



## 난소화성 덱스트린 발효유의 식후 혈당치 상승에 미치는 영향

송민호<sup>1</sup> · 조영훈<sup>2</sup> · 신현정<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 의과대학, <sup>2</sup>남양유업(주) 중앙연구소

## Effects of Fermented Milk with Indigestible Dextrin Formulation on Postprandial Blood Glucose Levels in Korean Healthy Volunteers

Min-Ho Song<sup>1</sup>, Young-Hoon Cho<sup>2</sup>, and Hyun-Jung Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>College of Medicine, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Research & Development Center, Namyang Dairy Products Co. Ltd., Sejong 339-914, Korea

**Abstract:** Recently, the prevalence of diabetes and metabolic syndrome is increasing and has become a social problem. Considering the fact that many Koreans consumed fermented milk, this study was performed to determine the positive effect of fermented milk with indigestible dextrin formulation (Dr. Insue) for patients impaired glucose tolerance or potentially metabolic syndrome, diabetic. Long-term drinking of fermented milk, Dr. Insue did not cause the rise in blood glucose after a meal and has no side effects such as discomfort digestive-organ in spite of intake 12 wk. Also, It confirmed that there is no adverse effect about hematological and biochemical tests, including glycosylated hemoglobin. It is suggested that fermented milk, Dr. Insue is suitable beverage for potentially diabetic patients with metabolic syndrome of impaired glucose tolerance. Additionally, it should be considered to be a means to investigate the changes of cardiovascular risk of ingestion of the fermented milk and research through the increases the amount indigestible dextrin formulation or extending the period of intake.

**Keywords:** fermented milk, lactic acid bacteria, blood glucose levels

### 서 론

전세계적으로 당뇨병 환자수가 증가하는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 우리나라의 경우에도 30세 이상 성인의 당뇨병 환자 비율이 1971년에는 1.5%였으나, 1993년에는 9.1%로 20년 사이 6배 이상 늘었으며 당뇨병으로 인한 사망률도 1983년에는 10만명당 4.3명이던 것이 2000년에는 22.6명까지 5배 가량 늘어난 바 있다. 특히, 당뇨병의 원인으로 인슐린저항성이 알려지면서 현성 당뇨병 환자뿐 아니라 내당능장애를 갖는 잠재적 당뇨병 환자들도 심혈관계의 유병률이 증가함이 밝혀졌고(Barnett *et al.*, 2006; Nabipour *et al.*, 2006; Yokoyama *et al.*, 2006), 이에 따라 당대사이상에 대한 사회적 관심도가 증가되고 있다(Choi *et al.*, 2005).

최근의 연구 결과들은 경구 당부하 검사에 따른 혈당이 당뇨병의 진단기준에 미치지 못하더라도 공복혈당이 100mg% 이상이면 공복혈당장애로 포도당 부하후 2시간 혈당이 140mg% 이상인 경우를 내당능장애로 진단하여 연관된 대사 이상이 있는지 확인하고 적극적인 식이요법과 운동요법 등을 시행하도록 권고하고 있다(Daskalopoulou *et al.*, 2004; Karasik, 2005). 내당능장애는 당뇨병의 전단계로서 당뇨병으로의 진행 위험을 알리는 신호이자 그 자체로 심혈관 합병증의 위험을 증가시키는 중요한 당대사이상인 것이다(Yokoyama *et al.*, 2006).

2형 당뇨병은 공복시 고혈당과 식사 후 혈당의 과도한 상승이 특징이다. 공복시 고혈당은 간에서 당생성 증가가 원인인 반면, 식후 고혈당은 근육에서 당이용 감소와 간에서 당생성 억제 결여, 그리고 인슐린 분비 결함에 의한 상대적인 인슐린 결핍과 같은 복합적 원인에 의해 일어난다(Petersen and McGuire, 2005; Rao *et al.*, 2004). 최근 공복시 혈당보다 식후 혈당의 정상화가 만성 합병증 방지에 중요한 것으로 생각되고 있고 내당능장애 등의 당대사 이상을 가진 환자들에게 식후 혈당을 저하시킬 수 있는 약제에 대한 관심이 높아지고 있으며, 글루코스 흡수억제제의 적

