

# 고식이섬유쌀의 급여가 KK 당뇨 마우스의 혈당에 미치는 영향

이성현\*§ · 박홍주\* · 조소영\* · 정인경\* · 조용식\* · 김태영\* · 황홍구\*\* · 이연숙\*\*\*

농업과학기술원 농촌자원개발연구소 농산물가공이용과,\*  
작물과학원 벼유전육종과,\*\* 서울대학교 식품영양학과\*\*\*

## Supplementary Effect of the High Dietary Fiber Rice on Blood Glucose in Diabetic KK Mice

Lee, Sung Hyeon\*§ · Park, Hong Ju\* · Cho, So Young\* · Jung, In Kyung\*  
Cho, Yong Sik\* · Kim, Tae Youg\* · Hwang, Hung Goo\*\* · Lee, Yeon Sook\*\*\*

Agriproduct Science Division, National Rural Resource, Development Institute,\* NIAST, RDA, Suwon 441-853, Korea  
Rice Genetics and Breeding Division,\*\* National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-853, Korea  
Department of Food and Nutrition,\*\*\* Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the supplementary effects of Suwon 464, which has over two times of dietary fiber content compared with normal rice (Ilpum), on blood glucose in diabetic mice. We supplied 5 kinds of experimental diets (corn starch diet as a control (CO), Ilpum polished rice diet (IP), Ilpum brown rice diet (IB), polished rice diet (SP) and brown rice diet (SB) of Suwon 464) to diabetic mice for 8 weeks, after analyzing dietary fiber contents of 5 experimental diets. Diet intake, body weight and contents of blood glucose, hemoglobin A<sub>1c</sub> and insulin were measured. The dietary fiber contents in CO, IP, IB, SP, and SB diets were 1.0, 1.2, 1.4, 1.4, and 2.0% respectively. Body weight was lower in SB group than the other groups though there was no significant difference in diet intake among experimental groups. The concentration of blood glucose in diabetic mice was lower in SB group than the other groups during the supplementary period of experimental diets. The hemoglobin A<sub>1c</sub> and serum insulin levels were lower in SP and SB groups. These results suggested that the brown rice of Suwon 464 with high dietary fiber can control diabetes in diabetic mice by reducing the blood glucose and hemoglobin A<sub>1c</sub>. (*Korean J Nutrition* 37(2): 75~80, 2004)

KEY WORDS : high dietary fiber rice, suwon 464, diabetic mouse, blood glucose.

### 서 론

당뇨병(Diabetes mellitus)은 암 및 순환기계질환과 더불어 우리나라 3대 질병 중의 하나이며, 당뇨병 관리가 잘 되지 않은 환자에서는 고지혈증, 고혈압, 동맥경화 등의 합병증을 동반한다.<sup>1)</sup> 우리나라에서도 경제발전과 생활양식의 변화에 따라 당뇨병 유병률의 증가가 높아지고 있는데, 우리나라에서 1970년에 약 1% 미만으로 추정되었으나 1998년에는 국민 전체의 2.2%이었으며, 60~69세의 연령에서는 10.1%로 보고되었다.<sup>2)</sup> 또한 통계청의 사망원인통계연보에 의하면 당뇨병의 사망률은 1990년 인구 십만 명당

11.8명에서 2001년 23.8명으로 증가하는 추세여서 당뇨병에 관련된 문제는 개인 뿐 아니라 사회·경제적으로 미치는 영향이 크다.<sup>3)</sup> 대한당뇨병학회의 '02 한국인 당뇨병 발생현황 보고서에 의하면 성인의 당뇨병 유병률은 10% 수준으로 약 300~500만 명이 당뇨병 환자인 것으로 추정하고 있으며, 국내 인구의 20%가 40~50대이고 당뇨합병증이 당뇨병 발병 뒤 10년 후에 최고조에 달하는 점을 감안할 때 2010년 이후에는 환자와 보호자를 포함하여 1200만 명 정도가 당뇨병으로 인한 직·간접적인 고통을 받게 될 것으로 예측하고 있다.<sup>4)</sup>

식이섬유(dietary fiber)의 낮은 섭취가 당뇨병, 관상동맥 질환, 대장암, 비만 등 만성 퇴행성 질환들의 높은 발병율과 관련될 수 있다는 가설이 1970년대 초 Burkitt와 Trowell<sup>5)</sup>에 의해 제안된 이래 건강과 질병에 있어서 식이섬유의 역할에 대해 많은 연구들이 이루어져 왔다.<sup>6)</sup> 식이

접수일 : 2003년 10월 15일

채택일 : 2004년 2월 17일

§To whom correspondence should be addressed.

