

## HIT-T15 세포에서 돼지감자 추출물의 항당뇨 효과

김정란 · 배초롱 · 차연수<sup>†</sup>  
전북대학교 식품영양학과

### *Helianthus tuberosus* Extract Has Anti-Diabetes Effects in HIT-T15 Cells

Jeong-Lan Kim, Cho-Rong Bae, and Youn-Soo Cha<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

#### Abstract

This study was designed to evaluate anti-diabetes effect of *Helianthus tuberosus* extract (HT) in HIT-T15 cells. There were 5 experimental groups according to treatment NC (0  $\mu\text{L/mL}$ ), HT2 (1.1  $\mu\text{L/mL}$ ), HT3 (1.5  $\mu\text{L/mL}$ ), IN2 (1.8  $\mu\text{L/mL}$ ), IN3 (2.5  $\mu\text{L/mL}$ ). Inulin (IN) was used as a positive control for the *Helianthus tuberosus* extract groups. Cell viability was significantly increased in the HT3 (1.5  $\mu\text{L/mL}$ ), IN2 (1.8  $\mu\text{L/mL}$ ), IN3 (2.5  $\mu\text{L/mL}$ ) groups, compared with the NC group. There was no significant difference in cytotoxicity among all groups. Cell survival by MTT assay with alloxan was significantly increased in the HT2 (1.1  $\mu\text{L/mL}$ ), HT3 (1.5  $\mu\text{L/mL}$ ) groups, compared with the NC group. Insulin secretion and  $\text{NAD}^+/\text{NADH}$  ratio were significantly increased in the HT3 group, compared with the NC group. We found that *Helianthus tuberosus* extract increased cell viability, had a protective effect on  $\beta$ -cells, and increased insulin secretion level and  $\text{NAD}^+/\text{NADH}$  ratio in HIT-T15 cells. These results suggest that *Helianthus tuberosus* extract improves the diabetes-related factors.

**Key words:** *Helianthus tuberosus*, anti-diabetes, HIT-T15 cells

#### 서 론

서구화된 식습관과 생활양식의 변화 및 고령화 사회가 도래하면서(1) 암, 뇌혈관질환, 심장질환 등 각종 성인병이 증가하고 있는 추세이다. 그 중 당뇨병은 유병율이 꾸준히 증가하고 있으며(2), 급성 및 만성 합병증뿐만 아니라 사망률이 높아 국민건강을 위협하고 있다(3).

당뇨병은 인슐린의 분비량이 부족하거나 정상적인 기능이 이루어지지 않는 대사질환의 일종으로, 혈중 포도당의 농도가 높아지는 고혈당이 나타나고, 소변으로 포도당을 배출하게 되는 질병으로(4) 크게 췌장  $\beta$ -세포의 파괴에 의한 인슐린 결핍으로 발생하는 제1형 당뇨병과 인슐린 분비 및 작용의 결함에 의해 발생하는 제2형 당뇨병으로 나눌 수 있다(5). 이러한 당뇨병에 있어서 췌장  $\beta$ -세포는 인슐린을 분비하여 혈당을 조절하고, 인슐린 수용체가 존재하여 인슐린 신호전달에 중요한 역할을 담당하고 있으며(6,7), 최근  $\beta$ -세포의 성장과 증식이 당뇨병의 치료와 예방에 영향이 있다는 연구가 보고되면서 prediabetes 시기에 베타세포의 완전한 파괴를 막는 치료방법이 더욱 주목받고 있다(8,9).

