

고지방식이와 streptozotocin으로 유도된 당뇨 생쥐에서 β -glucan이 첨가된 보리숙면의 혈당조절과 면역력증진 효과

박충무¹ · 윤현서[‡]

¹동의대학교 임상병리학과, [‡]동의대학교 치위생학과

Blood Glucose Control and Increase Immunity Effects of β -Glucan added Cooked Barley Noodle in High-Fat Diet and Streptozotocin-Induced Diabetic Mice

Park Chungmu¹ · Yoon Hyunseo[‡]

¹Dept. of Clinical Laboratory Science, Dong-Eui University

[‡]Dept. of Dental Hygiene, Dong-Eui University

Abstract

Purpose : This study was designed to examine the blood glucose control and increase immunity effects of β -glucan added cooked barley noodle in streptozotocin-induced diabetes mice with a high-fat diet.

Method : Forty-eight male ICR mice (6-week-old) were fed AIN-93 diet for 4 weeks. Mice were divided into six groups: normal, diabetic, cooked barley noodle, β -glucan (5 %) control and two experimental groups (β -glucan 2.5 % and 5 %, cooked barley noodle contained diet with β -glucan 2.5 % and 5 % w/w). Diabetes mellitus was induced by intraperitoneal injection of streptozotocin (150 mg/kg).

Result : Blood glucose level was significantly decreased in groups consuming cooked barley noodles, but no significant difference was exhibited in diabetic and β -glucan control group. These results were in accordance with the result of oral glucose tolerance test. Blood interfereon (IFN)- γ was measured in order to identify increase immunity effect of β -glucan in diabetic mice. Inhibited IFN- γ concentration was recovered in cooked barley noodle and β -glucan control group. Moreover, IFN- γ concentration was dramatically elevated in β -glucan contained cooked barley noodle groups in a dose dependent manner. Streptozotocin induced AST and ALT activities were decreased in β -glucan contained cooked barley noodle groups with a strong lipid lowering effect.

Conclusion : Although addition of β -glucan did not give any significant synergistic effect on cooked barley noodle in blood glucose regulation, suppressed IFN- γ production by STZ was dramatically enhanced by β -glucan supplementation in a dose dependent manner. Liver function and blood lipid profile were also in accordance with the increase immunity effect of β -glucan. Consequently, β -glucan added cooked barley noodle can be consumed as good diets for patients with chronic diseases with reduced immunity.

Key Words : β -glucan, blood glucose, cooked barley noodle, diabetes, streptozotocin

*교신저자 : 윤현서, yoonhs@deu.ack.kr

논문접수일 : 2018년 5월 17일 | 수정일 : 2018년 5월 28일 | 게재승인일 : 2018년 6월 8일

I. 서론

1. 연구의 필요성

생활수준의 향상과 의학의 발달로 평균수명은 연장되었으나, 건강정보기대수명이 평균수명보다 남자 7.6년, 여자는 12.3년이 짧은 것으로 보고되었고(한국보건사회연구원, 2007), 2016년 발표된 기대수명은 2006년 78.8세에서 2016년 82.4세로 10년 동안 3.6세가 늘어난 반면, 건강수준별 기대여명은 2012년 65.7세에서 2016년 64.9세로 5년 사이 0.8세가 줄었다. 이는 다양한 질병과 합병증으로 개인에게는 경제적인 부담과 함께 통증에 대한 불안감을 야기하고 사회적으로도 부담을 가중시키고 있다(통계청, 2017).

생활양식의 변화로 인하여 패스트푸드와 육류, 가공식품들의 섭취가 늘면서 비만, 고혈압, 당뇨병, 고지혈증과 같은 만성질환의 유병률이 증가하였다(손희경 등, 2016). 그 중에서도 대표적인 고혈압은 2006년 26.3 %, 2015년 27.9 %로 증가하였고, 당뇨병은 2006년 9.4 %, 2015년 9.5 %로 높아졌다(보건복지부, 2016). 특히 당뇨병은 2016년 대한당뇨학회 역학조사 결과 국내 당뇨 13.7 %에 이르며, 30세 이상 우리나라민 7명 중 1명이 당뇨를 앓고 있다. 특히 65세 이상의 노인들의 유병율은 30 %를 넘어섰고 전체 인구의 25 %가 당뇨병 전단계(공복혈당장애)를 가지는 것으로 보고되고 있다(대한당뇨병학회, 2017).