섬유는 '인체의 소화효소에 의해 가수분해되지 않는 식물의 세포벽 및 세포에 함유된 성분'으로 정의되며 물에 대한 용해도에 따라 수용성 식이섬유와 불용성 식이섬유로 구분된다.<sup>6,7)</sup> 수용성 식이섬유에는 pectin, 일부 hemicellulose, gum과 muscilage가 있고 불용성 식이섬유에는 식물의 세포벽을 구성하는 cellulose, 대부분의 hemicellulose와 비다당류인 lignin이 있다.<sup>8)</sup> 식이섬유는 단일물질이 아니고 식물의 조직구조에 자연적으로 존재하는 많은 성분들의 혼합물이므로 식품 급원에 따라 함유된 식이섬유들은 서로 다른 물리 화학적 성질을 나타내고, 그 성분의 종류에 따라 소화관내에서 나타내는 생리효과와 그 대사적 결과도 다르게 나타난다. 일반적으로 식품 중 식이섬유는 당성분의 흡수를 저해하여 혈당 상승 지연 및 저하효과가 있는 것으로 보고되고 있으나<sup>9,10)</sup> 현대의 식생활에서 성인 1일 권장량인 20~25 g을 섭취하기 어려운 실정이다.<sup>11-14)</sup> 따라서 본 연구에서는 02년 농촌진흥청 작물시험장에서 개발한 고식이섬유쌀 (수원 464)을 당뇨 마우스에게 급여하여 혈당 및 관련 요인의 수준에 미치는 영향을 조사하고, 고식이섬유쌀의 기능성 구명을 통해 우리 농산물의 부가가치 향상 및 국민의 건강 증진을 위한 기초자료로 활용코자 한다.

## 재료 및 방법

고식이섬유쌀의 급여가 당뇨모델의 혈당에 미치는 영향을 구명하기 위하여 옥수수 전분, 일품 (일반) 및 고식이섬유 (수원 464) 쌀로 배합한 실험식이를 당뇨마우스에게 8주간 급여하고, 혈당 관련 인자로서 공복·비공복 혈당, 당화혈색소 및 혈청 인슐린 수준을 측정하였다.

### 1. 실험동물의 종류 및 사육

본 실험에서는 생후 6주된 60마리의 수컷 KK 마우스에 고지방식이 (지방 15%)를 10주간 급여하여 당뇨를 발현시켰고, 비공복 혈당이 200 mg/dL 이상인 당뇨 마우스를 선발하였다. 실험동물은 혈당 및 체중을 고려하여 10~12마리씩 5군으로 완전임의 배치한 후, 적정 환경 (온도 22 ± 2°C, 상대습도 60 ± 5%, 명암은 12시간 주기)에서 8주간 사육하였으며 체중을 주 1회 측정하였다.

### 2. 실험식이의 종류 및 급여

실험식이는 총 5종 (대조군-옥수수전분, 일품백미, 일품현미, 고식이섬유백미, 고식이섬유현미)으로 옥수수전분은 (주) 동방 제품을 구입하였고, 일품 및 고식이섬유 백미와

현미는 작물시험장에서 제공받아 사용하였다. 실험식이 조성은 AIN-93M에 근거하였으나, 지방 15% 및 콜레스테롤이 0.5% 첨가된 식이로서 정제된 원료로 배합하였다 (Table 1). 모든 실험식이와 음용수를 8주간 자유섭취방법으로 급여하면서 주 2~3회 일정한 시간에 섭취량을 측정하였다.