국화와 해바라기속의 돼지감자(*Helianthus tuberosus* L.)는 북아메리카가 원산지인 다년생 식물로서 우리나라의

기후조건에 맞아 전국 각지에 자생하고 있다(10,11). 돼지감자 괴경의 주성분은 fructose 중합체인 inulin이며, 이는 돼지감자 괴경 건물(dry weight)의 약 75%를 차지한다(12). Inulin의 구조는 fructose의 중합체로써  $\beta$ -D-fructofuranose가  $\beta$ -2,1 결합을 하고 비환원성 말단기에 D-glucose가  $\alpha$ -1,2 결합을 하고 있는 구조를 가지고 있으며(13,14), 이러한 inulin을 산이나 효소 처리하면 fructose의 중합체인 inulin 및 inulooligosaccharides(ISO)와 di-D-fructofuranose anhydrides(DFA) 등의 fructooligosaccharides(FOS)가 생성된다. 이는 인간의 위액과 소화효소에 의해서 분해되지 않고 장내 미생물에 의하여 발효되어 장내환경 개선 및 배변기능 촉진에 효과가 있다. 또한 분해되더라도 fructose 형태이므로 혈당치를 상승시키지 않으며, 열량이 낮아(1.0~1.5 kcal/g) 비만개선효과, 중성지방의 감소효과, 대장암 발생억제 등의 효과가 있다고 보고되었으며(15-17), 장생도라지에서 추출한 이눌린을 STZ으로 유발된 당뇨흰쥐에 경구 투여한 결과 당뇨대조군에 비해 혈당이 유의적으로 감소해 혈당강하 효과가 있는 것으로 나타났다(18). 그러나 최근까지의 돼지감자 연구는 prebiotic의 효능, 돼지감자로부터의 inulin 추출, 가수분해 물질 생산 및 에탄올 발효 등에 관한 연구가 대부분이었으며(19-21), 돼지감자 분말이나 추출액

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: cha8@chonbuk.ac.kr  
Phone: 82-63-270-3822, Fax: 82-63-270-3854

을 이용한 당노의 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 췌장  $\beta$ -세포인 HIT-T15 cell을 이용하여 돼지 감자추출물의 생리활성 및 기능을 검증함으로써 돼지감자의 항당뇨 및 기능성식품 소재 개발을 위한 기초자료가 되고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

돼지감자는 임실에서 수확한 것으로 열풍 건조하여 분말화한 뒤 다음과 같이 추출물을 제조하였다. 열풍건조된 돼지감자 분말 100 g을 증류수 1 L에 넣고 열수로 80°C에서 2시간 동안 추출하였다. 추출물은 거즈로 여과하고 450 × g, 30분간 원심분리(MICRO 17R, Hanil)하여 상등액을 35°C에서 감압농축하고, 필터 후 사용 전까지 -20°C에서 냉동 보관하였다. 농축된 돼지감자추출물의 최종 농도는 22.8 Brix였으며, Table 1에서 보는바와 같이 NC(0  $\mu$ L/mL), HT2(1.1  $\mu$ L/mL), HT3(1.5  $\mu$ L/mL)군으로 나누어 배양하는데 사용하였다. Inulin은 정제된 inulin(Inulin from Dahlia tubers, Fluka, Saint Louis, USA)을 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 녹여 NC(0  $\mu$ L/mL), IN2(1.8  $\mu$ L/mL), IN3(2.5  $\mu$ L/mL)군으로 나누어 배양하는데 사용하였으며, inulin의 양은 돼지감자추출물(g)의 70%를 사용하였다.

### 세포배양

췌장 세포주인 HIT-T15 cell(KCLB, Korea)을 10% FBS(HYCLONE)와 penicillin/streptomycin(Sigma, Saint Louis, USA)이 들어 있는 RPMI-1640 배지로 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 배양하였다. 세포밀도(confluence)가 약 70%에 이르면 phosphate buffered saline(PBS)으로 세척하고 1 mM의 trypsin-EDTA용액을 처리하여 탈착 후 계대배양하고 2 × 10<sup>5</sup> cells/well의 농도로 plate에 넣은 다음 각 군별로 시료를 첨가하여 48시간 동안 배양하였다.

