

당뇨 유발 흰쥐에서 삼채뿌리 첨가 식이가 혈당과 지질 수준에 미치는 영향

김 명 화[†]

덕성여자대학교 식품영양학과

Effect of *Allium hookeri* Root on Plasma Blood Glucose and Fat Profile Levels in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Myung-Wha Kim[†]

Dept. of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 01369, Korea

ABSTRACT

This study was designed to examine the effects of *Allium hookeri* (AH) on plasma blood glucose and fat profile levels in diabetic rats. Diabetes mellitus was induced in male Sprague-Dawley rats through injection of streptozotocin (STZ) dissolved in citrate buffer into tail veins at a dose of 45 mg/kg of body weight. Sprague-Dawley rats were then fed for 4 weeks, with the experimental groups receiving a modified diet containing 5% or 10% powder derived from AH roots. The experimental groups were divided into four groups, consisting of a control group, STZ-control group, and diabetic fed with AH 5% & 10% treated groups. Rats' body weights, blood glucose, total cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride (TG), and free fatty acid (FFA) values in plasma were measured along with hematocrit (Hct) values and aminotransferase activities. Body weight losses were observed in the STZ-control group, whereas the STZ-AH group of diabetic rats gained weight. There was a significant decrease in brain weight of the STZ-AH group but no significant differences in kidney and liver weights of the STZ-AH 5% & STZ-AH 10% groups compared to the STZ-control group. Blood glucose was significantly reduced in the STZ-AH 5% & STZ-AH 10% diabetic groups. There were no significant differences in total cholesterol and TG levels among the diabetic groups. HDL-cholesterol significantly increased while FFA significantly decreased in the STZ-AH 5% & STZ-AH 10% diabetic groups. The Hct level of the STZ-AH group was lower than that of the STZ-control group. Aspartate aminotransferase activity was significantly reduced in the STZ-AH 5% & STZ-AH 10% diabetic groups. These results indicate that supplementation with *Allium hookeri* root may have beneficial effects on diabetic complications as a potential therapeutic candidate.

Key words : *Allium hookeri*, STZ diabetic rats, blood glucose, fat profile

서 론

당뇨병은 인슐린 저항성(insulin resistance)에 의해 혈당을 낮추는 인슐린 작용의 기능 저하로 근육 및 지방세포가 포도당을 잘 이용하지 못하게 되고, 이를 극복하고자 더욱 많은 인슐린이 분비되게 된다. 이로 인하여 췌장의 베타세포가 손상되면서 결국 인슐린의 부족으로 당 신생이 증가하게 되어 고혈당이 특징적으로 나타내게 된다. 또한 당뇨 시 중성지방이 증가하고, HDL-콜레스테롤의 감소로 인한 이상지혈증은 지방의 에너지 대사 이상으로, 심혈관질환 등의 합병증 또한 증가하게 된다(Taylor R 2012; Wu L & Parhofer KG 2014).

세계보건기구 발표(WHO 2016)에 의하면 2014년 전 세계 성인 당뇨병 환자가 4억 2200만 명으로 1980년에 비해 약 4배 늘었다고 밝혔다. 전 세계적인 유병률은 1995년 4%인데,

2030년에는 7.7%로 증가할 것으로 예상된다(Alberti KG & Zimmet PZ 1998; Kim JS 등 2015).

한국인의 당뇨병 유병률은 남녀의 비율로 보면 남자는 전체 중 13.6%, 여자는 10.3%로 남자가 좀 더 많고, 연령대에 따른 당뇨병 환자 비율을 보면 60대 이상이 52.8%로 가장 많았다. 현재의 당뇨병 유병률을 그대로 2050년도에 적용하더라도 이미 현재보다 약 2배가 증가한 591만 명으로 당뇨병 환자가 증가될 것으로 추산되며, 당뇨병 전 단계 고위험군까지 포함한다면 더욱 증가하는 추세이다(Kwon HS 등 2014).

우리나라의 노인 인구 비율이 2050년이면 일본에 이어 세계 2위에 오를 것이라는 전망이 나오면서 급속한 노인인구의 증가(He W 등 2016)와 더불어 노인의 당뇨병이 증가 추세이고, 건강한 기대수명을 위해서는 효과적이고 지속적인 당뇨병 예방 및 치료관리가 중요하다.

현대인의 식습관에서 문제시되는 많은 식사량과 설탕 함량이 높은 음료 소비량의 증가와 더불어 평균 수명의 증가로

[†] Corresponding author : Myung-Wha Kim, Tel: +82-2-901-8598, Fax: +82-2-901-8372, E-mail: kmw7@duksung.ac.kr

인해 당뇨와 같은 만성질환 시 식생활관리는 질병을 예방하고, 국민건강 증진을 위한 중요한 관심사이다. 핀란드의 당뇨예방 연구(Tuomilehto J 등 2001)에 의하면 식사 및 운동요법 개선만으로도 58%의 당뇨병 예방효과를 보여주고 있다.

당뇨치료를 위해 사용되는 약물들은 인슐린 작용을 증가시키는데 효과적이거나 지방세포 분화를 유도하여 체중 증가 등의 부작용을 나타낼 수 있다. 약물에서 나타나는 항당뇨 효과를 상쇄하는 단점을 보완하면서(Kim JS 등 2015) 당뇨관리의 조절인자인 혈당수준과 지질수준 등을 개선하고 당뇨병 유병률을 감소시킬 수 있는 자연식품 유래 phytochemical의 기능적인 생리활성에 관한 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서 동물 시료로 사용된 삼채는 백합과(Liliaceae)이며, 부추와 마늘과 같이 파속(*Allium* L.)에 속하는 식물로 학명은 *Allium hookeri*(AH)이고, 이 식물은 요리나 민속약재로 사용되어왔고, 황과 알리신 등의 화학적인 조성으로 생물학적·약리학적 활성 효과가 큰 식품이다(Borborah K 등 2014). 삼채(三菜)는 주밋(juumpyit) 또는 뿌리부추라고 불리며, 단맛, 쓴맛 및 매운맛을 내며, 인삼 맛이 난다고 하여 삼채(蔘菜)라 부르기도 한다. 파와 비슷한 형태를 갖고 있는 삼채는 잎(leaf), 인경(bulb) 및 뿌리(root)로 구성되어 있다. 삼채는 히말라야와 같은 고랭지에서 자생하고 있으며, 미얀마, 중국, 인도, 부탄 및 스리랑카에 분포한다(Ayam VS 2011). 중국에서는 삼채가 3,000년 전부터 특히 식이 유효화합물이 마늘의 6배나 많다고 하여(Bae GC & Bae DY 2012) 식이 유효화합물 식품으로 알려져 있다. 고대 중국인들은 삼채를 식용과 약용으로 사용해 왔으며, 뿌리, 잎 및 순 모두가 식용으로 가능하다. 삼채는 철, 칼륨, 아연, 칼슘 및 마그네슘 등의 무기질 함량이 높고(Park JY & Yoon KY 2014; Lee EB 등 2015), 단백질, 당, 섬유소, 비타민 C, phytosterol과 total phenol 등이 양과보다 많이 함유되어 있어 양과 대체양념으로도 널리 사용되어지는 의약식품(medicinal food)으로 염증반응에 효과적이다(Lee SH 등 2015).