### 3. 시험재료 및 실험식이의 식이섬유 함량 분석

조섬유 함량은 A.O.A.C에 따라 분석하였고,<sup>15)</sup> 식이섬유 함량은 Prosky의 방법<sup>16)</sup>을 이용한 Kit (Sigma, USA)를 사용하여 분석하였다.

### 4. 혈당 관련 요인의 분석

공복 및 비공복 혈당은 격주로 미정맥에서 혈당 측정기 (Medisense, USA)를 이용하여 측정하였고, 실험식이 급여 8주 째에 내당능을 검사하였다. 내당능 시험은 14시간 절식시킨 실험동물의 복강에 포도당 (Sigma, USA)을 0.3 g/100 g 수준이 되도록 500 μL 이하 수준에서 투여하고, 포도당 투여 전, 투여한 후 30분과 120분의 혈당을 미정맥에서 측정하여 혈당 반응 곡선에서 곡선 아래 면적을 계산하여 비교하였다. 실험식이 급여 8주 후에는 실험동물을 14시간 절식시킨 후 안정맥에서 혈액을 채취하였는데 일부는 당화혈색소 (HbA<sub>1c</sub>) 분석용으로 사용하였고, 나머지는 3000 rpm에서 20분간 원심분리 한 후 혈청 인슐린 분석에 이용하였다. 혈청 인슐린 수준은 rat insulin specific radioimmunoassay (RIA) kit (Linco, USA)를 가지고 γ-counter (Cobra, USA)로 측정하였고, 당화혈색소 수준은 EDTA 처리된 시험관에 보관하였던 혈액을 Micro-mat™ II hemoglobin A<sub>1c</sub> Test Cartridge로 측정하였다.

Table 1. Composition of experimental diets<sup>1)</sup>

Ingredients	(g/kg diet)				
	CO	IP	IB	SP	SB
Corn starch	645.7				
Rice powder		645.7	645.7	645.7	645.7
Casein	140	140	140	140	140
Soy bean oil	75	75	75	75	75
Lard	75	75	75	75	75
Cholesterol	5	5	5	5	5
α-Cellulose <sup>2)</sup>	10	10	10	10	10
L-Cystine	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral Mix. <sup>3)</sup>	35	35	35	35	35
Vitamin Mix. <sup>4)</sup>	10	10	10	10	10

<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice

### 5. 통계 처리

실험결과는 SPSS 10.0 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차(mean ± SD)로 제시하였고, 각 처리별 유의성은 ANOVA test 후 Duncan's multiple range test로 p < 0.05 수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 시험재료 및 실험식이의 식이섬유 함량 비교

시험재료 4종 (일품백미, 일품현미, 고식이섬유백미, 고식이섬유현미) 및 실험식이 5종의 조섬유 및 식이섬유 함량을 Table 2에 제시하였다. 시험재료의 조섬유 함량은 일품백미와 일품 현미에서 0.2%와 0.6%, 고식이섬유백미와 고식이섬유현미에서 0.7%와 1.5%로 나타나 일품의 경우 현미가 백미의 3배, 고식이섬유쌀의 경우 현미가 백미보다 2배 이상의 조섬유 함량을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 시험재료의 식이섬유 함량은 일품 백미와 현미에서 각각 4.1%, 5.6%이었고, 고식이섬유쌀의 경우 백미와 현미에서 각각 8.7%와 11.4%로 나타나 고식이섬유쌀의 식이섬유 함량은 각각 백미와 현미에서 모두 일품의 2배 이상의 수준을 보였다.

실험식이의 조섬유 및 식이섬유 함량은 시험재료의 각각 성분 함량에 따라 차이를 보였다. 즉, 실험식이에 대한 비율로 볼 때 조섬유는 대조군 1.0%, 일품백미 1.2%, 일품현미 1.4%, 고식이섬유백미 1.4%, 고식이섬유현미 2.0%이었고, 식이섬유는 대조군 1.1%, 일품백미 3.6%, 일품현미 4.6%, 고식이섬유백미 6.6%, 고식이섬유현미 8.4%로 나타나, 실험식이의 경우 백미 및 현미에서 각각 고식이섬유 쌀이 일품 쌀보다 약 2배 수준의 식이섬유 수준을 보였다.

