

## 함초 첨가식이가 당뇨 유발 흰쥐의 혈당 및 지질대사물에 미치는 영향

김 명 화<sup>§</sup>

덕성여자대학교 식품영양학과

### Effects of *Salicornia herbacea* L. Supplementation on Blood Glucose and Lipid Metabolites in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Kim, Myung Wha<sup>§</sup>

Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea

#### ABSTRACT

This study was designed to examine the effects of *Salicornia herbacea* L. (glasswort: GW) on the plasma blood glucose and lipid metabolites in diabetic rats. Diabetes mellitus was induced in male Sprague-Dawley rats weighing 200 – 220g by an injection of streptozotocin (STZ) dissolved in a citrate buffer into the tail vein at a dose of 45 mg/kg of body weight. Sprague-Dawley rats were fed an AIN-93 recommended diet and the experimental groups were fed a modified diet containing 10% and 20% of glasswort powder for 4 weeks. The experimental groups were divided into 6 groups which consisted of normal (N)-control group, N-GW 10% and N-GW 20% treated groups, STZ-control, STZ-GW 10% and STZ-GW 20% treated groups. The rats' body weights, aminotransferase activities and hematocrit (Hct) values were measured, along with plasma levels of glucose, protein, cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride (TG) and free fatty acids (FFA). The non-diabetic rats gained weight, while the diabetic rats lost weight. There were significant differences between the control group and the diabetic groups in the weight of the kidney, liver and pancreas. Aspartate aminotransferase activity was lower in the non-diabetic control group compared to diabetic experimental groups, even though the difference was not significant. The plasma protein of N-GW 20% group was lower among all experimental groups but it was not significantly different. The blood glucose levels of the STZ-GW 10% group and STZ-GW 20% group were significantly lower than for the diabetic-control group. There were no significant difference of cholesterol levels among diabetic groups. The normal rats of 20% glasswort group in FFA and TG levels showed significant changes among all groups. These results exhibited dose related effect of glasswort and it may contain antihypoglycemic compounds. (*Korean J Nutrition* 40(1): 5~13, 2007)

**KEY WORDS :** *Salicornia herbacea* L, blood glucose, lipid metabolites, streptozotocin.

#### 서 론

당뇨병은 주요한 이환과 사망의 원인이 되는 성인병으로 최근에는 암 및 순환기계 질환과 더불어 3대 질환의 하나로 지목되고 있다.<sup>1)</sup> 우리나라에서 당뇨병에 의한 유병율은 5~8%로 추정<sup>2)</sup>되고 있으며 사망률은 인구 10만 명당 17.2 명으로<sup>3)</sup> 증가하고 있다. 당뇨병은 고혈당과 이상지혈증을 특징으로 하는 만성대사성질환으로 혈당조절이 잘되지 않을 경우 평균 20여년의 유병기간 동안 동맥경화, 고혈압 및 신

증 등의 미세혈관 병변의 합병증을 초래한다.<sup>4,5)</sup> 당뇨병은 만성적인 관리를 필요로 하는 질환으로 치료를 위한 비용 뿐 아니라 치료시 발생하는 내성문제로 인해 당뇨관리시 식이치료가 중요하다. 이러한 식이치료를 위해 자연식용식물의 영양학적 및 생리활성 측면에서 높은 가치가 인식되어 지고 있다.<sup>6,7)</sup> 당뇨치료를 위해서 당뇨환자들은 쉽게 혈당을 조절할 수 있다는 생각으로 당뇨에 좋다고 선전되고 있는 민간요법 소재들을 충분한 과학적인 검토가 이루어 지지 않았음에도 불구하고 일반적으로 상용화하고 있는 실정이다.<sup>8)</sup>

본 연구에서는 구전이나 민간요법으로 이용되어 온 자연 식품의 효과적인 검색과 과학적인 근거자료를 확립하기 위한 일환으로 실험시료로 함초를 사용하였다. 함초 (*Salicornia herbacea* L.)는 명아주과 (Chenopodiaceae)에 속하는 일년생 초본식물로 라틴명으로는 *Salicornia europea*,

접수일 : 2006년 12월 4일

채택일 : 2007년 1월 15일

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

E-mail : kmw7@duksung.ac.kr

영식으로는 Jointed glasswort, 우리말로는 통통하고 마디마디 튀어나온 풀이라 하여 ‘통통마디’라고 부른다. 중국의 옛 의학책인 <신농초본경>에는 맛이 몹시 짜다고 하여 함초(鹹草) 또는 염초(鹽草)라고 하였고, 몹시 희귀하고 신령스러운 풀이라 하여 신초(神草)라고도 하였다. 일본의 의성(醫聖)이라고 부르는 가이바라의 <대화본초(大和本草)>에는 함초가 불로장수하게 하는 풀이라고 적혀 있으며 염초(鹽草), 복초(福草) 및 삼지(三枝) 등의 여러 이름으로 불렀다.<sup>9)</sup> 함초는 우리나라 서해안이나 남해안, 제주도, 울릉도 및 백령도 같은 섬지방의 바닷물이 닿는 해안이나 갯벌과 염전 주위에 무리지어 자라는 10~30 cm 높이의 원추형 식물이다. 함초는 육상식물 보다 다량의 염분을 흡수하여 생명체에 이로운 소금기를 저장 및 축적하고 있는 식물로 아무리 많이 먹어도 갈증이 나지 않는 식품으로 알려져 있다.<sup>9,10)</sup> 일본, 프랑스 및 지중해에서는 함초를 샐러드로 먹거나 식재료로,<sup>11)</sup> 멕시코, 이집트 및 아랍에미리트 연방에서 식용이나 채종류와 같은 기름으로, 혹은 가축의 먹이로 사용하였다.<sup>12)</sup> 우리나라에서는 바닷가에 사는 사람들이 드물게 나물로 무쳐 먹고 봄철 몸이 나른하고 밥맛이 없을 때 함초나물을 먹으면 눈이 밝아지고 밥맛이 좋아진다는 얘기가 전해지며, 황해도 지방에서는 함초를 소화불량, 위장병, 간염, 및 신장병 등의 약으로 사용하였다.<sup>13)</sup> 최근 우리나라에서는 함초의 독특한 짠맛과 다양한 생리적 효능이 구전되어 전라남도 해남 등지에서 생나물 등의 재래적인 방법으로 식용화하고 있다.

함초의 성분 및 생리활성에 관한 연구로는 함초의 뿌리, 잎 및 줄기마디의 성분함량,<sup>14)</sup> 생리활성기능 탐색<sup>15)</sup> 및 항산화효과<sup>11,16)</sup>에 관하여 보고되었다. 또한 함초가루의 혼합비율 최적화 연구<sup>17)</sup>를 통해 식품개발 등이 이루어졌다. 그러나 함초의 질병치료효과에 관하여는 민간에서 전해지는 것이 전부이며 기호식품으로 음료와 인터넷<sup>13)</sup> 등으로 많이 시판되고 있으나 과학적인 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 streptozotocin (STZ)으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에게 함초분말을 식이에 첨가하여 4주간 섭취시킨 후 함초가 혈당과 에너지 대사물의 수준에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서 시료로 사용한 함초 (Glasswort: GW)는 2004년에 경상북도 청도군에서 수확하여 자연건조시킨 것을 구입하여 분말화하였다. 함초의 분말시료는 냉장보관하

면서 실험하였다.