\*Corresponding author: Hyun-Jung Shin  
Research & Development Center, Namyang Dairy Products Co. Ltd., Sejong 339-914, Korea  
Tel: 82-44-856-0381, Fax: 82-  
E-mail: microshj@naver.com  
Received November 20, 2015; Revised December 5, 2015;  
Accepted December 15, 2015

절한 사용은 이러한 목표에 적합할 것으로 생각되고 있다 (Scott *et al.*, 1999; Yamagishi *et al.*, 2005).

현재, 당뇨병 환자의 치료에 사용되고 있는 글루코스 흡수 억제제는 알파-글루코시다제 억제제( $\alpha$ -glucosidase inhibitor)로 우리나라에서 아카보스(acarbose)와 보글리보즈(voglibose)가 사용되고 있다. 이 약제의 작용은 소장 세포에서 알파-글루코시다제( $\alpha$ -glucosidase)를 경쟁적으로 억제하여 복합 당질이 단당류로 분해되어 소화 흡수되는 과정을 차단함으로써 식후 혈당의 상승을 저하시킨다(Casirola and Ferraris, 2006). 이 약제는 췌장에서 인슐린 분비를 자극하지 않아 고인슐린혈증과 저혈당을 일으키지 않는 장점이 있으며 당질의 섭취가 많은 우리나라에서 효과적인 약제로 사용되고 있다(Inoue *et al.*, 2006; Shinoda *et al.*, 2006).

난소화성 텍스트린은 전분을 가열한 뒤 효소를 처리해서 제조된 저점성의 수용성 식물성유로써, 식후의 혈당치 상승 억제효과 및 당대사 이상의 개선효과를 갖는 것이 보고되어 있다(Wakabayashi, 1993). 이러한 효과를 갖는 기전으로는 자당과 말토스의 가수분해에 의해 일어나는 글루코스의 흡수를 억제하는 것으로 알려져 있다. 이미 Wakabayashi 등은 백서에서 당불내성을 개선하고 지질대사에 긍정적인 영향을 미친다고 보고한 바도 있다(Wakabayashi, 1992; Wakabayashi *et al.*, 1995). 이에 본 연구에서는 난소화성 텍스트린을 배합한 유산균 발효유(닥터 인슈)의 섭취가 정상인과 내당능장애(Impaired glucose tolerance)자에게 식후 혈당의 개선을 가져오는지 확인하고, 지질대사 및 혈액성분에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 대상

모집된 불특정 지원자를 대상으로 선별검사를 통하여 정상인 지원자 또는 내당능장애가 있는 지원자를 선정하였다. 피험자 집단은 24세 이상 58세 이하의 정상인 또는 내당능장애자로서, 당뇨병으로 진단을 받은 기왕력이 있거나 경구혈당강하제를 복용하고 있는 환자, 임신하고 있거나 임신의 가능성이 있는 여자, 연구에 영향을 미칠 수 있는 다른 약제를 복용하고 있는 사람, 기타 연구에 비협조적일 것으로 판단되는 사람, 혈중 Creatinine이 1.5 mg/dL를 초과하거나 혈중 AST 또는 ALT가 100 IU/L을 초과하는 경우는 제외하였으며, 연구 시행 전 모든 대상자들의 동의를 확인하였다.

