大韓本草學會誌 제29권 제3호(2014년 5월)
Kor. J. Herbology 2014 ; 29(3) : 59-70

ISSN 1229-1765(Print), ISSN 2288-7199(Online)
http://dx.doi.org/10.6116/kjh.2014.29.3.59.

당뇨 쥐에 대한 한약재복합추출물로 만든 현미율무밥의 혈당강하 효과

이현순[1#], 공현주[1], 이언희[2], 황수정[1], 정현아[1], 김미림[1], 최은미[3], 장정현[4], 양경미[1*]

1 : 대구한의대학교 한방식품조리영양학부, 2 : 영남대학교 대학원 식품영양학과,
3 : 경북대학교 대학원 식품영양학과, 4 : 부산동의과학대학교 미용계열

Hypoglycemic Effects of Boiled rice made from Unpolished rice, Job' tear, and Extract From Medicinal Herbs Mixture on Diabetic Rat

Hyeon-Sun Lee[1#], Hyun-Joo Kong[1], Eon-Hee Lee[2], Su-Jung Hwang[1], Hyeon-A Jung[1], Mi-Lim Kim[1], Eun-Mi Choi[3], Joung-Hyeon Jang[4], Kyung-Mi Yang[1*]

1 : Faculty of Herbal Food Cooking & Nutrition, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea
2 : Department of Food and Nutrition, Graduate School, Yeungnam University, Gyeongsan 721-749, Korea
3 : Department of Food Science and Nutrition, Graduate School, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
4 : Division of Cosmetology, Dong-Eui Institute of Technology, Busan, 614-715, Korea

ABSTRACT

Objectives : The purpose of this study was to evaluate boiled rice made from unpolished rice, Job's Tears, and extract from medicinal herbs mixture (HGMCJE) for hypoglycemic effect on STZ-induced diabetic rats.

Methods : In the response of glucose tolerance, control and diabetic rats groups was intubated with glucose and HGMCJE. Furthermore, boiled 100% polished rice (P rice), boiled unpolished rice mixed with white rice and Job's tears (polished rice:unpolished rice:Job's tears=60:25:15, UPJ-rice), and UPJ rice made from HGMCJE (HUPJ-rice) were intubated to control and diabetic rats groups, respectively. Then, blood glucose concentration, incremental blood glucose, and area under the curve (⊿AUC) were analyzed in every experimental groups, and these data were used to evaluate glycemic response.

Results : When glucose and p rice were intubated in control and diabetic rats, blood glucose concentration, incremental blood glucose, and incremental response ⊿AUC of diabetic groups were significantly increase than control groups. But administraion of a single dose of extract from medicinal herbs mixture and HUPJ-rice in control and diabetic rats inhibited the remarkable increase the level of postprandial blood and ⊿AUC at 60, 90, and 120 min

Conclusions : These results indicate that when intubation of glucose and P rice were out of control on postprandial glycemic response in diabetic rats. But postprandial glycemic response was well-modulated by administrating a single oral dose of HGMCJE and HUPJ-rice. Therefore, HGMCJE can be developed as an effective hypoglycemic agent.

Key words : Korean traditional herbal extracts, anti-diabetic, postprandial glycemic response

서 론

당뇨환자는 당질 섭취량 조절을 통한 식후 정상혈당 관리가 가장 중요하다[1)]. 당뇨환자의 식후 혈당관리 목적은 고혈당에 의한 증상을 개선하고 여러 가지 대사장애로부터 수반되는 급성 및 만성 합병증을 예방하는데 있다. 식이요법을 통한 식

*교신저자 : 양경미. 경북 경산시 어봉지길 285-10번지 대구한의대학교 한방식품조리영양학부
· Tel : 053-819-1490 · FAX : 053-819-1494 · E-mail : jiboosin@dhu.ac.kr
#제1저자 : 이현순. 경북 경산시 어봉지길 285-10번지 대구한의대학교 한방식품조리영양학부
· Tel : 053-819-1490 · FAX : 053-819-1494 · E-mail : dgt7789@naver.com
· 접수 : 2014년 4월 25일 · 수정 : 2014년 5월 22일 · 채택 : 2014년 5월 26일

후혈당 관리는 탄수화물, 단백질, 지방의 양에 근거한 식품교환표를 이용하고 있다[2]. 이들 3대 영양소 중 특히 당뇨병 환자에게는 탄수화물의 섭취량과 종류를 고려한 양적、질적 조절을 위해서는 혈당지수(glycemic index, GI)나 혈당부하지수(glycemic load, GL)가 중요하다[1]. Jenkins 등[3]에 의해 제안된 GI는 탄수화물의 질적평가로 기준이 되는 포도당 혹은 흰빵이나 백미밥에 대해 비교하는 특정 식품의 식후혈당의 반응정도를 나타내며, GL은 식이 중 탄수화물을 양적、질적으로 평가하기 위해 고안된 것이다. Pi-Sunyer FX[4]는 GI와 GL이 높은 식이를 섭취 할 경우 공복혈당과 당뇨병 발생을 증가시키는 것으로 보고하였다.

당뇨식이에 대한 연구로 GI가 낮은 식품이나 식단 및 식품의 GI와 관련된 특정성분 조사에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다[5-7]. 특히 곡류를 통한 탄수화물의 섭취량이 높은 우리나라 당뇨환자의 식이관리를 위하여 곡류에 대한 연구도 일부 이루어지고 있다[8]. 곡류 중에서 GI가 높은 백미에 비해서 비타민과 무기질, 식이섬유소 함량이 풍부한 현미, 흑미, 보리, 콩, 조, 기장, 옥수, 메밀 등을 이용한 잡곡밥의 혈당저하 효과에 대한 연구를 통하여 GI가 낮은 식이에 대한 중요성이 강조되고 있다[8]. 또한 Du 등[9]은 낮은 GI 식품이 인슐린 민감성과 지질대사를 개선시켜 만성질환을 예방하는데 효과적이라고 보고하였다. 그리고 혈당부하지수(glycemic load: GL)가 높은 식품의 만성적인 섭취가 제 2형 당뇨병이나 심장、순환기 질환 및 몇몇 암 발생 위험을 높이는 독립적인 인자로 알려지고 있다[10].

최근에는 당뇨 약물치료에 경구용 혈당강하제의 부작용이나 경제적인 이유로 인하여 한방기능성 소재를 이용한 당뇨예방 및 치료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 한의학에서 당뇨는 소갈(消渴)범주에 속하는데, 음진휴손(陰津虧損)으로 조열내생(燥熱內生)하는 것을 기본병기(病氣)로 청열(淸熱), 생진(生津), 지갈(止渴), 자음(滋陰) 등의 치법(治法)이 활용되고 있다[11]. 또한 방약중[12]은 습열치소(濕熱致消)라 하여 소갈(消渴)을 당뇨의 중요한 병인으로 보았으며, 서영보[13]는 소갈(消渴)에서 나타나는 음허조열(陰虛燥熱)와 기음휴허(氣陰虧虛)로 인한 어혈(瘀血)이 소갈(消渴)을 악화시킨다고 보고 어혈(瘀血)을 당뇨의 중요병인으로 보았다. 또한 한의학에서 당뇨는 주로 청열보음(淸熱補陰)과 청화생진(淸火生津)의 치법을 활용하였으며, 청열보음(淸熱補陰)과 청화생진(淸火生津)의 효능을 가진 한약재로는 황기, 구기자, 감초, 당귀, 천문동, 맥문동, 율무, 현미, 보리, 검정콩, 대두 등이 있다[14-19].

황기(黃耆, *Astragalus memvranaceus*)는 맛이 달며(甘), 기(氣)는 약간 따뜻하여, 소갈증에 진액의 생성을 촉진시키는데 쓰인다[15,16]. 구기자(拘杞子, *Lycii fructus*)는 맛은 달며(甘), 기는 평(平)하고, 자신보간명목(滋腎補肝明目)의 기능으로 간과 신장의 기능부족으로 음혈(陰血)이 모자랄때 음기(陰氣)를 보충하여 소갈증에 유효하며, 콜레스테롤의 강하와 항지방간 및 혈압과 혈당강하 작용이 있다[15,17]. 맥문동(Liriope platyphylla)은 맛은 달며(甘), 기는 평(平)하여 열을 제거시키며, 양음윤폐(養陰潤肺), 익위(益胃), 생진(生津), 청심제번(淸心除煩), 윤장(潤腸)의 효능이 있어 혀가 마르고 갈증이 나며, 입안이 건조하고 물을 많이 먹는 증상에 사용되었다[15]. 또한 약리적으로 항산화 작용과 관상동맥 혈류량의 촉진 및 면역증진 작용이 있고 혈당을 내려주어 당뇨에 유효하다는 임상보고가 있다[18].

천문동(*Asparagus cochinchinensis* Merr.)은 쓴맛으로 습(濕)을 없앨수 있고 기(氣)는 평탄하며, 윤폐강화(潤肺降火)와 자음윤조(滋陰潤燥)의 효능이 있어 음허(陰虛)로 인한 해수나 인후가 건조하고 갈증에 유효하다고 하였다[15,19]. 진피(陳皮, *Citrus reticulata*)는 맛은 맵고 쓰며 따뜻하여 기(氣)가 뭉친 것을 풀어주고 비위계의 기능을 강화시키고 항산화 활성이 높다[20,21]. 또한 곡류 중에서 의이인(意苡仁)인 율무(*Coix lacryma-jobi* L.)는 맛은 담백하며 성질은 서늘하여 수종, 각기, 비위허약으로 설사나 식욕부진 등에 쓰인다고 보고되었다[22]. 그리고 당뇨에 이용되는 대표적인 곡류로 현미는 백미에 비하여 지방, 무기질, 비타민, 식이섬유소 등의 영양소 함량이 높고 항산화 효과를 통하여 항당뇨와 항암효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다[23,24].