삼채는 국내에서는 2006년에 소개된 이후 2011년부터 본격적으로 전국 각지에서 재배되고 있으며, 각종 매체들을 통해 삼채가 널리 알려지면서 소비량이 증가하고 있는 추세이다. 우리나라 남단에서 재배되고 있는 삼채의 화학적 조성은 cystein sulfoxide와 황을 함유하며, 양파와 비슷한 외형과 생강의 맛과 향을 지닌다. 필수아미노산인 시스테인과 메티오닌은 황을 함유하고 있어서 산화로부터 세포벽을 보호하는 기능을 지니며, 삼채는 튀김, 찜, 굽기 및 삶기 요리 시에 식품으로 이용되며, 다른 양념들과 같이 우리나라에서는 김치를 만드는 발효식품에도 이용된다(Roh SS 등 2016).

삼채뿌리는 감기, 기침 및 상처치료, 최근에는 항염증, 항산화제 기능과 혈당을 낮추는데 효과적인 식물로 알려져 있

어서 우리 식단의 식재료 활용, 가공제품, 건강 보조식품 및 의약품의 소재를 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 삼채뿌리를 첨가하여 항염증 효과(Bae GC & Bae DY 2012), 삼채뿌리와 유향을 급여하여 지방 축적과 생화학적 변화(Song EY 등 2014), 항균 및 항산화성 연구(Won JY 등 2013), 정량적 분석(Hwang JS 등 2015), 영양성분 품질특성(Park JY & Yoon KY 2014), 이화학적 성분(Won JY 등 2013), 지질대사에 관한 연구(Lee SH 등 2015) 등의 연구가 이루어지고 있어서 식생활에 유용한 건강식품으로의 삼채의 효능에 대한 관심도가 높아지고 있다.

그동안 우리나라에서 뿐만 아니라, 다른 나라에서도 대체요법으로 당뇨에 효과적이라고 전해진 항당뇨 식품이 최근에는 기후의 변화 등으로 우리나라에서도 생산이 가능해졌다. 본 연구에서는 국내에서 재배된 식품 중 항당뇨 식품이라고 전해진 삼채를 선택하여 streptozotocin(STZ)으로 당뇨 유발시킨 흰쥐에게 삼채뿌리를 실험시료로 식이에 분말로 첨가하여 4주간 섭취시킨 후 고혈당 개선과 지질 수준에 미치는 영향을 실험하였다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에서 시료로 사용한 삼채(*Allium hookeri*; AH)는 서울시 동대문구 제기2동에 있는 용성건설(사업자등록번호 204-92-77858)로부터 구입하였다. 우리나라 경상북도 영주군 상줄동 104-4에서 야생 재배하여 2015년 7월에 수확한 것을 자연 건조시켜 뿌리를 분말(HMF-3450S, Hanil, Seoul, Korea)로 만들어 냉장 보관한 후 실험시기에 시료로 사용하였다.

2. 실험동물 사육 및 실험식이

실험동물은 체중 220 g 내외로 7주령인 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 주식회사 샘타코 BIO KOREA(NTacSam: SD, Osan, Korea)로부터 구입하여 stainless steel cage에 한 마리씩 넣고, 온도 22±3℃에서 고히 사료(Feedlap, Guri, Korea)로 1주일간 예비 사육하였다. 본 동물 실험은 덕성여대 동물실험 윤리위원회의 승인을 받은 후(승인번호 2015-017-001), 실험동물 관리 및 이용에 관한 지침에 맞추어 실시하였다. 실험동물은 난피법에 의해 4개 군으로 나누어 사용하였다. 실험군은 정상 실험군 1개 군과 당뇨 실험군 3개 군으로 나누어 정상 실험군에는 삼채뿌리를 첨가하지 않은 정상 대조군(Control), 당뇨 실험군에는 삼채뿌리를 첨가하지 않은 당뇨 대조군(STZ-control)과 당뇨 대조군에 삼채뿌리를 분말로 하여 각각 5%(STZ-AH 5%)와 10%(STZ-AH 10%)를 첨가한 군으로 분리하여 실험하였다. 삼채는 향기가 강한 특성을 가지고 있

어 실험동물들이 섭취할 수 있도록 10% 이하로 식이를 조정하였다(Lee SH 등 2015). Control과 당뇨 실험군은 AIN-93 조제식이(Reeves PG 1997)로 공급하였고, 삼채뿌리 첨가 실험군의 식이는 AIN-93 조제食이를 변형하여 실험동물에게 분말화한 삼채뿌리를 각각 5%와 10%씩 첨가 정도를 달리하여 각각의 해당 식이로 4주간 공급하였으며, 실험식이와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다(Table 1). 삼채뿌리의 영양 조성은 100 g당 탄수화물 11.36 g, 단백질 2.60 g, 지방 1.34 g, 회분 1.07 g, 식이섬유 5.07 g, 수분 78.57 g으로 실험식이 내 corn starch, casein, soybean oil, fiber 및 무기질의 조성을 조정하여 군간에 식이조성이 동일하도록 하였다(Park JY & Yoon KY 2014; Ayam VS 2011).

당뇨 유발일을 실험 0일로 하여 실험 기간 동안의 식이 섭취량을 매일 일정한 시간에 칭량하여 1일 섭취한 식이의 양을 측정하였다. 실험 기간 동안의 매일 섭취한 식이의 양은 1주일 단위로 합하여 주당 1일 평균 식이 섭취량을 구하였다. 체중은 매일 같은 시간에 동물 체중계로 측정하였으며, 식이 효율(feed efficiency ratio: FER)은 측정된 식이 섭취량에 대한 체중 증가량으로 계산하였다.

3. 당뇨 유발

당뇨 유발은 실험동물을 16시간 절식시킨 후 체장의 베타 세포에만 특이적으로 작용하여 다른 기관에 영향을 미치지 않는다고 알려진(Gold G 등 1981) streptozotocin(STZ: Sigma-Aldrich, St. Louis, Mo, USA)을 pH 4.5의 0.01 M citrate buffer에 녹여 45 mg/kg BW 농도로 꼬리정맥에 주사하였다. Control은 0.01 M citrate buffer 용액을 동량으로 하여 당뇨 실험군과 같은 방법으로 주사하였다. 당뇨 유발의 확인은 24시간 후 안구정맥총에서 채혈하여 원심분리한 후, 상등액을 취하여 혈장 중의 포도당 농도가 300 mg/dL 이상인 동물을 당뇨가 유발된 것으로 확인하여 당뇨 실험에 사용하였다.