현재 당뇨병을 치료하는 방법으로 인슐린주사나 경구약물투여가 주류를 이루며, 부가적으로 탄수화물섭취를 제한하는 등의 식이조절을 병행하고 있다. 탄수화물의 섭취의 대부분을 차지하는 것은 곡물류와 과일류이며, 이는 당 수치를 높이는 주요원인이 되기도 한다. 그러므로 낮은 당지수를 가진 탄수화물을 섭취하는 것이 만성질환 예방 특히 당뇨병예방과 관리에 도움을 줄 수 있다(유연석 등, 2009)

저당지수를 가진 곡물 중 대표적인 곡물이 보리이며, 보리는 탄수화물 75 %, 단백질 10 %, 지방 0.5 %로 구성되어 있고, 섬유질과 비타민 무기질이 풍부한 것으로 알려져 있다. 특히 보리의 식이섬유인 β -glucan은 혈당을 조

절하는데 도움을 주는 것으로 알려져 있다(송지영 등, 2001; 김정옥 등, 2008)

또한 보리의 섭취로 지단백 콜레스테롤, 총 콜레스테롤, 내장지방을 감소시키는 것으로 보고되었으며(김아라 등, 2012), 쌀에 비해 보리가 혈압 강하에도 도움이 되는 것으로 보고되었다(Li 등, 2004; 강스미와 송상훈, 2016). 고지방 식이섭취로 비만을 유도한 마우스의 지질 감소연구(강병만 등, 2017; 양은주 등, 2009), β -glucan의 항암활성과 항산화효과(이동진 등, 2007; Sharma과 Gujral, 2010), 면역증진효과(Angeli, 2009), 콜레스테롤 감소효과(Kusmiati와 Dhewantata, 2016)를 검증하였다. 그러나 정상인을 대상으로 한 연구에서는 β -glucan의 당 조절 능력에 대해서는 다소 부정적인 효과에 대한 보고가 있다(Bourdon, 1999; Lovegrove 등, 2000).

기존 연구들은 보리가 혈당조절에 효과가 있고, β -glucan이 면역력 증진효과가 있는 것으로 보고하고 있다. 이에 본 연구에서는 보리와 β -glucan이 가지고 있는 각각의 효과를 혼합 식이를 통하여 효과증진여부를 확인하고, 기본 익히지 않은 보리가 아닌 익힌 보리(보리숙면)로 효과를 검증하여 당뇨병 예방과 함께 치료를 위한 식습관개선과 다양한 건강기능식품으로 활용하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 실험은 ICR계 흰쥐를 이용하여 당뇨를 유발시켜 당뇨조절 효과가 있는 보리면(㈜리안푸드에서 특허 받은 공법으로 제조 보리99.8 %)과 면역력증진 효과가 있는 β -glucan을 함께 식이하여 당뇨병개선 효과 및 면역력증진 효과를 알아보하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

1) 동물 및 식이 준비와 당뇨유발

실험동물은 ICR계 6주령 옹성 흰쥐 48마리를 샘타코

(주)에서 구입하여 동의대학교 실험동물센터에서 stainless steel cage에 2마리씩 1주일 동안 고형 배합사료와 물로 적응시킨 후 평균 체중 30 g인 내외인 것을 난괴법에 따라 각 실험군당 8마리씩 6군으로 나누어 6주간 사육하였다. 처음 4주 동안은 고지방/고탄수화물식을 위해 45 % kcal%fat (D12451, Research Diet Inc., New Brunswick, NJ, USA) 식이를 공급하였다.

보리숙면은 (주)리안푸드에서 특허 받은 공법으로 제조된 보리숙면(99.8 % 보리 함유 숙면을 이하 보리면으로 한다)을 제공받아 건조와 분쇄하여 식이에 첨가하여 사용하였으며, 효모 추출 β -glucan은 Transfer point (Little Mountain, SC, USA)으로 부터 구입하여 사용하였다.

실험군은 표 1과 같이 총 6군으로 음성대조군, 양성대조군, 보리면대조군, β -glucan 대조군(5 %), 보리면+β -glucan 2.5 %, 보리면+β -glucan 5 %군으로 나누어 실시하였다. 실험식이 조성은 AIN-93을 기준(Reeves 등, 1993)으로 조제하였고, β -glucan 첨가량은 식이 무게의 2.5 %와 5 %로 첨가하였다.

당뇨유발은 Koji 등의 방법을 이용하였다(Koji 등, 2006). 즉, 20시간 절식시킨 동물에 150 mg/kg body weight의 농도로 streptozotocin(STZ) (dissolved in 50mM citrate buffer (pH4.5), STZ, Sigma, St. Louis, MO, USA)을 복강에 주사하여 실험적으로 당뇨를 유발하였다. 당뇨유발의 확인은 streptozotocin(STZ) 주사 24시간 후 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당량이 300 mg/dL 이상이면 당뇨유발로 간주하였다. 사육실 환경온도는 18±2 °C, 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였으며, 물과 식이는 제한 없이 공급하였다.

표 1. 동물실험군

실험군	식이 조성
음성대조군	정상 동물 + 보통 식이 ¹⁾
양성대조군	당뇨 동물 ²⁾ + 보통 식이
보리면 대조군	당뇨 동물 + 보리면 식이
β -glucan 5 % 대조군	당뇨 동물 + β -glucan 5 % 포함 식이
보리면+ β -glucan 2.5 % 실험군	당뇨 동물 + 보리면 + β -glucan 2.5 % 포함 식이
보리면+ β -glucan 5 % 실험군	당뇨 동물 + 보리면 + β -glucan 5 % 포함 식이

¹⁾According to AIN-93 diet composition (Reeves 등, 1993), ²⁾당뇨동물, STZ-induced diabetic mellitus mice

2. 연구방법

1) 혈액 및 장기 적출

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 이산화탄소로 가볍게 마취한 다음 개복하여 후대정맥에서 혈액을 채취하고 실온에서 30분간 방치한 후, 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 시켜 혈청을 분리하여 분석 항목 측정용 시료로 사용하였다. 간을 적출하여 인산완충용액(phosphate buffer saline, PBS)로 세척한 다음 수분을 제거하고 조직학적 분석을 위해 10 % formalin에 고정하였다.