이에 본 연구에서는 여러 문헌의 보고나 한의학 영역에서 당뇨에 의한 갈증으로 인한 생진지갈(生津止渴)과 혈당저하 효능이 있는 한약재 중 식품의약품안전처에서 식품의 주재료로 및 부재료로 사용이 허가된 황기, 구기자, 맥문동, 천문동, 그리고 진피를 혼합하여 열수추출 한 한약재복합추출물 제조하였다. 그런 다음 이들 5가지 한약재복합추출물로 현미율무밥을 만들어 streptozotocin(STZ)으로 유도된 당뇨쥐에게 경구투여 한 다음 혈당조절 능력을 분석하여 향후 임상연구에서 한약재복합추출물이 GI와 GL에 미치는 영향에 대한 기반연구로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 한약재복합추출물 및 현미율무밥 제조

본 실험에서는 문헌 조사 결과 항당뇨 활성이 높은 한약재 중 비교적 사용빈도가 높은 황기(국내산, 충북 제천시), 구기자(국내산, 충남 청양군), 천문동(중국산), 맥문동(국내산, 충남 청양군), 진피(국내산, 제주시)를 사용하였으며, 이들 한약재는 대구 약령시 소재 진원당 약업사에서 구입한 다음 4 ℃ 냉장실에서 보관하면서 사용하였다. 한약재복합추출물(HGMCJE)은 황기 16 g, 구기자 8 g, 맥문동 20 g, 천문동 12 g, 그리고 진피 12 g을 정량 한 뒤 잘게 잘라서 혼합 한 다음 열수추출기(Himbatta DWG-66000, Daewong Co., Najusi, Jeonbuk)에 총 원료 중량의 5 L가 되는 물을 넣고 6시간 이상 80℃ 이상에서 열수추출하여 1L의 한약재복합추출물을 획득하였다. 그런 다음 일반음용수로 30분 정도 불린 100%의 백미로 만든 백미밥과 백미와 함께 12시간 정도 불린 현미와 율무(백미:현미:율무=60.0:25.0:15.0)로 만든 현미율무밥, 그리고 현미율무밥과 똑같은 비율의 곡류를 정량한 뒤 한약재복합추출물을 이용하여 만든 한약재현미율무밥을 실험에 이용하였다. 또한 위의 동일한 방법으로 획득한 한약재복합추출물을 감압 농축한 후 동결건조 하여 얻은 분말을 당내성실험에 사용하였다.

2. 성분 분석

1) 일반성분 분석

수분함량은 시료를 일정하게 취하여 Rao와 Labuza의 방법[25]에 따라 적외선 수분측정기(HA-300, Precisa Co., Flawil, Switzerland)를 이용하여 측정하였으며, 회분함량은 AOAC 방법[26]에 의거하여 직접회화법으로 시료 5 g을 580℃ 회화로에서 4시간 회화시킨 후 회화 전후의 도가니 함량차로서 조회분량을 산출하였다. 수용성 단백질 함량은 Lowry 등[27]의 방법에 따라 측정하였다.

2) 9대 영양성분 분석

9대 영양소 성분(열량, 단백질, 지방, 탄수화물, 나트륨, 콜레스테롤, 단순당, 트랜스 지방, 포화지방)을 분석하였다. 구체적인 방법으로 당류는 HPLC(Water Breeze system, USA), 나트륨은 ICP(Iris Intrepid II XSP, USA), 단백질은 조단백질 자동분석장치(Foss Kjeltec ™ 2300, Sweden), 지방은 Soxhlet 추출관 그리고 콜레스테롤, 트랜스 지방, 지방은 GC(Schimadzu 2010, Japan)를 이용하여 분석하였다. 이중에서 탄수화물 함량은 전체 수분, 회분, 지방, 단백질 함량을 제외한 값을 탄수화물 함량으로 계산하였다.

3) 탄수화물 분석

환원당 함량은 Somogi-Nelson 법[28]에 따라 측정하였다. 조섬유는 조섬유 추출기 (Gerhardt, Fibretherm, MN Germany)를 이용하여 시료 1g에 1.25% H_2SO_4 1.2L를 넣고 30분간 끓인 후 여과하였다. 예열된 증류수를 넣어 3회 세척 후 1.25% NaOH를 1.2L를 넣고 30분간 끓인 후 여과한다. 예열된 증류수를 넣어 3회 세척 후 105℃ 건조기에서 하루 정도 건조 후(W_1) 무게를 재고 다시 525℃ 회화로에서 3 시간 회화 후(W_2) 무게를재어 시료양 비로 계산하여 조섬유 함량을 구하였다.

$$\text{계산식} = (W_1 - W_2) / \text{sample(g)} * 100$$

총 전분의 함량은 9대 영양소 분석 결과 나온 탄수화물 함량에서 HPLC로 측정한 총 당류와 측정한 조섬유 값을 제한 값으로 산출하였다. 그리고 유용성 탄수화물(available carbohydrate)은 총 전분, 총 식이섬유, 그리고 총 당류 값을 이용하여 윤은경 등[29]이 제시한 아래 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{유용성 탄수화물(\%)} = (\text{총 전분} \times 1.1 - \text{총 식이섬유} \times 1.1 + \text{총 당류}) / 100\text{g}$$

3. 실험동물 사육 및 실험 식이

1) 실험동물 사육 및 당뇨 유도

평균 체중이 270-300 g이 된 8주령 된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(HyoChang Science, Daegu, Korea)를 구입하여 실험을 실시하였다. 한약재복합추출물 및 한약재복합추출물로 만든 현미율무밥의 당내성 실험에 이용한 실험군과 실험쥐의 개체수는 각각 6군당 6마씩으로 총 72마리 이였다. 사육실의 온도는 20±1℃, 습도는 50±10%로 유지시켰고 명암은 12시간(8:00~20:00) 주기의 환경 하에서 pellet형 고형사료(Jeil animal feed Co., Daejeon, Korea)로 1주간 적응 후 당뇨를 유발시켰다. 당뇨유발은 12시간 절식시킨 후 0.01 M citrate buffer(pH 4.5) 용액에 녹인 STZ를 40mg/kg body weight (B.W.) 복강주사로 주입시켜서 실시하였다. 48시간 후 꼬리정맥에서 혈액을 채혈하여 개인용 혈당측정기(Roche, Germany)를 사용하여 혈당수준이 300 mg/dl 이상인 개체를 선별하여 당뇨쥐로 사용하였다.

2) 한약재복합추출물과 한약재현미율무밥이 당내성에 미치는 영향 측정

(1) 혈당 측정 및 당내성 실험(oral glucose tolerance test, OGTT)

혈당 측정은 12시간 절식시킨 후 공복상태에서 꼬리정맥의 혈액을 채취하여 개인용 혈당측정기를 이용하여 이루어졌다. 한약재복합추출물을 이용한 포도당 1차 당내성 실험은 이수정 등[30]에 근거하여 실험동물을 12시간 절식시킨 후 혈당을 측정 한 다음 정상군(C군)과 당뇨군(D군)은 intubation tube를 사용하여 0.9% saline(3 ml/kg B.W.), 정상대조군(CG)과 당뇨대조군(DG군)은 50%의 포도당 용액(2 g/kg B.W.)을, 정상실험군(CGHE)과 당뇨실험군(DGHE)은 50%의 포도당 용액(2 g/kg B.W.)을 미리 투여한 뒤 10분 후에 동결건조하여 획득한 한약재복합추출물을 각각 200 mg/kg B.W.을 경구투여 하였다.

일반음용수로 만든 백미밥과 현미율무밥 및 한약재복합추출물로 만든 한약재현미율무밥에 대한 2차 당내성 실험군은 Table 1에서 제시하였으며, 각 실험군의 실험쥐는 12시간 절식 시킨 후 혈당을 측정 한 정상군(CWR군)과 당뇨군(DWR군)은 백미밥을, 각각의 대조군으로 현미율무밥(CBR군, DBR군)을 경구투여 하였다. 실험군으로는 한약재현미율무밥을 정상군(CBRH군)과 당뇨군(DBRH군)의 실험동물에게 각각 경구투여 하였다. 백미밥과 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥 각각 체중 kg 당 2 g의 유용성 탄수화물을 섭취 할 수 있도록 정량한 뒤 일반음용수로 각각 30% 농도로 맞추어 균질화시킨 다음 실험동물에게 경구투여 하였다. 그런 다음 1, 2차 당내성 실험 모두 30, 60, 90, 120분 후에 각각 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당을 측정하였다. 각 시점의 혈당농도와 혈당증가치를 구하였다.

Table 1. Experimental design

Groups[1]	Administration of STZ[2]	Rice	Boiled rice of materials
CWR	−	Polished rice	water
DWR	+	Polished rice	water
CBR	−	UPJ rice[3]	water
DBR	+	UPJ rice	water
CHBR	−	HUPJ rice	HGMCJE[4]
DHBR	+	HUPJ rice	HGMCJE

1) CWR : Intubation of polish rice made from water in the control rats
DWR : Intubation of polish rice made from water in the STZ-induced diabetic rats
CBR : Intubation of UPJ rice made from water in the control rats
DBR : Intubation of UPJ rice diet made from water in the STZ-induced diabetic rats
CHBR : Intubation of HUPJ rice made from HGMCJ in the control rats
DHBR : Intubation of HUPJ rice made from HGMCJ in the STZ-induced diabetic rats

2) STZ; streptozotocin 3) white rice: brown rice: Job's Tears (60:25:15) 4) HGMCJE : The combined extracts of Hwanggi, Gugija, Maekmundong, Cheonmumnong and Jinpi

(2) 혈당반응 면적 및 LAR과 RAR 산출

증가된 혈당반응 면적(incremental area under the curve, ⊿AUC)은 공복혈당을 기준으로 하여 120분 동안 상

승된 혈당 농도를 부등변사각형(frapezoidal rule) 법칙에 따라 Pruessner 등[31])이 방법으로 면적을 산출하였다.

또한 포도당 단독 경구투여에 대한 한약재복합추출물 투여효과, 그리고 백미밥 경구투여에 대한 현미율무밥 및 한약재현미율무밥 투여효과를 탄수화물의 소화와 흡수 형태로 비교분석하기 위하여 공복시부터 30분까지의 면적을 왼쪽면적, 30분 이후부터 120분까지의 면적을 오른쪽 면적으로 하였다. 그런 다음 포도당 및 백미밥 섭취 후의 왼쪽 면적에 대한 시료의 왼쪽면적의 비율인 왼쪽면적비(left area ratio, LAR)와 포도당 및 백미밥 섭취 후의 오른쪽 면적에 대한 시료의 오른쪽 면적의 비율인 오른쪽 면적비(right area ratio, RAR)를 구하였다[9)].