4. 생화학적 분석

실험 기간 중 매 일주일 간격으로 실험동물의 안구 정맥총에서 채혈하여 3,000 rpm에서 원심분리기(HA 300, Hanil Centrifuge Co., Ltd, Seoul, Korea)로 15분간 원심분리한 후 혈장을 취해 혈장 포도당은 glucose oxidase법(Raabo E & Terkildsen TC 1960)에 의하여 glucose kit(MBL Co., Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 500 nm에서 흡광도(UV/VIS spectrophotometer, Agilent 8453, G1103A, USA)를 측정하였다. 실험 4주 후 마지막 날에는 실험동물을 에테르로 마취시켜서 단두로 희생시킨 후 heparinized tube에 혈액을 모아 3,000 rpm에서 15분간 냉장(4°C)에서 원심 분리하여 혈장을 취하여 분석용 시료로 분석 시까지 -70°C에 보관하여 사용하였다. 채혈 후에는 즉시

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

Components	Control diet ¹⁾	Experimental diet ²⁾	
		5%	10%
Corn starch	465.692	439.192	412.692
Casein	140.000	133.900	127.900
Dextrinized corn starch	155.000	155.000	155.000
Sucrose	100.000	100.000	100.000
Soybean oil	40.000	36.900	33.800
Fiber	50.000	38.200	26.300
Mineral mix ³⁾	35.000	32.500	30.000
Vitamin mix ⁴⁾	10.000	10.000	10.000
L-Cystine	1.800	1.800	1.800
Choline bitartrate	2.500	2.500	2.500
Tert-butylhydroquinone	0.008	0.008	0.008
<i>Allium hookeri</i> root	-	50.000	100.000

¹⁾ Control diet : AIN-93 diet.

²⁾ Experimental diet : control diet+*Allium hookeri* (AH) powder.

³⁾ AIN-93 Mineral mixture.

⁴⁾ AIN-93 Vitamin mixture.

개복하여 뇌, 심장, 신장, 간장, 폐, 췌장 및 비장을 적출하여 장기의 무게를 측정하였다. 헤마토크릿(Hematocrit: Hct)치는 micro-hematocrit법(Bauer JD 1982)으로 모세관에 혈액을 넣어 microcapillary centrifuge로 고속원심 침전시켜 원심분리한 후 packed cell volume을 microcapillary reader로 측정하여 %로 표시하였다. 혈장의 중성지방은 Trinder 법(Giegel JL 등 1975)으로, 혈장 중의 총 콜레스테롤은 효소비색법(Allain CC 등 1974)에 의해 kit(MBL Co.)를 사용하여 500nm에서 흡광도를 측정하였다. HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol)은 텍스트란 황산나트륨 효소(Finely PR 등 1978) 방법으로 kit(MBL Co.)를 사용하여 측정하였다. 각각 혈장의 유리지방산은 SICDIA-NEFAZYME 효소법(Kanai I & Kanai M 1983)을 이용하여 NEFAZYME-S kit(Shinyang Chemical Co., Ltd, Seoul, Korea)로 분석하였다. Aspartate aminotransferase(AST)와 alanine aminotransferase(ALT) 활성도는 Reitman & Frankel 법(Reitman S & Frankel S 1957)에 의하여 kit(MBL Co.)를 사용하여 효소 활성도를 측정하였다.

5. 통계처리

모든 자료의 통계분석은 SPSS(version 23) package형을 사

용하여 실시하였고, 분석 수치는 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. 체중변화, 식이섭취량 및 식이효율

삼채뿌리를 첨가 식이로 하여 4주 후의 실험동물의 체중변화는 Table 2에 나타내었다. 실험동물의 체중은 STZ-control을 제외하고는 control과 당뇨 실험군인 STZ-AH 5%와 STZ-AH 10%에서는 체중의 증가를 보였다. Control에 비해 STZ-control에서는 체중증가량을 비교하였을 때 체중이 낮아져 유의적인 차이를 보였다. 실험 4주 후의 체중증가량은 당뇨 실험군 중 STZ-AH 5%에서 초기 체중보다 약 50 g의 체중 증가를 보였고, STZ-AH 10%에서 체중이 감소되지는 않았으나,

체중의 증가는 약 7 g으로 STZ-AH 5%와 비교하여 체중의 증가는 크지 않았다. 실험동물의 하루 평균 식이섭취량은 Table 3에서 살펴보면 control 20.68 g에 비해 STZ-control에서는 40.38 g으로 2배 정도나 높게 유의적인 차이를 보였다. STZ-AH 5%와 STZ-AH 10%에서는 STZ-control에 비해 삼채뿌리 분말 첨가 시 식이섭취량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 식이효율은 control(0.16 ± 0.03 g)에 비해 STZ-control (-0.04 ± 0.04 g)에서는 유의적으로 낮은 차이를 보였고, STZ-AH 5%는 STZ-control에 비해 식이효율이 높은 수준이었으나, STZ-AH 5%와 STZ-AH 10% 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

STZ에 의한 당뇨 유발로 혈액의 당질로부터 에너지를 얻기 위해 인슐린의 작용이 방해받고 DNA의 alkylation에 따른 세포의 괴사와 고혈당으로 인해 체중이 저하된다(Zafar M & Naqvi SNH 2010). 삼채 처리시 당뇨 마우스의 8주 실험에서는 체중에 유의적인 변화를 보이지 않았고(Lee SH 등 2015), 삼채뿌리 매탄을 추출물 당뇨마우스 8주 실험에서는 당뇨군에 비해 삼채뿌리 첨가군에서 체중과 식이섭취량이 유의적

Table 2. Effect of *Allium hookeri* root on body weight change in normal and diabetic rats (g/week)

Group ¹⁾	0 Day	1st week	2nd week	3rd week	4th week	Weight gain
Control ²⁾	248.43± 5.33 ^{NS3)}	269.29±15.87 ^{c4)}	294.21±18.68 ^b	318.00±18.26 ^c	340.50±20.74 ^c	92.07±17.88 ^c
STZ-control	245.21±10.54	222.57±16.93 ^a	219.78±33.93 ^a	214.64±41.66 ^a	207.36±51.71 ^a	-37.86±47.73 ^a
STZ-AH 5%	254.36±10.70	266.86±14.74 ^c	287.36±28.35 ^b	281.79±57.10 ^{bc}	303.93±58.59 ^{bc}	49.57±50.44 ^{bc}
STZ-AH 10%	248.71± 9.85	244.29±18.24 ^b	251.36±31.69 ^a	252.36±46.75 ^{ab}	255.21±55.63 ^{ab}	6.50±56.58 ^{ab}

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=7).

²⁾ Control : normal control group, STZ-control : diabetic control group, STZ-AH 5% : diabetic fed with root of AH (5%), STZ-AH 10% : diabetic fed with root of AH (10%).

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.