2) 경구 당부하 검사(Oral Glucose Tolerance Test, OGTT)

실험종료 1일 전에 12시간 이상 절식시킨 후 꼬리정맥에서 채혈하여 공복 시 혈당을 측정한 후 glucose (1g/kg BW) 용액을 강제식이 후 60분, 120분에 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당 측정기(Accu-check, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany)를 이용하여 혈당을 측정하였다.

3) 혈액 내 interferon-γ (interferon gamma, IFN-γ) 측정

보리면과 β -glucan의 면역 조절능을 알아보기 위하여 혈액 내 인터페론의 농도를 ELISA법을 이용하여 측정하였다. Mouse IFN-γ ELISA kit은 R&D systems (Minneapolis, MN, USA)으로부터 구입하여 사용하였다.

4) 혈액 내 간 기능 & 지질 수치 측정

간기능 지표를 분석하기 위하여 혈액 내 AST (Aspartate Aminotransferase, AST), ALT (Alanine Aminotransferase,

ALT), triglyceride와 total cholesterol을 Mindray BS120 제품을 이용하여 분석하였다.

3. 분석방법

실험결과의 통계분석은 IBM SPSS statistic ver. 23.0(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 체중, 혈당 변화, 당 부하검사, 면역 조절능 결과, 간 기능 및 지질수치 검사결과를 음성대조군, 양성대조군, 보리면대조군, β -glucan 대조군, 보리면+ β -glucan 2.5 %, 보리면+ β -glucan 5 %군 간의 차이를 알아보기 위하여 ANOVA(일원배치분산분석)를 실시하였으며, 사후검증은 Duncan 기법을 실시하였으며 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 실험동물의 체중변화

고지방/고 탄수화물식이를 진행한 4주 동안은 동물의 체중이 평균 38 g 전후로 늘어났으나 당뇨 유발 후 2주 동안 체중이 급격하게 줄어 당뇨유발 2주차에는 음성대

조군이 36 g을 유지한 반면 양성대조군은 평균 18.3 g, 보리면대조군은 21 g, β -glucan 대조군은 18.8 g, 보리면+ β -glucan 2.5 %군은 23.8 g, 보리면+ β -glucan 5 %군은 24.8 g의 몸무게를 보였다. 이 결과로 미루어보아 체중감소는 양성대조군, β -glucan 대조군, 보리면대조군, 보리면+ β -glucan 2.5 %군, 보리면+ β -glucan 5 %군, 음성대조군 순서를 보였다. 그리고 β -glucan 대조군과 보리면+ β -glucan 군과의 비교 시 β -glucan의 농도에 따른 유의적인 차이는 없었으나 β -glucan만 식이 시킨 동물보다 보리면과 같이 β -glucan을 식이 시킨 경우 체중의 변화가 크지 않은 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 보리면과 β -glucan을 혼합식이한 동물은 당뇨에 의한 체중감소가 β -glucan 만을 식이한 군보다 적어 당뇨병관리에 효과가 더 있는 것으로 사료된다(그림 1).

2. 실험동물의 혈당변화

20시간 절식시킨 동물에 streptozotocin을 복강 투여한 결과 혈당수치는 그림 2에서와 같이 모든 실험군에서 300 mg/dl 이상을 보여 당뇨가 유도되었음을 확인하였다. 그리고 식이를 2주 동안 투여하면서 혈당의 변화를 관찰한 결과 양성대조군과 β -glucan대조군은 각각 428

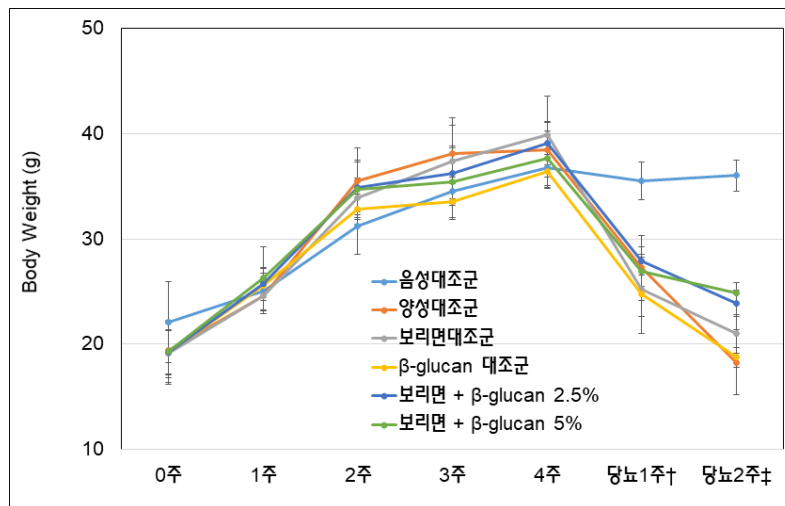


그림 1. 실험기간에 따른 체중변화

- † : 당뇨 1주(p<0.001) : 음성대조군^c, 양성대조군^{ab}, 보리면대조군^{ab}, β -glucan대조군^a, 보리면+ β -glucan 2.5 %^b, 보리면+ β -glucan 5 %^{ab}
- ‡ : 당뇨 2주(p<0.001) : 음성대조군^d, 양성대조군^a, 보리면대조군^b, β -glucan대조군^a, 보리면+ β -glucan 2.5 %^c, 보리면+ β -glucan 5 %^c

