>	0.57 ± 0.11 <sup>bc</sup>	0.74 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.03	0.20 ± 0.02 <sup>ab</sup>
<i>P. kam.</i>	3.78 ± 0.78 <sup>b</sup>	0.58 ± 0.06 <sup>bc</sup>	0.71 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.03	0.14 ± 0.06 <sup>c</sup>
<i>A. rem.</i>	4.18 ± 0.25 <sup>bd</sup>	0.52 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.64 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.13	0.22 ± 0.04 <sup>bc</sup>
<i>Z. sch.</i>	4.36 ± 0.21 <sup>d</sup>	0.66 ± 0.19 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.06	0.21 ± 0.02 <sup>ab</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 4-8

2) Means of two kidneys

3) Values with different superscripts within the column are significantly different at 5% level

4) NS: not significant at 5% level, Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, *A. ten.*: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissimae*, *P. kam.*: STZ-group supplemented with *Pleurospermum kamtschaticum*, *A. rem.*: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, *Z. sch.*: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*

대조군이 정상군에 비하여 크게 비대해짐의 결과와 일치하였다. 심장의 무게는 정상군과 당뇨대조군 비교시 당뇨대조군이 유의적으로 무겁게 나타났으나, 모든 당뇨실험군은 당뇨대조군에 비하여 유의적으로 가볍게 나타났으며 정상군과 같은 수준이었다. 체장은 모든 실험군간에 유의적인 차이를 보이지 않았고 비장은 누룩치군 (*P. kam.*)에서 유의적으로 감소하였다. 모시대군 (*A. rem.*)은 폐, 신장 및 심장의 무게에서 당뇨대조군에 비하여 가벼운 경향을 보여 모시대의 섭취로 인하여 당뇨로 비대화된 장기에 영향을 줄 수 있음을 시사하였다.

**3. 헤마토크릿치와 Aminotransferase 활성도에 미치는 영향**

본 실험 식물 섭취가 헤마토크릿치와 aminotransferase 활성도에 미치는 영향이 Table 3에 나타나 있다. 헤마토크릿치는 정상군과 비교시 당뇨대조군 및 당뇨실험군에서 46.3~49.6%로 높은 수치를 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. Harvey 등의 실험<sup>47)</sup>에서 당뇨 흰쥐의 헤마토크릿치가 41~47%이었으며, Brooks 등의 연구<sup>50)</sup>에서도 STZ 당뇨 흰쥐는 40 ± 2%, 정상 흰쥐는 42 ± 1%로 나타나 당뇨 흰쥐와 정상 흰쥐의 헤마토크릿치는 비슷한 수준이었다고 보고하였으며, 본 실험에서도 정상군과 당뇨대조군 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

혈장 AST 활성도는 정상군에 비해 당뇨대조군에서 상승하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며 누룩치군 (*P. kam.*)을 제외한 당뇨실험군에서 당뇨대조군과 비교하여 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. 한편 혈장 ALT 활성도는 정상군에 비해 당뇨대조군과 당뇨실험군에서 유의적으로 상승되었으나 당뇨대조군에 비해 고본 섭취군 (*A. ten.*)에서 감소하는 경향을 보였다.

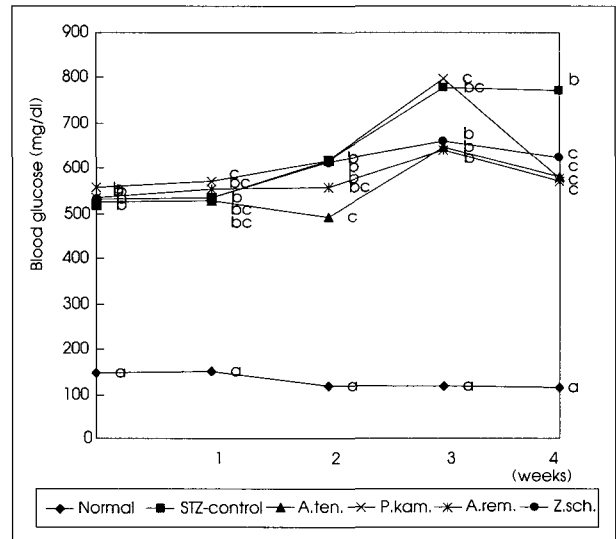
AST 및 ALT 활성도는 간세포에 다량 존재하는 효소로서 간의 손상시 세포 외로 유출되어 혈중에 증가됨으로써 간 손상의 지표로 이용되는데<sup>51)</sup> STZ투여로 ALT와 AST 활성도가 정상군에 비해 당뇨대조군에서 증가하였다. 본 실험에서는 혈장 AST 활성도가 당뇨대조군에 비해 누룩치군 (*P. kam.*)을 제외한 당뇨실험군에서 감소하였으며 (Table 3), 정상군과 유사한 수준을 나타냈으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 또한 ALT활성도에서는 당뇨대조군에 비해 고본실험군 (*A. ten.*)에서 약간의 감소함을 보였다.

