

## Allium속 식용식물의 섭취가 Streptozotocin 유발 당뇨 흰쥐의 혈당, 지질 및 무기질 수준에 미치는 영향\*

안영미 · 임숙자<sup>§</sup> · 한혜경 · 최성숙

덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과

### Effects of *Allium* Vegetable Intake on Levels of Plasma Glucose, Lipid and Minerals in Streptozotocin Induced Diabetic Rats\*

Ahn, Young Mi · Lim, Sook Ja<sup>§</sup> · Han, Hye Kyoung · Choi, Sung Sook

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

#### ABSTRACT

The effects of *Allium* vegetables on blood glucose levels and lipid metabolism in streptozotocin (STZ) induced diabetic rats were investigated. Diabetes mellitus was induced by STZ injection (45 mg/kg b.w.) into the tail vein. Sprague-Dawley rats weighing  $220 \pm 10$  g were randomly assigned to 7 groups: normal, STZ-control and five *Allium* groups (*Allium cepa*, *Allium fistulosum*, *Allium sativum*, *Allium tuberosum* and *Allium victorialis*). Normal and STZ-control groups were fed an AIN-93 diet and five *Allium* groups were fed a modified diet containing 10% *Allium* powder each for 4 weeks. Body weight, diet intake, food efficiency ratio (FER) and organ weights were monitored. Activities of aspartate aminotransferase (AST) & alanine aminotransferase (ALT) were observed. Plasma levels of glucose, free fatty acid, triglyceride and HDL-cholesterol were analyzed. Levels of glycogen, cholesterol and triglyceride in liver were determined. Levels of malondialdehyde (MDA) in liver, lung, kidney, and pancreas were assayed. The hepatic contents of chromium (Cr), iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn) were measured. The *Allium sativum* group had weight gain and suppressed a hypertrophy of the kidney significantly. The activity of ALT was significantly lowered in the diabetic groups except *Allium sativum* group compared to STZ-control group. The *Allium sativum* and *Allium tuberosum* groups showed the hypoglycemic effects at 4 weeks. There were no significant differences between the control and all the other diabetic groups in the plasma levels of cholesterol, HDL-cholesterol, triglycerides and free fatty acids. Most of the *Allium* groups except *Allium fistulosum* were observed significantly lowered level of MDA in the lung compared to STZ-control group. The diabetic rats fed the *Allium cepa* and *Allium sativum* have shown significantly lowered hepatic Zn contents. The results suggested that the intake of the *Allium* vegetables may be effective in the antihyperglycemia by lowering blood glucose levels. (*Korean J Nutrition* 39(5): 433~443, 2006)

**KEY WORDS** : *Allium* vegetable, hypoglycemic effect, lipid level, mineral level.

## 서 론

최근 인구의 노령화와 영양과잉 등으로 인해 비만, 고혈압 및 암 등의 퇴행성질환 이환율이 증가하고 있으며,<sup>1)</sup> 당뇨병 유발도 증가하여 2001년도에는 당뇨병에 의한 사망률이 23.8명 (인구 십만 명당)에 달해 장기적인 치료와

관리로 인한 의료비 부담 등 사회적인 관심의 대상이 되고 있다.<sup>2,3)</sup>

고혈당과 고지혈증을 특징으로 하는 만성대사질환인 당뇨병은 당대사 이상, 단백질과 지질대사 및 전해질 대사 이상을 초래하며 여러 기관에 영향을 주어 당뇨병 망막증, 신장병, 동맥경화, 고혈압, 말초신경장애, 고지혈증 및 심혈관계 질환 등 혈관성 합병증 유발 가능성이 매우 높다.<sup>4-7)</sup> 당뇨병 환자에게서 가장 흔한 지질 대사의 이상은 혈중 중성지방의 증가와 고밀도 지단백 콜레스테롤의 감소이다.<sup>8-10)</sup> 당뇨병 합병증의 발병은 인슐린 부족 및 저항성에서 나타나는 지질대사 이상, 지질과산화의 급격한 증가 및 항산화 방어계의 변화로 인한 조직의 손상이라고 볼 수 있다. 따

접수일 : 2006년 4월 18일

채택일 : 2006년 5월 31일

\*This research was supported by grants from Korean Science & Engineering Foundation [R06-2002-004-01005-0(2003)].

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

E-mail : sjlim@duksung.ac.kr

라서 정상치에 가까운 혈당조절, 혈중의 이상지질 조절 및 조직의 항산화 방어체계의 강화는 당뇨의 제반 증상을 개선시켜 대혈관질환과 같은 심각한 급만성 합병증의 유발 위험과 발생빈도를 감소시키거나 지연시킬 수 있을 것으로 기대된다.<sup>11)</sup>

*Allium*속 식물은 약 500여종이 있으며<sup>12)</sup> 대표적인 식물로는 마늘 (*Allium sativum*), 양파 (*Allium cepa*), 부추 (*Allium tuberosum*), 파 (*Allium fistulosum*) 및 산마늘 (*Allium victorialis*) 등이 있다. 그 동안 보고된 *Allium*속 식물의 유익한 생리활성 작용은 항산화효과,<sup>13)</sup> 혈압강하<sup>14,15)</sup> 및 발암물질의 활성감소,<sup>16)</sup> 지질대사효과,<sup>17-21)</sup> 항균효과<sup>22-25)</sup>에 관한 것이 주종을 이루고, *Allium*속 식물에 대한 항당뇨 효과에 대한 연구가 있으나 대부분 마늘과 양파에 관한 것들이다.<sup>26-28)</sup> 따라서 본 연구에서는 식용 및 약용 식물의 항당뇨 효과 탐색 연구의 일환으로 *Allium*속 식물 중 가장 다양하게 사용하고 있는 5가지 식용 식물을 선택하여 당뇨 유발 흰쥐에게 섭취시킨 후 혈당 및 지질수준에 미치는 영향을 알아보았다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험 재료는 양파 (*Allium cepa*), 파 (*Allium fistulosum*), 마늘 (*Allium sativum*), 부추 (*Allium tuberosum*) 및 산마늘 (*Allium victorialis*)의 5가지를 사용하였다. 양파, 파, 마늘 및 부추는 부미식품에서 냉동건조하여 분말화된 것을

구입하였고 산마늘은 울릉도에서 채취한 후 냉동건조하여 식이에 첨가하였다. 각 실험재료의 당질, 지질, 단백질, 무기질 및 섬유질 등의 성분을 고려하여 식이를 조정하였다.

### 2. 실험동물 및 실험식이

샘타코로부터 공급받은 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 (7주령, 220 g 내외)를 고탄사료 (삼양사료)로 예비사육한 후 난괴법에 의하여 1군의 정상군과 6군의 당뇨유발군으로 분리하였다. 당뇨유발군은 당뇨대조군과 당뇨실험군 (양파섭취군, 파섭취군, 마늘섭취군, 부추섭취군 및 산마늘섭취군)으로 분리하여 4주간 사육하였으며 정상군과 당뇨대조군은 대조군식이를, 당뇨실험군은 각각의 해당식이를 ad libitum으로 공급하였다. 실험식은 실험식물을 10% (w/w)수준으로 첨가한 AIN-93 조제 조정식이<sup>29)</sup>를 동물사료로 사용하였다 (Table 1).

### 3. 당뇨유발

실험동물을 16시간 절식시킨 후, 췌장의  $\beta$ 세포에만 특이적으로 작용한다고 알려진 streptozotocin (STZ, Sigma Chemical Co.)<sup>30,31)</sup>을 pH 4.5의 0.01 M citrate buffer에 45 mg/kg b.w. 농도로 녹여 꼬리정맥에 주사하였다. 주사 후 24시간 후에 안구정맥총에서 채혈하여 혈장 중의 포도당 농도가 300 mg/dl 이상인 동물을 당뇨가 유발된 것으로 확인하였다. 정상군은 0.01 M citrate buffer를 주사하였다.