mg/dl, 414 mg/dl를 보여 혈당조절에 큰 효과를 보이지 못한 반면 보리면대조군은 313 mg/dl를 보여 보리 자체의 혈당조절 효과가 있음을 보여주었다. 그리고 보리면

과 β -glucan 2.5 %군에서는 284 mg/dl, β -glucan 5 %군에서는 296 mg/dl를 보여 β -glucan의 농도에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다(그림 2).

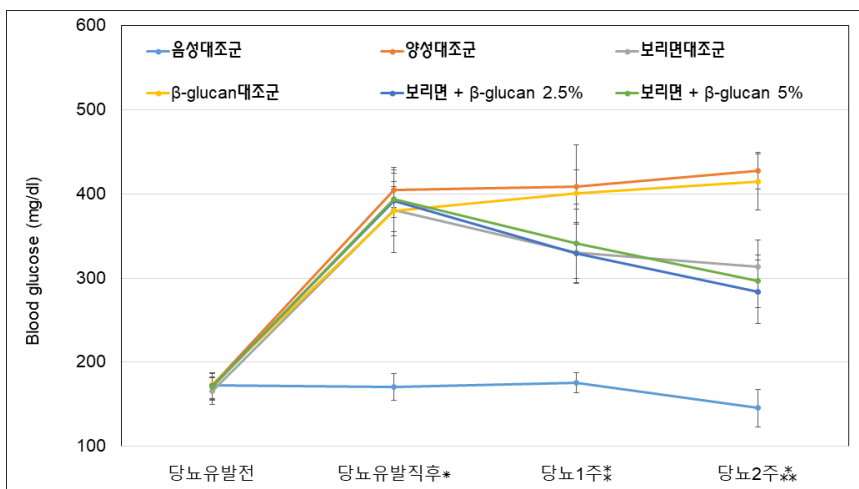


그림 2. 실험기간에 따른 혈당변화

- * : 당뇨유발직후(p<0.001) : 음성대조군^a, 양성대조군^b, 보리면대조군^b, β -glucan대조군^b, 보리면+ β -glucan 2.5 %^b, 보리면+ β -glucan 5 %^b
- ** : 당뇨1주(p<0.001) : 음성대조군^a, 양성대조군^c, 보리면대조군^b, β -glucan대조군^c, 보리면+ β -glucan 2.5 %^b, 보리면+ β -glucan 5 %^b
- *** : 당뇨2주(p<0.001) : 음성대조군^a, 양성대조군^c, 보리면대조군^b, β -glucan대조군^c, 보리면+ β -glucan 2.5 %^b, 보리면+ β -glucan 5 %^b

3. 경구 당부하 검사(Glucose Tolerance Test, GTT)

12시간 이상 절식시킨 후 꼬리정맥에서 채혈하여 공복 시 혈당을 측정한 후 glucose (1 g/kg BW) 용액을 강

제 식이 후 60분, 120분에 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당을 분석한 결과 그림 3과 같았다. 1시간, 2시간 후 혈당 수치는 양성대조군은 573 mg/dl, 563 mg/dl, β -glucan대조군은 553 mg/dl, 561 mg/dl으로 혈당조절능이 거의 나

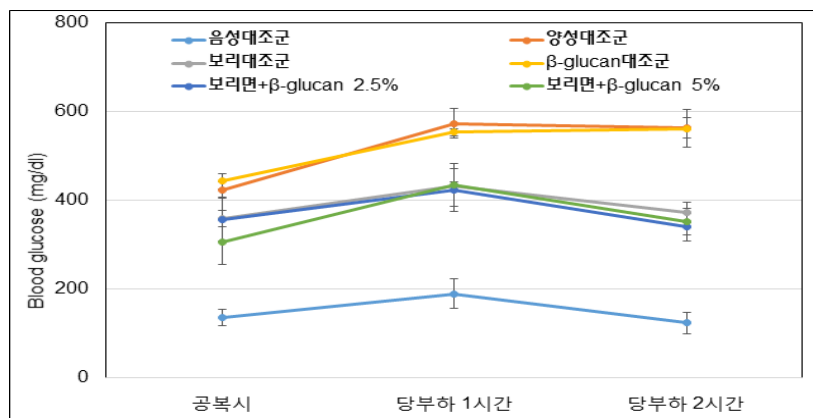


그림 3. 경구 당부하 검사 결과

타나지 않았다. 반면 보리면대조군은 431 mg/dl, 372 mg/dl로 59 mg/dl 만큼 낮아졌고, 특히 보리면+β -glucan 2.5 %군은 424 mg/dl, 339 mg/dl로 85 mg/dl만큼 낮아졌으며, β -glucan 5 %군은 434 mg/dl, 351 mg/dl로 83 mg/dl 만큼 혈당수치를 조절하였다. 그러나 β -glucan의 농도에 따른 차이는 없었으며, 보리면과 β -glucan을 함께 섭취하는 경우 혈당조절능이 뛰어난을 알 수 있었다(그림 3).

