

ISSN 1229-8565 (print)

한국지역사회생활과학회지

Korean J Community Living Sci

<http://dx.doi.org/10.7856/kjcls.2016.27.1.19>

ISSN 2287-5190 (on-line)

27(1) : 19~29, 2016

27(1) : 19~29, 2016

보리순 분말이 당뇨쥐의 혈당조절에 미치는 효과

손 희 경 · 이 유 미 · 박 용 현 · 이 재 준[†]

조선대학교 식품영양학과

Effect of Young Barley Leaf Powder on Glucose Control in the Diabetic Rats

Hee-Kyoung Son · Yu-Mi Lee · Yong-Hyun Park · Jae-Joon Lee[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea

ABSTRACT

This study examined the anti-diabetic effects of young barley leaf powder in rats with streptozotocin (STZ)-induced diabetes. Male Sprague-Dawley rats were divided into the non-diabetic (N) and diabetic groups, and fed the following for four weeks. The diabetic groups were further subdivided into three experimental groups: a diabetic control group (STZ), a diabetic group fed 5% barley leaf powder (STZ-BL), and a diabetic group fed 10% barley leaf powder (STZ-BH). Food and water intakes were higher in the diabetic groups than in the N group. Body weight gain was higher in the STZ-BL and STZ-BH groups compared with the STZ group, but there were no significant changes in body weight gain between the diabetic groups. The serum glucose and fructosamine levels were lower in the STZ-BL and STZ-BH groups than in the STZ group. The levels of serum insulin were higher in the STZ-BL and STZ-BH groups than in the STZ group. Serum ALT, AST and ALP activities decreased in the STZ-BL and STZ-BH groups compared with the STZ group, but there was no difference. These results indicate that dietary supplementation of barley leaf powder can attenuate clinical symptoms of diabetes in rats with STZ-induced diabetes.

Key words: young barley leaf powder, streptozotocin, diabetes, blood glucose, insulin

I. 서론

오늘날 현대인들은 식생활 패턴의 변화로 과거에

비해 채소류의 섭취가 감소하는 반면 고칼로리, 고지방의 육류 및 가공식품의 섭취가 증가하고 있다. 따라서 비만, 당뇨병, 고혈압, 심혈관계 질환 등과 같은

This study was supported by the 2015 research fund of Chosun University.

Received: 3 December, 2015 Revised: 14 January, 2016 Accepted: 18 January, 2016

[†]Corresponding Author: Jae-Joon Lee Tel: +82-62-230-7725 E-mail: leej80@chosun.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

만성질환의 발병률이 증가하고 있으며 뿐만 아니라 이로 인한 각종 합병증의 발생이 문제로 대두되고 있다.

당뇨병으로 인한 사망률이 90년대 이후로 해마다 증가하여 2013년에는 21.5%로 전체 사망원인의 5위를 차지하고 있으며, 전 국민의 약 10%가 당뇨병 환자로 보고되고 있다(Korean Statistical Association, 2013). 이러한 당뇨병은 고혈당을 특징으로 하는 일련의 대사질환군으로 발생기전에 따라 췌장에서 인슐린을 생산하지 못해 발생하는 인슐린 의존형 당뇨병(insulin-dependent diabetes mellitus, 제 1형 당뇨)과 인슐린 저항성, 분비기능 이상 및 유전적 소인 등에 의한 비 인슐린 의존형 당뇨병(non-insulin-dependent diabetes mellitus, 제 2형 당뇨)으로 구분한다(WHO study Group 1985; Yoon et al. 1987; Nepom 1990).

당뇨병의 과도한 당화반응은 항산화 체계의 손상으로 인해 산화적 스트레스(oxidative stress)가 증가되는 것으로 보고된 바 있다(Lee et al. 2001). 산화적 스트레스는 체내 항산화 반응의 균형이 깨져 활성산소종이나 free radical이 축적되어 발생한다. 이들은 체내 고분자들을 공격하여 세포막 분해 및 손상을 일으켜 암 뿐만 아니라 비만, 당뇨병, 동맥경화, 치매 등의 여러 질환과 노화 등을 초래하는 것으로 알려져 있다(Stadman & Berlett 1998; Wolff et al. 1991). 천연 식물체에 함유되어 있는 생리활성물질이 체내에서 항산화 작용이나 세포손상을 억제하는 작용을 통해 항암, 항균, 항염, 항돌연변이 등의 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 천연물에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 당뇨병 치료 및 개선제로 사용되는 제제들은 혈당 저하효과가 뛰어난 반면, 장기간 사용시 부작용을 유발하므로 천연물로부터 혈당 조절에 도움을 주면서 부작용이 적은 소재를 찾고자하는 연구가 활발히 진행되고 있다(Lee et al. 2008).