### 세포 viability assay

세포생존을 측정하는 trypan blue exclusion 방법(21)으로

측정하였다. HIT-T15 cell을 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 24시간 동안 배양한 후 Free-glucose RPMI-1640 배지로 교환하였다. 각 군별 시료를 다시 첨가하고 1시간 동안 배양한 후 원심분리 하여 세포에 0.1% trypan blue 용액을 가하고 dimethyl sulfoxide(DMSO) 100  $\mu$ L를 넣어 세포 내 formazan crystal을 용해시킨 뒤 540 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

### Cytotoxicity 측정

Plate에 2 × 10<sup>5</sup> cells/well의 농도로 HIT-T15 cell을 분주하여 10% FBS-RPMI-1640 배지로 배양하였다. 세포밀도가 70%가 되면 새 배지로 교환하여 주고, 각 군별로 시료를 첨가한 후 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 24시간 동안 배양하였다. Cell culture supernatant를 이용하여 Cytotoxicity Detection kit (Roche, Mannheim, Germany)로 500 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

### Alloxan에 대한 세포 보호 효과 측정

HIT-T15 cell의 alloxan에 대한 보호 효과는 MTT assay(22)로 측정하였다. 2 × 10<sup>5</sup> cells/well의 농도로 96 well plate에 HIT-T15 cell을 분주하여 10% FBS-RPMI-1640 배지로 배양 후 각 군별로 시료를 첨가한 후 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 24시간 동안 배양하였다. 배양된 세포에 각 군별 시료를 첨가하고 well당 4 mM alloxan(Sigma)을 처리하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 1시간 동안 배양하였다. MTT(Thiazoly blue tetrazolium bromide, 5 mg/mL)와 10% FBS-RPMI-1640 배지를 넣어 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 30분간(빛 차단) 방치한 뒤 배양액을 버리고 각 well에 dimethyl sulfoxide(DMSO) 100  $\mu$ L를 가하여 세포 내 formazan crystal을 용해시키고 540 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

### 인슐린 분비능 측정

HIT-T15 cell을 2 × 10<sup>5</sup> cells/well의 농도로 분주하여 10% FBS-RPMI-1640 배지로 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 24시간 동안 배양한 후 Free-glucose RPMI-1640 배지로 교환하여 1시간 동안 전배양하였다. 여기에 각 군별 시료를 다시 첨가하고 각 well당 4 mM alloxan(Sigma)을 처리하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 1시간 동안 배양하였다. 3,000 rpm, 4°C, 5분 동안 원심분리한 뒤 Cell culture supernatant를 이용하여 Mouse Insulin kit(Shibayagi, Shibukawa, Japan)로 측정하였다.

### NAD<sup>+</sup>/NADH 함량 측정

NAD<sup>+</sup>/NADH 함량 측정은 HIT-T15 cell을 2 × 10<sup>5</sup> cells/well의 농도로 분주하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 24시간 동안 배양하였다. Free-glucose RPMI-1640 배지로 교환하여 1시간 동안 배양하였다. 여기에 각 군별 시료를 다시 첨가하고 각 well당 4 mM alloxan(Sigma)을 처리하여 1시간 동안 배양한 후 PBS(phosphate buffered saline)로 4회 세척하여 NAD<sup>+</sup>/NADH Quantification kit(Bio Vision, Mountain view, USA)를 이용하여 NAD<sup>+</sup>/NADH 함량을 측정하였다.

Table 1. Experiment design

Variables	Group	Conc.
NC	NC	0
HT	HT2	1.1
	HT3	1.5
IN	IN2	1.8
	IN3	2.5

NC, normal control; HT, *Helianthus tuberosus* extract; HT2, RPMI-1640 medium plus 1.1  $\mu$ L/mL HT; HT3, RPMI-1640 medium plus 1.5  $\mu$ L/mL HT; IN, inulin; IN2, RPMI-1640 medium plus 1.8  $\mu$ L/mL IN; IN3, RPMI-1640 medium plus 2.5  $\mu$ L/mL IN.

### 통계처리

모든 실험 결과는 평균(mean)±표준편차(SD)로 표시하였고, 각 군 간의 통계적 유의성 검증은 Statistical Package for Social Science(SPSS) version 12.0.1을 이용하여 ANOVA분석을 하였다. 각 군 간에 유의한 차이가 있을 경우 Duncan's multiple range test를 실시하여  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다.