Table 3. Effect of *Allium hookeri* root on diet intake and feed efficiency ratio(FER) in normal and diabetic rats (g/day)

Group ¹⁾	1st week	2nd week	3rd week	4th week	Mean	FER ⁴⁾
Control ²⁾	20.08±2.22 ^{a3)}	20.55±2.53 ^a	20.58± 1.20 ^a	21.52± 4.39 ^a	20.68±2.09 ^a	0.16±0.03 ^c
STZ-control	34.02±3.47 ^c	43.14±5.61 ^b	44.41± 6.78 ^b	39.96± 8.00 ^b	40.38±4.04 ^b	-0.04±0.04 ^a
STZ-AH 5%	30.78±3.75 ^{bc}	43.22±7.72 ^b	46.00±13.03 ^b	47.93±14.51 ^b	41.98±8.77 ^b	0.05±0.06 ^b
STZ-AH 10%	27.28±4.04 ^b	39.64±8.23 ^b	42.51± 7.94 ^b	40.15± 8.50 ^b	37.40±6.80 ^b	0.02±0.07 ^{ab}

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=7).

²⁾ Control : normal control group, STZ-control : diabetic control group, STZ-AH 5% : diabetic fed with root of AH (5%), STZ-AH 10% : diabetic fed with root of AH (10%).

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

⁴⁾ FER (feed efficiency ratio) : body weight gain (g) / feed intake (g) for 4weeks

으로 낮아졌고, FER에서는 유의성이 검증되지 않았다(Kim JS 등 2015). 본 연구에서는 정상보다 당뇨 시 식이섭취량이 높음에도 불구하고, 체중증가량이 크지 않아 식이효율이 낮아진 것으로 보인다.

혈당 강하식물인 *Teucrium orientale*(TO) 처리 실험에서는 TO 투여 시에는 체중증가를 보였는데(Tahmasebpour N 등 2013), 본 실험에서도 삼채뿌리 첨가 정도에 따른 양적인 차이를 보여 STZ-AH 10%보다 STZ-AH 5%에서 체중증가가 높았고, 식이섭취량은 당뇨 시 다식현상을 보였으나, 당뇨 실험군에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. STZ-AH 5%의 체중증가는 혈당수준의 감소와 STZ에 의한 독성을 줄이는데 삼채가 작용하여 영양소의 이용을 좋게 한 것으로 보여진다.

2. 장기의 무게에 미치는 영향

실험 4주 후의 뇌, 심장, 신장, 간장, 폐, 췌장 및 비장의 무게를 측정하였고, 실험동물의 장기 무게의 차이를 최소화하기 위해 체중 100 g 당으로 무게를 환산하여 Table 4에 제시하였다.

뇌의 무게는 control에 비해 STZ-control에서 유의적으로 높았고, STZ-control에 비해 삼채뿌리 첨가 시 유의적으로 낮은 수준이었으며, STZ-AH 5%에서 STZ-AH 10%보다 낮았다. 심장의 무게는 control에서 STZ-control에 비해 낮았으나, 유의적인 차이를 보이지 않았다. 신장의 무게는 control에 비해 STZ-control에서 2배 이상 비대해졌고, 당뇨 실험군 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 간장의 무게는 control에 비해 STZ-control에서 유의적으로 높은 수준이었으나, 당뇨 실험군에서는 간장의 무게에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 폐 및 췌장의 무게는 control과 당뇨 실험군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 비장도 control과 STZ-control 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, STZ-control에 비해 STZ-AH 10%에서 유의적인 차이를 보였고, 모든 실험군에서 가장 높은 수준이었다. 당뇨 시 케토산증(diabetic ketoacidosis)에

의해 높아진 혈당 수준과 인슐린 부족으로 인해 발생하는 뇌 부종을 볼 수 있다(Nyenwe EA & Kitabchi AE 2016). 본 연구에서는 삼채뿌리 첨가 시 뇌의 무게가 STZ-control보다 낮아졌으며, STZ-AH 5%에서 더 낮은 수준이었다.

신장과 간장은 STZ에 의한 hypertrophy를 볼 수 있었고, 삼채뿌리 분말 첨가군에서 수치상 당뇨 실험군보다 낮아졌으나 유의성은 검증되지 않았다. STZ에 의한 신장의 hypertrophy는 근위세뇨관 세포와 사구체 메산지움 세포에서의 TGF- α 전환성장인자-베타 1 과발현에 의한 것으로 보인다(Zafar M & Naqvi SNH 2010). 간장의 비대는 TG의 축적과 지방산의 유입이 간장으로 증가되어 저인슐린혈증을 유발하며, apolipoprotein B 합성이 부족하여 간장으로부터 lipoprotein 분비 배설 능력이 저하되기 때문이다(Zafar M & Naqvi SNH 2010). 비장은 체액의 균형을 유지하며, 면역반응에 관여하는 중요한 림프조직이다. STZ에 의한 당뇨독성으로 염증성인 cytokine의 수준 증가와 유리기의 증가(Ebaid H 등 2015)로 지방증(steatosis)을 보인다. 삼채뿌리 추출물 2주 투여 실험에서는 당뇨 시 삼채의 추출물이 췌장의 보호효과가 있었으나(Roh SS 등 2016), 본 실험에서는 당뇨 시 췌장의 무게에 유의성이 검증되지 않았고, STZ-AH 10%에서는 당뇨 쥐의 비장의 무게가 높아져 손상을 받은 것으로 보여진다.

본 실험 결과, 심장, 폐와 췌장의 무게는 유의성이 검증되지 않았고, 뇌, 신장과 간장의 경우는 control보다 STZ-control에서 유의적으로 비대현상을 보여 Zafar 등의 연구와 비슷한 결과였다(Zafar M & Naqvi SNH 2010). 뇌의 경우는 STZ-AH 5%에서 STZ-AH 10%보다 낮은 수준이었고, 신장은 STZ-5%와 STZ-AH 10%에서 무게가 낮아지는 수준이었으나, 유의적이지 않았다. 간장의 무게는 STZ-AH 10%에서 낮아지는 하였으나 유의성이 검증되지 않았고, 비장의 무게는 다른 군에 비해 유의적으로 높은 수준을 보였다.

3. 혈장 포도당 수준에 미치는 영향

Table 4. Effect of *Allium hookeri* root on organ weights in normal and diabetic rats

(g/100g BW)

Group ¹⁾	Brain	Heart	Kidney	Liver	Lung	Pancreas	Spleen
Control ²⁾	0.54±0.04 ^{a3)}	0.35±0.04 ^{NS4)}	0.34±0.04 ^a	3.56±0.23 ^a	0.54±0.23 ^{NS}	0.30±0.09 ^{NS}	0.21±0.03 ^a
STZ-control	0.89±0.14 ^c	0.37±0.04	0.75±0.07 ^b	4.39±0.19 ^{bc}	0.71±0.23	0.24±0.06	0.22±0.04 ^a
STZ-AH 5%	0.63±0.13 ^{ab}	0.42±0.12	0.63±0.15 ^b	4.57±0.62 ^c	0.62±0.22	0.30±0.06	0.28±0.05 ^a
STZ-AH 10%	0.72±0.16 ^b	0.37±0.04	0.65±0.13 ^b	4.01±0.18 ^b	0.68±0.05	0.29±0.08	0.35±0.11 ^b

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=7).