새싹채소는 채소가 완전한 성장을 위해 영양소 및 생리활성물질을 생합성하는 시기에 이용되는 채소로 발아시킨 후 1주일 이내에 수확한 어린잎 채소를 총칭한다. 새싹으로 재배할 수 있는 식물은 보리를 비롯한 메밀, 콩, 유채, 무순, 브로콜리, 알팔파 등이 있다. 새싹채소는 종자나 완전히 성숙한 채소보다 비타

민, 무기질, 식이섬유소 및 생리활성물질 등의 함량이 높은 것으로 나타났다(Kim et al. 1997; Song 2001; Lee et al. 2005; Kylen & McCready 1975). 새싹채소인 보리순은 식이섬유소가 풍부하고 단백질이 35~45% 함유되어 있으며, 항산화 비타민인 비타민 C, 비타민 E 및 β -carotene 이외에도 다양한 항산화 물질이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다(Kim et al. 2003). 이와 같이 보리는 짙이 나면서 다양한 생리활성물질과 영양소가 풍부하게 들어 있어 건강기능성 식품으로의 이용가능성이 크게 주목받고 있다. 보리순에 관한 연구로는 보리순 추출물의 항산화효과와 식용유지에 적용하여 유지 산패 지연효과 연구(Han 2011), 고지방식 섭취로 비만을 유도한 마우스의 지질 함량과 간 조직의 지질대사의 개선에 관한 연구(Yang 2010), 2형 당뇨병환자를 대상으로 보리잎차 추출물을 급여하여 자유라디칼과 LDL산화 억제력 연구(Yu et al. 2002), 보리잎차의 항산화 효능 연구(Jang et al. 2007) 등이 있다. 이외에도 보리순 분말을 첨가한 yellow layer cake의 품질특성에 미치는 영향(Kim 2011), 머핀의 품질 특성 연구(Cho & Kim 2014)가 있다. 그러나 당뇨를 유도한 동물에서 보리순의 혈당강하 및 당뇨 합병증 개선에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 streptozotocin으로 당뇨 유발된 쥐를 대상으로 보리순 분말 첨가 식이를 4주간 급여하여 당뇨 흰쥐의 혈당 변화와 혈당 조절 관련 지표에 미치는 영향을 조사하여 건강 기능성 천연자원소재로서 보리순의 이용성을 증대시키는데 기여하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 보리순은 울진군 서면 삼근리에서 재배된 것으로 한농마을영농조합법인(Uljin, Gyeongbuk)에서 구입하였다. 보리 순은 10일 정도 자란 것으로 10 cm 정도의 잎 부분만을 사용하였다. 보리순을 수세, 정선 및 탈수과정을 거쳐 -70℃에서 동결한 후 동

결건조기에서 건조하여 분쇄기로 마쇄하여 시료로 사용하였다.

2. 실험동물의 사육 및 식이조성

실험동물은 Sprague Dawley계 4주령 음성 흰쥐 32마리를 중앙실험동물(주)에서 구입하여 조선대학교 실험동물센터에서 stainless steel cage에 한 마리씩 1주일 동안 고형 배합사료와 물로 적응시킨 후 평균 체중 135~140 g인 것을 난피법에 따라 각 처리구당 8마리씩 4군으로 나누어 4주간 사육하였다. 실험군은 Table 1과 같이 정상대조군(N), 당뇨대조군(STZ), 5% 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BL) 및 10% 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BH)으로 나누어 실시하였다. 실험식이 조성은 AIN-93을 기준(Reeves et

al. 1993)으로 Table 2와 같이 조제하였고, 보리순 분말 첨가량은 식이 무게의 5%와 10%로 첨가하였다. 당뇨유발의 방법으로는 streptozotocin(STZ, Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 0.5 M citrate buffer(pH 4.5)용액에 용해시켜 50 mg/kg body weight 용량(0.5 mL/100 g body weight)으로 대퇴부 근육에 1회 주사하여 실험적으로 당뇨를 유발하였고, 정상군은 동량의 0.5 M citrate buffer를 주사하였다. 당뇨 유발의 확인은 STZ 주사 72시간 후 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당량이 300 mg/dL 이상이면 당뇨병 유발로 간주하여 실험에 사용하였다. 사육실 환경온도는 18±2℃, 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였으며, 물과 식이는 제한 없이 공급하였다.

Table 1. Experimental design

Groups	Diet composition
N	Normal rat + Normal diet ¹⁾
STZ	DM rats ²⁾ + Normal diet
STZ-BL	DM rats + Normal diet containing 5% of barley leaf powder
STZ-BH	DM rats + Normal diet containing 10% of barley leaf powder

¹⁾According to AIN-93 diet composition (Reeves et al. 1993).

²⁾DM rats, STZ-induced diabetic mellitus rats.

Table 2. Composition of experimental diet

Ingredients	Dietary group ¹⁾			
	N	STZ	STZ-BL	STZ-BH
Corn starch	399,9986	399,9986	349,9986	299,9986
Sucrose	200	200	200	200
Casein	200	200	200	200
L-cystine	3	3	3	3
Soy bean oil	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50
Vitamin mix ²⁾	10	10	10	10
Mineral mix ³⁾	35	35	35	35
Choline chloride	2	2	2	2
t-Butylhydroquinone	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
Barley leaf powder			50	100

¹⁾See the legend of Table 1.

^{2),3)}Based on AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (Reeves et al. 1993).

3. 혈액 및 장기 적출

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO₂로 가볍게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하고 실온에서 30분간 방치한 후, 3,000 rpm에서 20분간 원심분리시켜 혈청을 분리하여 분석 항목 측정용 시료로 사용하였다. 간, 췌장, 비장, 신장 및 심장을 적출하여 생리식염수로 세척한 다음 수분을 제거하고 각각의 무게를 측정하였다.