### 2. 식이 및 물 섭취량과 체중의 변화

실험식이 급여기간 동안의 평균 식이 섭취량은 모든 실험군 사이에 유의한 차이가 없었으나 물 섭취량은 고식이섬유쌀 섭취군에서 낮게 나타났다 (Table 3). 실험동물의 초기 체중은 실험군 사이에 유의한 차이가 없었으나 실험식

**Table 2.** Comparison of the crude fiber and dietary fiber contents in the 4 kinds of rice and 5 experimental diets<sup>1)</sup>

Nutrient	Rice				Experimental diets				
	IP	IB	SP	SB	CO	IP	IB	SP	SB
Crude fiber	0.2	0.6	0.7	1.5	1.0	1.2	1.4	1.4	2.0
Dietary fiber	4.1	5.6	8.7	11.4	1.1	3.6	4.6	6.6	8.4

<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice

이 급여 8주 후에는 고식이섬유쌀 섭취군에서 낮은 경향을 보였다 (Table 3).

### 3. 혈당 관련 요인의 비교

#### 1) 공복 및 비공복 혈당

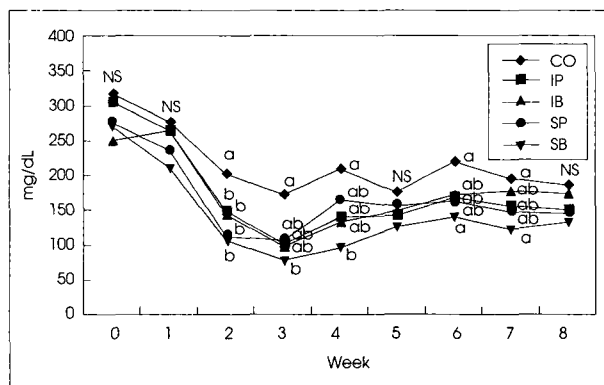
실험동물의 공복시 혈당을 Fig. 1에 제시하였는데 쌀 섭취군이 대조군 (CO)에 비해 낮은 경향을 보였고, 특히 고식이섬유현미군 (SB)에서 실험식이 급여 2주부터 7주 사이에 대조군 (CO)보다 낮게 나타났다. 비공복 혈당도 고식이섬유 백미 (SP), 고식이섬유 현미 (SB) 및 일품 현미 (IB) 섭취군에서 낮은 경향을 보였으며, 고식이섬유현미군 (SB)에서 실험식이 급여 2주부터 7주 사이에 대조군 (CO)보다 유의한 차이를 나타내었다 (Fig. 2). 이것은 실험식이에 따른 식이섬유 함량이 당뇨 마우스의 혈당 저하에 영향을 준 것으로 보이는데, 식이섬유의 식후 혈당 저하효과는 이들 섬유들이 장 내용물의 점성을 증가시킴으로써 위 배출 시

**Table 3.** Body weight, food intake and water intake of diabetic KK mice fed experimental diets for 8 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Food intake (g/day)	Water intake (ml/day)	Body weight (g)	
			Initial	Final
CO	6.8 ± 2.3 <sup>NS</sup>	19.2 ± 6.1 <sup>ab</sup>	41.7 ± 6.4 <sup>NS</sup>	41.5 ± 6.4 <sup>ab</sup>
IP	7.2 ± 2.8	20.6 ± 4.8 <sup>a</sup>	41.3 ± 5.6	44.9 ± 4.4 <sup>a</sup>
IB	7.0 ± 2.5	19.8 ± 6.3 <sup>ab</sup>	42.2 ± 9.0	42.5 ± 6.6 <sup>ab</sup>
SP	6.8 ± 1.5	12.9 ± 2.2 <sup>c</sup>	42.4 ± 7.2	39.7 ± 5.1 <sup>ab</sup>
SB	7.2 ± 1.7	15.8 ± 2.8 <sup>bc</sup>	42.2 ± 6.8	37.4 ± 6.0 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice. Values are mean ± SD (n = 10), NS: Not significant.