²⁾ Control : normal control group, STZ-control : diabetic control group, STZ-AH 5% : diabetic fed with root of AH (5%), STZ-AH 10% : diabetic fed with root of AH (10%).

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

⁴⁾ NS not significantly different among groups.

삼채뿌리 분말을 식이에 첨가 시 혈당에 미치는 영향을 알아보기 위해 일주일 간격으로 혈장 포도당을 측정된 결과를 Table 5에 제시하였다. 실험 0일째 혈장 포도당의 수준은 STZ에 의한 당뇨 유발로 인해 STZ-control(510.36±56.37 mg/dL)에서 control(139.27±20.41 mg/dL)에 비해 3배 이상으로 유의적인 증가를 보였다. 실험 4주째는 STZ-AH 5%(470.14±207.37 mg/dL)에서 STZ-AH 10%(506.82±175.52 mg/dL)보다 혈당 수준이 낮아졌으나, 두 군 간에 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 4주 동안의 혈당 수준은 STZ-AH 5%와 STZ-AH 10% 모두에서 실험 3주째와 4주째에 STZ-control에 비해 유의적인 혈당 감소를 보였다. 항당뇨 식품인 farcta bean 추출물 투여 시 STZ-control 군과 비교하여 추출물 투여군의 혈당 수준이 현저히 저하되었는데(Dashtban M 등 2016), 본 실험 결과, 4주후의 혈당 수준은 STZ-control보다 STZ-AH 5%에서는 35%, STZ-AH 10%에서는 30% 정도 혈당 수준이 낮아져 삼채뿌리 첨가군 모두에서 혈당 수준이 낮아지는 결과였다.

삼채가 가지고 있는 사포닌은 혈당을 낮추며, 체중에 항염증 작용을 나타낸다(Ojiako OA 등 2016; Roh SS 등 2016). 삼채뿌리에는 면역력을 좋게 하는 황화합물인 allicin 함량이 높고(Rhyu DY & Park SH 2013), 삼채뿌리 열수 추출액 실험에서 DPPH radical 소거능, 마늘과 양파 등의 *Allium* 속 식품의 유사한 페놀성 화합물과 플라보노이드에 의한 항산화 활성(Jun HI 등 2014)이 탁월하여 해독작용이 있는 것으로 사료된다.

포도당은 인슐린에 의해 조절되는데, 포도당 수송체(glucose transporter 4: GLUT4)에 의해 세포 내로 수동적으로 확산되어 hexokinase에 의해 glucose-6-phosphate(G-6-P)로 인산화되어 대사가 이루어진다. 삼채뿌리 메탄올 추출물은 인슐린 저항과 민감도와 관련된 adipokines의 발현을 조절하며, GLUT4 발현을 유도하여 지방세포에서 당질의 흡수를 증가시키기 때문에 삼채뿌리의 첨가는 당뇨 개선에 영향을 준 것으로 보인다(Yang HS 등 2016).

4. 지질 수준에 미치는 영향

삼채뿌리 분말의 첨가에 따른 지질 수준은 Table 6에 제시하였다. 혈장 총 콜레스테롤 수준은 control에 비해 STZ-control에서 실험 4주째 유의적으로 높은 수준이었으나, STZ-AH 5%와 STZ-AH 10%는 STZ-control에 비해 높은 경향을 보였다. HDL-콜레스테롤은 control과 STZ-control 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, STZ-control에 비해 STZ-AH 5%와 STZ-AH 10%에서는 HDL-콜레스테롤 수준이 유의적으로 높았으며, control보다 높은 수준이었다. 중성지방(triglyceride: TG) 수준은 control에 비해 STZ-control에서 높은 수준이었고, STZ-control에 비해 삼채뿌리 분말 첨가군에서 낮은 수준이었으나 유의성이 검증되지 않았는데, STZ-control에서 표준편차의 차이 때문인 것으로 보인다. 유리지방산(free fatty acid: FFA) 수준은 control에 비해 STZ-control에서 높게 유의적인 차이를 보였고 STZ-control에 비해 STZ-AH 5%와 STZ-AH 10% 모두에서 유의적으로 낮은 수준이었다.

혈장 속의 지질 수준이 높은 것은 지질분해효소의 억제되지 않은 작용과 인슐린 작용 저하로 지방이 침착된 것으로 보인다. 인슐린 부족 시에는 지방분해효소의 작용이 활발하지 못하여 당뇨 시에 TG와 LDL-콜레스테롤 수준은 높고, HDL-콜레스테롤 수준은 낮아진다. 이로 인해 당뇨에 의한 이상지혈증(dyslipidemia)뿐 아니라, 동맥벽에 지방이 침착되어 동맥경화와 cardiovascular disease(CVD) 합병증의 위험률이 증가하므로 혈중 지질 수준을 낮추는 관리가 필요하다(Taskinen MR & Boren J 2015). 당뇨 시 관상동맥질환의 높은 위험 원인이 되는 고지혈증 등의 지질대사 이상은 당뇨 조절 상태가 불량할수록 그 정도가 더 심화된다. 삼채 추출물 처리 시 지방세포에서 지방구 형성이 저해되어 지방의 축적이 줄어들어 지방의 함량이 감소된다고 보고된 바 있다(Yang HS 등 2016). 삼채의 지질대사에 미치는 영향에서는 HDL-콜레스테롤은 유의적으로 높게, TG와 총 콜레스테롤 수준은 유의성이 검증되지 않았고(Lee SH 등 2015), 삼채뿌리 추출물로 동

Table 5. Effect of *Allium hookeri* root on plasma glucose level in normal and diabetic rats

(mg/dL)

Group ¹⁾	0 day	1st week	2nd week	3rd week	4th week
Control ²⁾	139.27±20.41 ^{a3)}	149.06± 8.31 ^a	148.11± 7.09 ^a	130.17± 12.93 ^a	145.05± 6.70 ^a
STZ-control	510.36±56.36 ^b	600.77±133.59 ^b	551.01±112.48 ^b	706.55± 85.97 ^c	723.33± 30.67 ^c
STZ-AH 5%	477.44±78.50 ^b	562.61±146.86 ^b	530.33±131.38 ^b	467.35±200.87 ^b	470.14±207.37 ^b
STZ-AH 10%	486.19±53.84 ^b	475.30±139.97 ^b	520.41±171.69 ^b	508.45±169.97 ^b	506.82±175.52 ^b

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=7).

²⁾ Control : normal control group, STZ-control : diabetic control group, STZ-AH 5% : diabetic fed with root of AH (5%), STZ-AH 10% : diabetic fed with root of AH (10%).