4. IFN-γ 농도

Streptozotocin에 의해 당뇨가 유발된 양성대조군에서 음성대조군의 동물보다 적은 양의 IFN-γ 가 생산되었으나 보리 대조군과 β -glucan 대조군에서는 정상과 유사하거나 조금 더 많은 양의 사이토카인이 생산되는 것을 볼 수 있었다. 특히, 보리면과 β -glucan을 혼합식이한 경우에는 보리와 β -glucan을 단독 식이 하였을 때보다 유의적으로 IFN-γ 생산량이 증가하였고, 이는 β -glucan의 농도에 따른 증가하는 것을 확인할 수 있었다 (p<0.001) (그림 4).

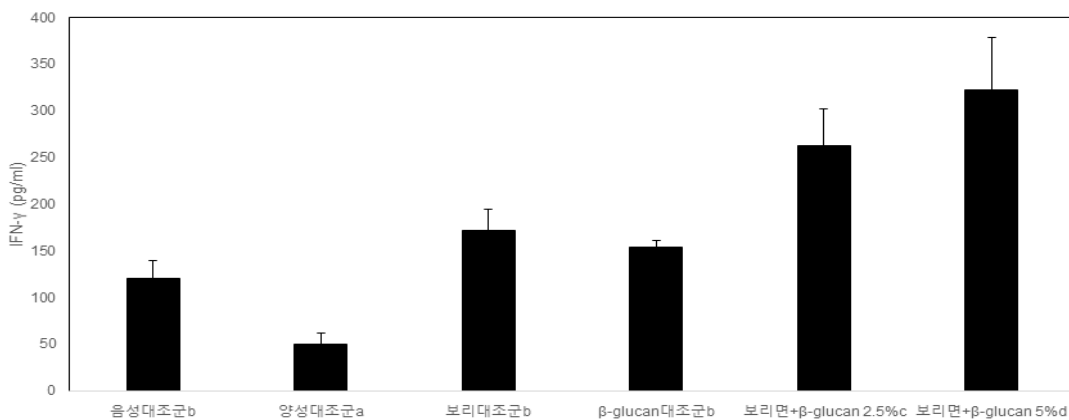


그림 4. 당뇨 유발 생쥐에서 보리와 β -glucan 식이에 따른 IFN-γ 농도

5. 간기능 (AST & ALT) 분석

간기능 분석 결과 당뇨 유발군에서는 AST와 ALT의 수치가 높게 나타났고 보리면대조군에서는 감소하였다.

보리와 β -glucan을 동시에 식이한 군에서는 유의한 수준의 AST (p<0.001)와 ALT (p<0.001) 수치의 개선이 나타났고, β -glucan의 농도에 따라 비례적으로 감소하는 것을 볼 수 있었다(그림 5).

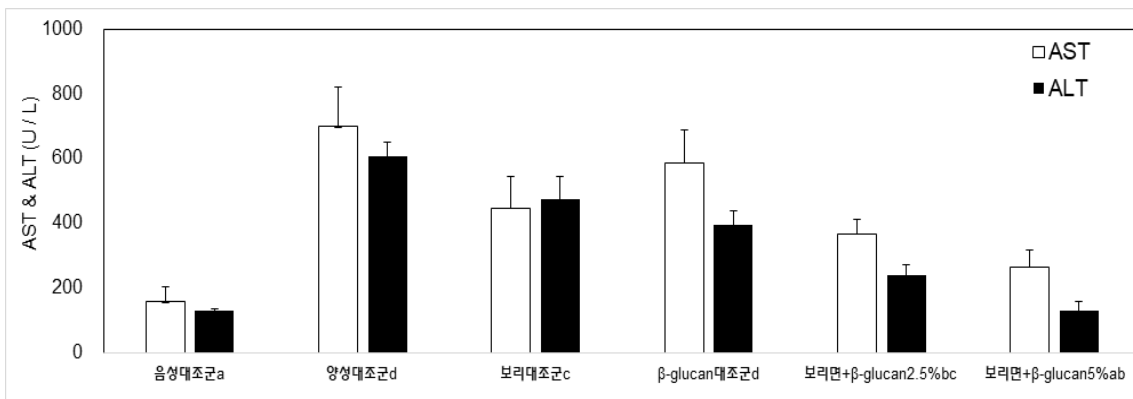


그림 5. 당뇨 유발 생쥐에서 보리와 β -glucan 식이에 따른 AST와 ALT 변화

6. 혈중 지방 분석

총 중성지방과 총 콜레스테롤을 분석한 결과 당뇨 유발에 의해 triglyceride(TG)와 cholesterol(CHOL) 모두 증가하였고, 보리의 식이에 의해 유의적으로 감소하는 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 β -glucan 단독 식이군에서

도 triglyceride는 감소하였으나 cholesterol은 그렇지 않았다. 특히, 보리와 β -glucan을 같이 식이한 군에서는 β -glucan만을 처리한 군보다 훨씬 더 강한 지질 강하 효과를 보이는 것을 확인할 수 있었으나 농도에 따른 차이는 보이지 않았다. 따라서 TG와 CHOL모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.001$)(그림 6).