Choi 등<sup>54)</sup>은 당뇨 쥐에 nicotinamide를 투여한 실험군의 혈장 AST 및 ALT 활성도가 유의적인 차이를 보이지 않았음은 당뇨에 의한 간의 합병증이 일어나지 않았기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서는 당뇨에 의한 AST 및 ALT 활성도가 고본의 투여로 인해 감소하였으며 이는 STZ

로 인한 간손상이 개선될 가능성을 시사하였다.

**4. 혈장 포도당과 인슐린 함량에 미치는 영향**

식용 및 약용식물 섭취에 따른 혈장 포도당 농도를 1주일 간격으로 측정된 결과가 Fig. 2에 나타나 있다. 실험기간 중에 STZ 주사로 인하여 당뇨대조군은 정상군에 비해 혈장 포도당 수준이 현저하게 증가하였으며 실험 4주 후 모든 당뇨실험군은 당뇨대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다. 당뇨대조군은 초기에 비해 149.2%으로 증가한데 비해 고본군 (*A. ten.*), 누룩치군 (*P. kam.*), 모시대군 (*A. rem.*) 및 산초군 (*Z. sch.*)이 각각 110.6%, 103.1%, 107.2% 및 117% 증가함을 보였으므로 본 실험 식물 식이 섭취가 당



**Fig. 2.** Effect of experimental plants on plasma glucose levels in normal and diabetic rats (mg/dl). Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, *A. ten.*: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissima*, *P. kam.*: STZ-group supplemented with *Pleurosperrum kamtschaticum*, *A. rem.*: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, *Z. sch.*: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*.

**Table 4.** Effect of experimental plants on insulin levels in normal and diabetic rats<sup>1)2)</sup>

	Insulin (mIU/ml)
Normal	5.17 ± 0.89 <sup>a</sup>
STZ-control	2.97 ± 1.42 <sup>b</sup>
<i>A. ten.</i>	3.21 ± 0.73 <sup>b</sup>
<i>P. kam.</i>	2.92 ± 0.99 <sup>b</sup>
<i>A. rem.</i>	3.34 ± 0.22 <sup>b</sup>
<i>Z. sch.</i>	2.89 ± 0.52 <sup>b</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 4 - 8

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at 5% level. Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, *A. ten.*: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissima*, *P. kam.*: STZ-group supplemented with *Pleurosperrum kamtschaticum*, *A. rem.*: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, *Z. sch.*: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*

노시 급격한 혈당 증가를 억제함을 볼 수 있었다.

혈장 인슐린함량은 Table 4에 나타난 바와 같이 정상군에 비하여 당뇨대조군이 유의적으로 낮은 것으로 나타났으나 당뇨대조군에 비해 고본군 (*A. ten.*)과 모시대군 (*A. rem.*)에서 유의적이지는 않지만 높은 경향을 보였다. 실험식물의 투여로 혈장 인슐린의 농도는 당뇨대조군에 의해서 증가하는 경향이였으며 반면 혈당치는 감소하였다. 따라서 혈장 인슐린 농도가 낮을수록 혈당수준이 높아지는 상관관계를 나타냈다.

실험동물에게 당뇨를 유발시킨 후 혈당이 증가한 것은 STZ 투여로 체내에 생성된 nitric oxide가 superoxide anion과 반응하여 peroxynitrite를 생성하였기 때문으로 보고있는데<sup>55)</sup> peroxynitrite는 체장의 β-세포를 파괴하여 인슐린 결핍을 초래하고 포도당에 대한 β-세포의 예민도를 저하시키는 역할을 한다. Peroxynitrite에 의한 인슐린의 기능저하는 세포내 포도당 이용률을 저하시키고 당신생을 촉진시켜 고혈당을 초래하게 된다고 한다.<sup>56)</sup> 본 연구결과를 토대로 식이

섭유소와 혈당과의 상호관련성에 대한 연구가 수행되어져야 할 것이다.