### 단회섭취시험

총 48명의 대상자들을 검사전일 저녁 9시부터 금식하도록 한 후, 검사당일의 공복혈당을 측정하였으며 동일한 열량의 섭취를 위하여 순두부백반(600 kcal)을 제공하고 모두 섭취토록 하였다. 식사를 마친 시험자는 시험음료(닥터 인

슈)군과 대조음료(일반 발효유)군으로 무작위로 선별하여 발효유를 섭취토록 하였다. 이후 식후 30분, 60분, 120분 혈당을 측정한 후 양군을 비교하였다. 연구에 참여한 모든 대상자들의 나이, 체질량지수(BMI,  $\text{kg/m}^2$ ), 혈압 등을 기본 병력사항과 함께 조사하였으며, 혈중 C-peptide(공복 및 식후 2시간), 당화혈색소(HbA<sub>1c</sub>), 중성지방(Triglyceride), 총콜레스테롤(Total cholesterol), 고밀도 콜레스테롤(HDL-cholesterol), 총단백(Total protein), AST, ALT, ALP, 총 빌리루빈(Total bilirubin), BUN, Creatinine, 요산(Uric acid), 헤모글로빈(Hemoglobin) 및 헤마토크릿(Hematocrit) 등을 측정하여 지질대사 및 혈액성분의 기초자료를 확보하였다.

### 장기섭취시험

48명의 단회측정시험 대상자들중 장시섭취시험에 동의하는 지원자를 선발하였으며, 정상군과 내당능장애(공복혈당이 100mg/dL 이상이거나 식후 2시간 혈당이 140mg/dL 이상인 경우)를 가진군이 각각 15명씩 선발되었다. 이들을 다시 시험음료군과 대조음료군으로 무작위로 분류하여 발효유를 12주간동안 매일 한 병씩 지속적으로 복용하도록 하였으며, 시험개시전, 4주, 8주 및 12주에 방문하여 단회섭취시험에서와 같은 방법으로 혈당을 측정하였다. 장기섭취시험에 참여한 대상자들은 발효유 섭취 전과 섭취 12주체에 앞서 언급한 바와 같이 당화혈색소, 지질대사, 혈액학적검사 및 혈청생화학적검사를 시행하였다. 장시섭취시험에 참여한 대상자들은 모두 해당 발효유를 12주간 지속적으로 복용하였으며, 이러한 과정을 통하여 얻어진 자료들은 정상군에서 시험음료군과 대조음료군, 내당능장애를 가진군에서 시험음료군과 대조음료군으로 나누어 혈당을 비롯한 여러 지표들을 비교 및 분석하였다.

### 통계처리

조사된 모든 변수들은 “평균값 $\pm$ 2 $\times$ 표준편차(Standard deviation)”로 표기하였으며, 군간의 다양한 변수들의 평균값 비교에는 독립적인 두 표본 간의 차이(Independent-samples *t*-test)를 수행하였고, 동일 대상군의 섭취전, 후의 변수들을 비교하는 경우에는 짝 표본에서 두 모평균 차에 대한 검정(Paired *t* test)을 수행하였다. 대상자의 수가 적어 정규분포를 기대하기 어려운 경우에는 짝표본간의 차이를 비교하기 위하여 Wilcoxon의 부호순위 검정을 수행하였다. 통계처리는 SPSS 14.0 for Window 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, 모든 *p* 값은 양측검정을 통하여 산출하였고 통계적 유의수준은 0.05 미만으로 정의하였다.