a, b, c: Means with different superscripts in the same column are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test



**Fig. 1.** Changes of the fasting blood glucose in diabetic KK mice fed experimental diets for 8 weeks<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice. NS: Not significant. a, b: Means with different alphabets are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

간<sup>17,18)</sup> 및 소장 통과 시간을 지연시키며<sup>11)</sup> 소장 흡수 속도를 감소시키는 작용<sup>19)</sup>에 의한 것으로 알려져 있다.<sup>20,21)</sup> 또한 실험식이 급여 8주 후에는 공복 및 비공복 혈당이 실험군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았는데, 본 실험만으로 고식이섬유 현미의 혈당 조절 효과가 7주 이후에 사라진다고 단정짓기는 어려우며 당뇨 모델에서 장기간의 급여에 따른 혈당 및 관련 인자의 변화 연구가 계속되어야 할 것으로 생각한다.

2) 내당능

실험식이를 섭취한 당뇨 마우스의 내당능을 비교하기 위해 포도당을 투여하였고, 시간에 따른 혈당 변화를 Fig. 3에 제시하였다. 포도당을 투여하기 전과 투여 30분 후에 모든 실험군 사이에 유의한 차이가 없었으나 포도당 투여 후 120분의 혈당은 고식이섬유현미군 (SB)에서 대조군 (CO)보다 유의하게 낮았다. 고식이섬유식의 내당능 개선효과는 식이섬유의 소화관 내에서 작용과 말초조직의 인슐린 수용체의 증가나 인슐린의 민감성 증가에 기인한다고 알려져 있다.<sup>22,23)</sup> 그러나 위 배출 시간에 관한 연구에서 정상인과 위 절제술 환자의 실험식에 pectin을 첨가하였을 때, 식후 혈당 저하와 위 배출 시간 지연 사이의 상관관계를 밝히지 못했으며 pectin과 guar 섭취 후 위 절제 수술 환자의 혈당 반응곡선 아래의 면적이 여전히 20%까지 감소하였으므로<sup>24)</sup> 비록 위 배출 시간이 식품 혈당 저하의 한 요인으로 작용할 가능성이 있으나 내당능의 개선에는 소장에서의 역할이 더 중요한 것으로 보고 있다. 식이섬유의 내당능 개선 효과에 대한 다른 작용기전은 장관 호르몬의 분비를 조절하거나<sup>25-27)</sup> 식이섬유의 결장 내 발효로 인한 단쇄지방산의 중간대사 효과에 두고 있는데,<sup>28)</sup> 위에서 언급한 호르몬의 농도가 저식이섬유식에 의해 고식이섬유식사 후 낮아짐을 관

찰한 Morgan 등은 이러한 호르몬 농도의 감소가 간과 말초 조직에서의 인슐린의 효과를 증진시키는 요인이라고 제안하였다.<sup>25)</sup> 또한 식이섬유의 결장 발효산물인 acetate 증가로 인한 비에스테르화 지방산 수준의 감소 등 당대사에 미치는 식이섬유의 유용한 효과는 단쇄지방산들에 의해 매개될 수도 있다.<sup>29)</sup>

3) 당화혈색소 및 혈청 인슐린 수준

장기간의 혈당상태 지표<sup>30)</sup>인 당화혈색소 (HbA<sub>1c</sub>)는 고식이섬유쌀 섭취군에서 낮은 경향을 보였고, 특히 고식이섬유현미군 (SB)에서 대조군 (CO)과 유의한 차이를 보였다 (Fig. 4). 혈청 인슐린 수준도 고식이섬유쌀 섭취군에서 낮은 경향을 보였는데 (Fig. 4), 이것은 고식이섬유쌀 섭취군에서의 혈당 조절로 인한 인슐린 분비량 감소<sup>31)</sup>에 의한 것으로 생각된다. Peterson 등은 고식이섬유식 후 인슐린