### 2. 실험동물 사육 및 당뇨유발

실험동물은 체중 220 g 내외의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 샘타코 (주식회사 샘타코 Biokorea, 오산, 경기도)로부터 구입하여 stainless steel cage에 한마리씩 넣고 온도 22±2°C에서 고형사료 (삼양사료 주식회사)로 1주일간 예비사육한 후 난괴법에 의해 6개 군으로 나누어 실험동물로 사용하였다. 실험군은 정상실험군 3개군과 당뇨실험군 3개군으로 나누어 정상실험군에는 함초를 첨가하지 않은 정상대조군 (Normal)과 정상대조군에 함초를 각각 10% (Normal-GW 10%)와 20% (Normal-GW 20%)를 AIN-93 기본식이<sup>18)</sup>에 첨가하였고, 당뇨실험군에는 함초를 첨가하지 않은 당뇨대조군 (STZ-control)과 당뇨대조군에 함초를 각각 10% (STZ-GW 10%)와 20% (STZ-GW 20%)를 AIN-93 기본식이에 첨가하여 실험하였다. 정상대조군과 당뇨대조군 모두 AIN-93 기본식으로 공급하였고 함초첨가 실험군의 식이<sup>9)</sup>는 AIN-93 기본식이를 변형하여 실험동물에게 분말화한 함초를 각각 10%와 20%씩 첨가정도를 달리하여 각각의 해당식으로 4주간 공급하였고 실험식사와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다 (Table 1). 실험기간 동안의 매일 섭취한 식이의 양은 1주일 단위로 합하여 주당 1일 평균 식이섭취량을 구하였다. 체중은 매일 같은 시간에 동물체중계로 측정하였으며 식이효율 (feed efficiency ratio: FER)은 측정된 식이섭취량에 대한 체중증가량으로 계산하였다.

당뇨유발은 실험동물을 16시간 절식시킨 후 췌장의  $\beta$ -세포에만 특이적으로 작용하여 다른 기관에 영향을 미치지 않는다고 알려진<sup>19-22)</sup> streptozotocin (STZ, Sigma Chemical Co.)을 pH 4.5의 0.01 M citrate buffer에 45 mg/kg B.W. 농도로 녹여 꼬리정맥에 주사하였다. 당뇨병의 유발 확인은 24시간 후 안구정맥총에서 채혈하여 혈장 중의 포도당 농도가 300 mg/dl 이상인 것을 당뇨가 유발된 것으로 확인하였다. 정상실험군에는 0.01 M citrate buffer를 당뇨실험군과 같은 방법으로 주사하였다.

### 3. 생화학적 분석

실험기간 중 일주일 간격으로 실험동물의 안구정맥총에서 채혈하여 3,000 rpm에서 원심분리 (HA 300, Haniil Centrifuge Co. Ltd)한 후 혈장을 취해 혈장 포도당은 glucose oxidase법<sup>23)</sup>에 의한 glucose kit (영동제약)를 이용하여 측정하였다. 실험 4주의 마지막 날에는 실험동물을 에테르로 마취시켜서 단두로 희생시킨 후 heparinized tube에 혈액을 모아 3,000 rpm에서 15분간 냉장 (4°C)에서 원

**Table 1.** Composition of control and experimental diets (g/kg diet)

Components	Control diet <sup>1)</sup>	Experimental diet <sup>2)</sup>	
		10%	20%
Cornstarch	465.692	404.792	343.892
Casein	140.0	129.4	118.8
Dextrinized cornstarch	155.0	155.0	155.0
Sucrose	100.0	100.0	100.0
Soybean oil	40.0	36.5	33.0
Fiber	50.0	25.0	0.0
Mineral mix <sup>3)</sup>	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix <sup>4)</sup>	10.0	10.0	10.0
L-Cystine	1.8	1.8	1.8
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5
Tert-butylhydroquinone	0.008	0.008	0.008
Glasswort	-	100.0	200.0

1) Control diet: AIN-93 diet

2) Experimental diet: control diet + glasswort powder

3) AIN-93 Mineral mixture (g/kg): Calcium carbonate anhydrous 357.0, Potassium phosphate monobasic 250.0, Potassium citrate (tripotassium monohydrate) 28.0, sodium chloride 74.0, Potassium sulfate 46.6, Magnesium oxide 24.0, Ferric citrate 6.06, Zinc carbonate 1.65, Sodium meta-silicate · 9 H<sub>2</sub>O 1.45, Manganous carbonate 0.63, Cupric carbonate 0.30, Chromium potassium sulfate · 12 H<sub>2</sub>O 0.275, Boric acid (mg) 81.5, Sodium fluoride (mg) 63.5, Nickel carbonate (mg) 31.8, Lithium chloride (mg) 17.4, Sodium selenate anhydrous (mg) 10.25, Potassium iodate (mg) 10.0, Ammonium paramolybdate · 4 H<sub>2</sub>O 7.95, Ammonium vanadate (mg) 6.6, Powdered sucrose 209.806

4) AIN-93 Vitamin mixture (g/kg): Nicotinic acid 3.0, Ca pantothenate 1.6, Pyridoxine-HCl 0.7, Thiamin-HCl 0.6, Riboflavin 0.6, Folic acid 0.2, Biotin 0.02, Vitamin B<sub>12</sub> (cyanocobalamin) 2.5, Vitamin E (all-*rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate) 15.0, Vitamin A (all-*trans*-retinyl palmitate) 0.8, Vitamin D<sub>3</sub> (cholecalciferol) 0.25, Vitamin K<sub>1</sub> (phyloquinone) 0.075, Powdered sucrose 974.655

심분리하여 혈장을 취하여 분석용 시료로 사용하였다. 채혈 후에는 즉시 개봉하여 심장, 신장, 간장, 폐, 췌장 및 비장을 적출하여 무게를 측정하였다. alanine aminotransferase (ALT)와 aspartate aminotransferase (AST) 활성도는 Reitman-Frankel 법<sup>24)</sup>에 의한 영동제약의 kit를 사용하여 효소 활성도를 측정하였다. Hematocrit (Hct) 수준은 micro-hematocrit법<sup>25)</sup>으로 모세관에 혈액을 넣어 micro-capillary centrifuge로 고속원심침전시켜 원심분리한 후 packed cell volume을 microcapillary reader로 측정하여 %로 표시하였다. 단백질의 함량은 biuret법<sup>26)</sup>으로 흡광도를 측정하여 정량하였다. 혈장 중성지방은 Trinder법<sup>27)</sup>으로, cholesterol<sup>28)</sup> 및 HDL-cholesterol<sup>29)</sup>은 각각 효소법에 의한 kit를 사용하여 측정하였다. 혈장 유리지방산은 SICDIA-NEFAZYME효소법<sup>30)</sup>을 이용한 NEFAZYME-S kit (신양화학)로 분석하였다.