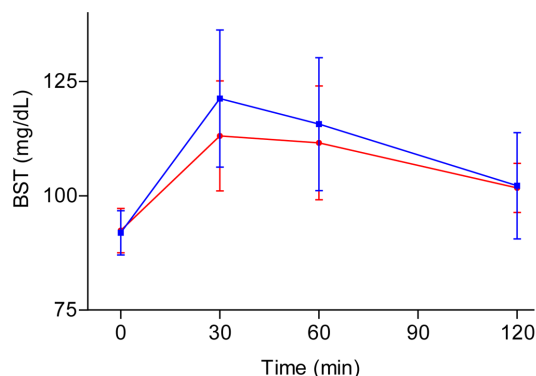
## 결 과

### 단회섭취시험

단회섭취시험 대상자는 시험음료군이 22명으로 대조음료

**Table 1. Comparison between control and test group before single intake**

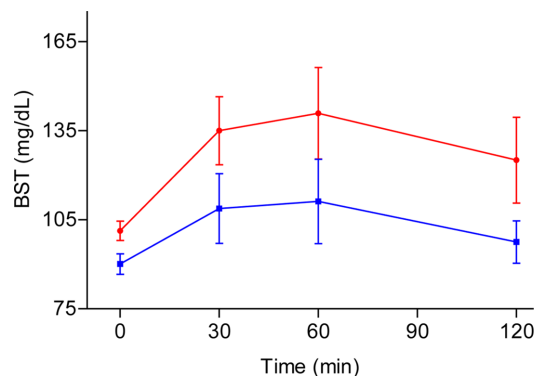
|                           | Control (N=26) | Test (N=22) | p-value |
|---------------------------|----------------|-------------|---------|
| Age (years)               | 29.7±10.5      | 27.6±7.1    | 0.41    |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )  | 23.8±2.9       | 24.1±3.4    | 0.75    |
| 수축기 혈압 (mmHg)             | 125.9±14.9     | 128.3±14.0  | 0.57    |
| 이완기 혈압 (mmHg)             | 74.1±7.8       | 76.3±6.8    | 0.31    |
| c-peptide (FBS, pmol/mL)  | 0.9±0.2        | 0.9±0.3     | 0.80    |
| c-peptide (PP2, pmol/mL)  | 2.7±1.0        | 2.4±0.8     | 0.23    |
| HbA1c (%)                 | 5.2±0.3        | 5.2±0.3     | 0.94    |
| Triglyceride (mg/dL)      | 86.3±46.2      | 87.1±44.7   | 0.95    |
| Total cholesterol (mg/dL) | 169.9±29.5     | 160.2±24.3  | 0.22    |
| HDL-cholesterol (mg/dL)   | 52.2±9.6       | 48.6±6.7    | 0.15    |
| Total protein (g/dL)      | 7.5±0.4        | 7.4±0.5     | 0.27    |
| Albumin (g/dL)            | 4.8±0.3        | 4.8±0.3     | 0.78    |
| AST (IU/L)                | 22.6±10.4      | 27.0±13.6   | 0.21    |
| ALT (IU/L)                | 18.7±12.0      | 26.9±25.5   | 0.15    |
| ALP (IU/L)                | 80.6±11.9      | 78.8±17.1   | 0.75    |
| Total bilirubin (mg/dL)   | 0.9±0.3        | 0.9±0.4     | 0.70    |
| BUN (mg/dL)               | 11.5±3.1       | 12.9±3.3    | 0.13    |
| Creatinine (mg/dL)        | 0.9±0.2        | 0.9±0.2     | 0.18    |
| Uric acid (mg/dL)         | 5.3±1.7        | 5.2±2.1     | 0.76    |
| Hemoglobin (g/dL)         | 13.9±2.1       | 14.9±2.1    | 0.13    |
| Hematocrit (%)            | 40.8±5.2       | 42.7±5.2    | 0.20    |



Blue line : control group, Red line : test group

**Fig. 1. Changes of blood glucose in control and test group after single intake.**

군이 26명으로 구성되었으며 양군의 단회섭취시험전 기초 자료를 비교하였다(Table 1). 양군의 나이는 시험음료군이 29.7±10.5세이고 대조음료군이 27.6±7.1세로 차이가 없었으며, 체질량지수도 각각 23.8±2.9 kg/m<sup>2</sup>, 24.1±3.4 kg/m<sup>2</sup>로 차이가 없었다. 더불어, 수축기 및 이완기 혈압, 당화혈색소, 지질대사, 혈액학적검사 및 혈청생화학적 검사 등의 결과도 양 군에서 차이가 없었다(Table 1). 기초자료에 차이가 없음을 확인한 본 연구자들은 무작위 배정에 따른 시험음료군과 대조음료군의 혈당변화를 비교하였다. 시험음료군과 대조음료군의 공복혈당은 각각 92.4±8.4 mg/dL, 91.9±8.4 mg/dL로 차이가 없었으며, 식후 30분, 60분 및



Blue line : normal group,  
Red line : impaired glucose tolerance group

**Fig. 2. Comparison of fasting and postprandial blood glucose in normal and impaired glucose tolerance group before long-term intake.**

120분 혈당에서도 양군간에 통계학적으로 의미가 있는 차이는 없었다. 그러나, 시험음료군의 식후 30분, 60분 혈당이 대조음료군의 식후혈당에 비하여 낮은 경향을 보임을 알 수 있었다(Fig. 1).