### 결과 및 고찰

#### 세포 viability

시료 처리 후 MTT assay에 의한 HIT-T15 cell의 세포생존율을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu\text{L/mL}$ )군에 비해 돼지감자추출물을 첨가한 HT3(1.5  $\mu\text{L/mL}$ )군과 inulin을 첨가한 IN2(1.8  $\mu\text{L/mL}$ ), IN3(2.5  $\mu\text{L/mL}$ )군에서 세포생존율이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 세포는 성장에 영향을 주는 물질에 따라 세포의 proliferation이 달라지는데(23), 본 연구에서는 HIT-T15 cell의 돼지감자추출물과 inulin 첨가 후 48시간이 경과하는 동안 세포의 proliferation에 영향을 주어 세포생존율이 증가한 것으로 사료된다.

#### Cytotoxicity 측정

시료 처리 후  $\beta$ -세포 파괴를 유도하지 않고 HIT-T15 cell의 cell culture supernatant를 이용하여 각 군별 cytotoxicity를 측정된 결과 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu\text{L/mL}$ )군과 비교하여 모든 군에서 cytotoxicity가 낮게 나타났다(Table 2). 세포가 상처를 받으면 lactate dehydrogenase(LDH)가 증가하여 세포자멸이 일어나게 되지만(24), 모든 군에서 cy-

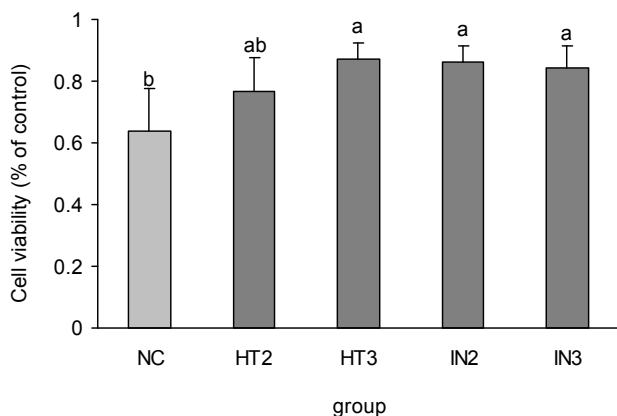


Fig. 1. Cell viability in HIT-T15 cells by MTT assay. All values are mean±SD (n=5). <sup>a-c</sup>Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). NC, normal control; HT, *Helianthus tuberosus* extract; HT2, RPMI-1640 medium plus 1.1  $\mu\text{L/mL}$  HT; HT3, RPMI-1640 medium plus 1.5  $\mu\text{L/mL}$  HT; IN, inulin; IN2, RPMI-1640 medium plus 1.8  $\mu\text{L/mL}$  IN; IN3, RPMI-1640 medium plus 2.5  $\mu\text{L/mL}$  IN.

Table 2. Cytotoxicity of HIT-T15 cells culture supernatant

Variables	Group	F-value
NC	NC	1.44±0.18
HT	HT2	1.31±0.07 <sup>ns</sup>
	HT3	1.36±0.07 <sup>ns</sup>
IN	IN2	1.39±0.07 <sup>ns</sup>
	IN3	1.11±0.13 <sup>ns</sup>

All values are mean±SD (n=5).

NS: Not significant.

NC, normal control; HT, *Helianthus tuberosus* extract; HT2, RPMI-1640 medium plus 1.1  $\mu\text{L/mL}$  HT; HT3, RPMI-1640 medium plus 1.5  $\mu\text{L/mL}$  HT; IN, inulin; IN2, RPMI-1640 medium plus 1.8  $\mu\text{L/mL}$  IN; IN3, RPMI-1640 medium plus 2.5  $\mu\text{L/mL}$  IN.

totoxicity가 낮게 나타난 것으로 보아 돼지감자추출물과 inulin의 세포독성이 낮은 것으로 사료된다.