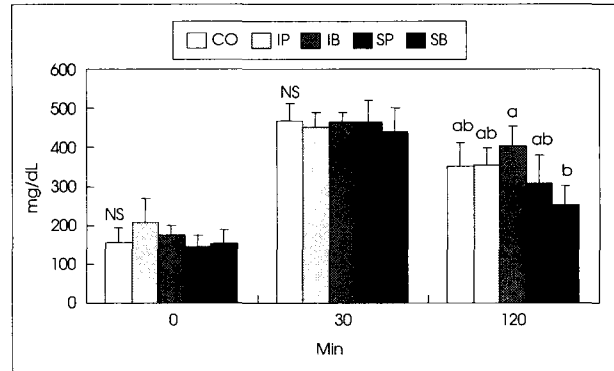


Fig. 3. Comparison of changes of blood glucose before and after glucose injection for the glucose tolerance test in diabetic KK mice fed 8 weeks of experimental diets<sup>1)</sup>  
<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice. NS: Not significant. a, b: Means with different alphabets are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

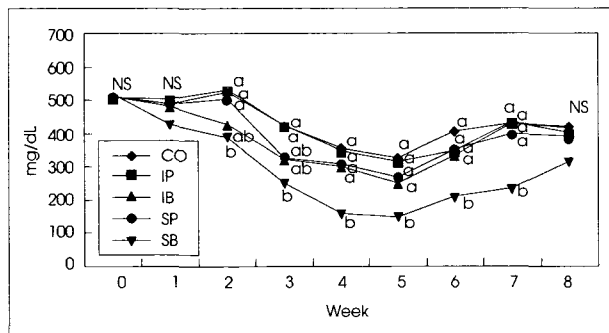


Fig. 2. Changes of post prandial blood glucose in diabetic KK mice fed experimental diets for 8 weeks.<sup>1)</sup>  
<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice. NS: Not significant. a, b: Means with different alphabets are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

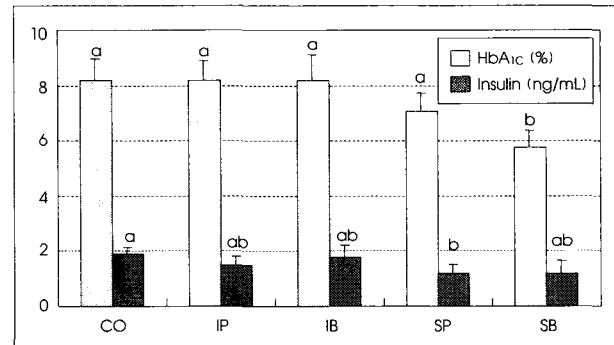


Fig. 4. Comparison of HbA<sub>1c</sub> and serum insulin levels in diabetic KK mice fed 8 weeks of experimental diets<sup>1)</sup>  
<sup>1)</sup>CO: Control, cornstarch, IP: Ilpum polished rice, IB: Ilpum brown rice, SP: Suwon 464, polished rice, SB: Suwon 464, brown rice. a, b: Means with different alphabets on the same kinds of bars are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

결합이 증가함을 보고하였으나<sup>22)</sup> 일반적인 동물실험을 통해 고식이섬유식이 여러 조직의 인슐린 수용체 수를 증가 시킴이 확인되었고,<sup>32)</sup> 말초조직의 수용체에 대한 인슐린 결합의 증가는 고식이섬유식에 의한 인슐린 민감성의 증가와 관련된 것으로 보고있다.<sup>33)</sup> Nestel 등은 신체의 전체적인 인슐린 민감성을 파악하기 위한 연구에서 일상식을 할 때 보다 고식이섬유식을 할 때 포도당 이용이 2배 이상 증가 되었으며 간의 포도당 방출이 두 식사군 사이에 차이가 없었으나 이는 고식이섬유식이 말초조직의 인슐린 민감성을 증가시키기 때문이라고 하였다.<sup>34)</sup> 또한 Hollund 등도 당뇨병 환자로부터 분리한 adipocytes와 monocyte에 대한 *in vitro* 연구에서 고식이섬유식이 말초조직의 인슐린 민감성을 유의하게 개선시킨다고 하였다.<sup>35)</sup>