### 4. 시료수집 및 생화학적 분석

혈액의 채취는 실험기간동안 일주일 간격으로 안구정맥

Table 1. Composition of the experimental diet (g/kg diet)

Components	Control diet <sup>1)</sup>	Experimental diet <sup>2)</sup>				
		1	2	3	4	5
Corn starch	465.70	388.09	410.69	392.79	431.99	412.09
Casein	140.0	128.3	125	124.7	100.91	122.1
Dextrinized cornstarch	155	155	155	155	155	155
Sucrose	100	100	100	100	100	100
Soybean oil	40	40	40	40	40	40
Fiber	50	50	50	50	50	50
Sample vegetables	-	100	100	100	100	100
Mineral mixture <sup>3)</sup>	35.0	29.5	26.0	25.8	24.1	24.3
Vitamin mixture <sup>4)</sup>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
L-cystine	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
TBHQ <sup>5)</sup>	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0

1) Control diet: AIN-93 diet

2) 1: *Allium cepa*, 2: *Allium fistulosum*, 3: *Allium sativum*, 4: *Allium tuberosum*, 5: *Allium victorialis*

3) AIN-93 mineral mixture

4) AIN-93 vitamin mixture

5) TBHQ (mg): *tert*-butylhydroquinone

총에서 채혈하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 혈장만을 취해 포도당과 콜레스테롤 농도를 측정하였다. 실험 4주 후 실험동물을 에테르로 마취하고 단두로 희생시킨 후 즉시 heparin으로 처리된 시험관에 혈액을 모아 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상청액으로부터 혈장을 취하여 분석용 시료로 사용하였다. 혈액 채취 즉시 해부하여 간장, 신장, 폐, 비장, 췌장 및 심장을 적출하여 각각의 무게를 측정하였다. 근육은 뒷다리 상단부에서 적출하였다. 혈장, 간장 및 근육은 분석시까지 -70°C에서 급속냉동시켜 보관하였다.

당뇨병 유발일을 실험 0일로 하여 실험기간동안의 식이 섭취량을 매일 일정한 시간에 평량하여 1일 섭취한 식이의 양을 측정하고 1주일 단위로 주당 1일 평균 식이섭취량을 구하였고 체중은 매주 일정한 시간에 동일한 순서로 동물용 체중계로 측정하였다. 식이이용효율은 실험 전 기간의 체중증가량을 같은 기간에 섭취한 식이량으로 나누어 계산하였다.

Aminotransferase 활성도는 Reitman-Frankel 법<sup>32)</sup>에 의해 제조된 kit (영동제약)를 사용하여 측정하였다. 혈장 포도당은 glucose oxidase법<sup>33)</sup>으로, 간과 근육의 글리코겐 함량을 Hassid와 Abraham의 방법<sup>34)</sup>에 의해 분석하였다. 혈장과 간의 콜레스테롤 함량은 효소법<sup>35,36)</sup>을 이용한 콜레스테롤 kit (영동제약)를 이용하였으며, 중성지방 농도는 Trinder법<sup>38)</sup>에 의한 triglyceride kit (영동제약)를 이용하였다. 혈장 HDL-콜레스테롤은 Finely 등의 연구<sup>37)</sup>에 기초를 둔 HDL-콜레스테롤 kit (신양화학약품주식회사)를 이용하여 측정하였으며 혈장 유리지방산은 SICDIA-NEFAZYME 효소법<sup>39)</sup>에 의한 NEFAZYME-S (신양화학약품주식회사)를 이용하였다. 간장, 신장, 폐 및 췌장의 지질과 산화물 (malondialdehyde, MDA) 함량을 Uchiyama와 Mihara의 방법<sup>40)</sup>에 따라 측정하였다. 간장에서의 MDA 생성

량을 계산하고 Lowry 등의 방법<sup>41)</sup>에 따라 단백질량을 측정 후 이를 nmol/mg protein으로 나타내었다. 간장의 iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn) 및 chromium (Cr) 함량을 원자흡광분석광도계 (atomic absorption spectrophotometer, AAS, Sunil 3100A)로 분석하였다

5. 통계분석

모든 data는 평균 및 표준편차를 계산하였고 비교군들 간의 유의성 검증은 PC-Stat Program<sup>42)</sup>을 이용하여 F-test를 한 후 Least Square Difference (L.S.D.)검사법으로 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 체중변화 및 식이효율

실험기간 동안 정상군, 당뇨대조군 및 당뇨실험군의 체중변화를 Table 2에 나타내었다 실험 4주 후 체중의 변화는 정상군에 비해 당뇨대조군이 유의적으로 감소하였다 (p < 0.05). 모든 당뇨실험군은 정상군보다는 체중증가량이 현저히 적었으나 당뇨대조군에 비해 유의적인 증가를 나타냈다. STZ 유발 당뇨 쥐는 췌장 베타 세포의 파괴로 인슐린 생성 작용이 불충분하여 골격근으로부터 아미노산의 유입이 감소하고 성장률이 급속히 떨어져 체중감소가 일어난다고 보고하였으나<sup>43,44)</sup> 본 실험의 *Allium*속 식물을 섭취한 당뇨 유발 쥐는 체중이 증가하는 경향을 나타냈다. 평균 식이섭취량은 정상군과 비교하여 마늘섭취군을 제외한 모든 당뇨실험군에서 유의적으로 높게 나타났다 (Table 2). 식이이용효율은 당뇨대조군을 제외하고 모두 양 (+)의 값을 나타내었으며 당뇨대조군에 비해 양파섭취군, 파섭취군 및 마늘섭취군이 유의적으로 높게 나타났다. 당뇨대조군에서는 당뇨로 인한 체내 대사의 퇴행적인 변화로<sup>45)</sup> 식이섭취량이 높음에도 체중 감소가 나타났으나 *Allium*속 식물을

Table 2. Changes in body weights, diet intake and food efficiency ratio (FER) of normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables<sup>1)</sup>.

	Initial b.w. (g)	Final b.w. (g)	Weight change (g/28 day)	Diet intake (g/day)	FER <sup>4)</sup>
Normal	244.1 ± 4.1 <sup>NS2)</sup>	380.4 ± 24.9 <sup>3)</sup>	136.2 ± 22.0 <sup>c</sup>	21.5 ± 1.0 <sup>c</sup>	0.23 ± 0.30 <sup>c</sup>
STZ-control	223.4 ± 6.7	225.1 ± 28.5 <sup>e</sup>	-8.9 ± 25.4 <sup>d</sup>	38.4 ± 5.7 <sup>ab</sup>	-0.01 ± 0.30 <sup>d</sup>
<i>A. cepa</i>	238.7 ± 8.6	296.1 ± 50.3 <sup>bc</sup>	43.1 ± 20.3 <sup>bc</sup>	38.9 ± 8.0 <sup>ab</sup>	0.04 ± 0.03 <sup>c</sup>
<i>A. fistulosum</i>	237.3 ± 7.5	264.9 ± 25.3 <sup>cd</sup>	27.6 ± 20.2 <sup>c</sup>	39.6 ± 7.3 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.02 <sup>c</sup>
<i>A. sativum</i>	237.1 ± 5.8	300.3 ± 38.2 <sup>b</sup>	63.1 ± 34.6 <sup>bc</sup>	27.6 ± 11.2 <sup>bc</sup>	0.09 ± 0.06 <sup>b</sup>
<i>A. tuberosum</i>	238.2 ± 6.0	264.6 ± 17.1 <sup>cd</sup>	26.6 ± 15.3 <sup>c</sup>	39.7 ± 8.8 <sup>a</sup>	0.02 ± 0.01 <sup>cd</sup>
<i>A. victorialis</i>	235.2 ± 7.7	254.9 ± 25.7 <sup>de</sup>	19.8 ± 18.7 <sup>c</sup>	40.7 ± 8.1 <sup>a</sup>	0.02 ± 0.02 <sup>cd</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) NS: not significant at p < 0.05

3) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05

4) FER = body weight gain (g/week) divided by food intake (g/week)

섭취한 모든 당뇨실험군에서 식이이용효율이 양의 값을 나타낸 것은 *Allium*속 식물 섭취가 당뇨의 일반적 증상인 급격한 체중 감소를 억제함을 알 수 있다. Jung의 연구<sup>46)</sup>에서 STZ 유발 당뇨 쥐에게 10% 부추식이를 4주간 섭취시켰을 때 당뇨 쥐에 비해 부추섭취군의 경우 체중감소가 유의적으로 낮았고, 식이이용효율은 다소 증가하였다고 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와 일치한다. 또한 마늘섭취군의 식이이용효율이 증가되었는데 이는 Tourandokht와 Mehrdad<sup>47)</sup>가 STZ 유발 당뇨 쥐에서 마늘추출물에 의해 당뇨가 호전되었다고 보고한 것과 일치되는 결과이다.