3. 통계처리

실험을 통하여 얻어진 결과들은 SPSS 21.0(statistical package for social science)를 이용하여 Duncan's multiple range test로 p〈0.05 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

결 과

1. 한약재복합추출물로 만든 한약재현미율무밥 영양성분 분석

1) 일반성분

백미밥에 대한 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 수분, 조회분, 환원당, 그리고 수용성단백질 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥의 수분함량은 각각 60.4±1.14, 54.9±0.54, 그리고 52.2±1.17%로 p〈0.05 수준에서 한약재현미율무밥의 수분함량이 가장 낮았다. 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥의 조회분 함량은 각각 0.17±0.04, 0.40±0.04, 그리고 0.42±0.03%으로 p〈0.05 수준에서 백미밥에 비해서 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 조회분 함량이 높았다. 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥의 수용성단백질 함량은 각각 3.11±0.10, 2.78±0.08, 2.65±0.05 mg/100g으로 백미밥에 비해서 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 수용성 단백질 함량이 p〈0.05 수준에서 유의적으로 낮았다.

Table 2. Moisture and crude ash contents in 3 test rice

Sample[1)]	Moisture(%)	Crude ash(%)	Water protein (mg/100g)
P rice	60.4±1.14[a]	0.17±0.04[b]	3.11±0.10[a]
UPJ rice	54.9±0.54[b]	0.40±0.04[a]	2.78±0.08[bc]
HUPJ rice	52.2±1.17[c]	0.42±0.03[a]	2.65±0.05[c]

1) P rice: polished rice made from water, UPJ rice: unpolished rice mixed with white rice and Job's Tears made from water, HUPJ rice: unpolished rice mixed with white rice and Job's Tears made from HGMCJE
2) All value are expressed as mean±SD of triplicate determinations
3) Different superscripts within the column are significantly different at p〈0.05 by Duncan's multiple range test.

2) 9대 영양성분

백미밥에 대한 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 건무게 100 g당 9대 영양소 성분에 대한 결과는 Table 3과 같다. 백미밥, 현미율무밥 그리고 한약재현미율무밥의 열량은 각각 146.15, 137.40, 그리고 152.58 kcal로 한약재현미율무밥의 열량이 가장 높았다. 단백질 함량은 백미밥 2.64 g, 현미율무밥이 2.73 g, 그리고 한약재현미율무밥이 2.42 g으로 한약재현미율무밥의 단백질 함량이 낮게 나타났다. 나트륨 함량은 백미밥은 2.81 mg, 현미율무밥과 한약재현미율무밥이 각각 3.56과 5.45 mg으로 나타났다. 모든 시료에서 콜레스테롤과 트랜스지방은 정량되지 않았으나, 100 g당 당 함량은 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥 각각 0.0, 0.23, 그리고 0.07 g으로 분석되었다. 포화지방 함량은 100 g당 백미밥 0.30, 현미율무밥 0.34, 그리고 한약재현미율무밥 0.21 g으로 나타났다.

Table 3. Nutrition analysis of 3 test rice

Sample[1)]	Energy (kcal/100g)	Protein (g/100g)	Fat (g/100g)	Sodium (mg/100g)	CHOL[2)] (mg/100g)	Sugar (g/100g)	Trans fat (g/100g)	SFA[3)] (g/100g)
P rice	146.15	2.64	0.10	2.81	0.0	0.0	0.0	0.30
UPJ rice	137.40	2.73	0.47	3.56	0.0	0.23	0.0	0.34
HUPJ rice	152.58	2.42	0.30	5.45	0.0	0.07	0.0	0.21

1) P rice: polished rice made from water, UPJ rice: unpolished rice mixed with white rice and Job's Tears and Job's Tears made from HGMCJE
2) CHOL: cholesterol 3) SFA: saturated fatty acid

3) 탄수화물 함량

백미밥에 대한 일반음용수로 만든 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 탄수화물 함량에 대한 결과는 Table 4와 같다. 탄수화물 함량은 백미밥이 33.2 g, 현미율무밥이 31.0 g, 그리고 한약재현미율무밥이 35.0 g으로 한약재현미율무밥의 탄수화물 함량이 조금 높게 나타났다. 백미밥, 현미율무밥 그리고 한약재현미율무밥의 건무게 100g 당 총 전분 함량은 각각 33.2±1.03, 31.0±0.48, 그리고 35.0±0.57 g으로 한약재현미율무밥의 총 전분 함량이 가장 높았다. 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥의 환원당 함량은 각각 25.6±1.02, 18.1±1.65, 그리고 15.1±1.60 mg /100g으로 모든 간에 p〈0.05 수준에서 유의적인 차이를 보였다. 조섬유소 함량은 건무게 100g 당 백미밥, 현미율무밥 그리고 한약재현미율무밥 각각 0.10±0.04, 0.47±0.01, 그리고 0.45±0.04 g으로 백미밥에 비해 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 조섬유소 함량이 높았다. 유용성 탄수화물 함량은 백미밥, 현미율무밥 그리고 한약재현미율무밥 각각 31.2±1.02, 30.5±0.41, 그리고 34.9± 0.46 g으로 한약재현미율무밥의 유용성 탄수화물 함량이 가장 높았다.

Table 4. Carbohydrate contents of 3 test rice

Sample[1)]	Total starch (g/100g dry wt)	Reduced sugar (mg/100g dry wet)	Total dietary fiber (g/100g dry wt)	Available carbohydrate (g/100g dry wt)
P rice	33.2±1.03[2)b3)]	25.6±1.02[a]	0.10±0.04[b]	31.2±1.02[b]
UPJ rice	31.0±0.48[c]	18.1±1.65[b]	0.47±0.01[a]	30.5±0.41[b]
HUPJ rice	35.0±0.57[a]	15.1±1.60c	0.45±0.04[a]	34.9±0.46[a]

1) P-rice: polished rice made from water, UPJ-rice: unpolished rice mixed with white rice and Job's Tears made from water, HUPJ-rice: unpolished rice mixed with white rice and Job's Tears made from HGMCJE
2) All value are expressed as mean±SD of triplicate determinations
3) Different superscripts within the column are significantly different at p〈0.05 by Duncan's multiple range test.

2. 한약재복합추출물이 당내성에 미치는 영향

1) 혈당농도

정상쥐와 STZ 유도 당뇨쥐에게 포도당 및 포도당을 경구

투여 한 후 한약재복합추출물을 차례로 경구투여 한 후 얻은 혈당농도 결과는 Fig. 1과 같다. 포도당을 투여하지 않은 정상군(C)과 당뇨군(D)의 최고혈당은 모두 30분대에 나타났으며, 0분대에서 120분대 시간대에서 정상군(C)은 100.8±4.65 mg/dL에서 102.2±4.82 mg/dL, 그리고 당뇨군(D)은 319.7±10.3 mg/dL에서 308.7±9.68 mg/dL의 범위의 혈당농도를 보였다. 그 반면에, 포도당을 경구투여 했을때 최고혈당은 정상군(CG)군은 30분대에 220.5±5.75 mg/dL를 보인 다음 120분대에는 136.5±6.43 mg/dL로 꾸준히 감소추세를 보였다. 그러나 당뇨군(DG)은 333.2±18.3 mg/dL에서 시작하여 120분대 최고혈당 519.2±18.0 mg/dL로 꾸준한 혈당증가를 보였으며, 모든 시간대에서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 정상쥐(CG)에 비해 당뇨쥐(DG)에서 현저한 혈당농도 증가를 보였다.

또한 포도당의 경구투여와 함께 한약재복합추출물을 투여한 정상군(CGHE)과 당뇨군(DGHE) 혈당 역시 모두 30분대에 최고혈당 농도를 보였다. 시간대별로는 0분대에는 각각 104.3±4.86과 315.5±14.5 mg/dL, 30분대에는 각각 151.3±5.36과 374.5±14.5 mg/dL, 60분대에는 각각 131.3±4.80과 372.5±13.8 mg/dL, 90분대에는 각각 123.3 ±4.88과 365.5±14.3 mg/dL, 그리고 120분대에는 각각 118.3±5.10와 354.5±16.1 mg/dL로 한약재복합추출물을 투여하더라도 정상쥐에 비해 당뇨쥐의 혈당은 $p<0.05$ 수준에서 현저히 높았다. 또한 포도당만 경구투여 한 당뇨군(DG)과 포도당을 경구투여 한 후 한약재복합추출물을 투여한 당뇨군(DGHE)의 혈당을 비교했을때 0분대에는 각각 333.2 ±18.3과 315.5±14.5 mg/dL, 그리고 30분대에는 각각 405.2±19.3과 374.5±14.5 mg/dL로 0분대와 30분대에서는 두군 사이에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 60분대에는 463.2±18.5와 372.5±13.8 mg/dL, 90분대에는 495.2±18.5와 365.5±14.3 mg/dL, 그리고 120분대에는 519.2±18.0과 354.5±16.1 mg/dL로 포도당의 경구투여로 증가된 당뇨쥐의 혈당은 한약재복합추출물의 투여로 60분대 이후부터는 $p<0.05$ 수준에서 꾸준한 감소를 보였다.

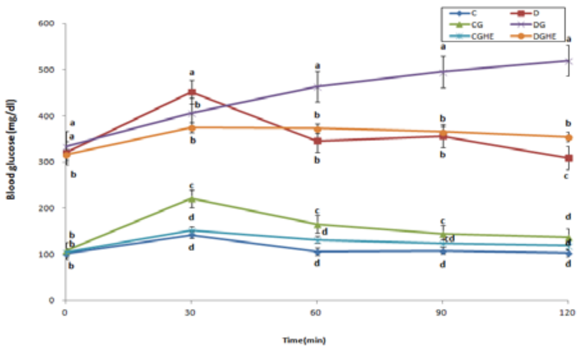

Fig. 1. Effect of the extract from medicinal herbs mixture on blood glucose concentration after consuming glucose in STZ-induced diabetic rats.
Values are mean±S.D.(N=6), C: control rats, D: STZ(45 mg/kg B.W.)-induced diabetic rats, CG: control rats+glucose(2 g/kg B.W.), DG: STZ(45 mg/kg B.W.)-induced diabetic rats+glucose(2 g/kg B.W.), CGHE: control rats+glucose(2 g/kg B.W.)+HGMCJE(200 mg/kg B.W.), DGHE: STZ(45 mg/kg B.W.)-induced diabetic rats+glucose(2 g/kg B.W.)+HGMCJE(200 mg/kg B.W.). Values with different letters are significantly by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

2) 혈당증가치

정상쥐와 STZ 유도 당뇨쥐에게 포도당 및 포도당을 경구투여 한 후 한약재복합추출물을 차례로 경구투여 반응에 대한 혈당증가치는 Table 5와 같다. 포도당을 투여하지 않은 정상군(C)과 당뇨군(D)의 혈당증가치는 모두 30분대에 비해서 60, 90, 120분대 현저한 감소를 보였으며, 정상군(C)에 비해서 당뇨군(D)의 혈당증가치는 30, 60, 90분대 모두 $p<0.05$ 수준에서 유의적인 증가치를 보였다. 그러나 포도당을 경구투여하였을 때 120분대까지의 혈당증가치는 정상군(CG)은 꾸준히 감소된 반면에, 당뇨군(DG)은 증가를 보였다. 혈당증가치를 시간대별로 분석 해 보면 30분에서는 각각 113.0±1.29와 74.0±3.27 mg/dL로 정상군(CG)에 비해서 당뇨군(DG)의 혈당증가치가 $p<0.05$ 수준에서 낮았다. 그러나 60분대 이후부터 120분대까지 정상군(CG)에 비해서 당뇨군(DG)의 혈당증가치가 $p<0.05$ 수준에서 높았으며, 30분대의 혈당증가치에 비해서 120분대의 혈당증가치는 정상군(CG)은 50.0%의 감소를, 당뇨군(DG)은 42.4%의 증가를 보였다.