4. 혈청 중 포도당 및 효소활성 측정

혈청 중 포도당, alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST) 및 alkaline phosphatase (ALP) 활성 측정은 혈액생화학적 검사 자동분석기 (Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

5. 혈청 중 인슐린, fructosamine 및 C-펩티드 농도 측정

혈청 인슐린농도는 rat insulin ELISA kit(Crystal Chem, Inc., TL, USA)를 사용하여 정량하였고, 혈청 fructosamine 함량은 Johnson et al.(1982)의 방법에 따라 ketoamine에 의해 nitrobluetetrazolium이 환원되는 정도를 측정하였으며, 흡광도로 나타내었다. 인슐린 관련 기능성 지표인 C-펩티드 농도는 rat C-펩티드 ELISA(U-type) kit(Shinayagi Co., Ltd. Gunma, Japan)를 이용하여 측정하였다.

6. 경구 당부하 검사

실험종료 1일 전에 12시간 이상 절식시킨 후 꼬리정맥에서 채혈하여 공복 시 혈당을 측정한 후 glucose (1 g/kg B.W.) 용액을 경구투여기로 투여하고 30, 60, 90, 120, 150 및 180분에 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당 측정기(Accu-check, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany)를 이용하여 혈당을 측정하였다.

7. 통계처리

실험결과는 SPSS program(SPSS version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 실험

평균당 평균 ± 표준오차로 표시하였고, 세 집단 이상의 평균치 분석은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 p<0.05 수준에서 Tukey's test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율 및 수분섭취량

당뇨 유발 후 일반 식이와 보리순 분말의 첨가수준을 달리하여 4주간 급여한 실험동물의 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율 및 수분섭취량을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 체중증가량은 당뇨 유발로 인하여 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비해 유의적으로 낮은 체중 증가량을 보였으며, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)과 비슷한 경향을 보였다. 이는 STZ 투여에 의해 당뇨 유발 시 췌장 내 β-세포를 선택적으로 파괴함으로써 인슐린의 합성이 저하되고 이로 인해 초래되는 당 대사의 불균형, 체지방의 과잉 분해 및 체단백의 지속적인 소실로 체중이 감소한 것으로 생각된다(Matsuo et al. 1992). 식이섭취량은 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 이는 당뇨병으로 인한 다식 현상으로 사료된다. 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 이는 보리순 분말 첨가로 인해 당뇨의 특징 중 하나인 다음의 효과가 다소 완화되어져 식이섭취량이 저하되어진 것으로 보여진다. 식이효율은 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비해 유의적으로 낮은 경향을 보였으며, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)과 비슷한 경향을 보였다. 수분섭취량은 당뇨대조군(STZ)이 정상대조군(N)에 비하여 약 4배 이상 유의적으로 증가하였고, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)과 당뇨대조군(STZ) 사이에는 유의적인 차이가 없었다. 이 결과는 일반적으로 STZ로 유발된 당뇨쥐에서는 정상쥐에 비해 수분섭취량이 4~7배 이상 증가한다고 보고

(Preton et al, 1991; Jeong et al, 2006)한 결과들과 일치하는 경향이였다. 본 연구에서도 STZ로 유발된 당뇨쥐의 경우 당뇨의 대표적인 현상인 다식, 다뇨의 3다 현상이 나타났다(Park et al, 2002). Park et al.(1997)은 STZ로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에 녹차의 카테킨을 섭취시킨 결과 당뇨 유발로 인해 감소되었던 체중이 회복되었다고 보고하였고, Jung et al. (2003)은 당뇨 유발 흰쥐에 4주간 부추를 첨가한 식이를 급여한 결과, 당뇨쥐의 식이섭취량은 증가하였지만, 체중증가량과 식이효율은 정상대조군에 비해 유의적으로 감소하였다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 본 연구 결과 당뇨 유발군들이 식이섭취량에 비해 체중증가량이 낮아 식이효율이 낮은 경향이였고, 유의적 차이는 없었으나 보리순 분말을 첨가함으로써 당뇨대조군에 비하여 식이효율이 조금 증가하는 경향이였다.

2. 장기의 무게

당뇨 유발 후 일반 식이와 보리순 분말의 첨가수준을 달리하여 4주간 급여한 당뇨쥐의 체중 100g 당의 장기 중량의 무게는 Table 4와 같다. 간의 무게는 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군