#### 4. 통계처리

모든 자료의 통계분석은 SAS (statistical analysis sys-

tem) package를 사용하여 실시하였고 분석수치는 평균과 표준편차 (standard deviation, SD)로 표시하였다. 실험군 간의 차이는 one way analysis of variance (ANOVA)를 실시하여 검증하였고 p < 0.05 수준에서 유의성이 관찰된 경우 각 실험군 간의 평균값의 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 p < 0.05 수준에서 평가하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 체중의 변화 및 식이효율

함초 분말을 식이로 첨가한 4주 후 실험동물의 체중변화는 Table 2에 식이효율은 Table 3에 나타내었다. 당뇨시 체중의 변화는 당뇨의 지표가 될 수 있는데 실험 4주 후 정상대조군과 당뇨대조군 사이에 체중에는 유의적인 차이를 보여 정상대조군 (+72.95 ± 18.08 g)에 비해 당뇨대조군 (-23.44 ± 32.55 g)에서 현저한 체중감소를 보였다. Brook 등<sup>31)</sup>의 보고에 의하면 STZ 유발 당뇨쥐의 성장이 급격히 감소하여 체중감소가 일어난다고 하였고 STZ에 의한 체중감소는 alloxan으로 유도된 당뇨와는 달리 체중회복이 쉽지 않다고 하였다. STZ 투여로 당뇨 유발된 실험동물에서는 췌장내의 베타세포 파괴로 인한 인슐린의 생성의 부족과 그 작용이 저하되므로 당대사에 의한 에너지 생산부족이 생기며 이로 인해 성장과 발달에 영향을 준다. Sexton<sup>32)</sup>에 의하면 STZ 유발 당뇨 흰쥐의 체중감소 현상은 물질과 용질교환이 가능한 모세혈관의 최대표면적이 상대적으로 감소되어 나타난 골격근의 위축 때문으로 당뇨병이 유발된 동물에서는 이러한 인슐린의 작용이 저하되므로 체중이 감소하게 된다.

Bang 등<sup>33)</sup>의 연구에 의하면 함초 투여군에서 대조군에 비해 체중증가율이 낮아 체중증가 억제 효과가 있을 것으로 보고하였고 함초첨가에 따른 체중의 변화는 함초에 함유된 섬유소나 기능성물질에 의한 영향으로 추정하고 있다. 구전에 의하면 함초는 예전부터 체중조절에 효과적인 식품으로 알려져 있으나<sup>3,34)</sup> 본 실험 결과에서는 정상실험군에서의 체중의 변이는 함초 10% 보다는 20% 첨가시 체중증가가 적은 경향을 보였으나 함초첨가에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 당뇨실험군에서도 정상실험군과 유사한 경향을 보여 함초 20% 첨가시 체중감소가 적은 경향을 보였으나 함초첨가에 따른 유의적인 차이를 보이지는 않았다.

O'Meara 등<sup>35)</sup>의 연구에 의하면 당뇨가 잘 조절되지 못한 동물에서는 식이효율이 유의적으로 낮았는데 본 연구에서도 정상실험군에 비해 당뇨실험군 모두에서 다식현상을 보여 음 (-)의 식이효율 수준이었으나 식이효율은 함초 20%

**Table 2.** Effect of glasswort on body weight change in normal and diabetic rats (g)<sup>1)</sup>

Group	0 Day	1st week	2nd week	3rd week	4th week	weight gain
Normal (10) <sup>2)</sup>	254.75 ± 6.34 <sup>ab</sup>	270.45 ± 10.52 <sup>a</sup>	288.90 ± 15.17 <sup>a</sup>	313.65 ± 22.32 <sup>a</sup>	327.70 ± 18.44 <sup>a</sup>	+72.95 ± 18.08 <sup>a</sup>
N-GW 10% (10)	254.75 ± 5.45 <sup>a</sup>	268.95 ± 9.39 <sup>a</sup>	289.85 ± 13.87 <sup>a</sup>	308.00 ± 14.33 <sup>a</sup>	330.35 ± 15.36 <sup>a</sup>	+75.60 ± 11.51 <sup>a</sup>
N-GW 20% (9)	254.83 ± 4.98 <sup>a</sup>	261.66 ± 11.04 <sup>a</sup>	282.83 ± 20.71 <sup>a</sup>	299.66 ± 19.49 <sup>a</sup>	318.38 ± 21.66 <sup>a</sup>	+63.55 ± 20.45 <sup>a</sup>
STZ-control (9)	249.27 ± 8.72 <sup>ab</sup>	218.77 ± 24.73 <sup>b</sup>	229.55 ± 31.43 <sup>b</sup>	221.61 ± 36.84 <sup>b</sup>	225.83 ± 39.01 <sup>b</sup>	-23.44 ± 32.55 <sup>b</sup>
STZ-GW 10% (12)	247.41 ± 6.32 <sup>b</sup>	229.16 ± 20.22 <sup>b</sup>	235.75 ± 25.38 <sup>b</sup>	227.75 ± 28.01 <sup>b</sup>	232.54 ± 39.23 <sup>b</sup>	-14.87 ± 35.14 <sup>b</sup>
STZ-GW 20% (14)	247.17 ± 6.14 <sup>b</sup>	220.82 ± 18.74 <sup>b</sup>	225.10 ± 29.15 <sup>b</sup>	228.60 ± 31.24 <sup>b</sup>	246.57 ± 28.77 <sup>b</sup>	-0.60 ± 25.06 <sup>b</sup>

1) Values are mean ± S.D.

2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p<0.05 by duncan's multiple range test  
Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%**Table 3.** Effect of glasswort on diet intake and feed efficiency ratio (FER) in normal and diabetic rats<sup>1)</sup>

Group	1st week	2nd week	3rd week	4th week	Mean	FER
Normal (10) <sup>2)</sup>	18.87 ± 1.03 <sup>c3)</sup>	19.11 ± 3.43 <sup>c</sup>	18.09 ± 1.67 <sup>d</sup>	17.69 ± 1.64 <sup>c</sup>	18.44 ± 1.20 <sup>c</sup>	+0.96 ± 0.20 <sup>a</sup>
N-GW 10% (10)	19.07 ± 2.20 <sup>c</sup>	19.08 ± 2.28 <sup>c</sup>	21.86 ± 6.08 <sup>bc</sup>	22.14 ± 4.23 <sup>c</sup>	20.54 ± 2.89 <sup>c</sup>	+0.93 ± 0.21 <sup>a</sup>
N-GW 20% (9)	19.33 ± 1.55 <sup>c</sup>	27.16 ± 9.43 <sup>b</sup>	28.99 ± 8.00 <sup>c</sup>	22.75 ± 6.17 <sup>c</sup>	24.56 ± 4.53 <sup>b</sup>	+0.63 ± 0.28 <sup>b</sup>
STZ-control (9)	30.45 ± 4.31 <sup>a</sup>	43.51 ± 5.47 <sup>a</sup>	39.14 ± 8.56 <sup>b</sup>	39.00 ± 6.77 <sup>b</sup>	38.02 ± 5.40 <sup>a</sup>	-0.24 ± 0.26 <sup>c</sup>
STZ-GW 10% (12)	31.30 ± 1.80 <sup>a</sup>	42.10 ± 5.62 <sup>a</sup>	47.76 ± 9.48 <sup>a</sup>	46.07 ± 6.18 <sup>a</sup>	41.81 ± 3.66 <sup>a</sup>	-0.14 ± 0.21 <sup>c</sup>
STZ-GW 20% (14)	28.19 ± 2.25 <sup>b</sup>	40.68 ± 9.86 <sup>a</sup>	43.24 ± 10.53 <sup>ab</sup>	43.13 ± 6.96 <sup>ab</sup>	38.81 ± 6.46 <sup>a</sup>	-0.07 ± 0.24 <sup>c</sup>

1) Values are mean ± S.D.