그러나 정상쥐와 당뇨쥐에게 포도당을 경구투여 한 후 한약재복합추출물을 투여한 결과 혈당증가치는 120분대까지 꾸준히 감소되었으며, 모든 시간대에서 정상군(CGHE)의 혈당증가치에 비해 당뇨군(DGHE)에서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높았다. 또한 120분대에 정상군(CGHE)의 혈당증가치는 30분대의 70.2% 정도의 낮은 증가를 보인 반면에, 당뇨군(DGHE)의 혈당증가치는 33.9% 정도의 증가를 보였다. 그리고 포도당을 경구투여 한 당뇨군(DG)과 포도당을 경구투여 한 후 한약재복합추출물을 투여한 당뇨군(DGHE)의 혈당증가치를 비교했을때 30분대에서는 각각 74.0±3.27과 59.0±3.10 mg/dL, 60분대에서는 132.0±0.68과 57.0±1.81 mg/dL, 90분대에는 164.0±0.90과 50.0±3.65 mg/dL, 그리고 120분대에서는 188.0±3.83과 39.0±2.54mg/dL로 포도당을 경구투여 한 당뇨쥐에게 한약재복합추출물을 투여했을 때 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 혈당증가치가 감소 된 것으로 나타났다.

Table 5. Effect of the extract from medicinal herbs mixture on incremental blood glucose concentration after consuming glucose in STZ-induced diabetic rats.

Group[1]	30 min	60 min	90 min	120 min
C	41.0±4.54[2)e3)]	5.00±0.58[d]	7.00±0.82[e]	1.40±0.33[e]
D	132.0±4.88[a]	26.0±0.93[c]	36.0±1.73[c]	-11.0±1.39f
CG	113.0±1.29[b]	58.0±1.59[b]	37.0±1.48[c]	29.0±1.91[c]
DG	74.0±3.27[c]	132.0±0.68[a]	164.0±0.90[a]	188.0±3.83[a]
CGHE	47.0±1.88[e]	27.0±1.34[c]	19.0±0.68[d]	14.0±1.29[d]
DGHE	59.0±3.10[d]	57.0±1.81[b]	50.0±3.65[b]	39.0±2.54[b]

1) See the group lengend of Fig. 2
2) Values are means±S.D., N=6
3) Values with different alphabet within the column indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan' s multiple range test

3) 혈당반응 면적(⊿AUC)

정상쥐와 STZ 유도 당뇨쥐에게 포도당 경구투여 및 포도당을 경구투여 한 다음 한약재복합추출물을 차례로 경구투여 한 후 측정한 ⊿AUC값 대한 결과는 Table 6과 같다. 정상군(C)과 당뇨군(D)의 혈당반응면적값은 0분대에서 120분대 각 시간대별로 모두 꾸준히 증가하였으며, 이때 모든 시간대에서 $p<0.05$ 수준에서 정상군(C)에 비해서 당뇨군(D)의 ⊿AUC값은 유의적으로 증가되었다. 포도당을 경구투여 한 정상군(CG)과

당뇨군(DG)의 ⊿AUC값은 0-30min대에는 각각 1695.0±19.4와 1110.0±49.0로 p<0.05 수준에서 당뇨군(D)의 ⊿AUC값이 p<0.05 수준에서 유의적으로 감소된 반면에, 0-60분대에는 4260.0±44.2와 4200.0±107.8로 두 군 사이에 p<0.05 수준에서 유의적인 차이는 없었다. 그러나 정상군(CG)과 당뇨군(DG)의 ⊿AUC값은 0-90분대 각각 5685.0±80.0와 8640.0±128.2, 그리고 0-120분대에는 각각 6675.0±91.7와 13920.0±178.5로 p<0.05 수준에서 정상군(CG)에 비해서 당뇨군(DG)의 ⊿AUC값이 유의적으로 높았다.

또한 포도당을 경구투여 한 당뇨쥐(DG)와 포도당을 경구투여 한 후 한약재복합추출물을 투여한 당뇨쥐(DGHE)의 ⊿AUC값은 0-30분대에는 각각 1110.0±49.0과 885.0±46.6, 0-60분대에는 각각 4200.0±107.8과 2625.0±115.1, 0-90분대에는 각각 8640.0±128.1과 4230.0±183.5, 그리고 0-120분대에는 각각 13920.0±178.5와 5565.0±219.4로 포도당의 경구투여로 높아진 당뇨쥐의 ⊿AUC값은 p<0.05 수준에서 한약재복합추출물의 투여로 유의적으로 낮출수 있었다.

포도당을 섭취한 정상군(CG)의 LAR과 RAR의 값을 각각 1.0으로 기준을 두고 비교했을 때, 포도당을 섭취한 당뇨군(DG)의 LAR과 RAR의 값은 각각 0.65±0.07과 2.57±0.07로 정상군(CG)에 비해서 p<0.05 수준에서 유의적으로 당뇨군(DG)의 LAR은 낮은 반면에, RAR은 높았다. 또한 정상군(C)의 LAR과 RAR은 각각 0.36±0.09와 0.20±0.04, 그리고 당뇨군(D)은 각각 1.17±0.11와 0.74±0.03으로 나타났다. 포도당을 투여한 후 한약재복합추출물을 투여하였을 때 정상군(CGHE)의 LAR과 RAR값은 각각 0.42±0.04와 0.46±0.01, 그리고 당뇨군(DGHE)은 각각 0.52±0.07, 0.94±0.09로 LAR과 RAR값 모두 정상군(CGHE)에 비해서 p<0.05 수준에서 유의적으로 높았다. 그러나 이때 포도당 투여로 증가된 LAR과 RAR은 한약재복합추출물의 투여로 p<0.05 수준에서 유의적으로 낮출수 있었다.

Table 6. Effect of the extract from medicinal herbs mixture on area under the curve(⊿AUC) after consuming glucose in STZ-induced diabetic rats.

Group[1)]	0-30 min	0-60 min	0-90 min	0-120 min	LAR[4)]	RAR[5)]
C	615.0±68.1[2)]^{e}[3)]	1305.0±142.8^{d}	1485.0±148.7^{f}	1611.0±147.4^{e}	0.36±0.09^{e}	0.20±0.04^{e}
D	1980.0±73.2^{a}	4350.0±138.2^{a}	5280.0±124.5^{c}	5655.0±116.5^{c}	1.17±0.11^{a}	0.74±0.03^{c}
CG	1695.0±19.4^{b}	4260.0±44.2^{a}	5685.0±80.0^{b}	6675.0±91.7^{b}	1.00±0.03^{b}	1.00±0.04^{b}
DG	1110.0±49.0^{c}	4200.0±107.8^{a}	8640.0±128.2^{a}	13920.0±178.5^{a}	0.65±0.07c	2.57±0.07^{a}
CGHE	705.0±28.2^{e}	1815.0±40.4^{c}	2505.0±40.1^{e}	3000.0±32.2^{d}	0.42±0.04e	0.46±0.01^{d}
DGHE	885.0±46.6^{d}	2625.0±115.1^{b}	4230.0±183.5^{d}	5565.0±219.4^{c}	0.52±0.07^{d}	0.94±0.09^{b}

1) See the group lengend of Fig. 2
2) Values are means±S.D., N=6
3) Values with different alphabet within the column indicate significant difference at p<0.05 by Duncan' s multiple range test
4) Left area ratio : samples left area(0-30min)/glucose left area(0-30min)
5) Right area ratio : samples right area(30-60min)/glucose right area(30-60min)

3. 한약재복합추출물로 만든 현미율무밥이 당내성에 미치는 영향

1) 혈당농도

정상쥐와 STZ에 유도 당뇨쥐에게 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥을 경구투여 한 후 얻은 혈당농도 결과는 Fig. 2와 같다. 백미밥을 섭취한 정상군(CWR)과 당뇨군(DWR) 모두 60분대에서 최고혈당을 보였으나, 그 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 그리고 모든 시간대에서 정상군(CWR)에 비해서 당뇨군(DWR)에서 p<0.05 수준에서 유의적으로 높은 혈당농도를 보였다. 또한 현미율무밥을 섭취한 정상군(CBR)은 90분대, 그리고 당뇨군(DBR)은 60분대까지 꾸준한 증가를 보였다가 그 이후 감소하였다. 그리고 각 시간대별로 정상군(CBR)과 당뇨군(DBR)의 혈당농도를 비교해서 보면 0분대에는 각각 96.7±2.25와 344.8±39.4 mg/dL, 30분대에는 각각 127.7±2.80과 384.8±41.9 mg/dL, 60분대에는 140.7±7.50과 418.8±39.6 mg/dL, 90분대에는 155.7±6.68과 387.8±39.1 mg/dL, 그리고 120분대에는 142.7±9.07과 376.8±39.5 mg/dL로 모든 시간대에서 p<0.05 수준에서 정상군(CBR)에 비해서 당뇨군(DBR)의 혈당농도가 높았다.

또한 한약재현미율무밥을 섭취한 정상군(CHBR)과 당뇨군(DHBR)의 혈당농도는 각각 30분대와 60분대에 최고혈당 농도를 반면에, 그 이후부터 꾸준한 감소를 보였다. 이때 모든 시간대에서 정상군(CHBR)의 혈당농도에 비해 p<0.05 수준에서 당뇨군(DHBR)의 혈당농도가 높았다. 그러나 현미율무밥을 섭취한 당뇨군(DBR)과 한약재현미율무밥을 섭취한 당뇨군(DHBR)의 혈당농도를 비교했을때 모든 시간대에서 p<0.05 수준에서 한약재현미율무현미밥을 섭취한 군에서 혈당농도가 낮았다.