(STZ)에 비하여 유의적 차이는 없었으나 감소하는 경향이였다. 췌장과 비장의 무게는 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며, 당뇨 유발군들 간의 유의적 차이는 없었다. 신장의 무게는 당뇨대조군(STZ)이 정상대조군(N)에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 유의적 차이는 없었으나 감소하는 경향이였다. 본 실험에서 당뇨대조군(STZ)의 신장 무게가 정상대조군(N)에 비하여 유의적으로 증가한 것처럼 STZ로 당뇨를 유발한 쥐에서 고혈당증과 신장의 비대는 양의 상관관계를 나타낸다고 알려져 있다(Sochor et al, 1991). 즉 혈장 내 높은 농도의 포도당은 세포막의 비대를 가져오는 UDP-galactose 또는 glucogen으로 대사되어 사구체내의 mesangial cells에 축적되어 신장의 비대현상을 초래한다(Seyer 1977). 또한 오탄당 인산경로에서 과량의 포도당 유출로 인해 DNA와 RNA의 합성 증가로 신장의 세포 분열 촉진으로 신장의 비대현상을 가져온다고 보고되었다(Steer et al, 1985). 심장의 무게 역시 당뇨대조군(STZ)이 정상대조군(N)에 비하여 유의적으로 높게 나타났는데 이는 근육과 조직의 혈관 손상장애에 따른 심장작용의 증대로 인해 심장이 비대된 것으로 생각된다(Han & Lim 1998). 보리순 분말 첨가 당뇨

Table 3. Change of body weight gain, food intake, food efficiency ratio and water intake of STZ-induced diabetic rats fed the experimental diets

Experimental groups ¹⁾	N	STZ	STZ-BL	STZ-BH
Body weight gain (g/day)	5.88 ± 0.35 ^{3)a4)}	3.34 ± 0.62 ^b	3.01 ± 0.18 ^b	3.36 ± 0.21 ^b
Food intake (g/day)	24.00 ± 0.18 ^c	38.30 ± 0.22 ^a	27.30 ± 0.40 ^b	26.43 ± 0.27 ^b
FER ²⁾ (%)	0.25 ± 0.03 ^a	0.09 ± 0.01 ^b	0.11 ± 0.01 ^b	0.13 ± 0.02 ^b
Water intake (mL/day)	37.21 ± 1.59 ^b	137.31 ± 5.51 ^a	129.88 ± 7.28 ^a	126.25 ± 6.47 ^a

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Food efficiency ratio: FER (body weight gain/food intake).

³⁾The results are mean ± S.E. of 8 rats per group.

⁴⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 유의적 차이는 없었으나 감소하는 경향을 보였다. STZ에 의해 당뇨 유발된 쥐는 인슐린의 분비가 감소되면서 당대사의 불균형과 면역 기능 저하로 간장, 신장 및 심장 등의 장기 조직이 비대해져 나타난 결과로 보인다(Mogensen & Anderson 1973). 본 실험에서 보리순 분말의 첨가로 간, 신장 및 심장의 무게는 당뇨대조군에 비하여 유의적 차이는 없었으나 감소하는 경향을 보여 당뇨로 인한 장기 비대현상이 다소 완화되었다.

3. 혈청 중 포도당 함량

당뇨 유발 후 일반 식이 및 보리순 분말 혼합식이를 4주간 급여한 당뇨쥐의 혈청 중 포도당 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 당뇨를 유발하기 위해 STZ를 투여한 당뇨대조군(STZ)의 혈청 포도당 함량은 정상대조군(N)에 비하여 약 4배정도 유의적으로 증가하였다. 이는 STZ 투여로 췌장의 Langerhan's 섬의 β -세포를 파괴하여 인슐린 결핍을 초래하고 포도당에 대한 β -세포의 예민도를 저하시켜 혈당이 증가하는 것으로 알려져 있다(Matkovic et al. 1998). 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)의 당뇨대조군(STZ)에 비하여 감소하였고, 특히 10% 보리순 분말 첨가군(STZ-BH)이 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Lee et al. (2009)은 STZ로 유발된 당뇨쥐에 밀순 물추출물을 급여한 결과, 혈중 포도당 농도는 당뇨대조군에 비해 밀순 물추출물의 투여량에 비례하여 증가하여 혈당저하 효과가 있다는 보고와 유사하였

다. 제 2형 당뇨병 마우스에서 싹 채소 혼합추출물이 혈당 조절효과가 있는지 연구한 결과, 당뇨대조군이 정상군에 비해 실험기간 동안 지속적인 혈당 증가가 관찰되었으며 싹 채소 혼합추출물 투여 후 4주째에 싹 채소 혼합추출물 투여군이 유의성 있게 혈당이 감소되어 혈당 조절에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 보고하였다(Lee 2015). 당뇨 시 고혈당은 내당능에 손상을 주어 포도당 수송의 결함이 나타나는데, 생체의 다양한 항산화물질인 글루타티온, 비타민 C 및 비타민 E 등이 당뇨 증세를 완화시킨다고 보고되었다(Adeghate & Parvez 2000). 또한 폴리페놀 성분은 당뇨병 유발 쥐에게 혈당 상승을 억제하여 산화질소 생성을 차단해 장내에서 포도당의 흡수를 지연시킨다(Suk et al. 2006). 그리고 식이섬유소의 섭취가 인슐린 요구량을 감소시키고, 혈당 농도를 유의적으로 개선한다고 보고 되었으며(Vuksan et al. 1997), 어린 채소일수록 다 자란 채소에 비하여 수용성 식이섬유소가 풍부한 것으로 보고되었다(Kim et al. 2005). 이처럼 본 실험에서 나타난 혈당 강하효과는 보리순에 들어 있는 항산화물질과 같은 생리활성물질 및 섬유소가 작용하여 혈당조절에 영향을 미친 것으로 사료된다.

