

## 주요 곡류의 혈당반응 및 쌀기준 혈당지수 측정

이정선\* · 이지수\*\* · 양차범\*\* · 신현경

한림대학교 식품영양학과, 자연과학연구소,\* 한양대학교 식품영양학과\*\*

### Blood Glucose Response to Some Cereals and Determination of Their Glycemic Index to Rice as the Standard Food

Lee, Jung Sun\* · Lee, Ji Su\*\* · Yang, Cha Bum\*\* · Shin, Hyun Kyung

Department of Food Science and Nutrition, Hallym University, Chunchon, Korea

Institute of Natural Science, \* Hallym University, Chunchon, Korea

Department of Food and Nutrition, \*\* Hanyang University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

This study was designed to determine blood glucose responses to some cereals produced in Korea. The levels of blood glucose were measured over 2 hours after feeding healthy volunteers with 50g carbohydrate portions. The glycemic index(GI) and glycemic index-rice(GI-rice) of a food has been defined as : GI=mean of(blood glucose response area of test food/blood glucose response area of glucose taken by the same individual)×100 and GI-rice=mean of(blood glucose response area of test food/blood glucose response area of rice taken by the same individual)×100. The area under the curve is taken to be the area above the fasting value calculated geometrically from blood glucose increments. The GI of barley to glucose as the standard( $57 \pm 7$ ) was significantly( $p < 0.05$ ) lower than those of other cereals whereas the GI of glutinous rice ( $110 \pm 8$ ) was significantly( $p < 0.05$ ) higher than other those of cereals. The GI values to rice as the standard were  $63 \pm 6$  for barley,  $79 \pm 5$  for buckwheat,  $85 \pm 6$  for foxtail millet,  $90 \pm 12$  for unpolished rice,  $100 \pm 0$  for rice,  $102 \pm 7$  for glutinous rice,  $106 \pm 6$  for unpolished glutinous rice,  $115 \pm 13$  for glutinous millet,  $116 \pm 13$  for job's tear, and  $122 \pm 4$  glutinous sorghum. The mean GI-rice was identical to the mean of the adjusted GI values, with a correlation coefficient of  $r=0.964(p < 0.0001)$ . This finding suggests that white rice could be used as standard food for the determination of GI. (Korean J Nutrition 30(10) : 1170~1179, 1997)

KEY WORDS : glycemic index · blood glucose · white rice · cereal · barley.

#### 서 론

당뇨병(diabetes mellitus)은 구체적인 발생기전이 아직까지 불분명하나 영양소의 과잉섭취와 스트레스가 중요한 요인으로 알려져 있다. 따라서 문화와 경제적 수준이 발달할수록 당뇨병의 발생은 증가되고 있으며 이러한 증가는 인구의 고령화와 함께 다음 세기에도 지

채택일 : 1997년 9월 29일

속될 것으로 예측되고 있다<sup>1)</sup>.

당뇨병은 췌장 Langerhan's 섬  $\beta$ -세포의 인슐린 분비장애와 인슐린에 대한 말초조직의 저항성에 의해 초래되는 고혈당(hyperglycemia)을 특징으로하는 이질성 질환(heterogenous disorder)으로서 이의 일반적인 증상은 혈당농도가 증가되며 뇨로 당이 배설되면서 체내 탄수화물 뿐만 아니라 단백질과 지질대사도 이상이 생기게 되어 여러가지 대사상의 장해가 초래하게 된다<sup>2)</sup>.

당뇨병은 지속적이고 적절한 치료가 안되는 경우 합

병증의 발생을 증가시키지만, 조기에 발견하여 혈당을 잘 조절하면 합병증을 예방할 수 있는데 이는 DCCT (Diabetes Control and Complication Trial) 연구에서도 확인된 바 있다<sup>3)</sup>.

당뇨병의 치료에 있어서 중요한 지침은 식이요법, 운동요법과 함께 필요시 약물요법을 병행하는 것으로서, 치료의 목적은 식후 혈당의 급격한 상승 및 감소를 억제하고<sup>4)</sup> 환자의 병적 상태를 될수록 가볍게 하여 건강한 상태에 가깝게 하고, 또한 이 상태를 계속 유지해 나가는데 있다<sup>5)</sup>. 현재 당뇨환자의 가장 일반적인 식이요법은 식품 중 함유되어 있는 탄수화물, 지방, 단백질의 양에 근거한 식품교환군을 제공하는 것인데<sup>6)</sup> 이는 총 섭취열량이 계산된 식단을 쉽고 간편하게 계획할 수 있다라는 장점이 있는 반면 영양적인 분석에만 기초하고 식품의 소화·흡수에 대한 면은 고려되지 않는 문제점을 가지고 있다<sup>7)</sup>.

인체내에서의 혈당반응은 식품에 따라 다르게 나타나 일반적으로 같은 양의 탄수화물 식품을 섭취하더라도 서로 다른 속도로 소화·흡수된다. 소화·흡수가 느린 식품은 혈당반응이 느린데 비해서 소화·흡수가 빠른 식품은 혈당반응이 급격히 증가하였다가 감소할 뿐만 아니라 인슐린 및 다른 내분비물의 반응도 상승시킨다<sup>8)</sup>.

Jenkins 등<sup>9)</sup>은 어떤 식품을 섭취했을 때 나타나는 혈당반응과 포도당 섭취시의 혈당반응을 비교하여 나타낸 glycemic index(GI)를 보고하였으며 이는 당뇨환자 및 고지혈증 환자의 식이요법에 임상적으로 이용되고 있다<sup>10)</sup>. 최근 당뇨식이에 대한 연구들로 식품의 GI와 이에 관련된 성분조사<sup>10~11)</sup> 및 GI가 낮은 식품에 의한 혈당조절 연구<sup>12)</sup> 등이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 GI에 관한 보고들은 대부분 우리나라에서 섭취되지 않는 식품에 관한 것으로 우리나라 당뇨환자들이 식이지침으로 이용하기 어려우며, 혈당조절을 위해 국내에서 섭취하고 있는 탄수화물 식품에 대한 구체적인 연구도 일부만 이루어진 실정이다<sup>13)</sup>.

본 실험에서는 현재 우리나라에서 섭취되고 있는 곡류를 이용하여 포도당을 기준식품으로 한 GI를 구하였으며, 또한 맵쌀 섭취시 혈당반응에 대한 시료 섭취시 혈당반응을 비교한 GI-rice를 구하여 현재 이용되고 있는 포도당 이외에 우리나라의 주식인 맵쌀을 GI의 기준식품으로 이용할 수 있는지의 타당성을 검토해 보았다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 및 대상자

#### 1) 시료

본 실험에서는 메밀, 메조, 맵쌀, 보리, 올무, 차조, 찹쌀, 현미멥쌀, 현미찹쌀, 차수수를 이용하였으며 원산지와 생산년도는 Table 1과 같다.