### 요약 및 결론

식생활의 서구화와 고령화 등에 따른 당뇨병 유병률의 증가는 잘 알려진 사실로 이제 우리나라에서도 당뇨병이 사회·경제적으로 미치는 영향은 심각하다. 그러나 혈당 조절용 약물에 대한 거부감과 부작용 때문에 환자들이 식사요법을 선호하고 있으며, 우리 식생활에서 부족하기 쉬우나 혈당 저하효과가 있는 것으로 알려진 식이섬유 보충에 관심이 높아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 농촌진흥청 작물과학원에서 개발한 고식이섬유쌀 (수원 464)의 식이섬유 함량을 분석하고 식이섬유의 함량이 일반 쌀의 2배 이상인 고식이섬유쌀을 당뇨 마우스에게 급여하여 특히 고식이섬유현미의 혈당 강하효과를 구명하였다. 그러나 고식이섬유쌀은 당뇨병 환자 뿐 아니라 일반 국민들의 식이섬유 섭취량 증가에 기여할 수 있을 것으로 보이며, 앞으로 고식이섬유쌀을 이용한 다양한 제품 개발이 기대된다.

### Literature cited

- 1) Dong SH, Oh DH, Kim SW, Yang IM, Kim JW, Kim YS, Choi YG. Relationship among complications serum lipids and lipoprotein profiles in diabetics. *Kor J Internal Medicine* 35: 510-519, 1988
- 2) Ministry and health welfare. '98 National health and nutrition survey report. Korea institute for health and social affairs, 1999
- 3) National health and nutrition survey report in 1998. Korea institute for health and social affairs, Seoul, 1999
- 4) Summary Report of the Cause of Death Statistics in 2001, Korea national statistical office, Seoul, 2002
- 5) Burkitt DP, Trowell HC. Refined carbohydrate foods and disease, The implication of dietary fiber, pp.23-41, Academic press, 1975
- 6) Trowell HC. Definitions of fiber, *Lancet* 1: 503, 1974

- 7) Marlett JA. Dietary fiber, definition and determination, Center for Academic Publication, Japan, pp.4-14, 1990
- 8) Slavin JL. Dietary fiber: Classification, chemical analysis and food sources, *J Am Diet Assoc* 87: 1164-1171, 1987
- 9) Schneemen BO. Soluble vs insoluble fiber different physiological responses. *Food Technol* 41 (2) : 81, 1987
- 10) Schweizer TH, Wursch P, 1987, The physiological and nutritional importance of dietary fiber, *Experientia* 47: 181-186
- 11) Hwang SH, Kim JI, Sung CJ. Assessment of dietary fiber intake in Korean college students. *Journal of the Korean Society of Food and Nutrition* 25 (2) : 205-213, 1996
- 12) Rhie SG, Park YJ. The comparison of health status and dietary health practice with or without hypertension of middle-aged rural adults in Kyunggi province. *Korean Journal of Rural Living Science* 8 (2) : 131-143, 1997
- 13) Na HJ, Kim YN. The prevalence of constipation and dietary fiber intake of 3rd grade high school girls. *Korean Journal of Nutrition* 33 (6) : 675-683, 2000
- 14) Baek JW, Koo BK, Kim KJ, Lee YK, Lee SK, Lee HS. Nutritional status of the long-live elderly people in Kyungpook Sung-Ju area (I) : Estimation of nutrients intake. *Korean Journal of Nutrition* 33 (4) : 438-453, 2000
- 15) AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists, pp.788, Washington DC, 1990
- 16) Prosky L, ASP N, Schweizer T, DeVries J, Furda I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods products, Interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem* 71: 1017-1020, 1988
- 17) Holt S, Heading RC, Carter DC, Prescott LF, Tothill P. Effect of gel fiber on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol, *Lancet* 1: 636-639, 1979
- 18) Ray TK, Mansell K, Knight LC, Malmud LS, Owen OE, Boden G. Long-term effects of dietary fiber on glucose tolerance and gastric emptying in noninsulin-dependent diabetic patients. *Am J Clin Nutr* 37: 376-381, 1983
- 19) Meyer JH, Doty JE. GI transit and absorption of solid food: multiple effects of guar. *Am J Clin Nutr* 48: 267-273, 1988
- 20) Johnson IT, Gee JM. Effect of gel forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport *in vitro*. *Gut* 22: 398-403, 1981
- 21) Flourie B, Vidon N, Florent CH, Bernier JJ. Effect of pectin on jejunal glucose absorption and unstirred layer thickness in normal man. *Gut* 25: 936-941, 1984
- 22) Pedersen O, Hjollund E, Lindskov HO, Helms P, Sorensen NS, Ditzel J. Increased insulin receptor binding to monocytes from insulin-dependent diabetic patients after a low-fat, high-starch, high-fiber diet. *Diabetes Care* 5: 284-291, 1982
- 23) Fukagawa NK, Anderson JW, Hageman G, Young VR, Minaker KL. High carbohydrate, high fiber diets increase peripheral insulin sensitivity in healthy young and old adults. *Am J Clin Nutr* 52: 524-528, 1990
- 24) Taylor RH. Gastric emptying, fibre and absorption. *Lancet* 1: 872-873, 1979
- 25) Morgan LM, Goulder TJ, Tsiolakis D, Marks V, Alberti KG. The effects of unabsorbable carbohydrate on gut hormones. *Diabetologia* 17: 85-89, 1979
- 26) Coulston AM, Hollenbeck CB, Liu GC, Williams RA, Starich GH, Mazzaferri EL, Reaven GM. Effect of source of dietary