5. 간장 및 근육의 글리코겐 함량에 미치는 영향

간장 글리코겐 함량은 정상군에 비하여 당뇨대조군이 유의적 차이를 보이며 낮은 수치를 나타내었다 (Fig. 3). 한편 당뇨실험군중 고본군 (*A. ten.*)과 산초군 (*Z. sch.*)에서 당뇨대조군에 비하여 다소 높은 수치를 보였다. 본 실험에서 당뇨대조군과 당뇨실험군은 정상군에 비해 글리코겐함량이 낮게 나타났는데, 이는 β-세포파괴에 의한 인슐린 부족으로 glycogen phosphorylase가 활성화되어 글리코겐의 분해가 증대된다는 연구결과<sup>57)</sup>와 일치한다.

근육 내 글리코겐 함량은 정상군에 비하여 당뇨대조군이 다소 감소한 경향을 보였으며 누룩치군 (*P. kam.*)을 제외한 당뇨실험군에서는 당뇨대조군보다 높은 수치를 나타내었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. STZ으로 인해 당뇨가 유발되면 인슐린 저항은 골격근보다 간에서 빠르게 나타나며, 골격근에서는 STZ 주입 후 14일이 지나도 그 영향이

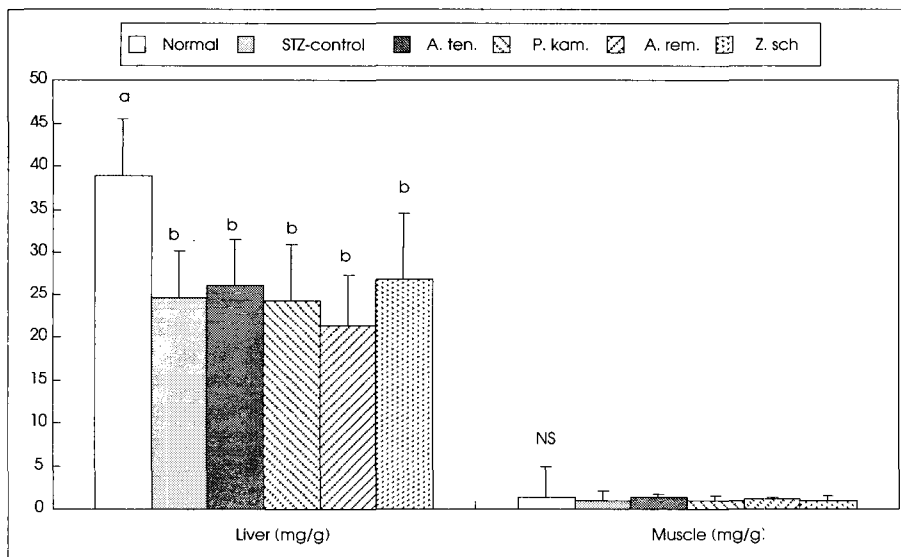


Fig. 3. Effect of experimental plants on the glycogen levels in liver and muscle of normal and diabetic rats. Values are mean for 4 - 8 rats with their S.D. indicated by vertical bars. Different superscript on the top of the bar indicates significant difference between groups by LSD. Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, *A. ten.*: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissimae*, *P. kam.*: STZ-group supplemented with *Pleurospermum kamtschaticum*, *A. rem.*: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, *Z. sch.*: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*.

Table 5. Effect of experimental plants on the protein levels in liver, kidney, lung and pancreas of normal and diabetic rats<sup>1)</sup>

	Plasma (g/dl)	Liver (mg/g)	Kidney (mg/g)	Lung (mg/g)	Pancreas (mg/g)
Normal	10.0 ± 4.9 <sup>NS2)</sup>	190 ± 28 <sup>a3)</sup>	303 ± 48 <sup>a</sup>	284 ± 92 <sup>a</sup>	302 ± 145 <sup>NS2)</sup>
STZ-control	7.0 ± 1.4	195 ± 43 <sup>ab</sup>	199 ± 59 <sup>b</sup>	172 ± 14 <sup>b</sup>	292 ± 133
<i>A. ten.</i>	13.7 ± 6.5	209 ± 33 <sup>ab</sup>	219 ± 36 <sup>b</sup>	198 ± 80 <sup>b</sup>	241 ± 72
<i>P. kam.</i>	6.7 ± 6.6	188 ± 31 <sup>a</sup>	196 ± 39 <sup>b</sup>	194 ± 45 <sup>b</sup>	273 ± 21
<i>A. rem.</i>	9.9 ± 4.7	240 ± 29 <sup>bc</sup>	222 ± 29 <sup>b</sup>	196 ± 67 <sup>b</sup>	281 ± 27
<i>Z. sch.</i>	9.9 ± 4.8	257 ± 39 <sup>c</sup>	229 ± 23 <sup>b</sup>	200 ± 46 <sup>ab</sup>	271 ± 59