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

Table 6. Effect of *Allium hookeri* root on total cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride(TG) and freefatty acid(FFA) levels in normal and diabetic rats

Group ¹⁾	Total cholestel mg/dL	HDL-cholesterol mg/dL	TG mg/dL	FFA μ Eq/L
Control ²⁾	90.79 \pm 8.45 ^{a3)}	34.24 \pm 3.81 ^a	127.93 \pm 38.00 ^{NS4)}	556.86 \pm 24.71 ^a
STZ-control	116.02 \pm 20.07 ^b	27.25 \pm 7.90 ^a	169.50 \pm 129.44	770.39 \pm 62.16 ^d
STZ-AH 5%	119.82 \pm 30.04 ^b	47.05 \pm 10.55 ^b	143.32 \pm 54.64	672.07 \pm 26.76 ^c
STZ-AH 10%	125.87 \pm 22.22 ^b	48.48 \pm 4.99 ^b	137.65 \pm 72.09	605.86 \pm 44.67 ^b

¹⁾ Values are mean \pm S.D. (n=7).

²⁾ Control : normal control group, STZ-control : diabetic control group, STZ-AH 5% : diabetic fed with root of AH (5%), STZ-AH 10% : diabetic fed with root of AH (10%).

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

⁴⁾ NS not significantly different among groups.

물 실험한 연구(Kim KH 등 2012)에서는 삼채뿌리 추출물 투여 시 총 콜레스테롤과 TG 수준에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서는 삼채뿌리 분말을 식이에 첨가 시 콜레스테롤 수준에 차이가 없었고, HDL-콜레스테롤 수준을 높이는 효과가 있었다.

인슐린 작용에 문제가 생기면 지방조직(adipose tissue)에서 지방분해가 억제되어 간장에서 fatty acid flux가 증가되고, VLDL 생산이 증가된다(Taskinen MR & Boren J 2015). FFA 수준이 높아지면 염증반응 작용이 저하되고, 인슐린 민감도에 변화를 주어 TG가 풍부한 지단백의 이화작용이 감소된다. 높은 중성지방 수준은 cholesteryl ester transfer protein(CETP)의 효소적 반응을 활성화하여 지방의 변화를 가져온다. 또한 FFA는 에너지 항상성 유지에 관여하는데(Haraa T 등 2014), 지나친 FFA 대사는 지방조직의 기능과 당질대사에 손상을 주어 간장의 인슐린 청소율이 감소되고, TG 수준이 올라가게 되어 체내 지방이 축적된다(Ebbert JO & Jensen MD 2013).

본 연구에서는 삼채뿌리 분말 첨가 시 STZ-control에 비해 총 콜레스테롤, TG 수준에는 유의성이 검증되지 않았으나, HDL-콜레스테롤은 유의적으로 높게 FFA 수준은 유의적으로 낮아졌고, 혈당 수준도 낮아져 지질 수준에 영향을 주는 식품으로 생각된다. 인삼뿌리와 같은 맛을 준다고 하여 인삼 나물이라고 하는 삼채는 항당뇨, 항산화 및 항암 등의 활성을 지니며, 지질대사를 개선하여(Yang HS 등 2016; Song EY 등 2014) 당뇨 식사요법에 효과적인 식품으로 사료된다.

5. 헤마토크릿 치의 수준에 미치는 영향

혈장 중의 헤마토크릿 치의 변화는 control보다 STZ-control에서 유의적으로 증가하였으며, STZ-AH 5%에서는 STZ-control보다 유의적으로 감소하여 control 수준이었다(Table 7).

당뇨 시 지속적인 고혈당으로 체단백의 비효소적인 당화

Table 7. Effect of *Allium hookeri* root on hematocrit level and aminotransferase activities in normal and diabetic rats

Group ¹⁾	Hct (%)	ALT (KA unit/L)	AST (KA unit/L)
Control ²⁾	40.57 \pm 3.87 ^{a3)}	31.86 \pm 5.16 ^a	23.20 \pm 4.66 ^a
STZ-control	45.71 \pm 2.93 ^b	37.96 \pm 23.73 ^{ab}	57.57 \pm 36.23 ^b
STZ-AH 5%	40.17 \pm 3.82 ^a	48.92 \pm 6.45 ^b	33.71 \pm 6.77 ^a
STZ-AH 10%	42.50 \pm 3.83 ^{ab}	42.19 \pm 6.96 ^{ab}	23.31 \pm 5.91 ^a

¹⁾ Values are mean \pm S.D. (n=7).

²⁾ Control : normal control group, STZ-control : diabetic control group, STZ-AH 5% : diabetic fed with root of AH (5%), STZ-AH 10% : diabetic fed with root of AH (10%).

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

에 원인이 되고, 헤모글로블린도 당화에 의하여 변화를 받게 되어 산화적인 스트레스의 marker가 되는 지질 과산화와 유리기에 의하여 red blood cell(RBC) 등의 손상은 RBC 막의 용혈현상이 일어나게 되어 혈액 지수에 변화를 보인다. 혈당 강하식물인 TO 처리 시 RBC 용혈현상의 민감도를 감소시켰다(Tahmasebpour N 등 2013). 본 연구에서는 삼채뿌리 분말 식이 첨가 시 헤마토크릿치의 감소는 인슐린 저항에 영향을 주는 것으로 사료된다.

6. 혈장 중의 Aminotransferase의 활성도에 미치는 영향

당뇨 시 합병증으로 많이 나타나는 간질환과 심장질환에서 AST와 ALT가 상승되기 때문에 간 기능의 보호 효과를 확인하기 위해 혈장의 ALT와 AST 활성도를 측정 한 결과는 Table 7과 같다. 삼채뿌리 첨가 시 ALT 활성도는 control에 비해 STZ-control에서 높은 수준이었고, STZ-control에 비해

삼채뿌리 실험군에서 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 아니었다. AST 활성도는 control에 비해 STZ-control에서 유의적으로 높은 차이를 보였고, STZ-control에 비해 삼채뿌리 첨가군에서는 유의적으로 낮은 수준으로 정 등(Jeong JH 등 2008; Kim JW 등 2012)의 연구와 일치한다.

당뇨로 인한 고혈당은 인슐린 저항의 변화로 AST 활성도 보다는 ALT 활성도에 더 영향을 주는 것으로 보이며, ALT는 세포에 많은 양이 있으며, ALT는 간세포가 파괴되거나, 손상을 입었을 때 혈류로 들어가게 된다(Kim JW 등 2012). AST는 체조직에서 볼 수 있는데, 특별히 간장과 횡문근에 많으며, 혈장 AST 활성은 골격근과 간세포가 손상 시 올라간다(Mukai M 등 2002). 당뇨 시 병리적인 섬유증 혹은 비정상적인 포도당 당화에 의해서 간장의 무게가 증가되고, 혈장 중의 AST 활성도가 올라가게 된다(Kim JW 등 2012). AST와 ALT 활성도가 혈장에서 높게 되면 간장의 만성 혹은 급성 손상을 추론하게 되고, AST 활성도가 높게 되면 당뇨의 위험이 높은 것으로 보이나, AST 활성도는 다른 효소작용에 의해서도 영향을 받을 수 있으므로 당뇨의 원인으로만 보기는 더 연구가 필요하다고 생각된다.