**2. 장기 무게에 미치는 영향**

실험동물의 간장, 신장, 폐, 심장, 비장 및 췌장의 무게는 체중의 차이로 인한 차이를 최소화하기 위해 체중 100 g 당으로 환산하여 Table 3에 제시하였다. 간장의 무게는 정상군과 당뇨대조군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며 당뇨대조군에 비해 양파섭취군, 마늘섭취군 및 부추섭취군에서 유의적으로 무겁게 나타났다. 신장의 무게는 정상군에 비해 모든 당뇨유발군에서 유의적으로 무겁게 나타났으며 마늘섭취군의 경우 당뇨대조군보다 유의적으로 가볍게 나타났다. Kwag 등<sup>48)</sup>은 STZ 유발 당뇨 쥐에서 정상군에 비해 신장의 무게가 모두 증가하였다고 하였으며 이는 고혈당에 의해 생체내 신장의 사구체 여과율이 증가되어 신장의 크기와 용적이 증가하게 되고<sup>49,50)</sup> 당뇨 유발 쥐의 신장 비대는 혈당 조절 정도와 상관관계가 있는 것으로 추정하였다. 또한 당뇨유발시 배설량의 증가로 신장의 부담이 커짐으로써 비대해지는 경향도 있는 것으로 생각된다. 따라서 당뇨 쥐에 있어서 마늘의 첨가는 신장의 부담을 감소시켜주며 당대사의 배설에도 관여하는 것으로 생각된다. 심장, 폐 및 췌장의 경우 모든 당뇨실험군에서 정상군과 비교해 유의적인 차이를 보이지 않았는데 이것은 다른 장기에 비해 당뇨에 대한 영향이 적기 때문으로 추정된다.

이 결과로부터 마늘은 고혈당으로 인해 야기되는 사구체비대로 인한 신장기능의 병변을 억제할 수 있음을 시사하였다.

**3. 혈장 Aminotransferase 활성도에 미치는 영향**

Aspartate aminotransferase (AST)와 alanine aminotransferase (ALT) 활성도는 생체내 아미노산을 형성하는 역할을 하는 효소로서 여러 장기세포에 존재하지만 그 중 간에 가장 많은 양이 존재하며, 약물이나 외부적 스트레스에 의해 간조직이 손상을 받으면 혈액 중 이들 효소들의 활성도가 증가하게 된다. 혈장 AST 활성도는 정상군에 비하여 당뇨대조군에서 증가하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다 (Table 4). AST활성도는 당뇨군 사이에 유의적인 차이는 보이지 않았지만 부추를 제외한 당뇨실험군에서 당뇨대조군에 비해 낮은 활성도를 보였다. 그러나 혈장 ALT활성도는 당뇨대조군이 정상군에 비해 유의적으로 높은 수준을 보였고 당뇨대조군에 비해 산마늘섭취군을 제외한 모든 당뇨실험군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 본 실험에서 신장무게와의 관련성을 살펴보면 유의적으로 신장 비대를 억제한 마늘섭취군의 ALT활성도가 다른 당뇨 실험군보다 낮게 나타내었고 신장무게가 가장 무겁게 나타

**Table 4.** Activities of plasma aspartate aminotransferase (AST) and alanine amino transferase (ALT) in normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables (KA unit/L)<sup>1)</sup>

	AST	ALT
Normal	95.3 ± 30.2 <sup>NS2)</sup>	23.7 ± 4.6 <sup>c3)</sup>
STZ-control	107.6 ± 25.4	85.1 ± 37.2 <sup>a</sup>
<i>A. cepa</i>	95.4 ± 26.1	50.6 ± 16.3 <sup>bc</sup>
<i>A. fistulosum</i>	81.1 ± 17.8	67.4 ± 58.5 <sup>b</sup>
<i>A. sativum</i>	103.0 ± 56.7	41.7 ± 16.3 <sup>c</sup>
<i>A. tuberosum</i>	117.7 ± 23.5	58.8 ± 23.7 <sup>bc</sup>
<i>A. victorialis</i>	94.2 ± 42.4	114.4 ± 75.3 <sup>a</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05

3) NS: not significant at p < 0.05

**Table 3.** Organ weights of normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables (g/100 g b.w.)<sup>1)</sup>

	Liver	Kidney <sup>2)</sup>	Spleen	Heart	Lung	Pancreas
Normal	3.93 ± 0.30 <sup>c3)</sup>	0.34 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.24 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.33 ± 0.07 <sup>NS4)</sup>	0.45 ± 0.09 <sup>NS</sup>	0.27 ± 0.06 <sup>NS</sup>
STZ-control	3.99 ± 0.28 <sup>c</sup>	0.67 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.32 ± 0.03	0.57 ± 0.09	0.25 ± 0.04
<i>A. cepa</i>	4.73 ± 0.63 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.02	0.55 ± 0.10	0.25 ± 0.04
<i>A. fistulosum</i>	3.97 ± 0.26 <sup>c</sup>	0.66 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.32 ± 0.03	0.53 ± 0.07	0.24 ± 0.04
<i>A. sativum</i>	4.62 ± 0.34 <sup>ab</sup>	0.54 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.02	0.53 ± 0.09	0.23 ± 0.03
<i>A. tuberosum</i>	4.42 ± 0.82 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.02	0.55 ± 0.09	0.23 ± 0.01
<i>A. victorialis</i>	4.20 ± 0.32 <sup>bc</sup>	0.70 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.04	0.52 ± 0.04	0.23 ± 0.03

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) Means of two kidneys

3) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05

4) NS: not significant at p < 0.05

났던 산마늘섭취군의 ALT활성도가 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 마늘섭취군이 신장 손상을 억제하거나 다른 영향으로 인해 2차적으로 신장을 보호할 수 있는 가능성을 추정할 수 있다. 또한 신장이 당뇨 유발로 인해 다른 기관보다 산화적 스트레스에 민감하여 손상 가능성이 높은 기관이며 이로 인해 당뇨에 의한 신장질환 합병증 유발 가능성이 큰 원인이 됨을 예상할 수 있다.

**4. 혈장 포도당 수준에 미치는 영향**

당뇨 유발 후 1주일 간격으로 측정한 혈장 포도당 수준을 Fig. 1에 제시하였다. 실험기간 중에 STZ 주사로 인하여 모든 당뇨유발군은 정상군에 비해 혈장 포도당 수준이 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). STZ가 췌장의  $\beta$ 세포를 손상시킴으로써 인슐린 분비가 감소되어 이로 인해 당질대사가 비정상화되어 당이용은 줄어드는 대신 당신생이 증가되어 고혈당이 발생하는 것으로 알려져 있다.<sup>51-53)</sup> 또한 내당 (glucose tolerance)의 손상으로 인한 특정 조직으로의 포도당 수송의 결함이 체내 전반적인 포도당 항상성을 손상시킴으로서 초래된다.<sup>54)</sup> 마늘섭취군은 실험 1주째에 혈장 포도당 농도가 실험 0일째보다 32.2%감소하여 다른 당뇨실험군에 비해 유의적인 감소를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 실험 2주째와 실험 3주째에는 당뇨대조군에 비해 감소되

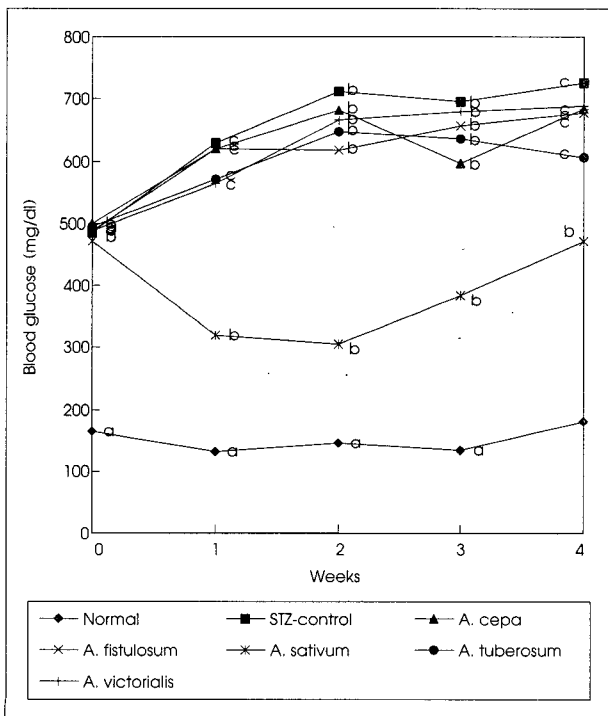
었으나 개체차이로 인해 유의적인 차이를 보이지 않았다. 실험 4주째에는 마늘섭취군과 부추섭취군에서 유의적으로 감소하였다.