1) Values are mean ± S.D., n = 4 - 8

2) NS: not significant at the 5% level

3) Values with different superscripts within the column are significantly different at 5% level. Abbreviations. Normal: Reference group, STZ-control: Diabetic-control group, *A. ten.*: STZ-group supplemented with *Angelicae tenuissimae*, *P. kam.*: STZ-group supplemented with *Pleurospermum kamtschaticum*, *A. rem.*: STZ-group supplemented with *Adenophora remotiflora*, *Z. sch.*: STZ-group supplemented with *Zanthoxylum schinifolium*

완전히 나타나지 않았다고 한다. 간과 골격의 glycogen synthase는 인슐린에 의해 자극된 protein phosphatase에 의해 활성화되어 글리코겐 합성을 촉진하는데, STZ에 의해 당뇨가 유발된 쥐에서는 간장의 protein phosphatase 활성이 감소<sup>58)</sup>되어 글리코겐 합성이 감소된다고 한다.

### 6. 단백질 함량에 미치는 영향

실험 기간 중 각 대조군과 실험군의 혈장, 간장, 신장, 폐 및 췌장의 단백질함량은 Table 5와 같다. 혈장 단백질을 보면 정상군에 비하여 당뇨대조군에서 감소하는 경향을 보였으나, 당뇨실험군은 당뇨대조군에 비하여 증가하였음을 알 수 있었으나 이러한 현상은 모두 유의적이지는 않았다. 혈장의 단백질 농도가 정상군에 비해 당뇨실험군에서 감소되었음은 다른 보고<sup>59,60)</sup>와 일치한다. Koh와 Kim<sup>61)</sup>은 당뇨 쥐에서 총단백질의 감소현상은 체중감소와 더불어 단백질이 열량으로 이용되었기 때문이라고 보고하였다. 고본의 섭취는 당뇨시의 혈장 단백질 감소 현상에 대한 어느 정도의 억제효과를 기대할 수 있었다. 간장의 단백질 함량을 살펴보면, 정상군과 당뇨대조군은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 Koh와 Kim의 연구<sup>61)</sup>에서 옥천산을 당뇨유발 쥐에게 투여하였을 때 간의 단백질농도가 비슷한 수준을 보였다는 결과와 일치한다. 당뇨대조군에 비해 누룩치균 (*P. kam.*)을 제외한 당뇨실험군에서 증가하였으며 산초균 (*Z. sch.*)에서 유의적으로 증가하였다. 신장 단백질 함량은 정상군에 비하여 당뇨대조군은 유의적으로 낮은 수치를 보였으며, 누룩치균 (*P. kam.*)을 제외한 당뇨실험군에서는 유의적이지는 아니지만 약간의 높은 수준을 보였다. 폐의 단백질 함량도 정상군에 비하여 당뇨대조군에서 유의적으로 낮았으며, 실험 식물을 섭취한 당뇨실험군은 다소 증가된 함량을 나타내었다. 췌장의 단백질 함량에서는 당뇨대조군 및 당뇨실험군 모두 정상군과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다.

### 요약 및 결론

본 실험에서는 방향성 식물 중 항당뇨효과가 기대되는 고본, 누룩치, 모시대 및 산초를 streptozotocin (STZ)으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에게 4주간 섭취시킨 후, 혈당, 글리코겐 및 단백질 함량에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 당뇨 흰쥐에 4가지 실험식물을 섭취시킨 결과 당뇨대조군에 비하여 체중감소를 완화시킴을 확인할 수 있었다. 특히 모시대군의 경우 4주 후의 체중이 초기체중에 비하여

증가하기 시작함을 볼 수 있었다. 또한 당뇨 쥐에서는 식이이용효율이 떨어졌으나, 고본군과 모시대군에서 식이이용효율이 당뇨실험군 중 높았다.