2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p<0.05 by duncan's multiple range test  
Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

침가군에서 함초 10% 침가군 보다는 높은 수준이었다. 실험동물의 하루 평균 식이섭취량을 보면 정상대조군의 18.44 ± 1.20 g에 비해 당뇨대조군에서 38.02 ± 5.40 g로 약 2 배 정도 높은 식이섭취량으로 유의적인 차이를 보였다. 일반적으로 당뇨가 유발된 쥐에서는 현저한 hyperphagia를 볼 수 있는데 인슐린이 결핍되면 당뇨가 유발된 쥐의 뇌의 시상하부에서 neuropeptide Y (NPY) 방출의 증가와 더불어 NPY receptor의 작용이 저하되기 때문이다.<sup>36)</sup> 정상 실험군에서는 함초 첨가에 따른 식이섭취변화를 보였는데 함초 20% 첨가시 평균식이섭취량이 정상대조군에 비해 높아 유의적인 차이를 보였고 체중증가도 정상실험군 중에서 가장 낮아 유의적인 수준 차이를 보였다.

이상의 실험결과로 보아 본 연구에서는 함초첨가에 따른 체중 증감에 변화는 볼 수 있었으나 구전에서처럼 함초 섭취에 따른 현저한 체중변화는 검색되지 않았다.

## 2. 장기의 무게에 미치는 영향

Table 4에 제시한 바와 같이 장기의 무게를 100 g 당으로 환산하였을 때 심장은 정상대조군과 당뇨대조군 사이에 유의적으로 무게의 차이를 보였으나, 정상실험군과 당뇨실험군 간에는 심장의 무게에 차이를 보이지 않았다. 신장의 무게는 정상대조군 (0.67 ± 0.02 g)과 당뇨대조군 (1.45 ±

0.13 g) 사이에 유의적인 차이를 보여 당뇨대조군에서 신장의 무게가 정상대조군에 비해 약 2배 정도나 비대하였다. 당뇨실험군 중 함초 20% 침가군의 신장의 무게 (1.30 ± 0.17 g)가 가장 낮아 유의적인 차이를 보였으나 정상수준에는 미치지 못하였다. 간장의 무게도 정상실험군이 당뇨실험군에 비해 유의적으로 낮았고 폐의 무게는 정상실험군에서 당뇨실험군보다 낮았지만 유의적인 차이를 보이지 않았다. 췌장은 정상실험군보다 당뇨실험군에서 유의적으로 무게가 낮았고 비장은 정상실험군과 당뇨실험군 사이에 무게의 차이를 보이지 않는 장기였다. 함초의 첨가여부와 상관없이 정상실험군에서는 장기 무게에 변화를 볼 수 없었으나 당뇨시 간장과 폐는 정상실험군에 비해 조금 커졌고, 췌장은 작아졌고, 신장의 경우는 뚜렷한 비대를 보였다.

STZ로 당뇨가 유발된 쥐는 간장과 신장에 손상을 받는데 과량의 포도당이 오탄당인산회로에 의해 glucose flux를 증가시키고 또한 RNA와 DNA의 합성의 증가된 결과로 신장의 비대를 가져 온다.<sup>37)</sup> STZ로 당뇨가 유발된 쥐의 신장에 형태와 기능의 변화를 볼 수 있는데 당뇨대조군에 비해 함초 20% 첨가 당뇨실험군에서 신장의 무게가 유의적으로 낮아지는 Table 4의 결과로 보아 함초는 신장의 비대현상을 막아주는데 영향을 주는 것으로 생각된다.

**Table 4.** Effect of glasswort on organ weights in normal and diabetic rats (g/100 g b.w.)<sup>1)</sup>

Group	Heart	Kidney <sup>4)</sup>	Liver	Lung	Pancreas	Spleen
Normal (10) <sup>2)</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>b3)</sup>	0.67 ± 0.02 <sup>c</sup>	3.56 ± 0.35 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>NS5)</sup>
N-GW 10% (10)	0.31 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.06 <sup>c</sup>	3.55 ± 0.26 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>NS</sup>
N-GW 20% (9)	0.34 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.04 <sup>c</sup>	3.43 ± 0.15 <sup>b</sup>	0.58 ± 0.15 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.04 <sup>NS</sup>
STZ-control (9)	0.32 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.13 <sup>a</sup>	4.28 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.20 <sup>ab</sup>	0.23 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.03 <sup>NS</sup>
STZ-GW 10% (12)	0.33 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.44 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.30 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.04 <sup>NS</sup>
STZ-GW 20% (14)	0.33 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.30 ± 0.17 <sup>b</sup>	4.22 ± 0.32 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.17 <sup>ab</sup>	0.24 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.22 ± 0.04 <sup>NS</sup>

1) Values are mean ± S.D.

2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p < 0.05 by duncan's multiple range test

4) Mean of two kidneys

5) NS: not significantly different among groups

Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

### 3. 혈장 중의 Aminotransferase 활성도에 미치는 영향

당뇨시 합병증으로 많이 나타나는 간질환과 심장질환은 alanine aminotransferase (ALT)와 aspartate aminotransferase (AST)가 상승되기 때문에 이들 효소활성도를 검사하기 위하여 혈장의 ALT와 AST 활성도를 측정하였다 (Table 5). 정상실험군과 당뇨실험군 사이에 ALT 활성도에 유의적인 차이를 보였으나 당뇨실험군 중 함초 20% 첨가군에서는 AST 활성도가 유의적이지는 않으나 낮은 활성도를 보였다. STZ은 간에 경미한 지방변성을 일으켜 간손상지표로 이용되는 ALT 및 AST 활성도가 높아지나 Choi<sup>38)</sup>의 연구에 의하면 사염화탄소에 의한 간독성시 함초추출물 투여시 ALT와 AST 활성도를 낮추는 보호효과를 나타내었다. Lee 등<sup>39)</sup>의 연구에서는 함초추출액에 베타인 (betaine)이 함유되어 있는 것으로 보고되었고, 반복적인 베타인의 투여가 간독성을 현저히 저하시킨다고 연구되었다.<sup>40)</sup> 본 연구에서는 정상시보다는 당뇨일 때 함초 첨가시 AST 활성도를 낮추는 경향을 보였으나 함초를 식이로 식용하였을 때 간기능 보호작용이 뚜렷이 검색되지는 않았다.

### 4. 혈당에 미치는 영향

함초 분말을 식이로 하여 혈장 중의 포도당 수준 변화를 Table 6에 나타내었다. 혈장 중의 포도당 증가율 0일째와 4주 후를 비교하여 보면 정상실험군에서는 정상대조군 22%, 함초 10% 첨가군 17.0%, 함초 20% 첨가군 18.6%의 증가를 보여 함초 첨가에 따른 정상실험군 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나 당뇨실험군에서의 포도당 증가율은 당뇨대조군 74.7%, 함초 10% 첨가군 57.9%, 함초 20% 첨가군 26.9%의 증가를 보여 함초 첨가에 따른 당뇨실험군 간의 유의적인 차이를 보였다. 특히 함초 20% 첨가군에서는 실험 1주째부터 포도당 수준이 낮아졌고 실험 4주째에는 당뇨대조군과 뚜렷하게 유의적인 차이를 보였다.