#### Alloxan에 대한 세포 보호 효과

췌장  $\beta$ -세포를 선택적으로 파괴하여 당뇨병을 유발시키는 약물로 알려진 alloxan(25)으로 시료처리 된 HIT-T15 cell의  $\beta$ -세포 파괴를 유도한 뒤 세포생존율을 확인한 결과는 Fig. 2와 같다. 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu\text{L/mL}$ )군을 100%로 보았을 때 돼지감자추출물을 첨가한 HT2(1.1  $\mu\text{L/mL}$ ), HT3(1.5  $\mu\text{L/mL}$ )군에서 HIT-T15 cell의 세포생존율이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 돼지감자추출물이 alloxan의 영향을 막아내어 췌장  $\beta$ -세포를 보호하는 효과가 있을 것으로 사료되고, 이는 돼지감자의 주성분이며, fructan metabolism이 유사한(26,27) inulin에 의한 효과로 여겨진다. 한편 inulin을 첨가한 IN2(1.8  $\mu\text{L/mL}$ ), IN3(2.5  $\mu\text{L/mL}$ )군에 비해 돼지감자추출물을 첨가한 HT2(1.1  $\mu\text{L/mL}$ ), HT3(1.5  $\mu\text{L/mL}$ )군의 세포생존율이 더 증가하는 경향을 보

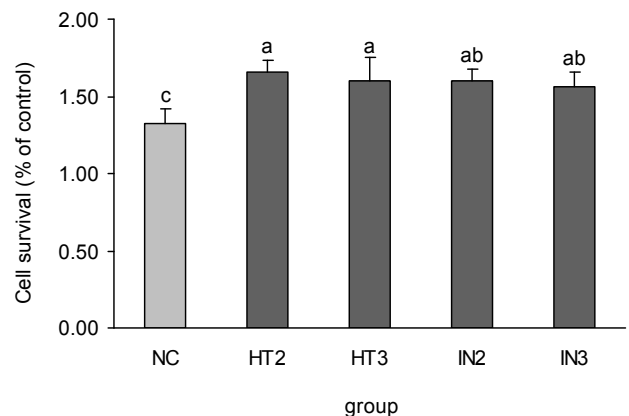


Fig. 2. Cell survival in HIT-T15 cells by MTT assay with alloxan. All values are mean±SD (n=5). <sup>a-c</sup>Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). NC, normal control; HT, *Helianthus tuberosus* extract; HT2, RPMI-1640 medium plus 1.1  $\mu\text{L/mL}$  HT; HT3, RPMI-1640 medium plus 1.5  $\mu\text{L/mL}$  HT; IN, inulin; IN2, RPMI-1640 medium plus 1.8  $\mu\text{L/mL}$  IN; IN3, RPMI-1640 medium plus 2.5  $\mu\text{L/mL}$  IN.

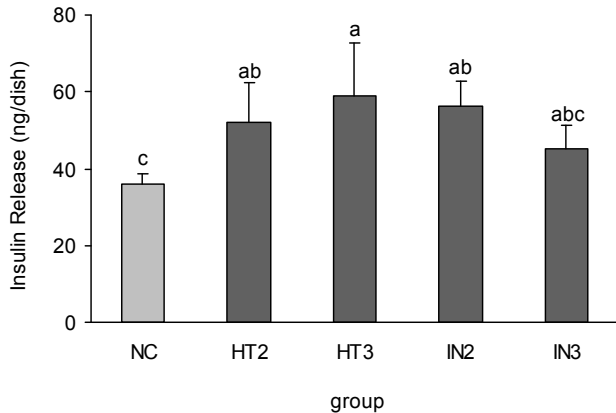


Fig. 3. Insulin secretion in HIT-T15 cells. All values are mean  $\pm$  SD (n=5). <sup>a-c</sup>Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). NC, normal control; HT, *Helianthus tuberosus* extract; HT2, RPMI-1640 medium plus 1.1  $\mu$ L/mL HT; HT3, RPMI-1640 medium plus 1.5  $\mu$ L/mL HT; IN, inulin; IN2, RPMI-1640 medium plus 1.8  $\mu$ L/mL IN; IN3, RPMI-1640 medium plus 2.5  $\mu$ L/mL IN.

인 것은 inulase에 의해 돼지감자추출물의 inulin 일부가 가수분해물질로 분해되면서(28) 소량의 glucose가 생성되어 alloxan에 의한 세포보호 효과(29,30)를 나타낸 것으로 사료된다.