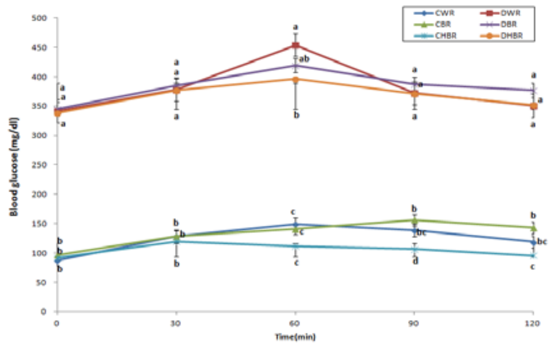

Fig. 2. Effect of the HUPJ rice on blood glucose concentration in STZ-induced diabetic rats.
Values are mean±S.D.(N=6). CWR: control rats+ P rice(2g/kg B.W.). DWR: STZ(45 mg/kg B.W.)-induced diabetic rats+ P rice(2g/kg .B.W.). CBR: control rats+UPJ rice(2g/kg B.W.). DBR: STZ(45 mg/kg B.W.)-induced diabetic rats+UPJ rice(2g/kg B.W.). CHBR: control rats+HUPJ rice(2g/kg B.W.). DHBR: STZ(45 mg/kg B.W.)-induced diabetic rats+HUPJ rice(2g/kg B.W.). Values with different letters are significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05)

2) 혈당증가치

정상쥐와 STZ 유도 당뇨쥐에게 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥을 경구투여 하여 시간별로 채혈하여 산출한 혈당증가치 결과는 Table 7과 같다. 백미밥을 경구투여한 정상군(CWR)과 당뇨군(DWR)의 혈당증가치는 60분대에서 최고혈당 증가치를 보인 다음, 그 이후에는 감소되었다. 이때 정상군(CWR)에 비해서 당뇨군(DWR)의 혈당증가치는 60분대에서 p<0.05 수준에서 유의적인 증가를 보였다. 현미율무밥을 섭취한 정상군(CBR)과 당뇨군(DBR)의 혈당증가치를 비교해서 보면 정상군(CBR)은 90분대까지 증가를 보였다가 120분대에는 다소 감소된 혈당증가치를 보였다. 그 반면에, 당뇨군(DBR)은 120분대까지 꾸준한 증가치를 보였다.

또한 한약재현미율무밥을 경구투여 한 정상군(CHBR)과 당뇨군(DHBR)의 혈당증가치를 비교 해 보면 정상군(CHBR)은 최고 혈당증가치를 보인 30분대 이후, 그 반면에, 당뇨군(DHBR)은 최고 혈당증가치를 보인 60분대 이후 둔화된 혈당증가치를 보였다. 정상군(CHBR)과 당뇨군(DHBR)의 모든 시간대에서 혈당증가치를 비교해서 보면 30분대에는 각각 28.0±2.83과 38.0±2.45 mg/dL, 60분대에서는 20.3±6.31과 57.0±2.53 mg/dL, 90분대에는 15.0±5.48과 32.0±7.46 mg/dL, 그리고 120분대에서는 4.00±1.41과 13.0±7.80 mg/dL로 정상군(CHBR)에 비해서 당뇨군(DHBR)에서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높은 혈당증가치를 보였다.

그러나 현미율무밥을 경구투여 한 당뇨군(DBR)과 한약재현미율무밥을 경구투여 한 당뇨군(DHBR)의 시간대별 혈당증가치는 30분대에서는 각각 40.0±5.55와 38.0±2.45 mg/dL로 두 군 사이에 유의적인 차이는 없었다. 그러나 60분대에서는 각가 74.0±1.41과 57.0±2.53 mg/dL, 90분대에서는 각각 43.0±0.93과 32.0±7.46 mg/dL, 그리고 120분대에서는 각각 32.0±2.19와 13.0±7.80 mg/dL로 현미율무밥을 섭취한 당뇨군(DBR)에 비해서 $p<0.05$ 수준에서 한약재현미율무밥을 섭취한 당뇨군(DHBR)에서 유의적인 감소를 보였다. 현미율무밥을 경구투여한 당뇨군(DBR)에 대한 한약재현미율무밥을 경구투여한 당뇨군(DHBR)군의 혈당증가치 감소 비율은 30분대에서는 5.06%, 60분대에는 23.0%, 90분대에는 25.6%, 그리고 120분대에는 50.4%의 감소를 보였다.

Table 7. Effect of the HUPJ rice on incremental blood glucose concentration in STZ-induced diabetic rats.

Group[1)]	30 min	60 min	90 min	120 min
CWR	41.0±2.45[2)a3)]	61.0±3.63[c]	51.0±1.67[b]	31.0±2.90[b]
DWR	36.0±2.61[b]	112.0±7.59[a]	30.0±6.72[d]	12.0±2.53[c]
CBR	31.0±2.28[c]	44.0±7.59[d]	59.0±6.29[a]	46.0±8.17[a]
DBR	40.0±5.55[ab]	74.0±1.41[b]	43.0±2.28[c]	32.0±2.19[b]
CHBR	28.0±2.83[c]	20.3±6.31[e]	15.0±5.48[e]	4.00±1.41[d]
DHBR	38.0±2.45[ab]	57.0±2.53[c]	32.0±7.46[d]	13.0±7.80[c]

1) See the group lengend of Table 1
2) Values are means±S.D., N=6
3) Values with different alphabet within the column indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan’ s multiple range test

3) 혈당반응 면적(ΔAUC)

정상쥐와 STZ 유도 당뇨쥐에게 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥을 각각 경구투여한 후 얻은 ΔAUC값에 대한 결과는 Table 8과 같다. 백미밥을 경구투여한 정상군(CWR)과 당뇨군(DWR)의 ΔAUC값은 0분대에서 120분대까지 각 시간대별로 모두 꾸준한 증가를 보였다. 이때 0-30분대에서의 ΔAUC값은 각각 615.0±36.7과 540.0±39.1로 $p<0.05$ 수준에서 정상군(CWR)에 비해서 당뇨군(DWR)의 유의적으로 ΔAUC값이 감소되었다. 그 반면에, 0-60분대에는 각각 2145.0±87.5와 2760.0±180.0, 0-90분대에는 3825.0±129.7과 4890.0±291.0, 그리고 0-120분대에는 5055.0±161.8과 5520.0±308.3으로 정상군(CWR)에 비해 당뇨군(DWR)의 ΔAUC값이 $p<0.05$ 수준에서 0-60분대에는 28.7%, 0-90분대에는 27.8%, 그리고 0-120분대에는 9.2%의 유의적인 증가를 보였다.

또한 현미율무밥을 경구투여한 정상군(CBR)과 당뇨군(DBR)의 시간대별 ΔAUC값은 두 군 모두 0분대에서 120분대 각 시간대별로 모두 증가추세를 보였으며, 정상군(CBR)에 비해서 당뇨군(DBR)의 ΔAUC값이 $p<0.05$ 수준에서 모든 시간대에서 유의적인 증가를 보였다. 또한 현미율무밥을 경구투여한 당뇨군(DBR)과 한약재현미율무밥을 경구투여한 당뇨군(DHBR)의 시간대별 ΔAUC값은 0-30분대에는 각각 600.0±83.3과 570.0±36.7, 0-60분대에는 2310.0±173.1과 1995.0±71.0, 0-90분대에는 4065.0 ±180.3과 3330.0±102.6, 그리고 0-120분대에는 5190.0±173.9와 4005.0±123.7로 나타났다. 따라서 모든 시간대에서 당뇨쥐에게 현미율무밥(DBR) 보다 한약재현미율무밥(DHBR)을 경구투여하였을 때 한약재복합추출물에 의해서 ΔAUC값이 $p<0.05$ 수준에서0-30분대에는 5.0%, 0-60분대에서 13.6%, 0-90분대에서 18.1%, 그리고 0-120 분대에서 22.8%의 유의적으로 감소되는 것으로 나타났다.

백미밥을 섭취한 정상군(CWR)의 LAR과 RAR의 값을 각각 1.0으로 기준을 두고 비교했을 때, 백미밥을 섭취한 당뇨군(DWR)은 각각 0.88±0.07과 1.12±0.06로 LAR 값은 유의적인 차이가 없었으나 RAR값이 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높았다. 또한 현미율무밥을 섭취한 정상군(CBR)의 LAR과 RAR은 각각 0.76±0.05와 0.96±0.05, 그리고 당뇨군(DBR)은 각각 0.98±0.14와 1.03±0.02로 나타났다. 한약재현미율무밥을 경구투여한 정상군(CHBR)의 LAR과 RAR값은 각각 0.68±0.07과 0.35±0.07, 그리고 당뇨군(DHBR)은 각각 0.93±0.06, 0.77±0.07로 LAR과 RAR값 모두 정상군(CHBR)에 비해서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높았다. 그러나 현미율무밥을 경구투여한 당뇨군(DBR)에 비해서 한약재현미율무밥을 경구투여 한 당뇨군(DHBR)의 LAR은 유의적인 차이가 없었으나, RAR은 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 낮출수 있었다.

Table 8. Effect of HUPJ rice on area under the curve(ΔAUC) in STZ-induced diabetic rats.