**Table 5.** Effect of glasswort on activities of plasma alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) in normal and diabetic rats<sup>1)</sup>

Group	ALT (KA unit/L)	AST (KA unit/L)
Normal (10) <sup>2)</sup>	13.19 ± 2.49 <sup>b</sup>	103.57 ± 7.15 <sup>b</sup>
N-GW 10% (10)	14.16 ± 2.37 <sup>b</sup>	102.46 ± 12.42 <sup>b</sup>
N-GW 20% (9)	14.16 ± 2.07 <sup>b</sup>	102.96 ± 11.57 <sup>b</sup>
STZ-control (9)	30.61 ± 6.58 <sup>a</sup>	123.20 ± 20.01 <sup>a</sup>
STZ-GW 10% (12)	38.33 ± 13.82 <sup>a</sup>	128.42 ± 29.69 <sup>a</sup>
STZ-GW 20% (14)	31.24 ± 11.98 <sup>a</sup>	117.33 ± 21.58 <sup>ab</sup>

1) Values are mean ± S.D. 2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p < 0.05 by duncan's multiple range test

Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

당뇨시 상승된 혈당 수준으로 인해 자유기가 증가하고, 산화로 손상된 NADH와 NAD<sup>+</sup>의 증가로 인해 hypoxia 현상이 나타나면서 당뇨합병증을 유발하게 된다.<sup>41,42)</sup> 당뇨 유발시 STZ 투여는 1~3일 후에 현저한 hyperglycemia와 hypoinsulinemia는 간장의 인슐린 저항으로 당의 이용이 현저히 낮아진다.<sup>31,43)</sup> 또한 당뇨시 고혈당은 내당능에 손상을 주어 포도당 수송의 결함이 나타나 체내 전반적인 항상성에 문제를 일으킨다.<sup>44)</sup>

Lee 등<sup>45)</sup>의 연구에서 함초의 식이섭유소가 내당능을 개선시키고 인슐린 분비를 감소시켜 혈당개선에 효과적이었으며 또한 peroxynitrite의 소거효과가 있는 것으로 보고하였다. 또한 함초는 항산화활성을 지니는 유효한 식품으로 그 기전은 확실하지 않으나 당뇨시 유리기의 생성에 영향을 주는 것으로 보고되었다.<sup>11)</sup> 본 연구에서도 당뇨시 함초는 혈당강화에 유효한 효과가 있으므로 오래전부터 우리 선조들이 나물로써 식용했던 자연식품인 함초를 당뇨예방과 치료책의 일환으로 우리 식탁에서 식용한다면 당 내성을 증진시키는데 효과적이라고 생각된다.

**Table 6.** Effect of glasswort on plasma glucose level in normal and diabetic rats (mg/dl)<sup>1)</sup>

Group	0 Day	1st week	2nd week	3rd week	4th week
Normal (10) <sup>2)</sup>	161.79 ± 18.62 <sup>bs1)</sup>	156.10 ± 10.72 <sup>c</sup>	169.06 ± 19.67 <sup>c</sup>	152.77 ± 14.14 <sup>c</sup>	197.36 ± 16.59 <sup>d</sup>
N-GW 10% (10)	166.29 ± 20.02 <sup>b</sup>	164.79 ± 15.90 <sup>c</sup>	159.45 ± 21.18 <sup>c</sup>	142.25 ± 14.61 <sup>c</sup>	194.53 ± 12.02 <sup>d</sup>
N-GW 20% (9)	167.60 ± 11.22 <sup>b</sup>	159.42 ± 9.26 <sup>c</sup>	154.65 ± 11.77 <sup>c</sup>	155.81 ± 20.26 <sup>c</sup>	198.80 ± 19.29 <sup>d</sup>
STZ-control (9)	535.90 ± 66.03 <sup>a</sup>	597.37 ± 77.47 <sup>a</sup>	760.74 ± 139.71 <sup>a</sup>	875.36 ± 107.52 <sup>a</sup>	935.96 ± 84.15 <sup>a</sup>
STZ-GW 10% (12)	531.77 ± 40.42 <sup>a</sup>	546.75 ± 120.91 <sup>a</sup>	785.88 ± 127.56 <sup>a</sup>	740.66 ± 177.73 <sup>b</sup>	839.38 ± 93.26 <sup>b</sup>
STZ-GW 20% (14)	535.70 ± 52.86 <sup>a</sup>	355.62 ± 154.40 <sup>b</sup>	524.07 ± 223.39 <sup>b</sup>	644.70 ± 201.34 <sup>b</sup>	679.95 ± 198.80 <sup>c</sup>

1) Values are mean ± S.D.

2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p < 0.05 by duncan's multiple range test  
 Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

**5. 헤마토크릿 수준의 변화**

혈장 중의 헤마토크릿 (hematocrit: Hct) 수준의 변화 (Table 7)는 정상대조군 (44.3 ± 1.32%)에서 제일 낮게, 함초 10% 첨가군 (48.41 ± 2.53%)에서 제일 높은 수준이었으나 정상대조군과 당뇨대조군 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Dai와 McNeill<sup>46)</sup>의 연구에 의하면 정상 쥐 (47~53%)와 당뇨쥐 (46~48%)간의 헤마토크릿 수준에 큰 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서도 함초 첨가에 따른 정상쥐와 당뇨쥐의 헤마토크릿 수준은 큰 차이를 보이지 않았으나 Wannamethee 등<sup>47)</sup>의 당뇨병환자에 관한 연구에 의하면 상승된 헤마토크릿치는 인슐린저항에 영향을 주어 당뇨병의 위험을 높인다고 하였다.

**6. 단백질함량에 미치는 영향**

혈장 단백질 함량은 정상실험군에 비해 당뇨실험군에서 낮은 혈장 단백질 수준이었으나 유의적인 차이를 보이지 않았으며 정상실험군 중 함초 20% 첨가군이 제일 낮은 혈장 단백질 수준이었으나 모든 실험군 간의 유의적인 차이는 아니었다 (Table 7).

Ju 등<sup>48)</sup>의 연구에서도 정상 흰쥐와 당뇨 흰쥐의 혈장단백질의 수준이 비슷하며 혈장단백질의 농도는 인슐린에 의해 쉽게 영향 받지 않는다고 하였다. 총 단백질 농도는 당뇨시 감소되고 단백질의 본래의 기능보다는 단백질 이화작용이 증가되어 포도당신생작용 또는 열량급원으로 쓰이게 된다.<sup>49)</sup> 본 실험결과 정상실험군에서는 혈장의 단백질수준이 함초 20% 첨가군에서 가장 낮은 수준으로 함초첨가에 따라 평균식이섭취량 (Table 3)이 높았고 체중증가량 (Table 2)은 낮은 경향을 보였으며 정상실험군의 장기 (Table 4)들의 무게에는 차이가 없는 것으로 보아 함초에 함유된 섬유소 등의 생리활성물질의 작용으로 단백질의 장내 흡수가 낮아진 것으로 생각된다. 혈장 단백질은 신장의 기능을 알아보기 위한 것으로 당뇨실험군의 함초 20% 첨가군에서는