4. 혈청 중 인슐린 농도

보리순 분말과 일반 식이를 4주간 급여한 당뇨쥐의 혈청 중 인슐린 측정 결과는 Table 5와 같다. 혈청 중 인슐린 함량은 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비해 유의적으로 낮게 나타났다으며, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-

Table 4. Organ weights in STZ-induced diabetic rats fed the experimental diets

Experimental groups ¹⁾	N	STZ	STZ-BL	STZ-BH
Liver	4.18 ± 0.18 ²⁾³⁾	5.66 ± 0.23 ^a	5.52 ± 0.34 ^a	5.53 ± 0.46 ^a
Pancreas	0.24 ± 0.04 ^a	0.15 ± 0.02 ^b	0.17 ± 0.01 ^b	0.16 ± 0.02 ^b
Spleen	0.39 ± 0.03 ^a	0.17 ± 0.01 ^b	0.19 ± 0.02 ^b	0.21 ± 0.01 ^b
Kidney	0.64 ± 0.01 ^b	1.25 ± 0.02 ^a	1.17 ± 0.05 ^{ab}	1.15 ± 0.02 ^{ab}
Heart	0.47 ± 0.03 ^b	0.74 ± 0.05 ^a	0.65 ± 0.03 ^{ab}	0.64 ± 0.02 ^{ab}

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean ± S.E. of 8 rats per group.

³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 유의적으로 증가하였다. Lee et al.(2009)은 STZ로 유발된 당뇨쥐에 밀순 물 추출물을 급여한 결과, 혈중 인슐린 농도는 정상군에 비하여 당뇨대조군에서 매우 낮은 수준으로 검출되었으며, 밀순 물 추출물의 농도가 증가됨에 따라 농도 의존적으로 증가되었다고 보고하였다. Lee(2015)는 인슐린 비의존성 제 2형 당뇨병 마우스에 싹 채소 혼합추출물 투여로 제 2형 당뇨병에서 증가된 혈청 내 인슐린 농도를 인슐린 저항성 개선을 통해 조절하였다고 보고하였다. 본 연구에서 보리순 분말 첨가로 혈청 중 인슐린 농도가 증가하는 것은 β -세포의 인슐린 분비 기능이 유지되는 것으로 사료되며, 이는 β -세포의 보호효과에 기인 할 가능성이 있어 이에 대한 구체적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

5. 혈청 중 fructosamine과 C-peptide 농도

보리순 분말과 일반 식이를 4주간 급여 시 당뇨쥐의 fructosamine과 C-peptide 함량 변화는 Table 5와 같다. 혈청 fructosamine의 함량은 당뇨대조군(STZ)이 정상대조군(N)에 비하여 유의적으로 매우 높게 나타났다. 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 혈청 fructosamine은 1-amino-1-deoxyfructose의 통칭으로서 단백질의 아미노산과 당이 결합한 당화단백질로 비효소적으로 당과 결합

하여 장기간에 걸쳐 생성되어 당뇨병 환자의 장기적인 혈당조절 지표가 되는 검사항목이다(Kwon et al. 2001). 혈중 C-peptide 농도는 당뇨대조군(STZ)이 정상대조군(N)에 비하여 유의하게 낮게 나타났다. 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 증가하는 경향이었으나 유의적 차이는 없었다. 혈중 C-펩티드 농도는 췌장 β -세포 기능을 평가하는 지표로, 췌장 β -세포 내에서 합성되는 proinsulin 으로부터 인슐린을 분해 생성하는 과정에서 생기는 부산물로 자극에 따라 동시에 혈중으로 유출된다(Polosnsky et al. 1986). 본 실험의 식이기간이 4주인 점을 고려하여 혈청 fructosamine 농도는 보리순 분말 첨가로 혈청 포도당 농도와 유사한 경향으로 감소하였으며, 혈청 C-peptide 농도는 혈청 인슐린 농도와 유사한 경향으로 증가하여 말초조직의 포도당 대사 개선으로 혈당 강화효과를 보여 항당뇨 효과에 기인된 것으로 사료된다.

6. 경구 당부하 검사

경구 당부하 검사는 일정 시간 내에 포도당을 소화하여 정상 혈당을 회복하는 능력을 측정하는 검사이다(Ryu et al. 1999). 따라서 보리순 분말의 급여가 당뇨 쥐의 당부하 검사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험식이 급여 4주째 부검 하루 전날 경구 당부하 검사를 실시한 결과는 Fig. 1과 같다. 공복상태에

Table 5. Serum glucose, insulin levels and fructosamine of STZ-induced diabetic rats fed the experimental diets

Experimental groups ¹⁾	N	STZ	STZ-BL	STZ-BH
Glucose (mg/dL)	132.25 ± 10.23 ^{2)c3)}	532.50 ± 30.51 ^a	489.75 ± 31.23 ^{ab}	406.94 ± 25.48 ^b
Insulin (pmol/L)	7.91 ± 0.37 ^a	3.84 ± 0.40 ^c	5.43 ± 0.20 ^b	5.94 ± 0.42 ^b
Fructosamine (mg/dL)	116.25 ± 7.86 ^c	401.75 ± 19.89 ^a	229.25 ± 16.54 ^b	217.25 ± 15.20 ^b
C-peptide (pg/mL)	132.51 ± 10.21 ^a	88.45 ± 9.85 ^b	108.62 ± 7.25 ^b	113.59 ± 6.49 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean ± S.E. of 8 rats per group.