Group[1)]	0-30 min	0-60 min	0-90 min	0-120 min	LAR[4)]	RAR[5)]
CWR	615.0±36.7[2)a3)]	2145.0±87.5[c]	3825.0±129.7[b]	5055.0±161.8[b]	1.00±0.06[a]	1.00±0.04[bc]
DWR	540.0±39.1[b]	2760.0±180.0[a]	4890.0±291.0[a]	5520.0±308.3[a]	0.88±0.07[b]	1.12±0.06[a]
CBR	465.0±34.2[c]	1590.0±144.5[d]	3135.0±271.2[c]	4710.0±235.3[c]	0.76±0.05[c]	0.96±0.05[c]
DBR	600.0±83.3[ab]	2310.0±173.1[b]	4065.0±180.3[b]	5190.0±173.9[b]	0.98±0.14[a]	1.03±0.02[b]
CHBR	420.0±42.4[c]	1146.0±92.8[e]	1675.0±231.9[d]	1960.0±298.5[e]	0.68±0.07[c]	0.35±0.07[e]
DHBR	570.0±36.7[ab]	1995.0±71.0[c]	3330.0±102.6[c]	4005.0±302.9[d]	0.93±0.06[ab]	0.77±0.07[d]

1) See the group lengend of Table 1
2) Values are means±S.D., N=6
3) Values with different alphabet within the column indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test
4) Left area ratio : samples left area(0-30min)/white rice left area (0-30min)
5) Right area ratio : samples right area(30-60min)/white right area (30-60min)

고 찰

당질에 대한 대사성 만성질환인 당뇨병은 만성적으로 혈당조절이 되지 않는 경우 당뇨 합병증이 발생된다. 이에 당뇨치료 지침으로 탄수화물의 질적 및 양적관리를 위한 GI와 GL이 낮은 식품 뿐만 아니라 항당뇨 한약재를 활용한 식단에 대한 연구의 필요성이 높아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 SD계 수컷 흰쥐를 이용하여 항당뇨로 보고되고 있는 한약재로 황기,

구기자, 맥문동, 천문동, 그리고 진피을 섞어서 추출한 한약재 복합추출물과 한약재복합추출물로 만든 현미율무밥의 영양성분 분석과 혈당처리 능력을 조사하여 향후 임상연구에서 혈당조절을 위하여 GI 및 GL을 낮추기 위한 한약재복합추출물의 활용에 대한 근거 자료를 마련하고자 실시하였다.

한의학에서 당뇨병인 소갈(消渴)은 주요 증상에 따라 상소(上消), 중소(中消) 및 하소(下消)로 구분하였다. 상소는 심장과 폐의 장애로 체중감소와 다갈(多渴), 중소는 비위계의 장애로 다식(多食), 허기, 그리고 다한(多汗), 하소는 신장장애로 입이 마르고 다뇨(多尿)가 주요 증상으로 나타난다[32]. 근본적으로 삼소(三消)의 원인은 신장의 수분부족으로 인하여 생긴 화(火)로 보고 있다. 실험동물에서 당뇨는 포도당과 유사한 구조를 가진 STZ를 투여하였을 때, STZ가 췌장의 β-세포 안으로 유입되어 인슐린 분비능과 당수송 및 당대사에 관여하는 DNA를 알킬화시켜 β-세포의 손상 및 파괴가 유도 된 결과 인슐린의 분비가 억제되어서 혈당상승으로 유발된다[33].

본 실험에서도 포도당과 한약재복합추출물의 경구투여 유무에 관계없이 정상쥐에 비해 STZ 유도 당뇨쥐의 혈당농도와 혈당증가치, 그리고 ΔAUC값이 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 증가되었다. 그러므로 정상군에 비해서 당뇨군의 혈당처리 능력이 $P<0.05$ 수준에서 유의적으로 떨어지는 것을 관찰 할 수 있었다. 또한 포도당을 경구투여 하지 않은 정상군(C)과 당뇨군(D)에 비해서 포도당을 경구투여 한 정상군(CG)과 당뇨군(DG)군의 혈당농도와 혈당증가치, 그리고 ΔAUC값의 증가를 볼 수 있었다. 그러나 이때 포도당의 경구투여로 증가된 정상군(CG)과 당뇨군(DG)의 혈당농도, 혈당증가치, 그리고 ΔAUC값은 한약재복합추출물의 투여로 정상군(CGHE)와 당뇨군(DGHE)의 120분대 식후 혈당농도는 각각 13.3와 26.2%, 혈당증가치는 각각 51.7과 79.3%, 그리고 ΔAUC값은 각각 55.1과 60.0% 낮출수 있었다. 따라서 정상군과 당뇨군 모두에서 한약재복합추출물의 혈당강하 효과를 관찰 할 수 있었다.

한약재 중 황기는 한의학과 약리실험에서 이뇨, 면역, 항종양, 그리고 혈압강하 작용 등이 있으며, 임지민 등[34]과 정혜실 등[17]은 황기의 항산화 작용과 혈당강하 효과를 밝혔다. 또한 임정교 등[19]과 이예경 등[35]은 맥문동 물추출물의 경구투여나 맥문동 물추출물을 분말형태로 5%와 10%를 첨가하여 만든 식이를 STZ 유도 당뇨쥐에게 섭취시켜을 때 당뇨로 높아진 혈당농도와 지방축적 억제 및 인슐린 저항성을 낮추어 주는 효과가 있다고 밝혔다. 또한 박금주 등[33]은 STZ 유도 당뇨쥐에게 나타난 혈당상승이 전호, 구기자, 사삼 복합물을 체중 kg 당 250 mg과 500 mg을 투여하였을 때, 1회 투여보다 4주간의 장기투여와 단독투여보다 복합추출물을 투여했을 때 더 큰 혈당강하 효과를 얻었다고 하였다. 이외에도 박성혜와 김규열[36]은 상엽, 지황, 산약, 구기자 및 황기 등 5가지 복합추출물을 STZ 유도 당뇨쥐에게 12주 동안 하루에 체중 kg 당 150 mg, 300 mg, 그리고 600 mg을 경구투여한 결과 모든 군에서 혈당저하 효과가 있었으며, 이때 600 mg 투여군 보다는 150 mg 투여군에서 더 좋은 효과를 보였다고 밝혔다. 위의 연구자들은[33,36]은 이들 한약재의 혈당강하 효과는 추출물 내 존재하는 myo-inositiol이나 quercetin 등 다양한 생리활성 성분들이 포도당에 대한 인슐린의 감수성을 증가시키거나 손상된 췌장의 베타세포 기능을 신속하게 회복시켜서 나타난 결과라고 설명하였다.

한약재 이외에 특정 탄수화물 식품이나 영양소 및 생리활성물질이 혈당강하에 큰 영향을 미치는 것으로 밝혀지고 있다. 탄수화물 중 우리나라 주식으로 가장 큰 비중을 차지하고 있는 곡류 중 보리, 현미, 율무 통곡밀 등은 백미보다 식이섬유나 미량영양소의 함량이 풍부하여 항당뇨 효과와 영양적 가치가 있다고 보고되고 있다. 남문석 등[37]은 한의학에서 현미는 자양강장제, 이뇨제, 건위제, 진통제, 소염제 및 폐결핵, 관절통 등에도 효과가 있다[24,25]. 또한 율무는 다른 곡류에 비하여 고단백, 고지방의 곡류로 전분의 대부분이 amylopectin으로 되어 있으며 섬유소 뿐만 아니라 Ca, Fe, 비타민 B_1, 비타민 B_2 등이 풍부하게 함유되어 있어 건강식품으로 각광을 받고 있다[37]. 효능에서는 혈청 콜레스테롤과 중성지방 함량은 저하시키고 HDL-콜레스테롤 함량은 증가시켜 체내 지질대사와 혈당조절에 긍정적인 작용을 하고 있다[38-40].

일상적으로 섭취하는 대표적인 탄수화물 식품인 밥에 있어서도 백미밥에 비해 보리, 현미, 율무, 메밀, 통곡밀, 두류 등을 함유한 잡곡밥들은 GI 지수가 낮으며, 이런 식품들은 포도당과 지질대사에 관여하여 혈당 농도와 공복감 조절을 통하여 효과적으로 체내 혈중 중성지질 감소 유도와 인슐린 민감성을 향상시킨다고 보고되었다[2,8,41-43]. 이를 근거로 본 연구에서도 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥을 제조하여 영양성분 분석과 정상쥐와 당뇨쥐의 혈당조절에 미치는 영향을 분석하였다. 이들 밥의 영양성분을 분석한 결과 현미율무밥과 한약재현미율무밥은 백미밥에 비해서 수분, 환원당, 그리고 수용성 단백질 함량은 낮은 대신에 조회분 함량은 높은 것으로 나타났다. 9대 영양소 성분에서는 한약재현미율무밥의 열량, 탄수화물 및 나트륨의 함량이 백미밥과 현미율무밥에 비해서 높은 것으로 나타났다. 혈당조절에 영향을 미치는 총 전분과 유용성 탄수화물 함량은 한약재현미율무밥이 백미밥과 현미율무밥에 비해서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높았다. 또한 식이섬유소 함량은 백미밥에 비해서 3배 이상 높았으나 현미율무밥과 비슷한 함량을 보였다.

또한 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥을 정상쥐와 당뇨쥐에게 경구투여 한 후 혈당처리 능력을 분석한 결과 정상쥐(CWR, CBR, CHBR)에 비해서 당뇨쥐(DWR, DBR, DHBR)의 혈당농도, 혈당증가치, 그리고 ΔAUC값이 모든 시간대에서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높았다. 그러나 정상쥐와 당뇨쥐 모두 백미밥에 비해서 현미율무밥을 경구투여하였을 때 정상군과 당뇨군 모두 60분대에서만 혈당증가치에서 $p<0.05$ 수준에서 유의적인 감소를 보였다. 혈당반응 면적인 ΔAUC값에서는 정상군과 당뇨군 모두 백미밥에 비해 현미율무밥을 경구투여하였을때, 0-120분대에서 $p<0.05$ 유의적으로 감소되었다. 따라서 백미밥에 비해 현미율무밥이 식후혈당이 낮아지는 것을 관찰 할 수 있었다. Roberts[44]의 연구에서 GI가 높은 음식과 낮은 음식의 혈당반응 곡선에서 GI가 높은 식품을 섭취하면 섭취 후 2시간 이내에 혈당곡선의 높은 정점을 보이고, 2시간 동안 혈당 반응곡선에 의해 만들어지는 혈당반응 면적이 넓다. 그 반면에 GI가 낮은 음식을 섭취하면 혈당곡선의 정점이 낮고, 2시간 동안의 혈당반응 곡선에 의한 혈당반응 면적도 적었다. 이런 이유로 Haber 등[45]은 GI가 낮은 식품이 높은 식품에 비해 식사하는 도중에 포만감을 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구에서도 백미밥에 비해 현미율무밥의 혈당반응 면적이 낮아 백미밥 보다는 현미와

율무가 첨가된 잡곡밥이 식후혈당을 낮출수 있으며, 백미밥에 비해서 현미율무밥의 GI는 낮을 것으로 여겨진다.