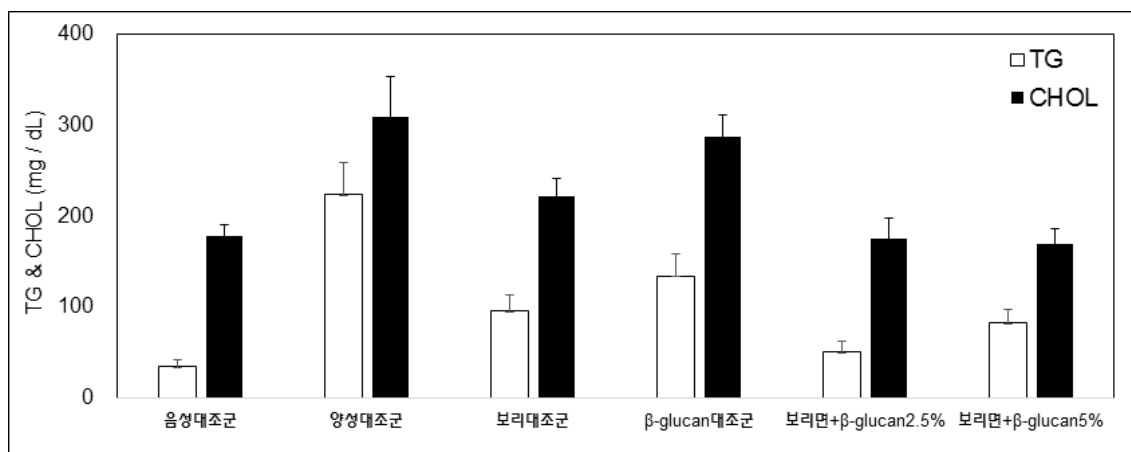


그림 6. 당뇨 유발 생쥐에서 보리와 β -glucan 식이에 따른 TG와 CHOL 변화

IV. 고 찰

본 연구는 보리가 가지는 항 당뇨효과와 β -glucan의 면역력 증진효과를 바탕으로 보리와 β -glucan을 혼합식이 하였을 때의 효능증진여부를 확인하고자 하였으며, 기존 보리와 리순을 이용하지 않고 보리숙면을 이용하여 검증하고자 하였다.

실험동물의 체중변화에서는 평균 38 g 전·후로 증가하였고, 당뇨 유발 후 2주 동안 음성대조군은 36 g을 유지한 반면, 당뇨유발 군에서는 체중감소가 있었다. 특히 양성대조군은 18.33 g 으로 가장 낮았으며, β -glucan대조군은 18.8 g, 보리면대조군 21 g, 보리면+ β -glucan 2.5 % 군은 23.8 g, 보리면+ β -glucan 5 % 군은 24.8 g 순 이었다. 이는 손희경 등(2016)의 연구에서 당뇨유발로 인하여 정상대조군에 비해 체중이 감소하는 경향을 보였으나, 보리순 분말을 첨가한 당뇨대조군은 체중의 변화가 거의 없었다. 이는 손희경 등(2016)의 연구에서는 보통식이

를 실시한 반면, 본 연구에서는 고지방/고탄수화물식을 공급하여 이후 체중의 변화가 많은 것으로 생각된다. 대부분의 streptozotocin 유발 당뇨쥐의 경우 다소 차이는 있으나 전반적으로 체중이 감소하였다. 이는 STZ유발 당뇨군에서 식이효율이 감소이 감소하기 때문이다. 이에 본 연구 결과 보리숙면과 β -glucan을 각각 섭취하는 것보다 함께 섭취하는 것이 체중 변화량이 적어 당뇨병환자 체중관리에 더 효과적인 것으로 사료된다.

실험동물의 혈당변화에서는 모든 실험군에서 300 mg/dl 이상을 보여 당뇨가 유도된 것을 확인하고 각각 식이를 2주간 시행하였을 때 양성대조군(428 mg/dl), β -glucan대조군(414 mg/dl)에서는 혈당수치가 낮아지지 않은 반면, 보리면대조군(313 mg/dl), 보리면과 β -glucan 2.5 %(284 mg/dl), β -glucan 5 %(296 mg/dl)에서는 혈당수치가 유의하게 낮아졌다. 기존 연구에서도 보리는 혈당조절 기능을 가지는 것으로 유연석 등(2009)의 연구결과와 유사하였으며, 본 연구에서는 β -glucan의 함량에 따른 혈당조절 능력에서 농도에 따른 차이는 보이지 않

았다. 그러나 β -glucan을 이용한 혈당 강하 효과는 주로 β -glucan의 높은 점성이 장에서 당 흡수를 지연시키는 기전(Keogh 등, 2003; 황교순 등, 2008)으로 알려져 있어 투여기간을 늘려 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