³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

Table 6. Activities of ALT, AST and ALP in serum of STZ-induced diabetic rats fed the experimental diets

Experimental groups ¹⁾	N	STZ	STZ-BL	STZ-BH
ALT	35.50 ± 1.26 ^{2b)}	49.00 ± 2.27 ^{a)}	47.80 ± 2.48 ^{a)}	48.20 ± 2.95 ^{a)}
AST	84.25 ± 10.25 ^{b)}	145.75 ± 12.45 ^{a)}	135.75 ± 9.48 ^{a)}	134.88 ± 7.98 ^{a)}
ALP	756.25 ± 20.55 ^{b)}	935.00 ± 45.21 ^{a)}	927.34 ± 43.11 ^{a)}	897.78 ± 50.10 ^{a)}

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean ± S.E. of 8 rats per group.

³⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) between groups by Tukey's test.

서 포도당(1 g/kg B.W.) 용액을 경구 투여한 후 각각의 혈당치를 측정한 결과, 포도당 부하 60분 후 당뇨 유발군들(STZ, STZ-BL, STZ-BH)이 정상대조군(N)의 혈당 농도에 비하여 유의적으로 높은 혈당 수준을 보였으며, 포도당 투여 90분 후에 혈당 수준이 최고치를 보였고, 10% 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BH)의 혈당 수준은 당뇨대조군(STZ)에 비해 낮았으나 유의적인 차이는 없었다. Lee(2015)는 짝 채소 혼합 추출물이 제 2형 당뇨병 마우스의 내당능을 개선시키고 당뇨에서 기인하는 합병증을 효과적으로 예방할 수 있을 것으로 생각된다고 보고하였다. 본 연구에서 보리순 분말 급여군들이 당뇨 대조군에 비해 유의하진 않지만 감소하는 경향을 보여 장기간 연구 시 효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각한다.

7. 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성

보리순 분말과 일반 식이를 4주간 급여 시 당뇨쥐의 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성은 Table 6과 같다. 고혈당을 유지하는 당뇨는 포도당 산화를 통해 활성산소 생성이 증가되어 malondialdehyde를 형성함으로써 막 인지질에 세포독성 작용을 일으킨다 (Hunt et al. 1990). 혈청 ALT, AST 및 ALP는 간세포에 다량 존재하는 효소로서 간 조직 손상 시 세포 외로 유출되어 혈액에 증가되기 때문에 간 손상 지표로 이용된다. 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성 모두 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 보리순 분말 첨가 당뇨군들(STZ-BL, STZ-BH)은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 감소하는 경향이었으나 유의적인 차이를 보

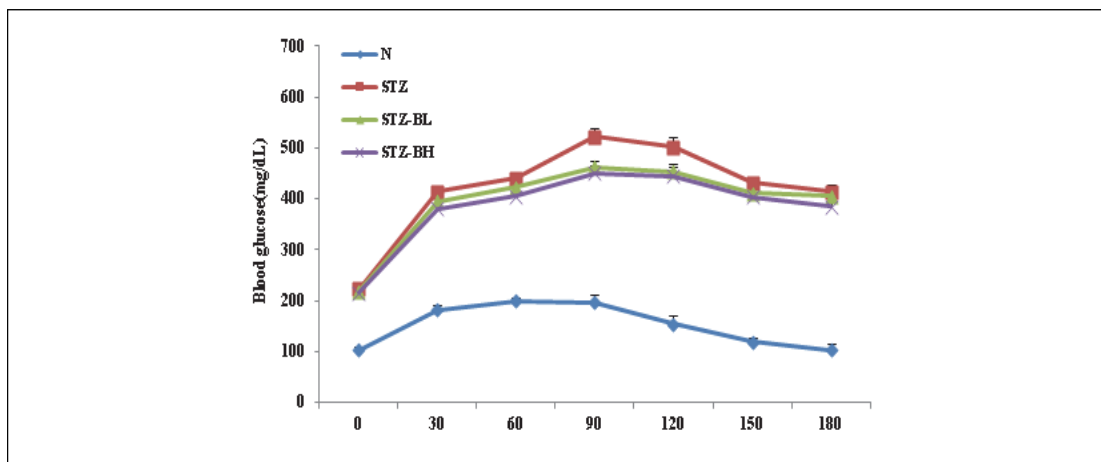


Fig. 1. Blood glucose response to the oral glucose tolerance test in STZ-induced diabetic rats. Abbreviations: See the legend of Table 1. Values are mean ± S.E. of 8 rats per group and different superscript letters indicate significant differences at p<0.05 by Tukey's test.