그러나 이정선 등[40]은 대학생을 대상으로 한 임상실험에서 포도당 50 g을 섭취하였을 때 혈당농도를 기준으로 GI를 100으로 했을 때 백미 91.8, 보리 62, 메밀 67, 메조 91, 현미찹쌀 94, 현미멥쌀 98, 율무 98, 찹쌀 120, 차조 109, 차수수 114% 로 백미에 비해서 현미멥쌀의 GI가 더 높은 것으로 나타났다. 또한 이지수[9]는 현미찹쌀군, 현미멥쌀군, 그리고 율무군의 GI가 각각 86, 90, 90.6%로 백미인 멥쌀군 92% 보다는 다소 적은 것으로 나타났으며 유의적인 차이는 없었다고 밝혔다. 또한 O'Dea 등[46]에 의하면 현미와 백미의 혈당반응에는 유의적인 차이가 없다고 보고하였으나, 송수진 등[47]이 국내외 자료를 수합하여 정리한 한국인 상용식품의 혈당추정치에는 보리 48, 현미 62, 백미 76, 율무 48 등으로 제시되어 GI의 실제 실험치와 추정치 간에는 다소 차이가 있었다. 따라서 향후 한국인의 섭취량이 높은 탄수화물 급원식품인 곡류에 대한 GI에 대한 연구에 대한 다각적인 검토가 필요하다고 여겨진다.

당뇨환자의 식후 고혈당 상태가 지속되어 혈중 지질농도가 높으면 ROS(reactive oxygen species)의 증가로 췌장의 β-세포가 파괴되어 췌장 손상이 심해질수 있다[48]. 반면에, 한약재나 특정식품에 함유되어 있는 항산화 작용을 하는 생리활성 물질들은 췌장의 β-세포에 인슐린/insulin-like factor I(IGF-I)의 신호전달이 형성시켜서 β-세포의 증식을 유도하고 사멸은 감소를 시키게 된다. 그 결과 췌장의 β-세포수 증가를 통해 장기적인 혈당강하 효과를 발휘할 수 있을 것이라고 Hennige 등[49]은 언급했다. 한약재를 첨가한 다양한 식품개발과 이를 활용한 혈당조절에 대한 연구로는 맥문동 물 추출물 10%을 함유하는 건조 바게트 빵을 20% 함유하는 식이로 6주간 사육한 후 STZ로 당뇨를 유발한 다음 동일한 식이로 1주일간 사육한 결과 당뇨에 의한 다식현상이 감소되고 식이효율이 증가되는 경향을 보였다. 또한 혈당농도는 당뇨대조군에서는 245.6 mg/dL로 대조군의 118.9 mg/dL 보다 2배 이상 높은 수치를 나타내었으나, 맥문동 물 추출물을 함유한 바게트 빵 식이를 섭취한 군에서는 148.4 mg/dL의 유의적인 감소를 보였다고 밝혔다[35].

또한 이영택[50]은 상엽을 포함한 10가지 생약재를 물 추출 추출액과 현미와 보리가루를 첨가시켜서 만든 당뇨쌀을 당뇨환자에게 하루 3끼 각각 100 g 씩 2주간 공급시킨 결과 당뇨쌀을 첨가한 식이를 섭취한 당뇨환자의 2주간의 평균혈당이 일반식이를 섭취한 환자에 비해 저하되었으며, 이는 생약재추출물과 보리 및 현미가 첨가된 당뇨쌀이 당뇨환자의 혈당조절에 효과적이라는 것을 보여주었다.

본 연구에서도 정상쥐(CHBR) 뿐만 아니라 당뇨쥐(DHBR)에게 한약재복합추출물로 만든 한약재현미율무밥을 경구투여하였을 때 일반음용수로 만든 현미율무밥(CBR, DBR)에 비해 30, 60, 90, 120분대 모두 정상쥐와 당뇨쥐의 혈당농도, 혈당증가치, 그리고 ΔAUC값이 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 낮았다. 특히 한약재현미율무밥을 섭취한 당뇨쥐(DHBR)의 ΔAUC값이 정상쥐(CHBR)의 120분대 ΔAUC값 보다 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 낮은 값을 보였다. 또한 ΔAUC값이 백미밥> 현미율무밥> 한약재현미율무밥의 순으로 나타나 백미 보다는 현미와 율무가, 그리고 한약재복합추출물이 혈당을 낮출수 있는 것으로 나타났다. 그러나 현미와 율무 그리고 한약재복합추출물이 혈당저하 기전과 탄수화물의 양과 질에 의해서 조절되는 GI와 GL에 단일한약재나 복합한약재 추출물들이 어떠한 기전을 통하여 혈당저하에 관여하는 지에 대해서는 좀 다각적인 연구가 필요할 것으로 보여진다. 또한 GI와 GL이 탄수화물의 량과 성분에 의해서 결정되지만 생리활성조절 물질에 의해서도 혈당농도와 혈당반응 면적이 조절됨에 따라서 GI와 GL 지수에 미치는 생리활성물질이나 이를 함유하고 있는 한약재의 역할에 대해서도 많은 연구가 필요하다고 본다.

ΔAUC값 중에서 LAR은 주로 혈당상승기, RAR은 혈당감소기에 해당하는 면적으로 정상인은 기준으로 측정한 ΔAUC값 중 전반부인 LAR은 주로 공장과 회장에서 포도당이 흡수되는 부분이며, 후반부인 RAR은 조직세포의 당의 유입이 이루어지는 부분일 것으로 보는 의견이 있다[9]. 본 연구에서 포도당을 경구투여 한 정상군(CG)군의 LAR과 RAR을 기준으로 보았을 때 한약재복합추출물의 투여로 정상군(CGHE)에서는 LAR과 RAR를, 그리고 당뇨군에서는 LAR의 혈당상승기를 완만하게 조절 할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 백미밥을 경구투여한 정상군(CWR)의 LAR과 RAR을 기준으로 보았을 때 한약재현미율무밥을 경구투여 한 정상군(CHBR)에서는 LAR과 RAR를, 그리고 당뇨군(DHBR)에서는 RAR의 혈당감소기를 완만하게 조절 할 수 있는 것으로 나타났다.

이지수[9]는 LAR과 RAR은 모두 GI와 유의적인 상관관계를 보였으며, 이중에서 RAR의 상관관계가 더 밀접한 것으로 보고하면서, 곡류의 GI는 혈당상승기 면적 보다는 혈당감소기 면적과 더 밀접한 관련이 있다고 하였다. 곡류 중에서 GI가 가장 낮은 것은 보리인데, LAR과 RAR도 가장 낮아서 혈당상승기 면적 및 혈당감소기 면적이 모두 낮은 것으로 보고되었다. 따라서 보리군의 혈당상승 및 혈당감소도 완만하게 나타내어 전형적인 당뇨식이인 것으로 밝혀졌다. 또한 멥쌀군과 현미군의 LAR 및 RAR을 비교 해 보면 현미군의 LAR과 RAR이 멥쌀군보다 더 낮게 나타나서 현미가 백미에 비해 혈당상승과 혈당감소가 더 완만하게 나타나는 것으로 보고하였다[9].

이상의 결과로 정상쥐와 당뇨쥐에게 포도당과 백미밥의 경구투여로 높아진 혈당농도, 혈당증가치 그리고 혈당반응면적값은 한약재복합추출물의 투여와 이 추출물로 만든 한약재현미율무밥의 투여로 혈당조절 능력이 유의하게 개선시키는 것으로 나타났다.

결 론

Streptozotocin으로 유도된 당뇨쥐에게 황기, 구기자, 천문동, 맥문동, 진피로 구성한 한약재복합추출물의 투여 및 한약재복합추출물로 만든 현미율무밥을 투여 했을 때 혈당처리 능력에 대한 결과로 다음과 같은 효과를 얻었다.

1. 백미밥, 현미율무밥, 그리고 한약재현미율무밥에 대한 영양소 분석을 했을 때, 백미밥에 비해서 현미율무밥과 한약재현미율무밥의 수분, 환원당, 그리고 수용성 단백질 함량은 낮은 대신에 열량, 탄수화물, 지방, 나트륨, 총 전분, 유용성탄수화물 및 조회분 함량은 높은 것으

로 분석되었다.

2. 포도당 내성 실험에서 포도당을 경구투여 한 CG과 DG군 모두 혈당농도, 혈당농도 증가치, 그리고 혈당반응면적이 증가하였다. 이때 정상군인 CG군에 비해서 당뇨군인 DG군에서 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 높았다.

3. 포도당과 함께 한약재복합추출물을 투여한 CGHE군과 DGHE군의 혈당농도, 혈당농도 증가치, 그리고 혈당반응면적은 포도당만 투여한 대조군인 CG군과 DG군에 비해서 혈당농도, 혈당농도 증가치, 그리고 혈당반응면적이 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 감소되었다.

4. 현미율무밥을 경구투여한 CBR군과 DBR군의 혈당농도, 혈당농도 증가치, 그리고 혈당반응면적은 백미밥을 경구투여 한 CWR군과 DWR군에 비해 $p<0.05$ 수준에서 유의적으로 감소되었다.

5. 한약재현미율무밥을 경구투여한 CHBR군과 DHBR군의 혈당농도, 혈당농도 증가치, 그리고 혈당반응면적은 현미율무밥의 경구투여 한 CBR군과 DBR군에 비해서 $p<0.05$ 수준에서 유의적인 감소를 보였다. 특히 당뇨군에서 DBR군에 비해서 DHBR군의 식후 120분 혈당농도와 혈당반응면적이 $p<0.05$ 수준에서 유의하게 감소되었다.

6. 포도당을 경구투여한 정상군 CG군과 백미밥을 경구투여 한 CWR군의 LAR과 RAR을 기준으로 보았을 때 정상군에서는 한약재복합추출물과 한약재현미율무밥의 투여로 LAR과 RAR를, 그리고 당뇨군에서는 한약재복합추출물의 투여로 LAR의 혈당증가기를, 한약재현미율무밥의 투여로 RAR의 혈당감소기를 완만하게 조절 할 수 있는 것으로 나타났다.

따라서 포도당과 백미밥의 경구투여로 정상쥐에 비해서 당뇨쥐에서 식후 혈당처리 능력이 현저히 떨어졌으며, 이때 한약재복합추출물의 투여나 일반음용수로 만든 현미율무밥 보다 한약재복합추출물로 만든 한약재현미율무밥을 섭취하였을 때 식후 혈당조절에 더욱 더 도움이 되는 것으로 나타났다. 따라서 향후 임상실험에서 한약재복합추출물이 식품의 GI와 GL에 미치는 영향에 대한 기반자료로 활용하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 2012산학연 공동기술개발사업(C0016824)에 의해 이루어진 것입니다.