이는 마늘의 섭취가 췌장세포를 회복시키거나 호르몬 같은 효과를 나타내어<sup>55)</sup> 혈당에 영향을 주었음을 추측할 수 있다. 또한 당뇨 유발 쥐의 혈당과 장기 무게와의 관련성을 보면 마늘 섭취군에서 신장 비대가 유의적으로 감소되고 혈당이 유의적으로 다른 당뇨실험군에 비해 감소된 것을 통해 Seyer-Hansen<sup>56)</sup>이 추정된 바와 같이 신장비대와 혈당이 관련이 있음을 확인하였다. Sheela와 Augusti<sup>57)</sup>는 alloxan 유도 당뇨 흰쥐에서 S-allylcysteine sulphoxide 200 mg/kg을 매일 투여하여 항당뇨효과와 체중감소효과를 관찰하였다. 본 실험에서 마늘은 STZ 당뇨 유발 쥐에게 급격한 혈당증가를 억제하거나 혈당을 감소시켜 당뇨병이 호전되는데 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 이를 과학적으로 증명하기 위해서는 혈당 내성 실험, 췌장의 인슐린 함량 측정 및 조직학적인 검경 등이 앞으로 시행되어야 한다고 사료된다.

**5. 글리코겐 함량**

간장 글리코겐 함량 (Table 5)은 정상군에 비하여 당뇨대조군이 유의적으로 낮게 나타났으며 당뇨대조군에 비해 산마늘섭취군을 제외한 당뇨실험군에서는 높은 경향을 보였다. 당뇨유발군이 정상군에 비해 글리코겐 함량이 낮은 것은 췌장의 베타세포파괴에 의한 인슐린 부족으로 glycogen phosphorylase가 활성화되어 글리코겐의 분해가 증대되거나<sup>58)</sup> 간과 근육의 glycogen synthases가 인슐린에 의해 자극된 protein kinase에 의해 glycogen synthases phosphatase로 인산화된 후 활성화되어 글리코겐 합성을 촉진하는데 STZ에 의해 당뇨가 유발된 쥐에서는 간장의 glycogen synthases phosphatase활성이 감소되기 때문이다.<sup>59)</sup>

근육 글리코겐 함량 (Table 5)은 정상군과 모든 당뇨에



**Fig. 1.** Plasma glucose levels of normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables. Mean with the different alphabets in the same period are significantly different at  $p < 0.05$ .

**Table 5.** Glycogen levels in liver and muscle of normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables (mg/g)<sup>1)</sup>

	Liver	Muscle
Normal	32.01 ± 16.08 <sup>2)</sup>	0.39 ± 0.13 <sup>NS3)</sup>
STZ-control	9.37 ± 1.76 <sup>b)</sup>	0.34 ± 0.10
<i>A. cepa</i>	12.48 ± 2.63 <sup>b)</sup>	0.38 ± 0.14
<i>A. fistulosum</i>	12.06 ± 2.88 <sup>b)</sup>	0.50 ± 0.16
<i>A. sativum</i>	11.70 ± 2.20 <sup>b)</sup>	0.39 ± 0.12
<i>A. tuberosum</i>	12.40 ± 0.98 <sup>b)</sup>	0.33 ± 0.12
<i>A. victorialis</i>	9.81 ± 2.06 <sup>b)</sup>	0.54 ± 0.22

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) Values with different superscript within the same column are significantly different at  $p < 0.05$

3) Values with different superscript within the same column are significantly different at  $p < 0.05$

서 유의적 차이가 없었다. 이는 STZ에 의해 당뇨가 유발된 쥐에서는 간장과 골격근 모두 글리코겐 대사에 영향을 받아 글리코겐 합성을 촉진하는 glycogen synthase의 활성이 낮으나<sup>59)</sup> 인슐린 저항이 간장은 STZ 투여 후 3일 이내에 일어나고 골격근의 경우 그 기간 이상이 필요하다고 하였으며 간장은 당뇨시 현저히 영향을 받게 된다.<sup>60)</sup> STZ 유발에 따른 근육과 간장의 글리코겐 함량 감소에 대한 영향이 다르게 나타난 것은 간장 글리코겐 함량은 실험동물과 인체가 유사하나 근육 글리코겐 함량은 실험동물이 인체보다 매우 적기 때문이라고 보고하기도 하였다.<sup>61)</sup> 따라서 STZ 유발로 인한 인슐린 저항이 근육 글리코겐 함량보다 간장 글리코겐 함량에 더 민감하게 영향할 수 있음을 추정할 수 있다. 글리코겐 합성은 포도당농도, 당신생 경로의 전구체, 인슐린에 의존하므로<sup>62)</sup> 포도당이용이 어렵고 인슐린의 분비가 적은 당뇨유발군에서 간장의 글리코겐 함량이 낮은 것은 추정된 결과이다.

6. 지질 함량에 미치는 영향

1) 혈장 및 간장 콜레스테롤

Table 6에 나타난 혈장 내 콜레스테롤 수준은 모든 당뇨유발군이 정상군보다 높은 수치를 보여 당뇨시 콜레스테

롤이 증가한다는 다른 연구 결과와 일치하였다.<sup>63-65)</sup> 혈장 내 높은 수준의 콜레스테롤과 중성지방 농도로 특징되는 고지혈증은 당뇨병에 가장 많이 수반되는 합병증이며<sup>66)</sup> 당뇨가 조절되지 않은 상태에서는 간장의 3'-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A (HMG-CoA) reductase의 활성이 감소되고, 소장의 HMG-CoA reductase의 활성이 증가되어 순환혈액으로 콜레스테롤 이동이 증가되어 나타난다.<sup>67)</sup> 또 다른 연구<sup>63,68)</sup>에서는 식이섭취량이 당뇨대조군보다 낮아진 경우 혈장 콜레스테롤과 중성지방이 낮다고 하였으나 본 실험에서는 식이섭취량이 유의적으로 낮게 나타난 마늘섭취군에서도 유의적인 차이를 보이지 않아 다른 결과를 나타내었다.

간장의 콜레스테롤 함량 (Table 7)은 정상군에 비해 모든 당뇨유발군에서 유의적으로 높게 나타났으며 당뇨대조군과 당뇨실험군 간에는 유의차이가 없었다. Yu-yan과 Shaw-Mei<sup>69)</sup>는 마늘의 allicin이 간장 내에서 콜레스테롤 합성을 억제한다고 보고하였는데 본 실험에서는 감소현상이 나타나지 않았다.

2) 혈장 및 간장 중성지방

혈장의 중성지방 (TG) 함량 (Table 7)은 당뇨대조군에 비해 당뇨실험군에서 증가하였으나 유의적인 차이는 없었

Table 6. Plasma cholesterol levels of normal and diabetic rats fed on Allium vegetables (mg/dl)<sup>1)</sup>

	0 day	1 wk	2 wks	3 wks	4 wks
Normal	53.5 ± 8.6 <sup>NS2)</sup>	66.4 ± 10.5 <sup>3)</sup>	67.9 ± 11.3 <sup>c</sup>	82.8 ± 10.9 <sup>c</sup>	77.9 ± 9.4 <sup>c</sup>
STZ-control	54.0 ± 5.7	92.4 ± 12.4 <sup>bc</sup>	99.0 ± 18.9 <sup>bc</sup>	117.2 ± 16.8 <sup>b</sup>	88.8 ± 17.4 <sup>bc</sup>
<i>A. cepa</i>	61.0 ± 5.2	104.1 ± 14.1 <sup>b</sup>	125.4 ± 48.7 <sup>b</sup>	135.3 ± 27.8 <sup>a</sup>	100.6 ± 24.9 <sup>ob</sup>
<i>A. fistulosum</i>	62.4 ± 7.3	133.3 ± 81.2 <sup>a</sup>	132.3 ± 39.0 <sup>ob</sup>	112.1 ± 20.9 <sup>b</sup>	95.2 ± 22.3 <sup>ob</sup>
<i>A. sativum</i>	63.5 ± 10.1	89.7 ± 19.6 <sup>bc</sup>	99.2 ± 25.5 <sup>bc</sup>	123.6 ± 20.7 <sup>ob</sup>	106.1 ± 14.5 <sup>ob</sup>
<i>A. tuberosum</i>	64.5 ± 14.8	105.0 ± 18.5 <sup>b</sup>	171.8 ± 57.4 <sup>a</sup>	137.1 ± 13.9 <sup>a</sup>	97.3 ± 13.4 <sup>ob</sup>
<i>A. victorialis</i>	64.0 ± 18.0	93.5 ± 19.1 <sup>bc</sup>	125.8 ± 44.2 <sup>b</sup>	136.9 ± 42.9 <sup>a</sup>	115.5 ± 31.6 <sup>a</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) NS: not significant at p < 0.05

3) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05

Table 7. Levels of triglyceride (TG) in plasma and liver, HDL-cholesterol (HDL-cholesterol) and free fatty acid (FFA) in plasma cholesterol in liver of normal and diabetic rats fed on Allium vegetables<sup>1)</sup>