지 않았다. Lee(2015)는 제 2형 당뇨병 마우스에 썩 채소 혼합추출물 투여한 결과, 당뇨대조군과 썩 채소 혼합추출물 투여군 간의 혈중 GOT와 GPT 효소 활성도는 차이를 보이지 않았다고 보고하여 본 연구와 유사한 경향이였다. 본 연구에서 보리순 분말 급여가 간세포의 효소활성에 영향을 미치지 않았으므로 간 손상 회복효과에 대해서는 좀 더 검토가 필요하다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 보리순 분말 첨가 식이가 STZ로 당뇨 유발한 흰쥐에서 혈당 조절 효과에 미치는 영향을 살펴보고자 정상대조군(N), 당뇨대조군(STZ), 5% 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BL) 및 10% 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BH)으로 나누어 4주간 실시하였다. 체중 증가량 및 식이효율은 정상대조군(N)에 비해 당뇨대조군(STZ)이 현저한 유의적 차이를 보였고, 당뇨대조군(STZ)에 비해 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BL, STZ-BH)에서 체중 감소가 적었으나, 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 장기의 무게는 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BL, STZ-BH)들의 간, 신장 및 심장의 무게가 당뇨대조군(STZ)에 비하여 감소하는 경향이였으나 유의적 차이는 보이지 않았다. 혈청 포도당과 fructosamine 농도는 정상대조군(N)에 비해 당뇨대조군(STZ)이 현저하게 유의적인 차이를 보였고, 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BL, STZ-BH)에서 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 또한 당뇨쥐의 인슐린 농도는 보리순 분말 첨가로 당뇨대조군(STZ)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 경구 당부하 검사 결과 포도당 투여 90분 후에 혈당수준이 최고치를 보였고, 보리순 분말 첨가 당뇨군(STZ-BL, STZ-BH)들은 당뇨대조군(STZ)에 비하여 감소하는 경향이였으나 유의적 차이는 없었다. 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성은 당뇨 유발군(STZ, STZ-BL, STZ-BH)들이 정상대조군(N)에 비하여 유의적으로 높게 나타났으나 보리순 분말 첨가에 따른 유의적인 차이는 없었다. 이상의 연구 결과, STZ로 당뇨 유발 시 보리순 분말 첨가는 체중 감소, 장기 비대 현상

완화 및 혈당 감소 경향을 보였으나, 장기간 연구 시 효과가 더 뚜렷할 것으로 기대되며 이들의 항당뇨 기전에 대해서도 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

- Adeghate E, Parvez SH(2000) Nitric oxide and neuronal and pancreatic beta cell death. *Toxicol* 153(1-3), 143-156
- Cho JS, Kim HY(2014) Quality characteristics of muffins by the addition of dried barley sprout powder. *Korean J Food Cook Sci* 30(1), 1-10
- Han HK, Lim SJ(1998) Effects of fractions from methanol extract of *Commelina communis* on blood glucose levels energy metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Soc Food Sci* 14(5), 577-583
- Han SY (2011) Antioxidative effects of the extract from barley sprout and application of the extracts to an edible oil and fat. MS Thesis, Chonbuk National University, Korea
- Hunt JV, Smith CC T, Wolff SP(1990) Autoxidative glycosylation and possible involvement of peroxides and free radicals in LDL modification by glucose. *Diabetes* 39(11), 1420-1424
- Jang JH, Choi HS, Cheong HS, Kang OJ(2007) A comparison of the antioxidant activity of barley leaf tea and green tea according to leaching conditions in distilled water. *Korean J Food Cookery Sci* 23(2), 165-172
- Jeong JJ, Kim YT, Seo WS, Yang HY, Lee YS, Cha JY(2006) Hypoglycemic and hepatoprotective effects of betaine on streptozotocin-induced diabetic rats. *J Life Sci* 16(5), 767-772
- Johnson RN, Metcalf PA, Baker JR(1982) Fructosamine : a new approach to the estimation of serum glycosylprotein. An index of diabetic control. *Clin Chim Acta* 127(1), 87-95
- Jung HS, Noh KH, Cho HY, Park JY, Choi CY, Kwon TW, Song YS(2003) Effect of buchu(*Allium tuberosum*) on lipid peroxidation and antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Life Sci* 13(3), 333-342
- Kim IS, Han SH, Han KW(1997) Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(6), 1058-1062
- Kim KT, Kim SS, Lee SH, Kim DM(2003) The functionality of barley leaves and its application on functional foods. *Food Sci Indus* 36(1), 45-49
- Kim YS, Kim JG, Kang IJ, Lee YS(2005) Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(1), 206-211.