#### 인슐린 분비능 측정

시료 처리 후 alloxan(4 mM)에 의한 췌장  $\beta$ -세포 파괴를 유도하여 HIT-T15 cell이 분비한 인슐린의 측정결과는 Fig. 3과 같다. 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu$ L/mL)군에 비해 돼지감자추출물을 첨가한 HT3(1.5  $\mu$ L/mL)군에서 인슐린 분비능이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). Alloxan(4 mM)에 의한  $\beta$ -세포 파괴를 유도하면 인슐린 분비능에 영향을 미치게 되는데(31), 돼지감자추출물을 첨가한 HT3(1.5  $\mu$ L/mL)군에서 인슐린 분비능이 유의적으로 증가한 것으로 보아 1.5  $\mu$ L/mL의 돼지감자추출물은 alloxan에 의한 췌장  $\beta$ -세포 파괴를 감소시켜 인슐린 분비를 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 돼지감자를 열풍건조 하여 돼지감자추출물을 제조할 때 inulase에 의해 소량의 glucose가 생성되면서 HT3군에서의 insulin 분비를 증가시킨 것으로 사료된다(14,19). 한편 대조군으로 사용된 IN군에서는 농도 증가에 따라 insulin 분비량이 감소되었는데, 이는 Balcázar-Muñoz(32)의 연구와는 다르게 insulin 방출량이 감소되는 경향을 보였다.

#### 세포 내 NAD<sup>+</sup>/NADH 함량 측정

시료 처리 후 alloxan(4 mM)에 의한  $\beta$ -세포 파괴를 유도하여 HIT-T15 cell의 NAD<sup>+</sup>/NADH 함량을 측정된 결과(Fig. 4), 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu$ L/mL)군과 비교하여 볼 때 돼지감자추출물을 첨가한 HT3(1.5  $\mu$ L/mL)군에서 NAD<sup>+</sup>/NADH 함량이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 세포내 DNA fragmentation이 일어나면 이를 보수하고자

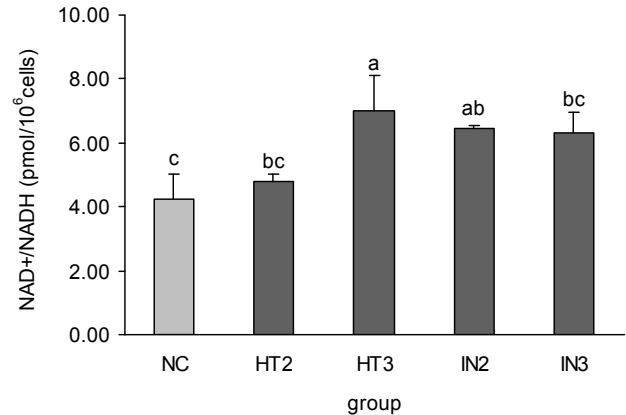


Fig. 4. NAD<sup>+</sup>/NADH ratio in HIT-T15 cells treated alloxan. All values are mean  $\pm$  SD (n=5). <sup>a-c</sup>Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). NC, normal control; HT, *Helianthus tuberosus* extract; HT2, RPMI-1640 medium plus 1.1  $\mu$ L/mL HT; HT3, RPMI-1640 medium plus 1.5  $\mu$ L/mL HT; IN, inulin; IN2, RPMI-1640 medium plus 1.8  $\mu$ L/mL IN; IN3, RPMI-1640 medium plus 2.5  $\mu$ L/mL IN; NAD<sup>+</sup>, nicotinamide adenine dinucleotide; NADH, NAD hydrogen.

poly(ADP-ribose)synthetase의 활성이 증가되어 그 기질인 NAD<sup>+</sup> 농도가 감소되는데(25), DNA 손상이 감소한 Yeh 등(33)의 연구 결과와 같이 1.5  $\mu$ L/mL의 돼지감자추출물 첨가는 췌장  $\beta$ -세포를 alloxan으로부터 보호하여 세포생존율과 함께 NAD<sup>+</sup>/NADH 함량이 증가된 것으로 보인다.