**Table 7.** Effect of glasswort on hematocrit (Hct) and plasma protein levels in normal and diabetic rats<sup>1)</sup>

Group	Hct (%)	Protein (g/dl)
Normal (10) <sup>2)</sup>	44.33 ± 1.32 <sup>cs1)</sup>	7.42 ± 0.88 <sup>a</sup>
N-GW 10% (10)	45.50 ± 2.17 <sup>bc</sup>	7.16 ± 1.04 <sup>ab</sup>
N-GW 20% (9)	46.66 ± 2.06 <sup>ab</sup>	5.92 ± 0.81 <sup>c</sup>
STZ-control (9)	46.22 ± 2.81 <sup>bc</sup>	6.25 ± 0.53 <sup>bc</sup>
STZ-GW 10% (12)	48.41 ± 2.53 <sup>a</sup>	6.93 ± 1.25 <sup>ab</sup>
STZ-GW 20% (14)	46.00 ± 2.32 <sup>bc</sup>	6.43 ± 1.15 <sup>bc</sup>

1) Values are mean ± S.D. 2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p < 0.05 by duncan's multiple range test

Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

신장 무게가 당뇨대조군에 비해 낮아졌고 당뇨실험군 중 체중의 감소도 적은 경향을 보였고 혈장 단백질 수준에도 큰 차이를 보이지 않아 어느 정도 영양 상태를 유지하는 것으로 보여 진다.

**7. 지질함량에 미치는 영향**

실험 4주 후의 혈장 중 콜레스테롤 수준 (Table 8)은 정상실험군에 비해 당뇨실험군에서 유의적으로 높은 수준이었다. 이 결과는 당뇨가 조절되지 않아 간장의 hydroxyl methyl glutaryl CoA (HMG-CoA) reductase 효소 활성 감소와 장의 HMG-CoA reductase 효소 활성 증가로 콜레스테롤이 순환혈액으로 이동되어 당뇨시 총 혈장 콜레스테롤수준이 증가된다는 보고<sup>50)</sup>와 일치한다. 정상실험군의 경우 함초의 첨가로 인한 혈장 콜레스테롤 함량의 변화는 관찰되지 않았고, 실험 4주째 당뇨실험군 중 함초 20% 첨가군에서 혈장 콜레스테롤 수준이 유의적이지는 않으나 다른 당뇨실험군에 비해 다소 낮아지는 경향을 나타내었다. 실험 4주 후 함초가 콜레스테롤 수준을 낮춘 결과로 보아, 이는 콜레스테롤 수준을 낮추면 LDL의 산화적인 변화를 감소<sup>51)</sup>

**Table 8.** Effect of glasswort on plasma cholesterol levels in normal and diabetic rats (mg/dl)<sup>1)</sup>

Group	0 Day	1st week	2nd week	3rd week	4th week
Normal (10) <sup>2)</sup>	53.56 ± 8.05 <sup>NS3)</sup>	85.15 ± 12.57 <sup>b4)</sup>	70.76 ± 13.62 <sup>b</sup>	79.52 ± 11.77 <sup>c</sup>	90.09 ± 16.85 <sup>b</sup>
N-GW 10% (10)	57.32 ± 16.71 <sup>NS</sup>	85.60 ± 13.10 <sup>b</sup>	76.52 ± 13.07 <sup>b</sup>	88.33 ± 11.68 <sup>c</sup>	103.02 ± 13.34 <sup>b</sup>
N-GW 20% (9)	47.82 ± 8.77 <sup>NS</sup>	86.66 ± 16.58 <sup>b</sup>	85.96 ± 16.30 <sup>b</sup>	93.75 ± 15.80 <sup>bc</sup>	100.79 ± 22.47 <sup>b</sup>
STZ-control (9)	56.70 ± 13.68 <sup>NS</sup>	120.06 ± 28.21 <sup>a</sup>	121.33 ± 14.60 <sup>a</sup>	110.83 ± 20.67 <sup>b</sup>	152.53 ± 25.59 <sup>a</sup>
STZ-GW 10% (12)	54.26 ± 10.48 <sup>NS</sup>	108.13 ± 15.27 <sup>a</sup>	126.88 ± 14.72 <sup>a</sup>	146.75 ± 16.47 <sup>a</sup>	155.20 ± 17.93 <sup>a</sup>
STZ-GW 20% (14)	50.23 ± 11.25 <sup>NS</sup>	114.67 ± 25.86 <sup>a</sup>	126.37 ± 28.25 <sup>a</sup>	139.37 ± 32.44 <sup>a</sup>	139.25 ± 23.57 <sup>a</sup>

1) Values are mean ± S.D.

2) Number of rats

3) NS: not significantly different among groups

4) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p < 0.05 by duncan's multiple range test  
 Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

시켜 심혈관계질환 위험도를 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

당뇨상태에서는 혈중 HDL-콜레스테롤 함량이 감소를 보였으나 본 실험에서는 HDL-콜레스테롤 수준이 정상실험군에 비해 당뇨실험군에서 유의적으로 높은 수준을 보여주었다 (Table 9). 혈장 중의 HDL-콜레스테롤 수준은 간장 내에서 합성과 분해정도에 따라서 달라지는데, 당뇨군에서 HDL-콜레스테롤의 증가는 혈장 콜레스테롤 농도가 증가한 것 때문으로 생각되어진다.

혈장 중성지방 함량과 혈장 유리지방산 함량 (Table 9) 은 정상대조군과 당뇨대조군 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 당뇨실험군에서 다소 높은 경향을 보였다. 정상실험군 중 함초 20% 첨가군에서는 중성지방 (3.57 ± 1.90 mg/dl) 과 유리지방산 (731.51 ± 219.17 μEq/L) 모두 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 당뇨로 인한 베타 세포의 기능저하는 인슐린 분비반응기전의 민감성 둔화로 혈장 중 중성지방과 유리지방산 수준이 높아지게 된다.<sup>52)</sup> 이는 Choi 등<sup>53)</sup>의 연구에 의하면 당뇨 유발로 인해 세포들이 에너지를 지방에서 얻게 됨으로써 유리지방산의 재에스테르화가 일어나지 못하여 혈중 유리지방산의 증가가 나타나게 되고 또한 당뇨시 인슐린 분비 부족으로 인해 호르몬에 민감한 지방분해효소가 활성화되어 저장 지방으로부터 유리지방산이 증가되게 된다. 본 실험 지방대사물 분석 결과, 식이 중 함초의 첨가는 당뇨의 지질대사물 수준을 개선시키는 뚜렷한 변화는 보이지 않았으나 정상실험군에서는 함초 첨가시 지방대사에 영향을 주는 것으로 나타났고 또한 함초 10% 보다는 20% 첨가군에서 차이를 보여 첨가량에 따른 양적인 상관성 (dose related)을 나타내었다. Han과 Kim<sup>16)</sup>의 연구에 의하면 시료에 10% 함초를 첨가한 것이 천연 항산화제인 α-tocopherol을 1% 첨가한 것과 비슷한 항산화 효과를 나타냈고, 함초는 높은 전자공여능<sup>15,54)</sup>을 가지고 있어서 지방의 산화를 막는데 기여할 수 있으리라 생각되어진다.