2) 장기무게를 체중 100 g당 환산하였을 때 당뇨 쥐의 간장, 폐, 신장 및 심장의 무게가 정상 쥐에 비하여 증가함을 확인할 수 있었고, 모시대군의 경우는 당뇨대조군에 비하여 폐, 심장 및 신장의 무게에서 유의적으로 가벼운 경향을 보였다.

3) 본 실험식물 섭취군에서 헤마토크릿수준은 대조군과 비교하여 차이가 없었고, AST 활성도는 누룩치균을 제외한 모든 실험군에서 정상군과 비슷하게 감소하였고 ALT 활성도는 고본군에서 감소하였다.

4) 혈장 중의 포도당 수준은 당뇨대조군에서 초기 혈당치에 비하여 142.9%로 증가한데 비하여, 고본군, 누룩치균, 모시대군 및 산초군은 각각 110.6%, 103.1%, 107.2% 및 117.0%로 증가함을 보였으므로 모든 당뇨 실험군은 당뇨대조군에 비하여 혈당 증가폭이 감소한 경향을 나타내었고, 특히 고본군, 누룩치균 및 모시대군에서 혈당치 상승이 적게 나타났다. 혈장 인슐린 함량은 정상군에 비하여 당뇨대조군에서 인슐린 함량이 유의적으로 낮았고 당뇨실험군간에서는 고본군과 모시대군에서 높은 경향을 보였다.

5) 본 실험식물 섭취에 따른 간장 글리코겐 함량은 당뇨대조군보다 고본군 및 산초군에서 높은 함량을 보였다.

6) 혈장과 간장 및 췌장의 단백질 함량은 정상군과 당뇨군 사이에 유의적인 차이가 없었으며 고본군, 모시대군 및 산초군은 혈장, 간장, 신장 및 폐의 단백질 함량에서 당뇨대조군보다 다소 증가하는 경향을 보였다.

### Literature cited

- 1) Annual report on the cause of death statistics. National Statistical Office, Republic of Korea, 1996
- 2) Guen RW, Kang SK. Development of Food Industry and Our Food Life. Korean Food Culture Academy Autumn Scholarship Conference, 1993
- 3) The Bureau of Statistics. Statistical annual of mortality cause, p.37, 1996
- 4) Park MA, Kim ES, Lee KH, Moon HK, Song IJ, Tchaj BS. The trend of food and nutrition intakes of Korean (1969-1989). *J Korean Soc Food Nutr* 21: 509-512, 1992
- 5) Narle A, Krall LP, Bradley RF, Christlieb AR, Soell JS. Joslin's. Diabetes mellitus 12th ed., Lea & Febiger, Philadelphia, 1985
- 6) Campbell RK, Steil CF. Diabetes, clinical pharmacy and therapeutics. 4th ed., Williams & Wilks, 1988
- 7) Choi MS. Influence of body fat distribution on glucose tolerance and serum lipids in patient with non-insulin dependent diabetes mellitus. The Graduate school. Yonsei University, 1991