이상의 실험결과 돼지감자추출물의 첨가는 췌장  $\beta$ -세포의 생존율을 높이고, 세포보호 효과를 가짐으로써 인슐린 분비의 정상화 및 NAD<sup>+</sup> 함량을 회복시켜 혈당조절 및 당뇨에 긍정적 효과가 있을 것으로 사료된다.

#### 요 약

본 실험에서는 hamster  $\beta$ -cell인 HIT-T15 cell을 이용하여 돼지감자추출물의 생리활성 및 기능을 검증하고자 하였다. 돼지감자추출물을 첨가한 NC(0  $\mu$ L/mL), HT2(1.1  $\mu$ L/mL), HT3(1.5  $\mu$ L/mL)군과 inulin을 첨가한 NC(0  $\mu$ L/mL), IN2(1.8  $\mu$ L/mL), IN3(2.5  $\mu$ L/mL)군으로 나누어 실험하였다. 세포 viability 측정된 결과 시료를 첨가하지 않은 군을 100%로 보았을 때 돼지감자추출물을 첨가한 HT3(1.5  $\mu$ L/mL)군과 inulin을 첨가한 IN2(1.8  $\mu$ L/mL), IN3(2.5  $\mu$ L/mL)군에서 세포생존율이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 시료 처리 후 췌장  $\beta$ -세포 파괴를 유도하지 않고 HIT-T15 cell의 cell culture supernatant를 이용하여 cytotoxicity를 측정된 결과 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu$ L/mL)군에 비해 모든 군에서 cytotoxicity가 낮게 나타났다. Alloxan(4 mM)으로  $\beta$ -세포 파괴를 유도하여 HIT-T15 cell에서 세포보호 효과를 측정된 결과 시료를 첨가하지 않은 NC(0  $\mu$ L/mL)군에 비해 돼지감자추출물을 첨가한 HT2(1.1  $\mu$ L/mL), HT3(1.5

$\mu\text{L}/\text{mL}$ 군에서 세포생존율이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 또한 췌장  $\beta$ -세포 파괴를 유도하여 HIT-T15 cell이 분비한 인슐린 분비능 및 세포 내  $\text{NAD}^+/\text{NADH}$  함량을 측정된 결과 시료를 첨가하지 않은 NC( $0 \mu\text{L}/\text{mL}$ )군에 비해 돼지감자추출물을 첨가한 HT3( $1.5 \mu\text{L}/\text{mL}$ )군에서 인슐린 분비량과  $\text{NAD}^+/\text{NADH}$  함량이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이상의 연구 결과 돼지감자추출물은 HIT-T15 cell의 생존율을 높이고, 세포보호 효과를 가짐으로써 인슐린 분비능 정상화 및  $\text{NAD}^+$  함량을 증가시켜 혈당 조절 및 당뇨에 긍정적 효과가 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 2008년도 중소기업청 연구(grant No. 26350) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 문헌