- carbohydrate on plasma glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to test meals in subjects with noninsulin-dependent diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 40: 965-970, 1984
- 27) Hagander B, Schersten B, Asp NG, Sartor G, Agardh CD, Schrezenmeir J, Kasper H, Ahren B, Lundquist I. Effect of dietary fibre on blood glucose, plasma immunoreactive insulin, C-peptide and GIP responses in noninsulin dependent (Type 2) diabetics and controls. *Acta Med Scand* 215: 205-213, 1984
- 28) Anderson JW, Bridges SR. Short-chain fatty acids affect glucose metabolism in isolated rat hepatocytes. *Proc Soc Exp Biol Med* 177: 372-736, 1984
- 29) Randle PJ, Garland PB, Hales CN. The glucose-fatty acid cycle. Its role in insulin sensitivity and the metabolic disturbances of diabetes mellitus. *Lancet* 1: 785-789, 1963
- 30) Yamanouchi T, Nakamura Y, Toyota T. Comparison of 1, 5-anhydroglucitol, HbA<sub>1c</sub>, and fructosamine for detection of diabetes mellitus. *Diabetes* 40: 52-57, 1991
- 31) Jenkins DJA, Leeds AR, Gassull MA, Wolever TMS, Goff DV, Albert KGMM, Hockaday TDR. Unabsorbable carbohydrates and diabetes: Decreased post prandial hyperglycemia. *Lacet* 2: 172-174, 1976
- 32) Sun JV, Tepperman HM, Tepperman J. A comparison of insulin binding by liver plasma membranes of rats fed a high glucose diet or a high fat diet. *J Lipid Res* 18: 533-539, 1977
- 33) Ward GM, Simpson RW, Simpson HCR, Naylor BA, Mann JI, Turner RC. Insulin receptor binding increased by high carbohydrate low fat diet in noninsulin dependent diabetics. *Eur J Clin Invest* 12: 93-93, 1982
- 34) Nestel PJ, Nolan C, Bazelmans J, Cook R. Effect of a high-starch diet with low or high fiber content on postabsorptive glucose utilization and glucose production in normal subjects. *Diabetes Care* 7: 207-210, 1984
- 35) Hollund E, Pederson O, Richelsen R, Beck-Nielsen H, Sorenen NS. Increased insulin binding to adipocytes and monocytes and increased insulin sensitivity of glucose transport and metabolism in adipocytes from non-insulin-dependent diabetics after a low fat/high starch/high fiber diet. *Metabolism* 32: 1067-1075, 1983