	Plasma			Liver	
	TG (mg/dl)	HDL-cholesterol (mg/dl)	FFA (μEq/L)	T-cholesterol (mg/g)	TG (mg/g)
Normal	101.4 ± 13.0 <sup>NS2)</sup>	33.6 ± 3.4 <sup>a</sup>	1115.9 ± 310.5 <sup>NS3)</sup>	2.94 ± 0.11 <sup>b</sup>	17.8 ± 3.0 <sup>c</sup>
STZ-control	76.6 ± 30.0	56.9 ± 9.0 <sup>a</sup>	1067.2 ± 300.1	5.45 ± 0.65 <sup>a</sup>	19.3 ± 3.1 <sup>c</sup>
<i>A. cepa</i>	106.6 ± 40.7	63.5 ± 19.7 <sup>a</sup>	1166.3 ± 209.9	4.96 ± 0.71 <sup>a</sup>	23.3 ± 4.0 <sup>b</sup>
<i>A. fistulosum</i>	80.3 ± 20.1	56.2 ± 18.8 <sup>a</sup>	1274.0 ± 293.0	4.93 ± 0.43 <sup>a</sup>	20.9 ± 3.0 <sup>bc</sup>
<i>A. sativum</i>	104.4 ± 38.0	64.0 ± 11.7 <sup>a</sup>	1485.9 ± 524.0	5.39 ± 1.15 <sup>a</sup>	27.0 ± 3.2 <sup>a</sup>
<i>A. tuberosum</i>	85.8 ± 68.2	57.2 ± 12.2 <sup>a</sup>	1165.8 ± 515.7	5.61 ± 0.40 <sup>a</sup>	21.3 ± 2.6 <sup>bc</sup>
<i>A. victorialis</i>	80.6 ± 20.7	39.4 ± 18.7 <sup>a</sup>	1429.9 ± 487.6	5.58 ± 0.58 <sup>a</sup>	21.1 ± 2.6 <sup>bc</sup>

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05

3) NS: not significant at p < 0.05

다. Lee 등<sup>70)</sup>은 극심한 퇴행성 대사를 나타내는 당뇨 쥐의 경우 인슐린 비의존형 당뇨병과는 달리 혈중 중성지방 증가가 반드시 당뇨 쥐의 대사를 악화시켰다고 할 수는 없다고 보고하였다. 본 실험에서도 혈당이 감소한 마늘섭취군에서 혈중 중성지방이 다소 높았고 당뇨대조군에서 혈중 중성지방 함량이 낮은 경향을 보였다.

간장의 중성지방 함량 (Table 7)을 정상군과 당뇨대조군을 비교하였을 때 유의적인 차이가 없었으며 양파섭취군과 마늘섭취군은 당뇨대조군에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타냈다. 본 실험에서 *Allium*속 식물섭취군 특히 마늘섭취군이 혈당을 유의적으로 감소시켰으나 간장 중성지방 함량도 이러한 점을 고려해 본다면 STZ에 의한 당뇨병 모델에서 혈당이나 다른 실험 결과를 볼 때 간장 중성지방의 증가가 반드시 당뇨 쥐의 대사 악화를 의미하는 것은 아닐 것으로 사료된다.

**3) 혈장 HDL-콜레스테롤**

혈장 HDL-콜레스테롤 함량 (Table 7)은 정상군에 비하여 당뇨대조군과 당뇨실험군이 유의적으로 높았으며 당뇨대조군과 당뇨실험군 간에는 유의적인 차이가 없었다. 일반적으로 당뇨 상태에서 혈중 HDL-콜레스테롤 함량이 감소하는 것으로 알려져 있으나 당뇨유발군이 정상군보다 더 높게 나타난 것은 흰쥐의 혈중 콜레스테롤의 대부분이 HDL분획에 존재하기 때문으로 추정된다.<sup>71)</sup>

**4) 혈장 유리지방산**

혈장의 유리지방산 (free fatty acid: FFA) 함량 (Table 7)은 정상군과 당뇨군사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 혈장 유리지방산의 증가는 당뇨 유발로 인한 인슐린결핍 및 말초조직의 저항성으로 인한 지질 대사 이상, 당신생과 VLDL-TG의 합성 및 분비 증가, lipoprotein lipase의 활성 감소로 인한 VLDL-TG 제거 지연에 의해 초래될 수 있다고 하였으나<sup>72)</sup> 본 실험에서는 실험군간의 유

의성을 보이지 않았다.

**5) 지질과산화물 함량**

반응성이 높은 유리기에 의해 세포막지질의 불포화지방산들이 산화적 분해를 일으키는 지질과산화반응의 지표인 MDA를 측정된 결과를 Table 8에 나타내었다. 간장의 MDA 함량은 정상군과 당뇨유발군에서 유의적인 차이가 없었다. Lee와 Lee<sup>73)</sup>의 연구에서도 당뇨유발군이 정상군에 비해 높았으나 유의적 차이를 보이지 않았다고 보고하였으며 당뇨가 유발된 쥐에서 간장 중 MDA 함량이 유의적 차이를 보이지 않는 것은 당뇨 유발로 인해 조직의 산화스트레스가 증가하지만 그의 대한 반응으로 지질과산화에 대한 방어기전도 작용하여 조직 내 과산화물들이 효과적으로 제거된 것으로 추정하였다.

신장에서의 MDA 함량은 정상군에 비해 당뇨대조군이 유의적으로 높았으며 마늘섭취군, 부추섭취군 및 산마늘섭취군에서는 당뇨대조군에 비해 유의적으로 낮아 정상군과 유사한 수치를 나타내었다. 당뇨병과 같은 상태에서는 유리기 생성계의 하나인 mixed function oxidase계가 활성화됨으로써 O<sub>2</sub><sup>-</sup>와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 발생되어 지질과산화가 증가된다고 보고되었으며<sup>74,75)</sup> Paccio 등<sup>76)</sup>의 연구에서도 당뇨 유발 쥐의 신장에서 MDA의 수준이 높다고 보고하였다. Lee와 Lee<sup>73)</sup>의 연구에서는 신장의 과산화정도가 다른 조직들보다 더 현저히 나타나고 또한 일찍부터 시작된다고 하였다. 따라서 신장에서의 지질과산화의 빠른 진행은 당뇨시 산화스트레스에 민감한 신장에 병태적 질환을 심화시키는 것으로 사료된다. 신장조직에서의 지질과산화의 진행과 생성물의 축적이 다른 조직에 비해 더욱 심하고 지질과산화물로 인해 신장의 미세혈관 조직이 손상되므로 당뇨 합병증이 신장에서 많이 발생하는 것과 관련이 있으며 신장이 간장이나 다른 조직에 비해 지질과산화에 저항성이 낮은 것도 추정할 수 있다. 본 실험에서는 마늘, 부추 및 산마늘

**Table 8.** Malondialdehyde (MDA) levels in liver, kidney, lung and pancreas of normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables (nmol/mg protein)<sup>1)</sup>

	Liver	Kidney	Lung	Pancreas
Normal	0.34 ± 0.07 <sup>NS2)</sup>	1.38 ± 0.36 <sup>c3)</sup>	1.23 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.35 <sup>NS</sup>
STZ-control	0.36 ± 0.06	3.01 ± 1.93 <sup>ab</sup>	1.22 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.02 ± 0.26
<i>A. cepa</i>	0.37 ± 0.10	4.14 ± 2.30 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.23 <sup>b</sup>	1.06 ± 0.17
<i>A. fistulosum</i>	0.36 ± 0.10	4.30 ± 2.60 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.24
<i>A. sativum</i>	0.34 ± 0.10	2.00 ± 1.10 <sup>c</sup>	0.94 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.53 ± 0.16
<i>A. tuberosum</i>	0.42 ± 0.10	1.80 ± 0.85 <sup>c</sup>	0.65 ± 0.13 <sup>c</sup>	0.74 ± 0.16
<i>A. victorialis</i>	0.34 ± 0.06	1.31 ± 0.33 <sup>c</sup>	0.61 ± 0.10 <sup>c</sup>	0.88 ± 0.51

1) Values are mean ± S.D., n = 6-8

2) NS: not significant at p < 0.05

3) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05

의 섭취가 당뇨로 인해 발생된 산화스트레스에 의해 증가되는 신장의 지질과산화물의 생성을 억제하거나 지질과산화물감소에 영향을 줄 수 있음이 추정된다.

폐의 MDA 함량은 정상군과 당뇨대조군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 파쇄취군을 제외한 모든 당뇨실험군은 당뇨대조군이나 정상군보다 유의적으로 낮은 MDA 수준을 나타내었다. 이는 대부분의 *Allium*속 식물 섭취가 폐의 지질과산화를 억제하는 효과가 있음을 시사한다.