각 시료는 정선한 뒤 분쇄기로 분쇄(0.8mm mesh)하고 105°C에서 수분함량을 측정하였으며 나머지 시료는 폴리에틸렌병에 담아 parafilm으로 밀봉하여 전분함량 측정전까지 -20°C에서 냉동보관하였다.

정상성인을 대상으로 시료의 혈당반응을 측정하기 위하여 다음과 같이 조리하였다. 즉, 시료를 30분 정도 물에 불린 후 일정량의 물을 가하고 전기밥솥에서 일반 취반조건과 같이 조리하였다. 조리한 시료는 완전히 식힌 뒤 1인당 1회에 섭취되는 전분함량이 50g이 되도록 무게를 측정하였다. 실험대상자들이 섭취한 시료의 조리하기 전의 무게, 시료중의 전분, 단백질, 지질함량은 Table 2와 같다.

#### 2) 혈당 측정 대상자

소화기 장애가 없는 건강한 대학생 30명(남자 8, 여자 22)을 1차 대상자로 하여 1인당 5회의 포도당 부하실험을 실시하였다. 포도당섭취 후 혈당곡선면적의 평균과 표준편차를 구하였으며 5회의 혈당곡선면적 중 평균면적의 2SD 범위를 벗어나는 대상자는 포도당의 혈당반응실험을 대표할 수 없는 대상자로 생각하여 제외

Table 1. The list of the samples used in the study

Korean name	English name	Scientific name	Harvest area	Harvest year
메밀	Buckwheat	<i>Fagopyrum esculentum</i>	원주	1994
메조	Foxtail millet	<i>Setaria italica</i>	단양	1994
맵쌀	Rice	<i>Oryza sativa</i>	양평	1994
보리	Barley	<i>Hordeum vulgare</i>	삼척	1995
올무	Job's tear	<i>Coix lacrymajob</i>	연천	1994
차수수	Glutinous sorghum	<i>Sorghum bicolor</i>	단양	1994
차조	Glutinous millet	<i>Setaria italica</i>	삼척	1994
찹쌀	Glutinous rice	<i>Oryza glutinosa</i>	정읍	1994
현미멥쌀	Rice, unpolished	<i>Oryza sativa</i>	남원	1994
현미찹쌀	Glutinous rice, unpolished	<i>Oryza glutinosa</i>	정읍	1994

시키고, 30명 중 표준편차가 적은 22명(남자 8, 여자 14)만을 최종 실험대상자로 선정하였다<sup>15)</sup>. 각 실험군별로 실험 대상자들의 신체적 특징, BMI, 공복시 혈당 및 포도당 섭취후 혈당반응의 평균 면적은 Table 3과 같았으며 BMI, 공복시 혈당 및 포도당 섭취 후 혈당반응의 평균 면적은 실험군별로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

## 2. 전분함량의 측정

곡류 시료의 전분함량은 kit 시약(Boehringer Mannheim, Germany)으로 측정하였다. 즉, 100ml의 삼각플라스크에 0.1~0.6g의 시료를 넣고 5ml 염산용액과 20ml dimethyl sulfoxide를 넣은 후 parafilm으로 용기를 밀봉하였다. 60°C에서 30분간 가수분해한 후 실온에서 냉각시켜 증류수 20ml를 가하고 수산화나트륨 용액으로 시료용액을 pH 4~5로 맞추었다. 시료용액을 100ml 등근플라스크로 옮기고 정용한 후 여과하여

최종 시료용액으로 이용하였다. 준비된 시료 0.2ml와 0.1ml amyloglucosidase(86 unit)를 분광광도계의 cell 안에 가하고 55~60°C에서 15분간 가수분해한 후 1ml의 NADP-ATP와 반응시키고 340nm에서 흡광도를 측정하였다. 위의 용액에 0.02ml G-6-P dehydrogenase(100 unit)을 가한 후 대략 10~15분 후 반응이 끝났을 때 동일한 파장에서 흡광도를 측정하였다. 다른 시약을 위와 같이 넣고 시료를 넣지 않은 reagent blank와 amyloglucosidase를 넣지 않은 sample blank도 동일한 실험방법에 따라 행하였다.

## 3. 혈당측정 및 Glycemic index

실험 대상자들은 12시간 동안 절식하도록 하였으며, 실험 당일 공복상태로 손끝에서 채혈하여 혈당을 검사한 후 당질 함량이 50g이 되도록 준비된 식이를 무작위로 섭취시켰다. 실험식이는 15분 이내에 섭취하도록 하였으며 실험식이와 함께 200ml의 물을 섭취하도록 하고 필요에 따라 약간의 소금도 함께 주었다. 실험 대상자들은 실험이 끝나기 전 2시간 동안은 금연하고 가벼운 일상활동만 하도록 하였으며 식이섭취 후 15, 30, 60, 90, 120분에 각각 손끝에서 채혈하였다.

혈당측정은 혈당측정계(One touch, Johnson & Johnson Co., USA)로 2회 반복하여 측정하였으며, 혈당반응면적은 Wolever 등<sup>15)</sup>의 방법에서와 같이 공복시 혈당을 기준으로하여 그 아래의 면적은 무시하고 실험식이섭취 후 증가된 혈당 면적만을 계산하였다.

혈당지수(glycemic index, GI)는 Jenkins 등<sup>9)</sup>의 방법에서와 같이 50g 포도당 섭취 후 2시간 동안의 혈당 반응면적과 실험식이 섭취 후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 나타내었으며 또한 맵쌀 섭취 후의 혈당 반응면적과 실험식이 섭취 후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 나타낸 것은 glycemic index-rice(GI-

**Table 2.** The composition and weight of the samples (g)

Sample	Dry <sup>1)</sup> weight	Starch	Protein <sup>2)</sup>	Fat <sup>2)</sup>
Barley	82.92	50	9.29	1.66
Buckwheat	84.01	50	9.07	2.35
Foxtail millet	81.25	50	8.21	2.44
Glutinous millet	81.57	50	7.59	2.53
Glutinous rice	70.64	50	6.15	0.85
Glutinous rice, unpolished	83.46	50	6.18	1.75
Glutinous sorghum	79.39	50	7.62	1.67
Job's tear	85.19	50	18.15	3.15
Rice	70.67	50	4.81	0.71
Rice, unpolished	79.25	50	5.71	1.98

1) Weight of raw sample corresponding to 50g starch portion

2) Calculated from food composition table, 1991<sup>14)</sup>

**Table 3.** The characteristics of normal subject, fasting blood glucose and area under the blood glucose curve of 50g glucose tolerance test