- 8) Bailey CJ, Day C. Traditional plant medicines as treatments for diabetes. *Diabetes Care* 12: 553-564, 1989
- 9) Choi JS, Chung HY, Young HS. A preliminary study on hypocholesterolemic and hypoglycemic activities of some medicinal plant. *Korean J Pharmacogn* 21: 153-157, 1990
- 10) Kim OK, Lee EB. The screening of plants for hypoglycemic action in normal and alloxan-induced hyperglycemic rats. *Korean J Pharmacogn* 23: 117-119, 1992
- 11) Yoon KB, Jang JK. Wild vegetables good for health. p.334, Seokoh Pub., 1989
- 12) Lee W, Jeong KJ, Lee HS, Oh HS, Choi KY, Jeong EH. Studies on the minor components of the native wild herbs growing in the mountains of Kangwon Province (I). *Rep Inst Health Environ* 7: 60-66, 1996
- 13) Ham SS, Lee SY, Oh DH, Kim SH, Hong JK. Development of beverages drinks using mountain edible herbs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 92-97, 1997
- 14) Park JC, Chung SK, Hur JM, Lee JH, Choi MR, Song SH, Choi JW. Effects of the components and extracts of some edible and medicinal plants on the formation of lipid peroxide in rat liver homogenate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(6): 1159-1163, 1997
- 15) Choi WS, Lee SE, Lee HS, Lee YH, Park BS. Antioxidative activities of methanol extracts of tropical and oriental medicinal plants. *Agricultural Chem Bio* 41: 556-559, 1998
- 16) Park HK, Lee SI, Lee SH, Park HM, Rhee JS. A study on the qualitative and quantitative analysis of essential oil in *Angelica tenuissima* Radix or *Ligustici rhizoma*. *Korean J Food Sci Technol* 29(2): 189-193, 1997
- 17) Ko W. A newly isolated antispasmodic-butylidenephthalide. *Japan J Pharmacol* 30: 85-91, 1980
- 18) Ozaki Y, Ma J. Inhibitory effects of tetramethyl pyrazine and ferulic acid on spontaneous movement of rat uterus in situ. *Chem Pharm Bull* 38: 1620-1623, 1990
- 19) Shinjiro K. Antiproliferative effects of the traditional chinese medicine shimotsu-to. Its component cnidium rhizome and derived compounds on primary cultures of mouse aorta smooth muscle cells. *Japan J Pharmacol* 60: 397, 1992
- 20) Shinjiro K. Chemical structure-activity of cnidium rhizome-derived phthalides for the competence inhibition of proliferation in primary culture of mouse aorta smooth muscle cells. *Japan J Pharmacol* 63: 353, 1993
- 21) Okuyama T, Takata M, Nishihiro H, Nishihiro A, Takayasu J. Studies on the antitumor promoting activity of naturally occurring substances II. Inhibition of tumor promoter enhanced phospholipid metabolism by umbelliferous materials. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* 38(4): 1084-1086, 1990
- 22) Kim MH, Kim YG, Lee JH, Hong KP, Hong JK, Kong YJ, Lee HY. Screening of Biologically Active Essential Oils from *ligusticum tenuissimum*. *Korean J Appl Microbiol Bio* 28: 97-104, 2000
- 23) Chung MS, Lee MS. Analysis of volatile flavor components of *Pleurospermum kamschaticum*. *Korean J Soc Food Sci* 14(5): 541-546, 1998
- 24) Kim JH, Hong CK, Hong DG, Bang SB, Yoo KO. Studies on the Cultivation of *Pleurospermum kamschaticum* Hoff. as a special vegetable indigenous to high land area, I. Ecological characteristics and environments concerning cultivation of *Pleurospermum kamschaticum* Hoff. *J Agri Sci* 38: 731-741, 1996
- 25) Lee SJ. Korean Folk Medicine-Monographs Series. No. 3. Publishing Center of Seoul National University, Seoul, Korea, p.88, 1966
- 26) Mun SI, Ryu HS, Lee HJ, Choi JS. Further screening for antioxidant activity of vegetable plants and its active principles from *Zanthoxylum schinifolium*. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 466-471, 1994
- 27) Mun SI, Ryu HS, Choi JS. Inhibition effects of *Zanthoxylum schinifolium* and its active principle on lipid peroxidation and liver damage in carbon tetrachloride-treated mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 943-951, 1997
- 28) Reeves PG. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J Nutr* 127: 838S-841S, 1997
- 29) Junod A, Lambert AE, Orci L, Picet R, Gonet AE, Renold AE. Studies of the diabetogenic action of streptozotocin. *Proc Soc Exp Biol Med* 126: 201-205, 1967
- 30) Junod A, Lambert AE, Stauffacher W, Renod AE. Diabetogenic action of streptozotocin: Relationship of dose to metabolic response. *J Clin Invest* 48: 2129-2139, 1969
- 31) Medical laboratory technology and clinical pathology. 2th ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1969
- 32) Bauer JD. In clinical laboratory methods. 9th ed. Mosby Co., 1982
- 33) Retiman S, Frankel S. A colorimetric method the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamin pyruvic transaminases. *Am J Clin Pathol* 28: 58-63, 1957
- 34) Raabo E, Terkildsen TC. On the enzymatic determination of blood glucose. *Scandinav J Lab Invest* 12: 402-407, 1968
- 35) Desbuquois B, Aurbach GB. Use of polyethylene glycol to separate free and antibody-bound peptide hormones in radioimmunoassays. *J Clin Endocrinol Metab* 33: 732-738, 1971
- 36) Hassid WZ, Abraham X. Chemical procedures for analysis of polysaccharides In: Methods in Enzymology 3. Academic press. 34-50, 1957
- 37) Gornall AG, Bardawill CS, David MM. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *J Bio Chem* 177: 751-766, 1949
- 38) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AJ, Randall RR. Protein measurement with the foline phenol reagent. *J Bio Chem* 193: 265-273, 1951
- 39) Rao M, Blane K, Zonnenberg M. PC-STAT. dept. Food Sci Univ. Georgia, 1985
- 40) Forman S, Estilow ML, Vailenko P. STZ diabetes alters immunoreactive  $\beta$ -endorphin levels and pain perception after 8wk in female rats. *Diabetes* 35: 1309-13613, 1986
- 41) Furuse M, Kimura C, Mabayo RT, Takahashi H, Okumara J. Dietary sorbose prevents and improves hyperglycemia in genetically diabetic mice. *J Nutr* 123: 59-65, 1993
- 42) Fisher KJ, Stewart JK. Phenylethanolamin N-methyltransferase in the basis of STZ diabetic rats. *Endocrinology* 119(6): 2586-2589, 1986
- 43) Pain VM, Garlick P. Effect of streptozotocin diabetes and insulin treatment on the rate of protein synthesis in tissues of the rat in vivo. *J Bio Chem* 249: 4510, 1974
- 44) Sexton WS. Skeletal muscle vascular transport capacity in diabetic rats. *Diabetes* 43: 225-231, 1994