본 실험에서는 간장의 무게가 STZ-AH 10%에서 낮아지는 경향을 보였으나, STZ-AH 5%와 STZ-AH 10% 간의 ALT 활성도에는 큰 차이를 보이지 않았다. 지방수준의 변화(Table 6)는 뚜렷하지 않아 지방 변성이 있을 것으로 사료되나, 당뇨로 인한 AST 활성도는 삼채뿌리 분말 첨가 시 유의적으로 낮아지는 수준이어서 STZ으로 인한 간독성을 저하시키는데 관여한 것으로 생각된다.

STZ은 간에 경미한 지방 변성을 일으켜 간 손상 지표로 이용되는 AST와 ALT 활성도가 높아지거나, STZ 투여로 혈장의 aminotransferase 활성도가 증가할 수는 있으나, 간장 손상의 중요한 지표가 될 수 없다는 보고(Choi JW 등 1991)와, 당뇨 시 항당뇨에 효과를 보이는 구전 의약식품인 *Prosopis farcta* 추출물 실험에서는 AST & ALT 활성도에 유의성은 검증되지 않았으나, 혈당이 낮아지는 효과를 보였으므로(Dashtban M 등 2016) 간 손상보다는 적응에 의한 효소활성도의 일시적인 증가 여부에 대한 것인지는 더 연구가 되어져야 할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 삼채뿌리의 혈당 강하 효과를 검색하기 위하여 STZ으로 유발한 Sprague-Dawley계 흰쥐에게 삼채뿌리 분말을 각각 5%와 10%를 첨가한 해당식으로 4주간 공급하여 혈장포도당 및 지질 대사물의 수준을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

체중 증가량은 control과 당뇨 실험군 간에 현저한 유의적인 차이를 보였고, STZ-control에 비해 STZ-AH 10%에서 보다 STZ-AH 5%에서 체중 증가가 많았다. 식이효율도 체중과 유사한 경향을 보였는데, 당뇨 실험군 모두 다식현상을 보여 STZ-control에서는 음(-)의 식이효율 수준이었고, STZ-AH 10%보다 STZ-AH 5%에서 높은 식이효율 수준이었다. 장기의 무게는 control과 STZ-control 간에 뇌, 신장 및 간장의 무게에서 유의적인 차이를 보였고, 삼채 뿌리 첨가 시 뇌의 무게는 STZ-control에 비해 유의적으로 낮아졌고, 비장은 STZ-AH 10%에서 유의적으로 높은 수준이었다. 혈장 포도당 수준은 control과 당뇨 실험군 간에 현저하게 유의적인 차이를 보였고, STZ-control에 비해 삼채뿌리 첨가군에서 실험 4주째 유의적으로 혈당 수준이 낮았고, STZ-AH 10%보다는 STZ-AH 5%에서 더 낮은 혈당 수준을 보였다. 혈장 총 콜레스테롤 수준은 control보다 당뇨 시 유의적으로 높은 수준이었고, 콜레스테롤 수준은 삼채뿌리 첨가 시 유의성이 검증되지 않았다. HDL-콜레스테롤은 control과 STZ-control에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 삼채뿌리 분말 첨가 시에는 STZ-control보다 유의적으로 높은 수준이었다. 중성지방 수준은 삼채뿌리 분말 첨가 시 낮은 수준이었으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 유리지방산 수준은 STZ-control에 비해 삼채뿌리 분말 첨가 시 STZ-control보다 유의적으로 낮은 수준이었다. 헤마토크릿 치는 control에 비해 STZ-control에서 높게 유의적인 차이를 보였고, STZ-control보다 STZ-AH 5%에서 유의적으로 낮았다. ALT 활성도는 삼채뿌리 분말 첨가 시 STZ-control보다 높게 나타났으며, AST 활성도는 control에 비해 STZ-control에서 유의적으로 높았고, 삼채뿌리 첨가 시 AST 활성도는 유의적으로 낮은 수준이었다.

이상의 연구 결과, STZ 당뇨 유발 흰쥐에 삼채뿌리 첨가 시 HDL-콜레스테롤 수준이 높아졌고, 유리지방산과 혈당 수준이 낮아졌다. 당뇨 식이요법 시 삼채뿌리를 식용채소로 먹는다면 혈당을 낮추고 지방수준을 개선하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

2015년도 덕성여자대학교 교내 연구비 지원을 받아 수행된 연구 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Alberti KG, Zimmet PZ (1998) Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provi-