Food	No. of Subjects	Sex		Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Fasting blood glucose(mg/dl)	Area under the blood glucose curve(mg · min/dl)
		M	F						
Glucose	22	8	14	22	165±1	57±2	21.0±0.5 <sup>NS</sup>	75±1 <sup>NS</sup>	2603±133 <sup>NS</sup>
Barley	8	3	5	23	164±2	61±3	22.5±1.0	76±1	2714±144
Buckwheat	6	4	2	21	168±1	61±3	21.6±1.3	73±2	2560±233
Foxtail millet	8	4	4	24	166±2	60±3	21.7±1.0	74±2	2245±128
Glutinous millet	8	3	5	21	165±1	59±3	21.8±1.0	74±2	2533±336
Glutinous rice	9	1	8	24	161±2	55±3	21.1±1.0	76±1	2458±89
Glutinous rice, unpolished	9	2	7	22	162±2	56±4	21.3±1.0	74±2	2425±104
Glutinous sorghum	8	1	8	21	162±2	55±3	21.0±1.1	75±2	2203±151
Job's tear	7	3	4	24	167±3	61±3	21.9±0.6	76±1	2370±156
Rice	20	7	13	22	165±2	58±2	21.1±0.5	75±1	2568±138
Rice, unpolished	6	2	4	24	164±2	56±3	21.0±0.7	73±2	2314±153

rice)라 하였다.

한편, 본 실험에서는 시료의 소화·흡수 형태를 포도당 섭취시와 비교하여 분석하기 위해서 다음과 같이 left area ratio(LAR)와 right area ratio(RAR)를 각각 계산하였다. 즉 2시간의 혈당 측정시간 중 30분을 기준으로하여 공복시부터 30분까지의 면적을 왼쪽면적, 30분 이후부터 120분까지의 면적을 오른쪽면적으로 하였을 때, LAR은 포도당 섭취시 왼쪽면적에 대한 시료 섭취시 왼쪽면적의 비율이며, RAR은 포도당 섭취시 오른쪽면적에 대한 시료 섭취시 오른쪽면적의 비율로서 계산한 것이다.

#### 4. 실험자료의 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SAS computer program<sup>16)</sup>을 이용하여 분석하였다. 혈당반응 측정시료의 수분과 전분 함량은 각각 평균치로 나타냈으며, 혈당과 관련된 모든 결과는 평균과 표준오차를 구하였다.

곡류의 인체내 혈당반응 실험에 참가한 대상자들의 신체적 특징, LAR, RAR 및 GI는  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 행하여 실험군들 사이의 통계적 유의성을 검증하였다. 이외에 각 곡류의 분당 혈당치, 혈당반응면적, 최고 혈당값 및 최고혈당값을 나타내는 시간은 포도당의 결과들과 비교하여 paired t-test로 유의성을 검증하였다. 또한 포도당을 기준식품으로 한 GI와 쌀을 기준식품으로 한 GI-rice와의 상관성을 검토하기 위해 보정된 GI와 GI-rice를 변수로 하여 Pearson correlation coefficients를 분석하였다.

## 결과 및 토의

### 1. 전분함량

본 실험에서 혈당측정시 사용한 곡류의 수분 및 전분 함량은 Table 4와 같다.

곡류시료의 수분함량은 9.25~13.74% 범위였으며 전분함량(건조)은 65.97~82.03% 범위로 올무의 전분이 가장 적었고 쌀의 전분이 가장 많게 나타났다.

### 2. 곡류의 혈당반응

포도당 섭취시와 비교했을 때 실험식이를 섭취한 대상자들의 혈당변화는 Table 5와 같다.

보리군, 메밀군, 찹쌀군, 차수수군, 올무군, 현미멥쌀군의 공복시 혈당은 포도당 섭취시와 비교했을 때 유의적인 차이가 없었으나 메조군, 차조군, 현미찹쌀군, 맵쌀군의 공복시 혈당은 포도당 섭취시보다 높게 나타났다. 본 실험을 수행하는데 공복시 혈당을 일정하게 하

Table 4. The starch and moisture contents of the samples (%)

Sample	Moisture	Starch	
		Wet basis	Dry basis
Barley	9.25	60.30	66.45
Buckwheat	12.34	59.52	67.90
Foxtail millet	13.23	61.54	70.92
Glutinous millet	10.53	61.30	68.51
Glutinous rice	12.52	70.78	80.91
Glutinous rice, unpolished	12.03	59.91	68.10
Glutinous sorghum	13.65	62.98	72.94
Jop's tear	11.03	58.69	65.97
Rice	13.74	70.75	82.03
Rice, unpolished	13.56	63.09	72.99

는 것이 바람직하나 대상자들의 공복시간을 비교적 일정하게 했음에도 불구하고 공복시 혈당은 유의적인 차이를 나타냈다. Wolever 등<sup>15)</sup>은 당뇨환자를 실험대상자로 하여 GI를 측정하였을 때 공복시 혈당을 똑같이 하기 위해 인슐린의존형 당뇨환자(IDDM)인 경우 췌장의 artificial pancreas를 사용해야거나 artificial pancreas를 사용하지 않고 환자들에게 어떤 식품을 섭취시켰을 때 IDDM과 인슐린비의존형 당뇨환자(NIDDM)의 GI는 유사하다고 보고하였다. 또한 Jenkins 등<sup>17)</sup>은 공복시 혈당과 GI와는 유의적인 상관관계가 없다고 보고하였다. 본 실험에서도 공복시 혈당과 GI( $r = -0.071$ ,  $p < 0.4587$ ) 및 GI-rice( $r = -0.142$ ,  $p < 0.1437$ )와는 유의적인 상관관계가 없는 것으로 확인되었다. 또한 본 실험에서 혈당곡선의 면적계산은 incremental area를 이용하였는데 이는 혈당곡선 밑의 모든 면적을 구하는 absolute area와는 달리 공복시 혈당을 기준으로 하여 그 밑의 면적은 무시하고 공복시 혈당 위의 곡선면적만을 계산하는 방법이다. 따라서 공복시 혈당의 차이가 absolute area에서는 크게 영향을 미치나 incremental area에는 거의 영향을 미치지 않는다고 보고되기도 하였다<sup>10)</sup>.