췌장 MDA 함량은 모든 실험군간의 유의적인 차이가 없었으나 부추섭취군은 가장 낮은 MDA 함량을 나타냈다. Lee와 Lee<sup>73)</sup>는 당뇨동물의 조직 중 신장에서 지질과산화가 가장 크게 일어나고 그 다음이 심장, 간장의 순서라고 하였으므로 당뇨 쥐에서 췌장은 다른 조직보다 지질과산화에 대한 저항이 크거나 민감하지 않은 것으로 추정할 수 있다.

당뇨병 동안 지속적인 고혈당은 자동산화<sup>77)</sup>와 비효소적 단백질의 당화<sup>78)</sup>를 통해 산소유리기의 생성을 증가시키고 산소유리기가 막 인지질의 지질과산화를 초래하여 지질산화 생성물인 MDA 함량을 증가시키게 된다. 뿐만 아니라 당뇨를 유발하기 위해 사용된 STZ도 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 발생을 자극하여 superoxide anion과 hydroxyl radical 등의 유리기 생성을 증가시키는 것으로 보고되어 있다.<sup>79)</sup>

## 7. 간장의 무기질 함량

### 1) Cr 함량

인슐린 작용에 관여한다고 알려진 간장내 Cr 함량을 Table 9에 제시하였으며 정상군과 당뇨대조군은 유의적인 차이가 없었다. 당뇨실험군 중에서는 정상군에 비해 파쇄취군, 마늘섭취군, 부추섭취군 및 산마늘섭취군에서 유의적으로 높은 Cr 함량을 나타내었다. Cr은 인체 내에서 필수적인 포도당 내성인자로서 탄수화물과 지방 대사에 필요한 미량원소이다. Cr이 인슐린의 작용의 조효소로 작용하므로 간장 내 Cr 함량과 혈당과의 연관성이 추정되었으나 일관적인 결과를 나타내지는 않았다. Cr이 주로 제2형 당

뇨에서 당내성을 개선시키는 것으로 보아 실험적 당뇨 쥐에서는 간장의 높은 Cr 함량과 혈당과는 연관이 적음을 추정할 수 있다.

### 2) Zn 함량

정상군과 비교하여 당뇨대조군이 유의적으로 높은 함량을 나타냈다 (Table 9). 양파섭취군과 마늘섭취군의 Zn 함량이 당뇨대조군보다 유의적으로 낮았으며 정상군과 유사하였다. 이것은 Failla와 Kiser<sup>80)</sup>가 STZ를 투여한 인슐린 결핍 당뇨 쥐의 간에서 세포질의 Zn농도가 현저하게 증가되었음을 보고한 것과 일치한다. 간장과 신장은 미량 금속 대사의 단기간 조절기능을 가지고 있으며 Failla와 Kiser<sup>81)</sup>는 췌장과 부신흡르몬 수준의 급격한 변화에 의해 간장에서 이러한 미량 금속 대사가 영향을 받는다고 하였다. Thomas 등<sup>82)</sup>은 Zn은 그 자체가 항산화제 특성을 가지고 있어 세포막에 작용하여 불포화지방산의 산화를 방해한다고 하였다. 또한 superoxide dismutase (SOD)는 Cu와 Zn을 함유한 항산화 효소로 반응성이 크고 독성인 산소유리기를 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 전환시키는 효소로 Zn은 이 효소를 통해서도 생체 내에서 항산화체계에 기여한다. 간장의 무기질 함량은 스트레스나 생체의 일시적인 변화에 의해 민감하게 변동되므로 STZ 유발 당뇨에 의한 생체내 산화 스트레스 및 여러 가지 대사 변화 이상으로 인해 당뇨 유발 쥐의 간장 내 Zn 함량이 증가하였다고 추정된다. 마늘섭취군과 양파섭취군의 간장 Zn 함량이 당뇨대조군보다 유의적으로 낮게 나타난 것은 마늘과 양파섭취가 당뇨를 호전시켜 당뇨에 의한 스트레스를 감소시켰음을 추정할 수 있다. 본 실험에서는 다른 연구<sup>81)</sup>의 결과와 같이 당뇨 및 그에 의한 생체내 스트레스로 인해 생화학적으로 민감한 간장에서 Zn 함량이 영향을 받은 것을 알 수 있었다.

### 3) Fe 함량

간장에서 측정된 Fe 함량을 보면 당뇨대조군이 정상군보다 유의적으로 높게 나타났다 (Table 9). 또한 마늘섭

**Table 9.** The hepatic mineral levels of normal and diabetic rats fed on *Allium* vegetables (ppm/g)<sup>1)</sup>

	Cr	Zn	Fe	Mn
Normal	1.0 ± 0.5 <sup>b2)</sup>	33.4 ± 8.5 <sup>c</sup>	149.0 ± 22.0 <sup>d</sup>	10.6 ± 2.3 <sup>b</sup>
STZ-control	1.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	49.5 ± 7.9 <sup>a</sup>	173.7 ± 19.9 <sup>bc</sup>	14.6 ± 4.0 <sup>ab</sup>
<i>A. cepa</i>	1.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	38.2 ± 2.1 <sup>bc</sup>	186.2 ± 16.9 <sup>b</sup>	12.0 ± 3.7 <sup>b</sup>
<i>A. fistulosum</i>	2.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	49.4 ± 11.0 <sup>a</sup>	215.8 ± 10.6 <sup>a</sup>	16.8 ± 2.7 <sup>a</sup>
<i>A. sativum</i>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	33.2 ± 3.9 <sup>c</sup>	140.2 ± 24.5 <sup>d</sup>	11.8 ± 3.6 <sup>b</sup>
<i>A. tuberosum</i>	2.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	50.8 ± 3.9 <sup>a</sup>	182.8 ± 20.3 <sup>b</sup>	16.3 ± 1.4 <sup>a</sup>
<i>A. victorialis</i>	2.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	45.2 ± 4.3 <sup>ab</sup>	153.0 ± 10.0 <sup>cd</sup>	17.1 ± 0.7 <sup>a</sup>

1) Values are mean mean ± S.D., n = 6-8

2) Values with different superscript within the same column are significantly different at p < 0.05



취군의 Fe 함량은 당뇨대조군보다 유의적으로 낮게 나타났다. Fe 함량에서도 당뇨대조군이 정상군보다 유의적으로 높게 나타나고 마늘섭취군을 제외한 당뇨실험군에서 유의적으로 높은 함량을 보인 것은 당뇨 유발로 인한 체장과 부신흌르몬 수준의 급격한 변화에 의해 간장에서의 미량금속 대사가 영향을 받아 간장의 Fe 함량이 증가된 것으로 사료된다.<sup>80)</sup> 생체변화나 그에 의한 스트레스에 대한 반응으로 간장의 미량원소의 함량이 증가되므로 마늘섭취군이 다른 당뇨대조군과 당뇨실험군에 비해 유의적으로 간장의 Fe 함량이 낮은 것은 마늘의 섭취가 당뇨에 의한 스트레스를 감소시키거나 당뇨를 호전시킴으로써 당뇨로 인한 영향이나 스트레스로부터 생체를 보호할 수 있는 가능성이 있음을 시사한다.

#### 4) Mn 함량

Mn의 함량도 당뇨대조군이 정상군보다 높게 나타났으나 유의성은 없었다 (Table 9). Mn도 Zn과 같이 SOD의 구성 성분으로서 생체 내에서 항산화작용을 수행하며 이런 미량원소들이 체장과 부신흌르몬 수준의 급격한 변화에 의해 간장에서의 미량금속대사가 영향을 받는다고 하였으나 본 실험의 Mn의 경우에는 간장의 함량에 있어 유의성이 없는 결과를 나타냈다. 그러나 양파섭취군과 마늘섭취군은 유의성은 없었지만 다른 미량원소들과 같이 당뇨대조군보다 그 수준이 낮게 나타났다. 당뇨 실험군 중 마늘섭취군은 Cr, Zn 및 Mn의 함량이 정상수준으로 낮게 나타난 것은 혈당이 감소되어 당뇨에 따른 산화스트레스를 감소시켰기 때문으로 추정된다. 양파섭취군도 Zn이 유의적으로 낮았으므로 당뇨로 인한 산화스트레스를 다소 감소시킬 수 있는 것으로 사료된다.