References

1. Kim IJ. Glycemic index. Korean Diabetes J. 2009 ; 33(4) : 261-6.
2. Wolever TMS, Jenkins DJA, Collier GR, Lee R, Wong, GS, Josse RG. Metabolic response to test meals containing different carbohydrate foods: 1. relationship between rate of digestion and plasma insulin response. Nutr Res. 1988 ; 8(6) : 573-81.
3. Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. Starchy foods and glycemic index. Diabetes Care. 1988 ; 11(2) : 149-59.
4. Pi-Sunyer FX. Glycemic index and disease. Am J Clin Nutr. 2002 ; 76(suppl) : 290S-8S.
5. Bornet FR, Fontvieille AM, Rizkalla S, Colonna P, Blayo A, Mercier C, Slama G. Insulin and glycemic responses in healthy humans to native starches processed in different ways: Correlation with *in vitro* α-amylose hydrolysis. Am J Clin Nutr. 1989 ; 50(2) : 315-23.
6. Brand JC, Colagiuri S, crossman FS, Allen CA, Robert DCK, truswell AS. Low-glycemic index foods improve long-term glycemic control in NIDDM. Diabetes Care. 1991 ; 14(2) : 95-101.
7. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values:2002. Am J Clin Nutr. 2012 ; 76(1) : 5-56.
8. Lee JS. Studies on in vitro starch hydrolysis and glycemic index of Korean cereals and legumes. Graduate School of Hanyang University. 1996.
9. Du H, van der A DL, van Bakel MM, van der Kallen CJ, Blaak EE, van Greevenbroek MM, Jansen EH, Nijpels G, Stehouwer CD, Dekker JM, Feskens EJ. Glycemic index and glycemic load in relation to food and nutrient intake and metabolic risk factors in a Dutch population. Am J Clin Nutr. 2008 ; 87(3) : 655-61.
10. Riccardi G, Rivellese AA, Giacco R. Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabeties, and in diabetes. Am J Clin Nutr. 2008 ; 87(1) : 269S-74S.
11. Park ST, Jeong JC. Effects of Cheonghyul-san on blood glucose, hyperlipidemia, polyol pathway and reactive oxygen species in ob/ob mice. Korean J Orient physiol Pathol. 2008 ; 22(2) : 350-6.
12. Fang YJ. Practical China Medical Internal Medicine, Shanghai : Shanghai Science and Technology Publishing. 1986 : 477.
13. Xu YP. China Medical treatment of Endocrine metabolic diseases. Zhejiang : Zhejiang Science and Technology Publishing. 1992 : 239-43.
14. Choi JS, chang SK, Cho CS, Kim CJ, Han DU. Effect of Sopyung-tang extract on blood glucose & antioxidant enzyme activites of streptozotocin -induced diabetic rats. Korean J Orient Int Med. 2008 ; 29(1) : 90-103.

15. Ahn DK. Illustrated Book of Korean Medicinal Herbs. 7th rev. Korea : Kyo-Hak Publishing Co. 1998 : 702-945.
16. Jung HS, Lee EJ, Lee JH, Kim JS, Kang SS. Phytochemical studies on Astragalus root (3)-Triterpenoids and sterols. Korean J Pharmacogn. 2008 ; 39(3) : 186-93.
17. Hwang EY, hong JH, Choi JH, Lee EJ, Lee IS. Study on anti-obesity and hypoglycemic effects of Lycium chinense Mill extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009 ; 38(11) : 1528-34.
18. Im JG, Kang MS, Park IK, Kim SD. Dietary effect of Liriopis tuber water extracts on the level of blood glucose and serum cholesterol in streptozotocin-induced diabetic rat. J East Asian Soc Dietary Life. 2005 ; 15(1) : 20-8.
19. Ahn DK. Shinnongbonchokyung. 1st rev. Korea : Esdang. 2012 : 61-4.
20. Jung ED. The Effects of Citri Unshii Pericarpium and its constituents on the stomach antrum and the hyperlipidemia. Graduate School of KyungHee University. 2007.
21. Hyon JS, Kang SM, Senevirathne M, Koh WJ, Yang TS, Oh MC, Oh CK, Jeon YJ, Kim SH. Antioxidative Activities of Dried and Fresh Citrus Peels in Jeju. Korean J Food Cookery Sci. 2010 ; 26(1) : 88-94.
22. Kim JD. Literature on the quality and effect of Job' s Tears (Coix lachryma -jobi L. var. mayuen S.). Korea Agric Hist Assoc. 2012 ; 11(1) : 89-122.
23. Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, Kim YG. Changes in quality properties of brown rice after germination. Korean J Food Sci Technol. 2012 ; 44(3) : 300-5.
24. Cho EK, Jung KI, Choi YJ. anti-inflammatory and antidiabetic effects of brown rice (Oryza saliva L.) extracts. J Life Sci. 2012 ; 22(1) : 126-31.
25. Rao Q, Labuza TP. Effect of moisture content on selected physiochemical properties of two commercial hen egg white powders. Food Chemistry. 2012 ; 132(1) : 373-4.
26. AOAC. Official methods of analysis. 15th rev. Washington DC : Association of Analytical Chemists. 1984 : 210-9.
27. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randal RJ. Protein measurement with folinphenol reagent. J Biol Chem. 1951 ; 193(1) : 265-75.
28. Nelson N. A photometric adoption of the somogyi method for determination of glucose. J Biol Chem. 1944 ; 153(2) : 375-81.
29. Yun EK, Heo YR, Lim HS. Effects of Sasa Borealis Leaf Extract on the Glucose Tolerance of Major Foods for Carbohydrate. Korean J Nutr. 2010 ; 43(3) : 215-23.
30. Lee SJ, Shin JH, Ju JC, Kang SK, Sung NJ. Hypoglycemic and Hypolipidemic Effects of Orostachys japonicus with Medicinal Herbs in Streptozotocin- Induced Diabetic Rats. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013 ; 42(4) : 587-94.
31. Pruessner JC, Kirschbaum C, Meinlschmid G, Hellharmmer DH. Two formulas for computation of the area under the curve represent measures of total hormone concentration versus time-dependent change. Psychoneuroendocrinology. 2003 ; 28(7) : 916-31.
32. Kim MH, Chung HK. Review of food therapy and development of diet therapy program for diabetes mellitus in Sikrychanyo. Korean J Food Culture. 2013 ; 28(6) : 562-75.
33. Park KJ, Jin HS, Park SH, Kim EH, Kim JK. Antihyperglycemia effect of medicinal plants mixture in streptozotocin-induced diabetic rats. J Korean soc Food Sci Nutr. 2008 ; 37(12) : 1554-9.
34. Lim JM, Kwon HJ, Yong SE, Choi JH, Lee CH, Kim TJ, Park PS, Choi YH, Kim EM, Park SY. Antioxidant Activity and Quality Characteristics of rice wine cakes cookies with different ratio of *astragalus memvranaceus*. Korean J Food Cookery Sci. 2013 ; 29(1) : 11-8.
35. Lee YK, Lee MY, Kim SD. Quality characteristics and dietary effect of Baguette bread added with water extracts of Liriopis Tuber on the blood glucose and serum cholesterol in diabetes induced rats. J East Asian Soc Dietary Life. 2004 ; 14(3) : 275-82.
36. Park SH, Kim GY. Blood glucose level, insulin content and biochemical variables of complexcity extract from oriental medicinal plants on diabetes rats. Korean J Food Nutr. 2010 ; 23(2) : 258-68.
37. Nam MS, Kim KR, Cho JH, Lee KM, Park HY, Lee EJ, Lim SK, Lee HC, Huh KB. A Study on the Folk remedies by the questionaries in Korean Diabetic Patients. Diabetic. 1994 ; 18(30) : 242-8.
38. Park YJ, Lee YS, Hiramitsu S. Effect of coix on plasma cholesterol and lipid metabolism in rats. Korean J Nutr. 1988 ; 21(2) : 88-98.
39. Park TS, Lee SY, Kim HJ, Kim KT, Kim YJ, Jeong IH, Do WN, Lee HJ. Extracts of Adlay, Barley and rice bran have antioxidant activity and modulate fatty acid metabolism in adipocytes. Korean J Food Nutr. 2009 ; 22(3) : 456-62.
40. Lee JS, Lee JS, Yang CB, Shin HK. Blood glucose

Response to some cereals and determination of their glycemic index to rice as the standard food. Korean J Nutr. 1997 ; 30(10) : 1170-9.
41. Lee C, Shin JS. Effects of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride levels in normal subject. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2002 ; 31(6) : 1048-51.
42. Livesey G, Tagami H. Interventions to lower the glycemic response to carbohydrate foods with a low-viscosity fiber (resistant maltodextrin): meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr. 2009 ; 89(1) : 114-25.
43. Keogh JB, Lau CW, Noakes M, Bowen J, Clifton PM. Effects of meals with high soluble fibre, high amylose barley variant on glucose, insulin, satiety and thermic effect of food in healthy lean women. Eur J Clin Nutr. 2007 ; 61(5) : 597-604.
44. Roberts SB. High-glycemic index foods, hunger, and obesity: is there a connection?. Nutr Rev. 2000 ; 58(6) : 163-9.
45. Haber GB, Heaton KW, Murphy D, Burroughs LF. Depletion and disruption of dietary fibre. effects on satiety, plasma-glucose, and serum-insulin. Lancet. 1977 ; 2(8040) : 679-82.
46. O'Dea K, Nestel PJ, Antonoff L. Physical factors influencing postprandial glucose and insulin responses to starch. Am J clin Nutr. 1980 ; 33(4) : 760-5.
47. Song SJ, Choi HN, Lee SY, Park JM, Kim BR, Paik HY, Song YJ. Establishing a table of glycemic index values for common Korean Foods and an Evaluation of the dietary glycemic index among the Korean adult population. Korean J Nutr. 2012 ; 45(1) : 80-93.
48. Sies H, Stahl W, Sevanian A. Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. J Nutr. 2005 ; 135(55) : 969-72.
49. Hennige AM, Burk DJ, Ozcan U, Kulkarni RN, Ye J, Park SM, Schubert M, Fisher TL, Dow MA, Leshan R, Zakaria M, Basha MM, White MF. Upregulation of insulin receptor substrate-2 in pancreatic β cells prevents diabetes. J Clin Invest. 2003 ; 112(10) : 1521-32.
50. Lee YT. Preparation and hypoglycemic effect of reconstituted grain added with selected medicinal herb extract. Korean J Food Sci Technol. 2003 ; 35(3) : 527-31.