**Table 9.** Effect of glasswort on plasma HDL-cholesterol, free fatty acid (FFA) and triglyceride (TG) levels in normal and diabetic rats<sup>1)</sup>

Group	HDL-cholesterol (mg/dl)	FFA (μEq/L)	TG (mg/dl)
Normal (10) <sup>2)</sup>	26.10 ± 7.44 <sup>b3)</sup>	1099.34 ± 283.44 <sup>b</sup>	7.50 ± 2.19 <sup>a</sup>
N-GW 10% (10)	23.45 ± 9.25 <sup>b</sup>	1084.37 ± 335.00 <sup>b</sup>	6.26 ± 2.53 <sup>a</sup>
N-GW 20% (9)	29.35 ± 14.36 <sup>b</sup>	731.51 ± 219.17 <sup>c</sup>	3.57 ± 1.90 <sup>b</sup>
STZ-control (9)	48.62 ± 7.05 <sup>a</sup>	1151.34 ± 241.88 <sup>b</sup>	6.34 ± 2.77 <sup>a</sup>
STZ-GW 10% (12)	50.60 ± 17.79 <sup>a</sup>	1505.45 ± 420.91 <sup>a</sup>	7.58 ± 2.73 <sup>a</sup>
STZ-GW 20% (14)	57.10 ± 15.23 <sup>a</sup>	1218.58 ± 479.33 <sup>ab</sup>	6.18 ± 2.86 <sup>a</sup>

1) Values are mean ± S.D. 2) Number of rats

3) Values with different superscripts within the same column are significantly different at the p < 0.05 by duncan's multiple range test

Normal: normal control, N-GW 10%: normal-glasswort 10%, N-GW 20%: normal-glasswort 20%, STZ-control: diabetic control, STZ-GW 10%: diabetic-glasswort 10%, STZ-GW 20%: diabetic-glasswort 20%

## 요약 및 결론

본 실험은 함초의 항당뇨효과를 검색하기 위한 연구로 실험군은 정상실험군과 당뇨실험군으로 나누어 정상대조군 (Normal)과 당뇨대조군 (STZ-control)에 각각 함초 (Glasswort: GW)분말 10%와 20%를 첨가하여 6개 군으로 실험하였다. 실험동물은 체중 220 g 내외의 Sprague-Dawley계 수컷으로 STZ로 당뇨를 유발한 흰쥐에게 4주간 각각의 해당식을 공급하여 혈장포도당 및 지방대사물의 수준을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 정상실험군과 당뇨실험군 사이의 체중증감에는 뚜렷한 유의적인 차이를 보였고, 정상실험군 중 함초 20% 첨가시 체중증가가 가장 낮았다. 당뇨실험군 중 함초 20% 첨가시 체중감소가 가장 적었으나 각각의 실험군 사이에서 함초첨가에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 식이효율은 정상대조군에 비해 함초 20% 첨가군에서는 평균식이섭취량이 높았고 당뇨실험군 모두에서 다식현상을 보여 음 (-)

의 식이효율 수준이었으나 식이효율은 함초 20% 첨가군에서 함초 10% 첨가군 보다는 높은 수준이었다. 장기의 무게는 정상실험군과 당뇨실험군 사이에 신장, 간장 및 췌장의 무게에서 유의적인 차이를 보였고, 당뇨실험군 중 함초 20% 첨가군의 신장의 무게가 당뇨대조군에 비해 유의적으로 낮은 수준이었다. AST 활성도는 당뇨실험군 중 함초 20% 첨가군에서 낮은 활성도를 보였다.

2) 혈장포도당 수준은 정상실험군과 당뇨실험군 사이에 현저하게 유의적인 차이를 보였고 특히 당뇨대조군에서는 실험기간 중 고혈당이 지속된 반면, 실험 4주째 혈당증가율이 당뇨대조군에 비해 함초 10% 첨가군 57.9%, 함초 20% 첨가군 26.9% 였고, 함초 20% 첨가시 혈당수준이 유의적으로 낮은 수준이었다. 헤마토크리트 수준은 정상실험군과 당뇨실험군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았고 혈장 단백질은 정상실험군에 비해 당뇨실험군에서 낮은 혈장 단백질 수준이었으나 유의적인 차이를 보이지 않았으며 정상실험군 중 함초 20% 첨가군이 제일 낮은 수준이었다.

3) 혈장콜레스테롤 수준은 정상실험군보다 당뇨실험군에서 유의적으로 높았고, 당뇨실험군 중 함초 20% 첨가군에서 혈장콜레스테롤이 낮은 경향은 보였으나 유의적이지는 않았다. HDL-콜레스테롤 수준은 정상실험군에 비해 당뇨실험군에서 유의적으로 높은 수준을 보였고, 유리지방산 수준과 중성지방 수준은 정상실험군 중 함초 20% 첨가시 유의적으로 낮은 수준이었다.

이상의 연구결과 STZ 당뇨유발시 함초 첨가가 혈당을 낮추는데 효과적이었으며 함초 10% 보다 20% 첨가시 혈당 수준을 낮추는데 더 효과적이었다. 지방대사물 수준의 변화에서는 구진과 달리 콜레스테롤 수준을 낮추는 효과가 검출되지 않았고 혈장의 단백질, 중성지방 및 유리지방산 수준을 낮추는 데는 당뇨유발시보다 정상시에 함초첨가가 영향을 주었으며 정상실험군 중 함초 20% 첨가군에서 더 효과적으로 첨가량에 따른 양적인 상관성 (dose related)을 보였다.

#### Literature cited

- 1) Cho NH. Prevention of type II diabetes: overview of diabetes prevention trial. *Kor Diabetes Assoc* 26: 26-37, 2002
- 2) Jho HJ, Ryu JH, Ye Sh, Kim YI, Huh By. The discrepancy between the estimation for blood glucose control and the HbA1c value in diabetic patients. *Korean J Promot Dis Pre* 5: 31-36, 2005
- 3) Lim HS, Chun JH, Kim YS, Nam MS. Effect of nutrition education on diabetic management in diabetic patients. *Korean Nutr Soc* 34: 69-78, 2001
- 4) DeFronzo RA, Ferrannini E. Insulin resistance-a multifaced syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. *Diabetes Care* 14: 173-194, 1991
- 5) Kennedy L, Bayenes JW. Non-enzymetic glycosylation and the chronic complications of diabetes. *Diabetologia* 26: 93-98, 1984
- 6) Cho SY, Han YB, Shin KH. Screening for antioxidant activity of edible plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 133-137, 2001
- 7) Nam SH, Kang MY. Screening of antioxidative activity of hot-water extracts from medicinal. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 141-147, 2000
- 8) Nam MS, Kim KR, Cho JH, Lee KM, Park HY, Lee EJ, Lim SK, Lee HC, Huh KB. A study on the folk remedies by the questionnaires in Korean diabetic patients. *J Korean Diabetes Assoc* 18: 242-248, 1994
- 9) Choi JK. A edible Korean medicinal herbs. *J Korean Soc Plants People & Environ* 5: 7-19, 2002
- 10) Netty E, Cha JY, Yingshi L, Jung MH, Shin DG, Lee BH, Lee KH, Son DY. Molecular cloning and characterization of outer envelope membrane protein from *Salicornia herbacea*. *Korean J Plant Biotechnol* 31: 273-278, 2004
- 11) El SN, Karakaya S. Radical scavenging and iron-chelating activities of some greens used as traditional dishes in Mediterranean diet. *Inter J Food Nutr* 55: 67-74, 2004
- 12) Shay G. Saline agriculture: Salt-tolerant plants for developing countries, p. 143, National academy press. Washington, 1990
- 13) Jo YC, Ahn JH, Chon SM, Lee KS, Bae TJ, Kang SK. Studies of pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J Medicinal Crop Sci* 10: 93-99, 2002
- 14) Min JG, Lee DS, Kim TJ, Park JH. Chemical composition of *salicornia herbacea* L.. *J Food Sci Nutr* 7: 105-107, 2002
- 15) Lee JT, An BJ. Detection of physical activity of *Salicornia herbacea*. *Kor J Herbology* 17: 61-69, 2002
- 16) Han SK, Kim SM. Antioxidative effect of *salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 207-210, 2003
- 17) Jang MS, Park JE. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of sulgidduk with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 641-648, 2006
- 18) Reeves PG. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J Nutr* 127: 838-841, 1997
- 19) 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
- 20) 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
- 21) Samson M, Fehlmann M, Dolais-Kitabgi J, Freychet P. Amino acid transport in isolated hepatocytes from streptozotocin diabetic rats. *Diabetes* 29: 996-1000, 1980
- 22) Wilson GL. Mechanism of streptozotocin-induced and alloxan-induced damage in rat  $\beta$ -cells. *Diabetologia* 27: 587-591, 1984
- 23) Raabo E, Terkildsen TC. On the enzymatic determination of blood glucose. *Scand J Lab Invest* 12: 402-407, 1960
- 24) Reitman S, Frankel S. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am J Clin Pathol* 28: 56-63, 1957