- 45) Lee JS, Son HS, Maeng YS, Chang YK, Ju JS. Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Nutr* 27: 819-827, 1994
- 46) Shon KH, Kim SH, Choi JW. Pretreatment with nicotinamide to prevent the pancreatic enzymes changes by streptozotocin in rat. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 117-123, 1992
- 47) Harvey JN, Jaffa AA, Margolium HS, Mayfield RK. Renal kallikrein and hemodynamic abnormalities of diabetic kidney. *Diabetes* 39: 299-304, 1990
- 48) Grey NJ, Karls I, Kipnis DM. Physiologic mechanism in the development of starvation ketosis in man. *Diabetes* 24: 10, 1975
- 49) Sococher M, Kunjara S, Baquer NZ, Mclean P. Regulation of glucose metabolism in livers and kidneys of NOD mice. *Diabetes* 40: 1467-1471, 1991
- 50) Steer KA, Sochor M, McLean P. Renal hypertrophy in experimental diabetes: changes in pentose phosphate pathway activity. *Diabetes* 34 (5): 485-490, 1985
- 51) Schaefer L, Schaefer RM, Ling H, Teschner M, Heidland A. Renal proteinases and kidney hypertrophy in experimental diabetes. *Diabetologia* 37(6): 567-571, 1994
- 52) Brooks DP, Nutting DF, Crofton JL, Share L. Vasopressin in rats with genetic and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetes* 38: 54-57, 1989
- 53) Urano S, Midori HH, Tochihi N, Matsuo M, Shraiki M. Vitamin E and the susceptibility of erythrocytes and reconstituted liposomes to oxidative stress in aged diabetics. *Lipids* 26: 58-61, 1991
- 54) Choi JW, Shon KH, Kim SH. The effects of nicotinamide on the serum lipid composition in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Nutr* 20: 306-311, 1991
- 55) Matkovics B, Kotorman M, Varga IS, Hai DQ, Varga C. Oxidative stress in experimental diabetes induced by streptozotocin. *Acta Physiol Hung* 85 (1) : 29-38, 1998
- 56) Kahn CR. The molecular mechanism of insulin action. *Ann Rev Med* 36: 249-251, 1985
- 57) Lee SJ, Choe WK, Cha BK, Yang JA, Kim KY. Effects of vitamin E and selenium on the antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 29: 22-31, 1996
- 58) Meglasson MD, Burch PT, Berner DK, Najafi H, Matschinsky FM. Identification of glucokinase as an alloxan-sensitive glucose sensor of the pancreatic  $\beta$ -cells. *Diabetes* 35: 1163, 1986
- 59) Koh JB. Effects of raw soy flour (yellow and black) on serum glucose and lipid concentration in streptozotocin-diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 7: 313-318, 1998
- 60) Rho MH, Cho MA, Koh JB. Effects of raw soy flour (yellow and black) on serum protein concentrations and enzyme activity in streptozotocin-diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 724-730, 1998
- 61) Koh JB, Kim JY. Effect of okcheonsan on blood glucose, lipid and protein levels streptozotocin-induced diabetic female rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31 (2) : 284-289, 2002