포도당 섭취시와 비교했을 때 차조군을 제외한 모든 실험군의 식후 15분에 측정된 혈당은 포도당 섭취시의 혈당보다 낮은 경향을 나타났으며, 메밀군( $p < 0.05$ ), 보리군( $p < 0.01$ ), 현미찹쌀군( $p < 0.05$ ), 맵쌀군( $p < 0.001$ ), 메조군( $p < 0.01$ ), 칡쌀군( $p < 0.05$ )에서 각각 24, 23, 15, 12, 11, 10mg/dl 낮게 나타났다. 식이섭취 후 30분의 혈당은 포도당 섭취시와 비교하여 보리군에서 25mg/dl 낮게 나타났으나( $p < 0.001$ ), 차수수군은 15 mg/dl 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 식이 섭취 후 60분 혈당은 보리군을 제외한 모든 군에서 포도당 섭취시보다 높은 경향을 나타냈으며, 찹쌀군은 9mg/dl 높게 나타

났다( $p<0.05$ ). 식이 섭취 후 90분 혈당은 포도당 섭취 시보다 맵쌀군에서만 9mg/dl 증가하였으며( $p<0.05$ ) 다른 군에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 식이 섭취 후 120분의 혈당은 포도당 섭취시보다 곡류군 섭취시에 모두 높았으며, 맵쌀군( $p<0.001$ ), 현미찹쌀군( $p<0.05$ ), 보리군( $p<0.01$ ), 치조군( $p<0.001$ ), 찹쌀군( $p<0.05$ ), 차수수군( $p<0.01$ )에서 각각 16, 15, 14,

13, 13, 8mg/dl 높게 나타났다.

Amylose의 함량이 각각 14~17%와 0~4%인<sup>18)</sup> 맵쌀과 찹쌀의 혈당반응을 비교해보면 15분과 30분에 찹쌀군의 혈당이 높았으나 혈당감소기인 60분이후에는 맵쌀군의 혈당이 비교적 높게 나타났다. 이는 amylose가 풍부한 식이를 섭취할 경우 혈당의 초기반응이 낮고 혈당감소 속도가 느리다는 보고<sup>19)</sup>와 일치하는 것이었다.

**Table 5.** Mean blood glucose response after taking test foods containing 50g carbohydrate portion compared with 50g glucose(control) (mg/dl)

Food	Blood glucose at time(min)					
	0	15	30	60	90	120
Barley	77±1	92±4***	97±3***	93±6	87±2	82±2**
Control	76±1	115±2	122±3	104±5	85±5	68±4
Buckwheat	76±2	87±5*	110±5	98±5	87±4	77±2
Control	73±2	111±3	120±4	92±4	91±7	75±3
Foxtail millet	80±1**	99±3**	123±4	94±5	86±2	84±3
Control	74±2	110±3	117±3	92±4	81±5	72±3
Glutinous millet	82±1**	108±3	134±8	106±8	84±4	87±5***
Control	74±2	107±3	118±3	98±7	86±6	74±5
Glutinous rice	78±2	104±2*	123±3	105±4*	90±3	84±3*
Control	76±1	114±2	117±3	95±2	87±3	71±4
Glutinous rice, unpolished	78±1*	96±4*	122±3	97±5	82±2	85±4*
Control	74±2	111±3	118±3	93±3	82±6	70±4
Glutinous sorghum	77±1	102±3	127±5*	90±6	88±2	85±3**
Control	75±2	105±3	112±2	89±4	89±5	77±3
Job's tear	78±2	98±4	118±4	99±4	87±3	80±3
Control	76±1	110±3	122±4	95±4	78±7	73±4
Rice	79±1*	99±2***	114±2	100±3	93±2*	89±2***
Control	75±1	111±2	120±2	97±3	84±4	73±2
Rice, unpolished	77±1	101±5	120±7	94±7	82±2	79±3
Control	73±2	110±3	117±5	88±4	82±6	71±3

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

**Table 6.** Area under the blood glucose curve, glycemic index(GI), LAR and RAR for test foods containing 50g carbohydrate portion compared with glucose

Food	Area under the blood glucose curve(mg · min/dl)		GI(%)	LAR <sup>1)</sup>	RAR <sup>2)</sup>
	Glucose	Food			
Barley	2714±144	1548±210***	57±7 <sup>d</sup>	0.40±0.05 <sup>de</sup>	0.65±0.10 <sup>c</sup>
Buckwheat	2560±233	2028±140**	80±3 <sup>c</sup>	0.50±0.08 <sup>de</sup>	0.95±0.04 <sup>ab</sup>
Foxtail millet	2245±128	1921±226*	84±6 <sup>c</sup>	0.73±0.50 <sup>c</sup>	0.91±0.08 <sup>bc</sup>
Glutinous rice, unpolished	2425±104	2105±235	86±8 <sup>bc</sup>	0.70±0.10 <sup>cd</sup>	0.97±0.11 <sup>ab</sup>
Rice, unpolished	2314±153	2072±257	90±9 <sup>bc</sup>	0.80±0.08 <sup>bc</sup>	0.98±0.17 <sup>ab</sup>
Job's tear	2370±156	2092±78	90±6 <sup>abc</sup>	0.76±0.13 <sup>c</sup>	1.08±0.07 <sup>ab</sup>
Rice	2568±138	2314±141	92±5 <sup>abc</sup>	0.65±0.03 <sup>cd</sup>	1.03±0.09 <sup>ab</sup>
Glucose	2603±133	-	100±0 <sup>abc</sup>	1.00±0.00 <sup>ab</sup>	1.00±0.00 <sup>ab</sup>
Glutinous millet	2533±336	2565±416	100±8 <sup>abc</sup>	1.01±0.10 <sup>ab</sup>	0.99±0.11 <sup>ab</sup>
Glutinous sorghum	2203±15	2305±155	105±3 <sup>ab</sup>	1.03±0.08 <sup>a</sup>	1.06±0.05 <sup>ab</sup>
Glutinous rice	2458±89	2676±171	110±8 <sup>a</sup>	0.85±0.09 <sup>abc</sup>	1.24±0.08 <sup>a</sup>

1) Left area ratio : left area for sample intake(0~30min)/left area for glucose intake(30~60min)

2) Right area ration : right area for sample intake(0~30min)/right area for glucose intake(30~60min)

Values with different letter superscripts are significantly different each other at  $p<0.05$ .

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

실험 식이 섭취 후의 혈당반응면적, GI, LAR 및 RAR을 구한 값은 Table 6과 같다.

포도당 섭취시와 비교하였을 때 실험식이 섭취시 혈당반응의 총면적은 찹쌀군, 차수수군, 차조군은 높은 경향이었고 맥쌀군, 올무군, 현미멥쌀군, 현미찹쌀군은 낮은 경향이었으며 특히 메조군( $p<0.05$ ), 메밀군( $p<0.01$ ), 보리군( $p<0.001$ )은 포도당 섭취시보다 각각 14, 21, 43% 적게 나타났다.

포도당의 혈당반응면적에 대한 시료의 혈당반응면적의 백분율로 나타낸 GI는 찹쌀군의 경우 110%로 가장 높았고, 보리군은 57%로 가장 낮게 나타났다. 차수수군과 차조군의 GI는 각각 105, 100%로 비교적 높았으며 맥쌀군, 올무군, 현미멥쌀군, 현미찹쌀군의 GI는 각각 92, 90, 90, 86%였다. 메밀군과 메조군의 GI는 84, 80%로 찹쌀군 및 차수수군과는 유의적인( $p<0.05$ ) 차이를 보였다.