- sional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 15(7): 539-553.
- Allain CC, Poon LS, Chan CS, Richmond W, Fu PC (1974) Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem* 20(4): 470-475.
- Ayam VS (2011) *Allium hookeri*, Thw. Enum. A lesser known terrestrial perennial herb used as food and its ethnobotanical relevance in Manipur. *African J Food, Agriculture, Nutrition and Development* 11(6): 5389-5412.
- Bae GC, Bae DY (2012) The anti-inflammatory effects of ethanol extract of *Allium hookeri* cultivated in South Korea. *Korean J Herbology* 27(6): 55-61.
- Bauer JD (1982) *Clinical Laboratory Methods*. 9th ed. Mosby. St. Louis. pp 188-189.
- Borborah K, Dutta B, Borthakur SK (2014) Traditional uses of *Allium L.* species from north east india with special reference to their pharmacological activities. *American J Phytomedicine and Clinical Therapeutics* 2(8): 1037-1051.
- Choi JW, Sohn KH, Kim SH (1991) The effects of nicotine on the serum lipid composition in streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Nutr* 20(4): 306-311.
- Dashtban M, Sarir H, Omidi A (2016) The effect of *Prosopis farcta* beans extract on blood biochemical parameters in streptozotocin-induced diabetic male rats. *Adv Biomed Res* 5(116): 1-4.
- Ebaid H, Al-Tamimi J, Metwalli A, Allam A, Zohir K, Ajarem J, Rady A, Alhazza IM, Ibrahim KE (2015) Effect of STZ-induced diabetes on spleen of rats: Improvement by camel whey proteins. *Pakistan J Zool* 47(4): 1109-1116.
- Ebbert JO, Jensen MD (2013) Fat depots, free fatty acids, and dyslipidemia. *Nutrients* 5(2): 498-508.
- Finely PR, Schiffman RB, Williams RJ, Lucht DA (1978) Cholesterol in high-density lipoprotein: Use of Mg^{2+} /dextran sulfate in its measurement. *Clin Chem* 24(6): 931-933.
- Giegel JL, Ham AB, Clema W (1975) Manual and semi-automated procedures for measurements of triglycerides in serum. *Clin Chem* 21(11): 1575-1581.
- Gold G, Manning M, Heldt A, Nowlain R, Pettit JG, Grodsky GM (1981) Diabetic induced with multiple subdiabetogenic doses of streptozotocin. *Diabetes* 30(8): 634-638
- Haraa T, Kashiharaa D, Ichimurac A, Kimuraa I, Tsujimotoa G, Hirasawaa A (2014) Role of free fatty acid receptors in the regulation of energy metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta* 1841(9): 1292-1300.
- He W, Goodkind D, Kowal P (2016) An aging world: 2015, international population reports, U.S. Census Bureau pp 161-165.
- Hwang JS, Lee BH, An X, Jeong HR, Kim YE, Lee I, Lee HJ, Kim DO (2015) Total phenolics, total flavonoids, and antioxidant capacity in the leaves, bulbs, and roots of *Allium hookeri*. *Korean J Food Sci Technol* 47(2): 261-266.
- Jeong JH, Lee SH, Hue JJ, Lee KN, Nam SY, Yun YW, Jeong SW, LEE YH, Lee BJ (2008) Effect of bitter melon (*Momordica charantia*) on anti-diabetic activity in C57BL/6J db/db mice. *Korean J Vet Res* 48(3): 327-336.
- Jun HI, Park SY, Jeong DY, Song GS, Kim YS (2014) Quality properties of yogurt added with hot water concentrates from *Allium hookeri* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(9): 1415-1422.
- Kanai I, Kanai M (1983) *Compendium of the Clinical Inspection*. 29th ed. Komoonsa, Seoul. p 467.
- Kim JS, Heo JS, Choi JW, Kim GD, Sohn KH (2015) Obese mouse via regulation of hepatic lipogenesis and glucose metabolism. *J Life Science* 25(10): 1081-1090.
- Kim JW, Cho HR, Moon SB, Kim KY, Ku SK (2012) Synergic effects of bitter melon and β -glucan composition on STZ induced rat diabetes and its complications. *J Microbiol Biotechnol* 22(1): 147-155.
- Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS (2012) Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(5): 577-583.
- Kwon HS, Kim WH, Lee DY, Park SY (2014) Current status and need for a Korean diabetes prevention study. *Public Health Weekly Report, KCDC* 8(32): 746-753.
- Lee EB, Kim JH, Yang JH, Kim YS, Jun HI, Ki BH, Lee SH, Kim YS, Han SC, Kim DK (2015) Antioxidant and longevity properties of the root of *Allium hookeri* in caenorhabditis elegans. *Kor J Pharmacogn* 46(3): 234-242.
- Lee SH, Kim NS, Choi BK, Jang HH, Kim JB, Lee YM, Kim DK, Lee CH, Kim YS, Yang JH, Kim YS, Kim HJ, Lee SH (2015) Effects of *Allium hookeri* on lipid metabolism in type II diabetic mice. *Kor J Pharmacogn* 46(2): 148-153.
- Mukai M, Ozasa K, Hayashi K, Kawai K (2002) Various S-GOT/S-GPT ratios in nonviral liver disorders and related physical conditions and life-style. *Dig Dis Sci* 47(3): 549-555.

- Nyenwe EA, Kitabchi AE (2016) The evolution of diabetic ketoacidosis: An update of its etiology, pathogenesis and management. *Metabolism* 65(4): 507-521.
- Ojiako OA, Chikezie PC, Ogbujic AC (2016) Blood glucose level and lipid profile of alloxan-induced hyperglycemic rats treated with single and combinatorial herbal formulations. *J Tradit Complement Med.* 6(2): 184-192.
- Park JY, Yoon KY (2014) Comparison of the nutrient composition and quality of the root of *Allium hookeri* grown in Korea and Myanmar. *Korean J Food Sci Technol* 46(5): 544-548.
- Raabo E, Terkildsen TC (1960) On the enzymatic determination of blood glucose. *Scandinav J Clin Lab Investigation* 12: 402-407.
- Reeves PG (1997) Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J Nutr* 127(5): 838-841.
- Reitman S, Frankel S (1957) A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am J Clin Pathol* 28(1): 56-63.
- Rhyu DY, Park SH (2013) Characterization of alkyl thiosulfinate in *Allium hookeri* root using HPLC-ESI-MS. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 56(4): 457-459.
- Roh SS, Kwon OJ, Yang JH, Kim YS, Lee SH, Jin JS, Jeon YD, Yokozawa T, Kim HJ (2016) *Allium hookeri* root protects oxidative stress-induced inflammatory responses and β -cell damage in pancreas of streptozotocin-induced diabetic rats. *BMC Complement Altern Med* 16(1): 63-72.
- Song EY, Pyun CW, Hong GE, Lim KW, Lee CH (2014) Effect of addition of *Allium hookeri* on the quality of fermented sausage with meat from sulfur fed pigs during ripening. *Korean J Food Sci Anim Resour* 34(3): 263-272.
- Tahmasebpour N, Dehghan G, Feizi MAH, Esmaeili HA (2013) Variation in body weight and some hematological parameters in streptozotocin-induced diabetic rats, treated with *teucrium orientale*. *Archives* 3: 32-36.
- Taskinen MR, Boren J (2015) New insights into the pathophysiology of dyslipidemia in type 2 diabetes. *Atherosclerosis* 239(2): 483-495.
- Taylor R (2012) Insulin resistance and type 2 diabetes. *Diabetes* 61(4): 778-779.
- Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, Valle TT, Hämäläinen H, Ilanne-Parikka P, Keinänen-Kiukaanniemi S, Laakso M, Alouheranta A, Merja Rastas M, Salminen V, Aunola S, Cepaitis Z, Moltchanov V, Hakumäki M, Mannelin M, Martikkala V, Sundvall J, Uusitupa M (2001) Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 344(18): 1343-1350.
- Won JY, Yoo YC, Kang EJ, Yang H, Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee KS (2013) Chemical components, DPPH radical scavenging activity and inhibitory effects on nitric oxide production in *Allium hookeri* cultivated under open field and greenhouse conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(9): 1351-1356.
- World Health Organization (2016) Global report on diabetes.
- Wu L, Parhofer KG (2014) Diabetic dyslipidemia. *Metabolism* 63(12): 1469-1479.
- Yang HS, Choi YJ, Jin HY, Lee SC, Huh CK (2016) Effects of *Allium hookeri* root water extracts on inhibition of adipogenesis and GLUT-4 expression in 3T3-L1 adipocytes. *Food Sci Biotechnol* 25(2): 615-621.
- Zafar M, Naqvi SNH (2010) Effects of STZ-induced diabetes on the relative weights of kidney, liver and pancreas in albino rats: a comparative study. *Int J Morphol* 28(1): 135-142.

Date Received	Sep. 8, 2016
Date Revised	Oct. 10, 2016
Date Accepted	Oct. 27, 2016