- Kim YE(2011) Effects of young barley leaf powders on the quality characteristics of yellow layer cakes. Korean J Food Preserv 18(6), 830-835
- Korean Statistical Association(2013) Annual report on the cause of death statistics. Korean Statistical Association, Seoul, Korea
- Kwon EJ, Kwon YS, Oh TH, Jang KH, Jang IH (2001) Serum fructosamine for assessment of glycemic control in a cat with diabetic ketoacidosis. J Vet Clin Med 18(1), 74-77
- Kylen AM, McCready RM(1975) Nutrients in seeds and sprouts of alfalfa, lentils, mung beans and soybeans. J Food Sci 40(5), 1008-1009
- Lee HS (2015) Anti-diabetic effects of microgreen extracts in a mouse model of type II diabetes mellitus. Ph D Thesis. Wonkwang University, Korea.
- Lee JH, Cho CW, Han XF, Hwang JY, Kang MJ, Joo HJ, Kim ME, Seo YJ, Kim JI(2008) Amelioration of plasma glucose and cholesterol levels in db/db mice by a mixture of Chinese herbs. Korean J Medicinal Crop Sic 16(4), 225-230
- Lee SH, LeeYM, Lee HS, Kim DK(2009) Anti-oxidative and anti-hyperglycemia effects of *Triticum aestivum* wheat sprout water extracts on the streptozotocin-induced diabetic mice. Kor J Pharmacogn 40(4), 408-414
- Lee SZ, Park SH, Lee HS(2001) Change in vivo lipid peroxidation and antioxidant defense system in streptozotocin-induced diabetic rats : a time course study. Korean J Nutr 34(3), 253-264
- Lee YA, Kim HY, Cho EJ(2005) Comparison of methanol extracts from vegetables on antioxidative effect under in vitro and cell system. Korean J Soc Food Sci Nutr 34(8), 1151-1156
- Matkovic B, Kotorman M, Varga IS, Hai DQ, Varga C(1998) Oxidative stress in experimental diabetes induced by streptozotocin. Acta Physiol Hung 85(1), 29-38
- Matsuo T, Odaka H, Ikeda H(1992) Effects of an intestinal disaccharidase inhibitor (AO-128) on obesity and diabetes. Am J Clin Nutr 55(1), 314S-317S
- Mogensen CE, Anderson MJF(1973) Increased kidney size and glomerular filtration rate early juvenile diabetes. Diabetes 22(9), 706-712
- Nepom GT (1990) A unified hypothesis for the complex genetics of IIA association with IDDM. Diabetes 39(10), 1153-1157
- Park GY, Lee SJ, Im JG(1997) Effect of green tea catechin on cytochrome P₄₅₀. Xanthine oxidase activities in liver and liver damage in streptozotocin induced diabetic rats. J Korean Soc Food Sci Nutr 26(5), 901-907
- Park KS, Lee DE, Sung JH, Chung SH(2002) Comparisons of antidiabetic effect of Panax ginseng on MLD STZ-induced diabetic rats in terms of time of administration. J Ginseng Res 26(4), 191-195
- Polonsky KS, Licinio-Paixao J, Given BD, Pugh W, Rue P, Galloway J, Karrison T, Frank B(1986) Use of biosynthetic human C-peptide in the measurement of insulin secretion rates in normal volunteers and type I diabetic patients. J Clin Invest 77(1), 98-105
- Preton AM, Tome J, Morales JJ, Milan L, Cuevas AA, Medina J, Santiago JA(1991) Diabetic parameters 58 weeks after injection with streptozotocin in rats fed basal diet supplement with fiber, mineral and vitamins. Nutr Res 11(8), 895-906
- Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC(1993) AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. J Nutr 123(11), 1939-1951
- Ryu KS, Lee WC, Ku HO, Lee HS, Lee KR, Kim SY(1999) Hypoglycemic effect of mulberry leaves with anaerobic treatment in alloxan-induced diabetic mice. Kor J Pharmacogn 30(2), 123-129
- Seyer HK(1977) Renal hypertrophy in experimental diabetes relation to severity of diabetes. Diabetologia 13(2), 141-143.
- Sochor M, Kunjara S, Baquer NZ(1991) Regulation of glucose metabolism in livers and kidneys of NOD mice. Diabetes 40(11), 1467-1471
- Song MR(2001) Volatile flavor components of cultivated radish(*Raphanus sativa* L.) sprout. Korean J Food Nutr 14(1), 20-27
- Stadtman ER, Berlett BS(1998) Reactive oxygen-mediated protein oxidation in aging and disease. Drug Metab Rev 30(2), 325-243
- Steer KA, Sochor M, Mclean P(1985) Renal hypertrophy in experimental diabetes changes in pentose phosphate pathway activity. Diabetes 34(5), 485-490
- Suk JH, Kim MK, Ju JW, Han JS, Park JH(2006) The effect of green tea polyphenol on plasma glucose, lipid levels and antioxidant system in type 2 diabetes patients. J Korean Diabetes Assoc 30(3), 217-225
- Vuksan V, Korsic M, Posavi-Antonovic A(1997) Metabolic diseases and the high-fiber diet. Lijec Vjesn 119(3-4), 125-127
- WHO study Group(1985) Diabetes mellitus. Technical Report Series 727. Geneva, World Health Organization, pp19
- Wolff SP, Jiang ZY, Hunt JV(1991) Protein glycation and oxidative stress in diabetes mellitus and ageing. Free Radic Biol Med 10(5), 339-352
- Yang EJ(2010) Effect of young barley leaves on lipid contents and hepatic lipid regulating enzyme activities in high-fat fed mice. MS Thesis. Sunchon National University, Korea
- Yoon JW, Kim CJ, Park CY, McArthur RG(1987) Effect of environmental factors on development of insulin-

dependent diabetes mellitus. Clin Invest Med 10(5), 457-469

Yu YM, Chang WC, Chang CT, Hsieh CL, Tsai CE(2002) Effects of young barley leaf extract and antioxidative vitamins on LDL oxidation and free radical scavenging activities in type 2 diabetes. Diabetes Metab 28(2), 107-114