경구당부하 검사결과 60분, 120분 후 혈당수치가 각각 양성대조군(573 mg/dl, 563 mg/dl)과 β -glucan대조군(553 mg/dl, 561 mg/dl)에서는 혈당조절능이 거의 나타나지 않았다. 반면 보리면대조군(431 mg/dl, 372 mg/dl)에서는 조절효과가 있었고, 보리면+ β -glucan 2.5 %군(424 mg/dl, 339 mg/dl), β -glucan 5 %군(434 mg/dl, 351 mg/dl)에서는 혈당조절 효과가 있다. 이는 이현서(2015)의 연구에서 보리와 함께 싹 채소 혼합 추출물에서 제 II형 당뇨병 마우스에서 조절능이 본 연구와 비슷한 양상을 보였다. 경구당부하 검사결과에서도 보리자체만으로도 혈당조절능이 있으나 β -glucan을 함께 식이 하였을 때 더 높은 효과를 보였다.

IFN- γ 농도에서는 보리 대조군과 β -glucan 대조군에서는 정상과 유사하거나 조금 더 많은 양의 사이토카인이 생산되었고, 보리면과 β -glucan을 함께 식이하는 경우 훨씬 더 강하게 IFN- γ 를 생산하였으며, 이는 β -glucan의 농도에 따라 농도 의존적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 당뇨병자들의 면역력 증진을 위해서는 보리면과 함께 β -glucan을 높은 농도로 섭취할 때 다양한 합병증을 예방할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 β -glucan의 농도는 2.5 %, 5 %로 한 것을 조금 더 다양하게 추가연구를 실시하여 적정 농도를 찾기를 제안한다.

간기능 분석 결과에서 AST와 ALT의 수치는 간세포에 다량으로 존재하는 효소로 간 손상지표로 활용되어지고 있다. 본 연구에서 당뇨 유발군에서는 AST와 ALT의 수치가 높았고, 보리면대조군에서는 감소하였으며, β -glucan 대조군에서는 AST는 거의 줄어들지 않았으나 ALT는 줄어들었다. 또한 보리와 β -glucan을 동시에 식이한 군에서는 유의한 수준의 AST와 ALT 수치의 개선이 나타났고, β -glucan의 농도에 따라 비례적으로 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이는 손희경 등(2016)의 연구에서 보리순 분말 첨가 당뇨군에서 당뇨대조군에 비해 감소하는 경향을 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

혈중 지방분석에서는 당뇨 유발에 의해 triglyceride와 cholesterol 모두 증가하였고, 보리의 식이에 의해 유의적으로 감소하였으며, β -glucan 단독식이 군에서도 triglyceride는 유의적으로 감소하였으나 cholesterol은 감소하지 않았다. 보리와 β -glucan을 같이 혼합식이한 군에서는 β -glucan만을 처리한 군보다 훨씬 더 강한 지질 강하 효과를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이는 여러 연구결과(Behall, 2004; Poppitt, 2007; Sharma, 2010)에서 보리의 섭취는 콜레스테롤과 중성지방 강하에 도움이 되는 것으로 나타나 본 연구결과와 유사하였으나, 유연석 등(2009)의 연구결과에서는 보리로 만든 빵과 밀가루로 만든 빵 섭취 후 측정 시 차이를 보이지 않아 본 연구와 차이를 보였다.

따라서 본 연구는 보리를 단독으로 섭취 시에도 혈당 강하효과가 있지만 β -glucan과 함께 섭취 시 혈당강하를 비롯하여 합병증 예방을 위한 면역력 증진에도 도움이 되며 지질대사에도 도움이 되는 것으로 나타났다.

본 연구는 기존의 보리 가루, 보리 순을 이용한 것이 아니라 보리를 익혀서 다시 가루로 만들고 이를 고지방/고 탄수화물 식이와 병행하였을 때 효능을 검증하였기에 특히 더 의미가 있으나, β -glucan의 적정농도를 찾고, 투여기간을 늘린 추가적인 실험이 진행되어야 할 것이다. 이를 기초로 하여 당뇨병을 예방하고 개선하기 위한 보리를 이용한 다양한 건강기능식품의 개발이 이루어져 보리섭취량의 증가와 다양한 섭취방법이 마련될 수 있기를 기대한다.

V. 결 론

보리숙면과 β -glucan을 함께 섭취하였을 때 혈당 조절능과 면역력 증진과의 관련성을 알아보기 위하여 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 보리숙면과 β -glucan을 단독식이군 보다 혼합식이군에서 혈당조절 효과가 높았으나, 농도에 따라서는 차이를 보이지 않았다. 또한 경구 당 부하검사에서도 보리면과 β -glucan을 함께 섭취한 경우 혈당 조절능이 높았고, 면역조절능 또한 높았으며, β -glucan의 농도가 높을수록 면역력은 증