실험식이 섭취후 30분을 기준으로 하여 나타낸 왼쪽 면적의 비율과, 오른쪽면적의 비율을 살펴 본 결과 차수수군, 차조군, 포도당군, 찹쌀군의 LAR은 각각 1.03, 1.01, 1.00, 0.85이었으며 메밀군과 보리군의 LAR은 각각 0.50, 0.40이었다. 그의 시료의 LAR은 현미멥쌀군 > 올무군 > 메조군 > 현미찹쌀군 > 맥쌀군의 순이었다. RAR은 찹쌀군이 1.24로 가장 높았고 올무군, 차수수군, 맥쌀군은 각각 1.08, 1.06, 1.03으로 포도당 섭취시 보다 증가하였다. 차조군, 현미멥쌀군, 메밀군, 메조군의 RAR은 각각 0.99, 0.98, 0.97, 0.95, 0.91이었으며 보리군은 0.65로 가장 낮았다.

왼쪽면적과 오른쪽면적을 나누는 기준이었던 30분에서 대부분의 실험군들의 최고혈당값이 추정되었으며, 따라서 LAR은 혈당상승기에, RAR은 혈당감소기에 해당하는 면적이 된다. 한편 혈당상승기는 주로 공장과 회장에서 포도당이 흡수되는 단계이며, 혈당감소기는 조직세포로 당이 유입되는 단계일 것으로 추정되고 있다<sup>20)</sup>. 본 실험에서는 LAR( $r=0.586$ ,  $p<0.0001$ )과 RAR ( $r=0.846$ ,  $p<0.0001$ ) 모두 GI와 유의적인 상관관계를 보이긴 했지만 이중에서 RAR의 상관관계가 더 큰 것으로 나타났다. 본 실험의 결과에 의하면 곡류의 GI는 혈당상승기 면적보다는 혈당감소기 면적과 더 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

곡류 중 GI가 가장 낮았던 보리군의 경우 LAR 및 RAR도 가장 낮게 나타나 혈당상승기 및 감소기 면적이 모두 적은 것으로 나타났다. 따라서 보리는 혈당상승반응 및 감소정도도 완만하게 나타나 전형적인 당뇨식이로 생각된다. 맥쌀군과 찹쌀군의 LAR 및 RAR을 비교해보면, 맥쌀군의 LAR과 RAR이 찹쌀군보다 모

두 낮게 나타나 맥쌀군의 혈당상승기 및 감소기 면적이 찹쌀군보다 작았으며 찹쌀군의 90분과 120분 혈당은 맥쌀군보다 낮게 나타나 식이 섭취 후 2시간동안 맥쌀의 혈당반응곡선은 찹쌀보다 완만한 것으로 나타났다. 이는 전분중에서 amylopectin보다 amylose를 많이 함유한 식이가 낮은 GI를 보인다는 여러 보고들<sup>[13][19][21]</sup>과 일치하는 것이다.

식이섭취 후 최고 혈당값과 최고 혈당값을 나타낸 시간은 Table 7과 같다.

차조군과 차수수군의 최고 혈당값은 포도당 섭취시 보다 각각 19, 11mg/dl 유의적으로 높았으며( $p<0.05$ ), 현미멥쌀군, 메조군 및 찹쌀군의 최고 혈당값은 포도당 섭취시와 비교하여 각각 5, 4, 2mg/dl 증가하는 경향을 보였다. 보리군( $p<0.001$ ) 및 맥쌀군( $p<0.05$ )의 최고 혈당값은 포도당 섭취시와 비교하여 20, 5mg/dl 유의하게 감소하였으며 메밀군과 올무군의 최고 혈당값은 각각 9, 6mg/dl 감소하는 경향을 보였다. 최고 혈당값은 GI와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었으며 본 실험에서도 GI와 유의적인 상관관계( $r=0.505$ ,  $p<0.0001$ )를 나타냈다.

최고 혈당값을 나타낸 시간은 맥쌀군의 경우 포도당 섭취시보다 9분 늦어 졌으며( $p<0.05$ ), 차수수군, 보리군 및 차조군을 제외한 모든 실험군에서 포도당 섭취시 보다 최고 혈당값을 나타내는 시간이 늦어지는 경향을 보였다. 본 실험에서 시료의 GI와 최고 혈당값을 나타낸 시간과는 유의적인 상관관계가 없는 것으로 나타나 ( $r=0.092$ ,  $p<0.3519$ ) 최고 혈당값이 언제 나타나는가보다는 최고 혈당이 얼마인가 GI와 더 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

본 실험의 모든 시료중 보리는 GI 뿐만아니라 식후

**Table 7.** Mean peak value and peak time after taking test foods containing 50g carbohydrate portion compared with glucose

Food	Peak value(mg/dl)		Peak time(min)	
	Glucose	Food	Glucose	Food
Barley	125±2	105±4**	32±4	32±7
Buckwheat	121±4	112±5	32±4	35±5
Foxtail millet	119±3	123±4	28±4	30±0
Glutinous rice, unpolished	122±3	122±3	29±3	30±0
Rice, unpolished	120±4	125±3	26±3	28±3
Job's tear	124±4	118±4	29±1	30±0
Rice	122±2	117±2*	28±2	37±4*
Glucose	123±2	-	28±2	-
Glutinous millet	119±3	138±8*	32±3	32±4
Glutinous sorghum	116±2	127±4*	31±3	28±2
Glutinous rice	121±2	123±3	26±4	30±0