- 25) Bauer JD. Clinical laboratory methods. 9th ed., pp.188-189, Mosby Co., 1982
- 26) Gornall AG, Bardawill CS, David MM. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *J Biol Chem* 177: 751-766, 1949
- 27) Giegel JL, Ham AB, Clema W. Serum triglyceride determined colorimetry with and enzyme that produces hydrogen peroxide. *Clin Chem* 21: 1575-1581, 1975
- 28) Allain CC, Poon LS, Chan CS, Richmond W, Pu PC. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem* 20: 470-475, 1974
- 29) Finley PR, Schifman RB, Williams RJ, Luchti DA. Cholesterol in high-density lipoprotein: Use of Mg<sup>2+</sup>/dextran sulfate in its measurement. *Clin Chem* 24: 931-933, 1978
- 30) Kim JC. A summary of clinical tested. revised ed. 29: 467, 1983
- 31) Brooks DP, Nutting DF, Crofton JT, Share L. Vasopressin in rats with genetic and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetes* 38: 54-57, 1989
- 32) Sexton WL. Skeletal muscle vascular transport capacity in diabetic rats. *Diabetes* 43: 225-231, 1994
- 33) Bang MA, Kim HA, Cho YJ. Hypoglycemic and antioxidant effect of dietary Hamcho powder in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 840-846, 2002
- 34) Lee EJ, Sung MK. Effect of fiber-rich sea mustard feeding on AOM-induced colon aberrant crypt formation and colonic cell proliferation in Sprague Dawley rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 535-539, 2001
- 35) O'Meara NM, Devery RA, Owens D, Collins PB, Johnson AH, Tomkin GH. Cholesterol metabolism in alloxan-induced diabetic rabbits. *Diabetes* 39: 626-633, 1990
- 36) Malabu UH, Dryden S, MacCarthy HD, Kilpatrick A, Williams G. Effects of chronic vanadate administration in the STZ-induced diabetic rats. *Diabetes* 43: 9-15, 1994
- 37) Sochor M, Kunjara S, Baquer NZ, McLean P. Regulation of glucose metabolism in livers and kidneys of NOD mice. *Diabetes* 40: 1467-1471, 1991
- 38) Choi IK. Protective effect of *salicornia herbacea* L. against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Duksung Bull Pharm Sci* 9: 51-69, 1998
- 39) Lee CH, Kim IH, Kim YE, Oh SW, Lee HJ. Determination of betaine from *Salicornia herbacea* L.. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1584-1587, 2004
- 40) Kim SK, Kim YC. The effect of repeated betaine treatment on hepatotoxicity and cytochrome P-450 dependant drug metabolizing enzyme system. *Yakhak Hoeji* 40: 449-450, 1996
- 41) Wu G, Marliss EB. Enhanced glucose metabolism and respiratory burst in peritoneal macrophages from spontaneously diabetic BB rats. *Diabetes* 42: 520-529, 1993
- 42) Williamson JR, Chang K, Frangos M, Hasan KS, Ido Y, Kawamura T, Nyengaard JR, van den Enden M, Kilo C, Tilton RG. Hyperglycemic pseudohypoxia and diabetic complications. *Diabetes* 42: 801-813, 1993
- 43) Youn JH, Kim JK, Buchanan TA. Time courses of changes in hepatic and skeletal muscle insulin action and GLUT4 protein in skeletal muscle after STZ injection. *Diabetes* 43: 564-571, 1994
- 44) Lee KH, Chung SH. Antidiabetic effect and mechanism of Mori folium on streptozotocin induced diabetic mouse. *Bull KH Pharma Sci* 8: 87-99, 2000
- 45) Lee HJ, Kim YA, Ahn JW, Lee BJ, Moon SG, Seo YW. Screening of peroxynitrite and DPPH radical scavenging activities from salt marsh plants. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19: 57-61, 2004
- 46) Dai S, McNeill JH. One year treatment of non-diabetic and streptozotocin-diabetic rats with vanadyl sulphate did not alter blood pressure or haematological indices. *Pharmacol Toxicol* 74: 110-115, 1994
- 47) Wannamethee SG, Perry IJ, Shaper AG. Hematocrit and risk of NIDDM. *Diabetes* 45: 576-579, 1996
- 48) Ju JS, Cho M, Koh ES, Choi MG. Effects of adrenal hormones and diets on diabetic rats. *Korean J Nutrition* 22: 63-69, 1989
- 49) Chan KM, Chao J, Proctor GB, Garrett JR, Shori DK, Anderson LC. Tissue kallikrein and tonin levels in submandibular glands of STZ-induced diabetic rats and the effects of insulin. *Diabetes* 42: 113-117, 1993
- 50) Goldberg RB. Lipid disorders in diabetes. *Diabetes Care* 4: 561-572, 1981
- 51) Harada N, Kashiwagi A, Nishio Y, Kikkawa R. Effects of cholesterol-lowering treatments on oxidative modification of plasma intermediate density lipoprotein plus low density lipoprotein fraction in type 2 diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract* 43: 111-120, 1999
- 52) Tomita T, Yamasaki Y, Kubota M, Tohdo R, Katsura M, Ikeda M, Nakahara I, Shiba Y, Matsuhisa M, Hori M. High plasma free fatty acids decrease splanchnic glucose uptake in patients with non-insulin-dependant diabetes mellitus. *Endocr J* 45: 165-173, 1998
- 53) Choi JW, Sohn KH, Kim SH. Effects of nicotinamide on the serum lipid composition in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Nutr* 20: 306-311, 1991
- 54) Min JG, Son KT, Kim JH, Kim TJ, Park JH. Physiological and functional properties of *salicornia herbacea* (Tungtungmadi) leaf extracts. *Nutraceuticals & Food* 7: 261-264, 2002