진되었다. 그리고 보리면대조군과 β -glucan대조군을 각각 섭취한 경우에도 음성대조군과 유사한 효과가 있었다. 보리면과 β -glucan을 함께 섭취한 군에서 AST와 ALT수치의 개선이 나타났고, β -glucan의 농도에 비례적으로 감소하였다. triglyceride와 cholesterol은 보리면 섭취만으로도 감소가 되었으나 보리면과 β -glucan을 함께 섭취한 경우 지질강하 효과가 증가하였다. 따라서 기존 보리가 혈당조절효과가 있고, β -glucan이 면역력증진에 도움이 되는 것으로 보고되었으나 본 실험을 통하여 함께 섭취하는 경우 더 큰 효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 강병만, 심미옥, 김민석 등(2017). 지방분화가 유도된 3T3-L1 세포와 고지방식이로 유도된 마우스에서 보리순 물추출물의 항비만 효과. 한국약용작물학회지, 25(6), 367-374.
- 강스미, 송상훈(2016). 현미, 발아현미, 보리, 메밀의 주요 성분 및 건강 기능성. 산업식품공학, 20(3), 175-182.
- 김아라, 이명렬, 이재준(2012). 보리순 에탄올 추출물이 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 동물생명과학연구, 4, 15-22.
- 김정옥, 차재영, 허진선 등(2008). Streptozotocin-유발 당뇨쥐에 대한 클로렐라 열수 추출물의 혈당 강하 효과. 생명과학회지, 18(11), 1584-1591.
- 대한당뇨병학회(2017). Diabetes Fact Sheet in Korea 2016.
- 보건복지부(2016). 국민건강영양조사 제 6기 3차년도 (2015) 주요결과. 질병관리본부 질병예방센터 건강영양조사과.
- 손희경, 이유미, 박용현 등(2016). 보리순이 당뇨쥐의 혈당 조절에 미치는 효과. 한국지역사회생활과학회지, 27(1), 19-29.
- 송지영, 윤기주, 윤혜경 등(2001). 표고버섯과 보리에서 추출한 β -glucan이 Alloxan 유발 당뇨 마우스의 혈당 및 지질 성분에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 33(6), 802-807.
- 양은주, 조영숙, 최명숙 등(2009). 보리순이 고지방을 급여한 마우스의 지질 함량과 간조직의 지질대사 관련 효소활성에 미치는 영향. 한국영양학회지, 42(1), 14-22.
- 유연석, 이경식, 조경환 등(2009). 보리가 혈당 변화와 지질 대사에 미치는 단기영향. 대한가정의학회지, 30(10), 790-795.
- 이동진, 김현웅, 박상구 등(2007). 보리 유전자원 종실 추출액의 항산화 및 항암 활성. 한국국제농업개발학회지, 19(3), 186-190.
- 이현서(2015). 제2형 당뇨병 마우스 모델에서 싹 채소 추출물의 항당뇨 효과. 원광대학교 대학원, 박사학위 논문.
- 통계청(2017). 국민삶의질 지표. 기대수명, 건강수준별 기대여명. <https://qol.kostat.go.kr/blife/result-idx.do?oaYear=2011&idctId=201304908>
- 황교순, 노용균, 송홍지 등(2008). 성인에서의 베타글루칸의 혈당조절 효과: 메타분석. 대한가정의학회지, 29(7), 475-483.
- Angeli JP, Ribeiro LR, Angeli JL, et al (2009). Protective effects of β -glucan extracted from barley against benzo[a]pyrene-induced DNA damage in hepatic cell HepG2. Exp Toxicol Pathol, 61(1), 83-89.
- Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J(2004). Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. Am J Clin Nutr, 80(5), 1185-1193.
- Bourdon I, Yokoyama W, Davis P, et al(1999). Postprandial lipid, glucose, insulin, and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with beta-glucan. Am J Clin Nutr, 69(1), 55-63.
- Koji H, Rhyoji K, Mikio I(2006). Strain differences in the diabetogenic activity of streptozotocin in mice. Biol Pharm Bull, 29(6), 1110-1119.
- Keogh GF, Cooper GJ, Mulvey TB, et al(2003). Randomized crossover study of the effect of a highly beta-glucan enriched barley on CVD risk factors in mildly hypercholesterolemic men. Am J Clin Nutr, 78(4), 711-718.

- Kusmiati, Dhewantata FXR(2016). Cholesterol-lowering effect of beta glucan extracted from saccharomyces cerevisiae in rats. *Sci Pharm*, 84(1), 153-166.
- Li J, Wang J, Kaneko T, et al(2004). Effects of fiber intake on the blood pressure, lipids, and heart rate in Goto Kakizaki rats. *Nutrition*, 20(11-12), 1003-1007.
- Lovegrove JA, Clohessy A, Milon H, et al(2000). Modest doses of beta-glucan do not reduce concentrations of potentially atherogenic lipoproteins. *Am J Clin Nutr*, 72(1), 49-55.
- Poppitt SD, van Drunen JD, McGill AT, et al(2007). Supplementation of a high-carbohydrate breakfast with barley beta-glucan improves postprandial glycaemic response for meals but not beverages. *Asia Pac J Clin Nutr*, 16(1), 16-24.
- Reeves PG, Nielsen FH, Fahey 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.
- Sharma P, Gujral HS(2010). Antioxidant and polyphenol oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chem*, 120(3), 673-678.
- 한국보건사회연구원(2007).
<https://www.kihasa.re.kr/web/activity/research/view.do?menuId=38&bid=93&ano=292>