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.001$

혈당, 혈당반응곡선면적, LAR, RAR 및 최고 혈당값이 모두 가장 낮은 것으로 나타나서 혈당조절작용에 뛰어한 효과가 있는 것으로 생각된다. 이러한 보리의 혈당조절작용의 원인으로는 우선 보리에 다양 함유되어 있는 식물성 식이섬유소, 특히  $\beta$ -glucan으로 대표되는 수용성 식이섬유소를 들 수 있다<sup>22)</sup>. 보리에 함유되어 있는 식이섬유소는 점성이 있어<sup>23)</sup>, 위와 소장에서 내용물의 이동 및 확산속도를 느리게 하고<sup>20)</sup> 소장 점막세포를 통한 포도당의 운반을 지연시킴으로써<sup>24)</sup> 식후 혈당상승을 억제하는 효과가 있다고 보고되었다<sup>25)</sup>. 또한 Mahdi 등<sup>26)</sup>에 의하면 보리는 밀가루에 함유된 것(0.13 $\mu\text{g}/\text{g}$ )보다 40배이상에 달하는 Cr을 함유(5.69 $\mu\text{g}/\text{g}$ )하고 있으며, 보리식이, sucrose 식이, sucrose-Cr 보충식 이를 각각 당뇨쥐에게 섭취시켰을 때 sucrose 식이군에 비해 보리식이군과 sucrose-Cr 보충식이군의 혈당, 수분섭취량 및 체중 감소가 유의하게 감소하였는데 이러한 효과는 보리군과 sucrose-Cr 보충식이군의 Cr에 의한 것이라고 보고하였다. 이밖에도 본 실험에서 실험식이를 섭취하는 시간을 15분으로 제한시켰기 때문에 다른 곡류와는 달리 보리는 씹기가 어려워 입에서의 저작작용이 적었을 것으로 생각된다. Granfeldt 등<sup>10)</sup>에 의하면 저작작용이 혈당반응에 영향을 미친다고 하였으며, Read 등<sup>27)</sup>에 따르면 식품을 씹어서 섭취했을 때 혈당반응에 차이가 있었던 식품들을 씹지 않고 삼켰을 때 식품간의 혈당반응의 차이가 없는 것으로 보고하였다. 따라서 식품을 섭취할 때 저작작용은 식품의 소화과정에 커다란 영향을 미치며 보리군의 GI가 낮았던 이유로 저작작용의 영향도 부분적으로 관련되었을 것으로 생각된다.

남 문석 등<sup>9)</sup>에 따르면 현미는 우리나라에서 널리 알려진 당뇨병의 민간요법 중 하나이며 실제로 백미보다는 현미의 식이섬유 함량이 많아 현미가 백미보다 당뇨에 효과가 있는 것으로 생각되어왔다. 그러나 Jenkins 등<sup>28)</sup>은 현미와 백미의 혈당반응에는 유의적인 차이가 없다고 보고 하였으며 본 실험에서 현미멥쌀군의 GI는 90%로 백미멥쌀군의 92%와 유의적인 차이가 없었으나 현미찹쌀군의 GI는 86%이며 백미찹쌀군은 110%로 유의적인 차이를 보였다. 김은희<sup>29)</sup>의 보고에 의하면 백미(멥쌀)와 현미(멥쌀)의 총식이섬유 함량은 각각 1.15, 3.25%이며 이중 수용성식이섬유는 백미에 0.73%, 현미에 0.37% 함유되어 있었다. 즉, 총식이섬유의 함량은 현미가 백미에 비해 더 많았으나 수용성식이섬유 함량은 현미가 백미보다 오히려 더 적었다. 일반적으로 식이섬유가 나타내는 혈당저하 효과는 식이섬유 중에서도 수용성식이섬유에 의한 것으로 알려져 있으

며<sup>20)</sup> 본 실험에서 맵쌀의 경우 현미와 백미의 GI가 유사한 것으로 나타나 현미의 식이섬유 함량의 차이가 GI에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

한편, GI가 낮은 식품은 인슐린 민감도를 증가시키고<sup>30)</sup> 간의 중성지질 합성을 감소시킴으로써 혈당조절 및 혈청지질 조절에 효과가 있으므로<sup>31)</sup>, 당뇨환자뿐 아니라 고지혈증 환자에게 임상적으로 이용되고 있다. Jenkins 등<sup>32)</sup>에 의하면 고콜레스테롤환자에게 GI가 낮은 건조된 두류를 하루에 30g씩 1~3개월간 섭취시켰을 때 혈청콜레스테롤을 수준이 감소되었으며, 1개월간 GI가 낮은 식품을 섭취시키면 총콜레스테롤뿐만 아니라 LDL-콜레스테롤, 중성지질이 유의적으로 감소하였다고 보고되기도 하였다.

GI-rice는 맵쌀 섭취후 혈당반응면적에 대한 시료의 혈당반응 면적의 백분율을 나타낸 것으로 각군의 GI-rice는 Fig. 1과 같다.

곡류 시료중 차수수군의 GI-rice는 122%로 가장 높았고 보리군은 63%로 가장 낮았다. 올무군, 차조군, 현미찹쌀군, 찹쌀군의 GI-rice는 각각 116, 115, 106, 102%로 맵쌀군의 GI-rice보다 높았으며 현미멥쌀군, 메조군, 메밀군의 GI-rice는 각각 90, 85, 79%로 맵쌀군의 GI-rice보다 낮았다. 곡류 시료중 맵쌀군들과 찹쌀군들의 GI-rice를 각각 비교해보면 맵쌀 : 찹쌀은 100 : 102, 현미멥쌀군 : 현미찹쌀군은 90 : 106, 메조군 : 차조군은 85 : 115로 amylopectin 함량이 많을 것으로 예상되는

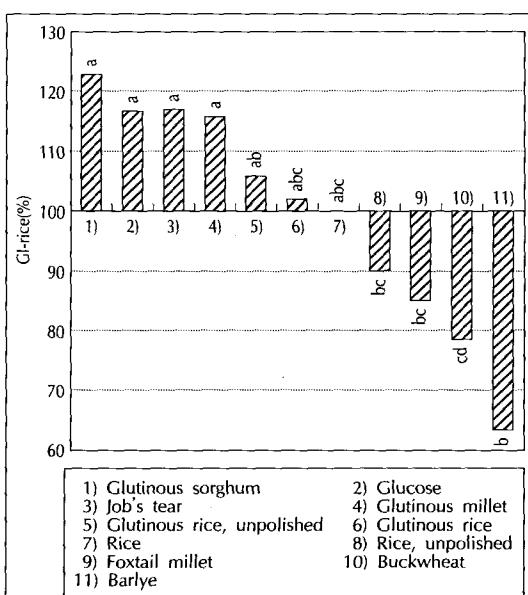


Fig. 1. Mean glycemic index of test foods on the basis of rice as standard. Values with different alphabets are significantly different each other at  $p < 0.05$ .