- Park YH. 1994. Understanding of diabetes. *J Life Sci* 4: 130-131.
- Ministry of Health and Welfare. 2005. The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), Korea. p 193-195.
- Korea National Statistical Office. 2008. Case Report-2007 Death and death statistics.
- DeFronzo RA, Bonadonna RC, Ferrannini E. 1992. Pathogenesis of NIDDM: A balanced overview. *Diabetes Care* 15: 318-353.
- The Expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. 2002. Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 25: s5-s20.
- Park YH. 2007. Type 1 diabetes as an autoimmune disease. *Medical Postgraduates* 35: 141-149.
- Kim BJ. 2007. Glucotoxicity. *Medical Postgraduates* 35: 150-157.
- Ohtani KI, Shimizu H, Sato N, Mori M. 1998. Troglitazone (CS-045) inhibits  $\beta$ -cell proliferation rate following stimulation of insulin secretion in HIT-T 15 cells. *Endocrinology* 139: 172-178.
- Lee IS, Rhee IJ, Kim KT. 1997. Prediabetic *in vitro* model in pancreatic beta cells induced by streptozotocin. *Yakhak Hoeji* 41: 260-267.
- Go GS, Jeon US. 2003. *Ferns, fern-allies and seed-bearing plants of Korea*. Iljinsa, Seoul. p 659.
- Lee YN. 2006. *New flora of Korea II*. Kyohak, Seoul. p 278-279.
- Kim CG, Kim SI, Shin HK. 1993. Effect of fructooligosaccharide-inulin of Jerusalem artichoke on the growth of intestinal microorganisms of pig. *Korean J Food Sci Technol* 25: 395-399.
- Oscarson S, Sehgelmeble FW. 2002. Chemical syntheses of inulin and levan structures. *J Org Chem* 67: 8457-8462.
- Lee EH, Lee YJ, Choi OB, Kang SM. 2007. Effects of combined diet of Jerusalem Artichoke's Inulin, lotus leaf and herb extracts in obesity-induced white rat with fat diet. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 295-303.
- National rural resources development institute, RDA. 2006. Seventh revision food composition table, Korea. p 62-63.
- Roberfroid M. 2002. Functional food concept and its application to prebiotics. *Digest Liver Dis* 34: s105-s110.
- Carabin IG, Flamm WG. 1999. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. *Regul Toxicol Pharmacol* 30: 268-282.
- Sung HY, Jeoung HJ, Choi YS, Cho SH, Yun JW. 2004. Effects of chicory inulin and oligosaccharides on lipid metabolism in rat fed a high-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 305-310.
- Jhon DY, Kim MH. 1998. Studies on inulase from Jerusalem artichoke. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 205-210.
- Chae EM, Chol EH. 1991. Optimization for alcohol fermentation by *Kluyveromyces marxianus* using Jerusalem artichoke powder. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 19: 265-271.
- Rosengard BR, Cochrane DE. 1983. Complement-mediated cytolysis: A quick, simple method for determining levels of immunoglobulin E bound to mast cells. *J Histochem* 31: 441-444.
- Carmichael J, De Graff WG, Gazder AF, Minna JD, Mitchell JB. 1978. Evaluation of a tetrazolium based semiautomated colorimetric assay: assessment of chemosensitivity testing. *Cancer Res* 47: 943-946.
- Franceschi C. 1989. Cell proliferation, cell death and aging. *Aging* 1: 3-15.
- Society of toxicology. 2007. *The Toxicologist*. Reston, USA p 181.
- Park TS, Lee TH, Kim HR. 1999. Protective mechanism of glucose against alloxan-induced HIT-T15 cell damage. *Korean Diabetes J* 23: 530-540.
- Gupta AK, Kaur KN. 2000. *Carbohydrate reserves in plants: synthesis and regulation*. Elsevier, Ludhiana, India. p 223-248.
- Bari LD, Valenti D, Pizzuto R, Atlante A, Passarella S. 2007. Phosphoenolpyruvate metabolism in Jerusalem artichoke mitochondria. *Biochim Biophys Acta* 1767: 281-294.
- Jhon DY, Kim MH. 1988. Studies on inulase from Jerusalem artichoke. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 205-210.
- Scheynius A, Täljedal IB. 1971. On the mechanism of glucose protection against alloxan toxicity. *Diabetologia* 7: 252-255.
- Rho HW, Lee JN, Kim HR, Park BH, Park JW. 2000. Protective mechanism of glucose against alloxan-induced cell damage: Pivotal role of ATP. *Exp Mol Med* 32: 12-17.
- Weaver DC, McDaniel ML, Naber SP, Barry CD, Lacy PE. 1978. Alloxan stimulation and inhibition of insulin release from isolated rat islets of Langerhans. *Diabetes* 27: 1205-1214.
- Balcázar-Muñoz BR, Martínez-Abundis E, González-Ortiz M. 2003. Effect of oral inulin administration on lipid profile and insulin sensitivity in subjects with obesity and dyslipidemia. *Rev Med Chil* 131: 597-604.
- Yeh SL, Lin MS, Chen HL. 2007. Inhibitory effects of a soluble dietary fiber from *Amorphophallus konjac* cytotoxicity and DNA damage induced by fecal water in Caco-2 cells. *Planta Med* 73: 1384-1388.

(2009년 9월 10일 접수; 2009년 9월 14일 채택)