### 요 약

한국산 식용 및 약용식물의 항당뇨 효과 탐색 연구로 본 연구에서는 *Allium*속 식물 중 식품으로 다양하게 사용하고 있는 5가지 양파, 파, 마늘, 부추 및 산마늘을 냉동건조하고 분말화하여 첨가한 식이를 STZ로 유발시킨 당뇨 흰쥐에게 28일간 섭취시킨 후 혈장 포도당, 지질 함량 및 간장 내 무기질 함량을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) STZ에 의한 당뇨유발로 당뇨대조군의 체중은 감소하였으나 당뇨실험군의 체중은 증가하는 경향을 보였고 특히 마늘섭취군에서는 유의적인 체중 증가를 나타내었다. 식이이용효율에서도 당뇨대조군은 다식현상으로 식이섭취량은 많았지만 체중증가량이 적어 음 (-)의 식이효율을

나타내었고 양파섭취군과 마늘섭취군 및 부추섭취군은 유의적으로 높은 식이효율을 보였다.

2) 장기의 무게는 당뇨대조군과 당뇨실험군에 비해 마늘섭취군의 신장 무게가 유의적으로 낮아 신장 비대를 억제한 것으로 나타났으며 다른 장기에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. AST 활성도는 실험군간에 유의성이 없는 결과를 나타내었으나 ALT 활성도는 마늘섭취군에서 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다.

3) 당뇨대조군은 고혈당이 지속된 반면 마늘섭취군의 혈당은 실험 1주째부터 유의적으로 낮은 수준을 보여 혈당 억제 효과를 나타내었으며 부추섭취군도 실험 4주째에는 유의적으로 낮은 수준의 혈당을 나타내었다. 간장 글리코젠 함량은 정상군에 비해 모든 당뇨유발군이 유의적으로 낮은 함량을 나타내었으나 당뇨대조군에 비해 *Allium*속 식물의 섭취는 모두 높은 수치를 보였다.

4) 혈장 내 콜레스테롤, 중성지방, 유리지방산, HDL-콜레스테롤 함량은 각 실험군간의 유의차가 없었으며 폐의 MDA 함량은 당뇨대조군에 비해 양파섭취군, 마늘섭취군, 부추섭취군과 산마늘섭취군에서 유의적으로 낮았다.

*Allium*속 식물 중 마늘과 부추는 고혈당의 수준을 저하시키거나 억제시켜 혈당을 개선할 수 있으며 부추와 산마늘섭취가 혈당저하에는 관련되지 않았으나 조직의 과산화지질 감소에는 작용함을 알 수 있었다. 당뇨병의 주요증세가 고혈당 그리고 다식임에도 불구하고 급격한 체중감소를 보인다는 점에서 본 실험결과는 *Allium*속 식물을 당뇨동물에게 급여함으로써 체중저하를 방지하고 당대사를 개선함으로써 당뇨병의 증세가 어느 정도 호전될 수 있음을 보여준다. *Allium*속 식물이라도 함유된 생리활성 성분에 따라 다른 생리적 기능을 나타낼 수 있으므로 그 생리활성성분을 고려한 적절한 섭취는 그 효능을 극대화할 수 있음을 추정할 수 있으며 각 성분에 대한 생리 활성에 대해서는 더 깊은 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 그 자체로서 항산화 작용에 관여하거나 다양한 체내 산화스트레스에 대해 영향을 받는 Cr, Zn, Fe 및 Mn과 같은 미량 원소들의 체내 반응 기작에 관해서는 앞으로 좀더 연구해야 할 과제라고 사료된다.

#### Literature cited

- 1) Kwan TW, Kang SK. Development of food industry and our eating style. Korean Dietary Culture Association Autumn Symposium, 1993
- 2) Lee BR, Cha JH, Park JY. Effects of dietary Mandarino LJ. Current hypothesis for biochemical basis of retinopathy. *Diabetes*

- Care 15: 1892-1901, 1992
- 3) Summary report of cause of death statistics in 2001, Korea national statistical office, Seoul, 2002
  - 4) Cambell PK, Steil CF. Diabetes clinical pharmacy and therapeutics. 4th ed. Williams & Wilks, 1988
  - 5) Abrams JJ, Ginberg H, Grundy SM. Metabolism of cholesterol and plasma triglycerides in non-ketotic mellitus. *Diabetes* 31: 903-910, 1982
  - 6) Behrens WA, Madeae R. Vitamin C and vitamin E status in the spontaneously diabetic BB rat before the onset of diabetes. *Metabolism* 40(1): 72-76, 1991
  - 7) Kannel WB, Mcg LL. Diabetes and cardiovascular disease. *JAMA* 241(19): 2035-2038, 1979
  - 8) Kang Y, Ko IY. The cause of development and prospective treatment of type 1 diabetics. *Saengwhahak Nyusu* 15(6): 388-396, 1995
  - 9) Goldberg RB. Lipid disorders in diabetes. *Diabetes Care* 4: 561-572, 1981
  - 10) Reaven KM. Abnormal lipoprotein metabolism in non-insulin dependent diabetes mellitus. *Am J Med* 8: 31-40, 1987
  - 11) West KM, Ahuja MM, Benn PH. The role of circulating glucose and triglyceride concentrations and their interaction with other risk factors as determinations of arterial disease in nine diabetic population samples from the WHO multination study. *Diabetes Care* 6: 361-369, 1983
  - 12) Park PS, Lee MY. Effects of an onion diet on carbon tetrachloride toxicity of rats. *J Korean Soc Food Nutr* 20: 121, 1991
  - 13) Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. Components and antioxidative activities of buchu (*Chinese chives*) diet on antioxidative system of ICR mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 834-839, 2003
  - 14) Lim JS. Onion and health. Kukjemunwhachulpankongs, 1993
  - 15) Kendler BS. Garlic (*Allium sativum*) and onion (*Allium cepa*): A review of their relationship to cardiovascular disease. *Prev Med* 16: 670-685, 1987
  - 16) Rho SN, Han JH. Cytotoxicity of garlic and onion methanol extract on human lung cancer cell lines. *J Korean Soc Food Soc Nutr* 29: 870-874, 2000
  - 17) Kim SO, Lee MY. Effect of ethylacetate fraction of onion on lipid metabolism in high cholesterol fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 673-678, 2001
  - 18) Woo HS, Aan BJ, Bae JH, Kim S, Choi HJ, Han HS, Choi C. Effect of biologically active fractions from onion on physiological activity and lipid metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(1): 119-123, 2003
  - 19) Warshafsky S, Kamer RS, Sivak SL. Effect of garlic on total serum cholesterol. *Ann Intern Med* 119: 599-605, 1993
  - 20) Augusti KT. Hypocholesterolemic effect of garlic (*Allium sativum* Linn). *Ind J Exp Biol* 15: 489-490, 1997
  - 21) Jo HJ, Choi MJ. Effect of 1% garlic powder on serum and liver lipid and plasma amino acid concentration in rats fed cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 3(1): 98-103, 2002
  - 22) Lee SH, Woo SJ, Koo YJ, Shin HK. Effects of mugwort, onion and polygalate radix on the intestinal environment of rats. *Korean J Food Sci Technol* 27: 598-604, 1995
  - 23) Ahn DK. An colored illustrated guide to medicinal herbs. Gyohaksa, 1998
  - 24) Lee WC. An illustrated botany. Gyohaksa, 1996
  - 25) Reuter HD, Koch HP, Lawson DL. Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations. In: garlic: the science and therapeutic applications of *Allium sativum* L. and related species, 2nd ed. pp 135-212, William & Wilkins, Baltimore, MD
  - 26) Srivastava KC, Bordia A, Verma SK. Garlic (*Allium sativum*) for disease prevention. *South African J Sci* 91: 68-77, 1995
  - 27) Jain RC, Vyas CR. Letter: hypoglycemia action of onion on rabbits. *Br J Nutr* 2(21): 730, 1974
  - 28) Jain RC, Vyas CR. Garlic in alloxan-induced diabetic rabbits. *Am J Clin Nutr* 28: 684-685, 1975
  - 29) Reeves PG. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J Nutr* 127: 838S-841S, 1997
  - 30) Lee SS, Kim JW. Pharmacological studies on the water extract of fractions of *Lycium chinese* Mill. *Duksung Bull Pharm Sci* 2: 29-41, 1991
  - 31) Gold G, Manning M, Heldt A, Nowlain R, Pettit JG, Grodsky GM. Diabetes induced with multiple subdiabetogenic doses of streptozotocin. *Diabetes* 30: 634-638, 1981
  - 32) Retiman S, Frankel S. A colorimetric method the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamine pyruvic transaminases. *Am J Clin Pathol* 28: 58-63, 1957
  - 33) Rabbo E, Terkildsen TC. On the enzymatic determination of blood glucose. *Scand J Lab Invest* 12: 402-407, 1968
  - 34) Hassid WZ, Abraham X. Chemical procedures for analysis of polysaccharides In: Methods in Enzymology 3. Academic press, pp.34-50, 1957
  - 35) Richmond W. Preparation and properties of a cholesterol oxidase from nocardia sp. and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *J Clin Chem* 19: 1350-1356, 1973
  - 36) Allian CC, Poon LS, Chan CSG, Richmond W, Paul C Fu. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *J Clin Chem* 20: 470-475, 1974
  - 37) Finely PR, Schiffman RB, Williams RJ, Lucht DA. Cholesterol in high-density lipoprotein: Use of Mg<sup>2+</sup>/dextran sulfate in its measurement. *Clin Chem* 24: 931-933, 1978
  - 38) Giegel JL, Ham SB, Clema W. Serum triglyceride determined colorimetry with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *J Clin Chem* 21: 1575-1581, 1975
  - 39) Kim J. Compendium of the clinical inspection. 29th ed, 1983
  - 40) Uchiyama M, Mihara M. Determination of malondialdehyde precursor in tissue by thiobarbituric acid test. *Anal Biochem* 86: 271-278, 1978
  - 41) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AJ, Randall RR. Protein measurement with the foline phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-273, 1951
  - 42) Rao M, Blane K, Zonnenberg M. PC-STAT. Dept. Food Sci Univ Georgia, 1985
  - 43) Preston AM, Tome J, Morales JJ, Milan L, Cuevas AA, Medina J, Santiago JA. Diabetic parameters 58 weeks after injection with streptozotocin in rats fed basal diet supplemented with fiber, mineral and vitamins. *Nutr Res* 11: 895-906, 1991
  - 44) 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 Biol Chem* 249: 4510-4514, 1974
  - 45) Lee JS, Son HS, Maeng YS, Chang YK, Ju JS. Effects of bu-

- ckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 27: 819-827, 1994
- 46) Jung HS, Noh KH, Cho HY, Park JY, Choi CY, Kwon TW, Song YS. Effect of buchu (*Allium tuberosum*) on lipid peroxidation and antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Life Sci* 13: 333-342, 2003
  - 47) Tourandokht B, Mehrdad R. Beneficial effect of the vascular reactivity of streptozotocin-diabetic rats. *J Ethnopharmacol* 85: 139-144, 2003
  - 48) Kwag OG, Yang JA, Rhee SJ. Effects of vitamin E on the antioxidative system of kidney in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(3) : 654-662, 1999
  - 49) Gallaher DD, Casallany AS, Shoeman DW, Olsen JM. Diabetes increases excretion of urinary malonaldehyde conjugates in rats. *Lipids* 28: 663-666, 1993
  - 50) Steer HA, Sochr M, McLean P. Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. *Diabetes* 34: 485-490, 1985
  - 51) Goldberg RB. Lipid disorders in diabetes. *Diabetes Care* 4: 561-572, 1981
  - 52) Kahn, CR. The molecular mechanism of insulin action. *Ann Rev Med* 36: 429, 1985
  - 53) Like AA, Appe MC, Rossin AA. Autoantibodies in the BB/W rat. *Diabetes* 31: 816-820, 1982
  - 54) Lee KH, Chung SH. Antidiabetic effect and mechanism of *Mori folium* on streptozotocin induced diabetic mouse. *Bull KH Pharma Sci* 8: 87-99, 2000
  - 55) Gowsala P, Stivam. Protection against *Helicobacter pylori* and other bacterial infections by garlic. *J Nutr* 131: 1106S-1108S, 2001
  - 56) Seyer-hansen K. Renal hypertrophy in streptozotocin diabetic rats. *Clin Sci Mol Med* 51: 551-555, 1976
  - 57) Sheela CG, Augusti KT. Antidiabetic effects of S-allylcysteine sulphoxide isolated from garlic *Allium sativum* Linn. *Indian J Exp Biol* 30: 523-526, 1992
  - 58) Chai TM, Park MR, Rhee SJ. Effects of green tea catechin on the antioxidative defense system and lipofuscin levels of heart in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Gerontol* 8: 96-103, 1998
  - 59) Meglasson MD, Burch PT, Berner DK, Najafi H, Matschinsky FM. Identification of glucokinase as an alloxan-sensitive glucose sensor of the pancreatic-cells. *Diabetes* 35: 1163-1173, 1986
  - 60) Wolf HPO, Engel DW. Decrease of fatty acid oxidation, ketogenesis and gluconeogenesis in isolated perfused rat liver phenylalkyl oxirane carbohydrate (B 807-27) due to inhibition of CPTI (EC2.3.1.21). *Eur J Biochem* 146: 359-363, 1985
  - 61) Hribal ML, Oriente F, Accili D. Mouse models of insulin resistance. *Am J Physiol Endocrinolmetab* 282: E977-E981, 2002
  - 62) Agius L, Peak M, Alberti KG. Regulation of glycogen synthesis from glucose and gluconeogenic precursors by insulin in periportal and perivenous rat hepatocytes. *Biochem J* 268(3) : 807, 1990
  - 63) Park SH, Lee YK, Lee HS. The effects of dietary fiber feeding on gastrointestinal functional and lipid glucose metabolism in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 27: 311-322, 1994
  - 64) Kim HK, Cho DW, Hahm YT. The effects of Coix bran on lipid metabolism and glucose challenge in hyperlipidemic and diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 9: 140-146, 2000
  - 65) Choi JW, Son KH, Kim SH. The effect of nicotinamide on plasma lipid compositions in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 20: 306-311, 1991
  - 66) Castelli WP, Wilson PF, Lery D, Anderson K. Serum lipids and risk of coronary artery disease. *Atherosclerosis Rev* 21: 7-19, 1990
  - 67) De leo. Iron modulation of LPS-induced manganese superoxide dismutase gene expression in rat tissues. *FEBS Lett* 403: 131-135, 1997
  - 68) Chang KJ The effects of taurine and  $\beta$ -alanine on blood glucose and blood lipid concentrations in insulin-treated diabetic rats. *Korean J Comm Nutr* 4(1) : 103-110, 1999
  - 69) Yu-yan Y, Shaw-Mei Y. Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triglycerol synthesis. *Lipids* 29: 189, 1994
  - 70) 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. *Korean J Nutrition* 27: 819-827, 1994
  - 71) Tol AV. Hypertriglyceride in the diabetic rats effective removal of serum very low density lipoprotein. *Atherosclerosis* 26: 117-128, 1977
  - 72) Baron H, Levy E, Oschry Y, Ziv E, Scafrir E. Removal effect of very low density lipoproteins from diabetic rats. *Biochem Biophys Acta* 793: 115-118, 1984
  - 73) Lee SZ, Lee HS. Changes in plasma lipid pattern in streptozotocin-induced diabetic rats: A time course study. *Korean J Nutrition* 32(7) : 767-774, 1999
  - 74) Prichard KA, Patel ST, Karper CW, Newman HAI, Panganamala RV. Triglyceride-lowering effects of dietary vitamin E in streptozotocin induced diabetic rats fed high vitamin E. *Diabetes* 35: 278, 1986
  - 75) Karpen CW, Cataland S, O'Doriso TM, Panganamala RV. Production of 12-hydroxyeicosetraenoic acid vitamin E status in platelets from type 1 human diabetic subjects. *Diabetes* 34: 526, 1985
  - 76) Paccio G, Baccari GC, Frascatore S, Sellitti S, Pisanti FA. The vitamin-E derivative U-83836-E in the low-dose streptozotocin-treated mouse: effects on diabetes development. *Diabetes Res Clin Pract* 30: 163-171, 1995
  - 77) Hung JV, Smith CCT, Wolff SP. Autoxidative glycosylation and possible involvement of peroxides and free radicals in LDL modification by glucose. *Diabetes* 39: 1420-1424, 1990
  - 78) Wolff SP, Dean RT. Glucose autooxidation and protein modification: the potential role "antioxidative glycosylation" in diabetes mellitus. *Biochem J* 245: 243-250, 1987
  - 79) Takasu N, Komiyama I, Asasa T, Nagasawa Y, Yamada T. Streptozotocin and alloxan induced H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> generation and DNA fragmentation in pancreatic islets. *Diabetes* 40: 1141-1145, 1991
  - 80) Failla ML, Kiser RA. Altered tissue content and cytosol distribution of trace minerals in experimental diabetes. *J Nutr* 111: 1900, 1981
  - 81) Failla ML, Kiser RA. Hepatic and renal metabolism of copper and zinc in the diabetic rat. *Am J Physiol* 244: E115, 1983
  - 82) Thomas JP, Bachowski GJ, Girotti AW. Inhibition of cell membrane lipid peroxidation by cadmium and zinc-metallothiones. *Biophysica Acta* 884: 448, 1986