찹쌀군, 차조군, 현미찹쌀군의 GI-rice가 맵쌀군, 메조군, 현미멥쌀군보다 각각 2, 7, 30%씩 높은 경향을 보였다. 이는 GI와 amylose 및 amylopectin 함량과의 관계를 연구했던 많은 연구결과들과 일치하는 것이다<sup>10)</sup>  
<sup>13)19)21)</sup>

Amylose 함량에 따라 GI나 인슐린반응에 유의적인 차이를 가져오는 원인으로는 우선 효소적 가수분해가 amylose와 amylopectin에 다르게 작용하기 때문으로 보고되었다<sup>19)</sup>. Amylose는 직쇄상의 구조로  $\alpha$ -1, 4 결합으로 구성되어있고 amylopectin은 가지달린 구조로  $\alpha$ -1, 4 및  $\alpha$ -1, 6 결합으로 구성되어 있다. Amylose는 타액이나 췌장 amylase에 의해 maltose, maltotriose나 9개까지의 glucose unit로 전환되는데 비해 amylopectin은 5~9 glucose unit의 가지달린 구조로 전환된다. 이렇게 형성된 직쇄상 혹은 가지달린 구조는  $\alpha$ -glucosidase에 의해 1, 4 결합이 가수분해되고 이 이후에도 가지달린 구조는  $\alpha$ -dextrinase에 의해서 다시 분해되어진다. 이러한 효소의 특이적 작용에 의해 amylose와 amylopectin의 가수분해율에 차이를 가져올 수 있으며 결국 amylopectin은 amylose보다 분자량과 함께 표면적도 커서 더 빨리 소화된다고 보고되고 있다<sup>13)</sup>. 두번째 원인은 지방-전분 복합체에 의한 영향으로써, 지방-전분 복합체는 amylose의 helix구조에 의해 형성된다. 따라서 amylose 함량이 많은 곡류에 지방-전분 복합체가 더 많이 형성되며<sup>19)</sup>, amylose의 함량과 지방-전분 복합체의 함량과는 유의적인 상관관계를 나타냈었다고 보고되기도 하였다<sup>33)</sup>.

GI의 기준식품으로 과거에는 포도당을 이용해 왔으나<sup>9)</sup> 포도당을 기준식품으로 했을 때의 여러 문제점이 인식되면서 근래에는 주로 흰빵을 이용하고 있다<sup>12)15)34)</sup>. 따라서 본 실험에서는 우리나라의 대표적인 주식으로 이용되고 있는 맵쌀을 GI의 기준식품으로 이용할 수 있는지 여부를 확인해 보고자 하였다. 본 실험에서 포도당을 기준으로 했을 때 포도당의 GI는 100이었고 쌀의 GI는 91.8이었다. 먼저 계산상으로 맵쌀의 GI를 100으로 나타내 주기위해( $100/91.8=1.089$ ) 1.089라는 factor 값을 모든 곡류의 GI 값에 곱하였으며 이렇게 보정된 GI는 보리 62, 메밀 87, 메조 91, 현미찹쌀 94, 현미멥쌀 98, 올무 98, 맵쌀 100, 차조 109, 칡쌀 120, 차수수 114%로 계산되었다. 이 보정된 GI와 실제로 쌀을 기준으로 측정한 GI-rice와의 상관성을 검토해 본 결과 Fig. 2에서와 같이 보정된 GI와 GI-rice와는 유의적인 상관관계를 나타내었다( $r=0.964$ ,  $p<0.0001$ ). Wolever의 보고에서<sup>35)</sup> 포도당을 기준으로 한 GI 값에 상기 factor 값을 곱하여 얻은 보정된 GI와 실제로 흰빵을

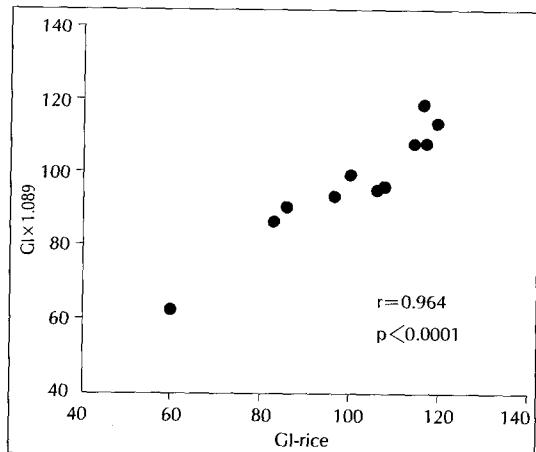


Fig. 2. Correlation of the GI values based on rice(GI-rice) ; i.e. the GI of rice=100) and GI values based on glucose(GI) ; i.e. the GI of glucose=100) in normal subject. The GI values have been multiplied by 1.089 so that the GI of rice=100.

기준으로 하여 측정된 GI와의 상관계수가 0.978로 유의적인 상관관계를 나타내어 GI의 기준식품으로써 흰빵을 이용하고 있다. 따라서 우리나라에서는 포도당과 흰빵이 외에 쌀을 기준식품으로 하여 측정한 GI가 식품들간의 혈당반응의 차이를 예측 할 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 기준식품으로 흰빵을 사용한 경우 원료 밀의 품종 및 가공방법에 의한 차이에 의해서 다양한 연구결과를 나타낸다고 보고된 바 있으며<sup>15)</sup>. 맵쌀을 기준 식품으로 했을 때에도 이와 유사한 문제점들 즉, 쌀의 품종, 조리방법 및 조리후의 저장방법의 차이 등<sup>36)</sup>이 미치는 영향에 대해서 보고되고 있으나 포도당보다는 흰빵이나 밥이 먹기에 좋고, 포도당 섭취시에 느껴지는 과도한 단맛이 없으며, 포도당 용액의 삼투압효과로 인한 지연된 gastric emptying이 나타나지 않고, 식이섭취 후의 insulin 반응을 반영해 주는 것 등 기준식품으로서 더 바람직하다고 보고하였다<sup>15)33)</sup>.

## 결 론

본 실험은 우리나라에서 소비되고 있는 메밀, 메조, 맵쌀, 보리, 올무, 차조, 칡쌀, 현미멥쌀, 현미찹쌀, 차수수 등의 곡류에 대하여 혈당지수(GI)를 구하였으며, 맵쌀을 기준식품으로 한 GI-rice를 측정하여 맵쌀이 GI의 기준식품으로 이용 가능한지 타당성을 검토하였다. 시료의 혈당반응을 측정하고 GI를 구하여 정상 성인에게 50g의 탄수화물을 함유한 실험 식이를 섭취 시킨 후 2시간 동안 혈당을 측정하였으며, 혈당반응곡

선의 면적은 식이섬유 후 공복시 위로 증가된 것만을 계산하였다. GI는(식품 섭취시의 혈당반응면적/포도당 섭취시의 혈당반응면적)×100으로, GI-rice는(식품 섭취시의 혈당반응 면적/멥쌀 섭취시의 혈당반응면적)×100으로 나타났다. 곡류의 GI는 보리군이 57±7%로 가장 낮았으며 찹쌀군이 110±8%로 가장 높게 나타났다( $p<0.05$ ). 멥쌀을 기준으로 한 GI-rice는 보리 63±6, 메밀 79±5, 메조 85±6, 현미 90±12, 멥쌀 100±0, 찹쌀 102±7, 현미찹쌀 106±6, 차조 115±13, 올무 116±13, 차수수 122±4%로 나타났다. GI-rice에 의하면 찹쌀군들(찹쌀, 차조, 현미찹쌀)보다 멥쌀군들(멥쌀, 메조, 현미멥쌀)의 GI가 낮을 뿐 아니라 혈당반응도 완만하여 혈당조절에 유리한 것으로 밝혀졌으며, 곡류 중에서 보리는 GI와 최고 혈당값이 가장 낮아서 바람직한 당뇨식이소재로 나타났다. 또 멥쌀을 기준식품으로 이용한 GI-rice와 보정된 GI는 높은 상관관계( $r=0.964$ ,  $p<0.0001$ )를 보여 멥쌀이 GI를 측정하는데 기준식품으로 이용할 수 있는 것으로 나타났다.

#### ■ 감사의 글

본 연구는 1995~1997년도에 보건복지부에서 지원하는 보건의료기술과제(HMP-96-F-3-0010)의 연구비에 의하여 수행되었기에 감사드립니다.

#### Literature cited

- 최영길. 21세기의 당뇨병. 당뇨병 17(부록 1) : 1-2, 1993
- 平田幸正. 당뇨병의 진단과 치료, 서광의학, 1994
- 안유현. 당뇨병의 진단. 당뇨병 17(부록 1) : 7-12, 1993
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Josse RG, Wong GS. Nutrition : The changing scene. *The Lancet* 18 : 388-391, 1984
- 남문석 · 김경래 · 조재화 · 이경미 · 박현영 · 이은직 · 임승길 · 이현철 · 허갑범. 설문조사에 의한 성인당뇨병환자 의 민간요법실태. 당뇨병 18(3) : 242-248, 1994
- Wolever TMS. How important is prediction of glycemic response ? *Diabetes Care* 12(8) : 591-593, 1989
- 송오금 · 김두만 · 유형준. 당뇨병 식사요법을 위한 식품교환체계에 관한 고찰. 당뇨병 10(2) : 181-186, 1986
- Coulston AM, Hollenbeck CB, Liu GC, William 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
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Feierden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. Glycemic index of foods : A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34 : 362-366, 1981
- Granfeldt Y, Liljeberg H, Drews A, Newman R, Bjork I. Glucose and insulin response to barley products : Influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. *Am J Clin Nutr* 59 : 1075-1082, 1994
- Gannon MC, Nuttall FQ. Factors affecting interpretation of postprandial glucose and insulin areas. *Diabetes care* 10(6) : 759-763, 1987
- Bornet FRJ, Costagliola D, Rizkalla SW, Blayo A, Fontvieille A-M, Haardt M-J, Letanoux M, Tchobroutsky G, Slama G. Insulinemic and glycemic indexes of six starch-rich foods taken alone and in a mixed meal by type 2 diabetics. *Am J Clin Nutr* 45 : 588-595, 1987
- 정구혁 · 김기호 · 한국형 · 방철환 · 최재희 · 김웅진 · 김영전. 당뇨병 환자에서의 한국인 주식의 식이요법. *대한내과학회잡지* 34(1) : 88-94, 1987
- 식품성분표 제 4 개정판, 농촌진흥청 농촌영양개선연수원, 1991
- Wolever TMS, Jenkins DJA, Josse RG. The glycemic index : Methodology and implications. *Am J Clin Nutr* 54 : 846-854, 1991
- 송문섭 · 이영조 · 조신섭 · 김병천. SAS를 이용한 통계자료분석, 자유아카데미, 1993
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Wong GS, Kenshole A, Josse RG, Thompson LU, Lam KY. Glycemic responses to foods : Possible differences between insulin-dependent and noninsulin-dependent diabetics. *Am J Clin Nutr* 40 : 971-981, 1984
- 김동훈. 식품화학, pp225-285, 탐구당, 1994
- Goddard MS, Young G, Marcus R. The effect of amylose content on insulin and glucose responses to ingested rice. *Am J Clin Nutr* 39 : 388-392, 1984
- Nishimune T, Yakushiji T, Sumimoto T, Taguchi SS, Konishi T, Nakahara S, Ichikawa T, Kumita N. Glycemic response and fiber content of some foods. *Am J Clin Nutr* 54 : 414-419, 1991
- Panlasigui LN, Thompson LU, Juliano BO, Perez CM, Yiu SH, Greenberg GR. Rice varieties with similar amylose content differ in starch digestibility and glycemic response in humans. *Am J Clin Nutr* 54 : 871-877, 1991
- Granfeldt Y, Björck AD, Tovar J. An *in vitro* procedure based on chewing to predict metabolic response to starch in cereal and legume products. *Eur J Clin Nutr* 46 : 649-660, 1992
- Mani UV, Bhatt S, Mehta NC, Pradhan SN, Shah V, Mani I. Glycemic index of traditional indian carbohydrate foods. *J Am Coll Nutr* 9(6) : 573-577, 1990
- Naismith DJ, Mahdi GS, Shakir NN. Therapeutic value of barley in the management of diabetes. *Ann Nutr Metab*

- 35 : 61-64, 1991
- 25) Wolever TMS. Relation between dietary fiber content and composition in foods and the glycemic index. *Am J Clin Nutr* 51 : 72-75, 1990
- 26) Mahdi GS, Naismith DJ. Role of Chromium in barley in modulating the symptoms of diabetes. *Ann Nutr Metab* 35 : 65-70, 1991
- 27) Read NW, Welch IM, Austen CJ, Barnish C, Bartlett CE, Baxter AJ, Brown G, Compton ME, Hume KE, Storie I, Worlding J. Swallowing food without chewing : A simple way to reduce postprandial glycaemia. *Brit J Nutr* 55 : 43-47, 1986
- 28) Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker HM, Fielden H, Gassull MA. Lack of effect of refining on the glycemic response to cereals. *Diabetes Care* 4(5) : 509-513, 1981
- 29) 김은희. 주요 한국산 식품의 식이섬유소 함량과 분석방법 비교. 고려대학교 식품가공학과 박사학위논문, 1992
- 30) 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
- 31) 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* 14 (2) : 95-101, 1991
- 32) Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Griffiths C, Krzeminska K, Lawrie JA, Bennett CM, Goff DV, Sarson DL. Slow release dietary carbohydrate improves second meal tolerance. *Am J Clin Nutr* 35 : 1339-1346, 1982
- 33) Juliano BO, Goddard MS. Cause of varietal difference in insulin and glucose response to ingested rice. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr* 36 : 35-41, 1986
- 34) Spiller GA, Jensen CD, Pattison TS, Chuck CS, Whittam JH, Scala J. Effect of protein dose on serum glucose and insulin response to sugars. *Am J Clin Nutr* 46 : 474-480, 1987
- 35) Wolever TMS. The glycemic index. In : Bourne GH, ed. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 62, 120-185, Sydney, 1990
- 36) Miller JB, Edna P, Bramall L. Rice : A high or low glycemic index food ? *Am J Clin Nutr* 56 : 1034-1036, 1992