### 장기섭취시험

장기섭취시험전 정상군과 내당능장애군의 비교  
12주간의 장기섭취시험전에 정상군과 내당능장애군의 공

복 및 식후 혈당과 기초자료를 비교, 분석하였다. 공복혈당의 경우, 정상군이  $90.1 \pm 6.0$  mg/dL이고, 내당능장애군이  $101.3 \pm 5.6$  mg/dL로 양군간에 유의한 차이를 나타내었다( $p$ -value $<0.001$ , Fig. 2). 식후 30분에 측정된 혈당도 정상군이  $108.8 \pm 20.3$  mg/dL이고 내당능장애군이  $135.0 \pm 19.9$  mg/dL로 양군 간에 유의한 차이가 있었으며( $p$ -value $=0.02$ , Fig. 2), 식후 60분에 측정된 혈당도 정상군, 내당능장애군이 각각  $111.2 \pm 24.6$  mg/dL,  $140.9 \pm 26.7$  mg/dL이었으며( $p$ -value $=0.03$ , 그림2), 식후 120분에 측정된 혈당은 각각  $97.5 \pm 12.3$  mg/dL와  $125.1 \pm 25.0$  mg/dL으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다( $p$ -value $=0.02$ , Fig. 2).

혈당의 차이에서 통계학적 유의성을 확인한 연구자들은 양군의 기초자료를 비교하였다. 정상군의 나이와 체질량지수는  $33.3 \pm 9.9$ 세와  $23.5 \pm 3.6$  kg/m<sup>2</sup>였고, 내당능장애군에서의 나이와 체질량지수는  $37.9 \pm 9.2$ 세와  $24.4 \pm 1.8$  kg/m<sup>2</sup>였으며 양군의 차이는 없었다(Table 2). 인슐린 분비량을 간접적으로 반영하는 C-peptide 분석에서도 정상군과 내당능장애군의 공복 측정치가 각각  $0.9 \pm 0.3$  pmol/mL과  $0.9 \pm 0.4$  pmol/mL이었으며, 식후 120분의 측정치는 각각  $2.4 \pm 1.1$  pmol/mL과  $3.1 \pm 0.9$  pmol/mL이었고 양군에서 유의한 차이는 확인되지 않았다(Table 2). 이를 통하여 양 군의 혈당은 차이가 있으나, 체질량지수나 인슐린 분비능의 차이는 없음을 알 수 있었다.

내당능장애는 인슐린 저항성에 기인하는 것으로서 공복혈당이 대사증후군의 진단기준에 포함되어 있다. 이에 연구자들은 대사증후군의 다른 요소들은 어떠한지 비교하기 위하여, NCEP ATP III 진단기준에 포함되어 있는 Triglyceride와 HDL-cholesterol 등을 분석하였다. 정상인군과 내당

능장애군의 Triglyceride 측정치는 각각  $83.5 \pm 53.0$  mg/dL와  $101.5 \pm 54.7$  mg/dL였으며, HDL-cholesterol도 각각  $48.7 \pm 6.6$  mg/dL와  $53.0 \pm 7.4$  mg/dL였고 양군에서 유의한 차이는 없었다(Table 2). 그러나, 총콜레스테롤(Total cholesterol)은 정상군과 내당능장애군이 각각  $159.7 \pm 20.9$  mg/dL,  $195.6 \pm 28.9$  mg/dL로 내당능장애군에서 유의하게 증가되어 있음을 알 수 있었다( $p$  value $=0.02$ , Table 2). 혈액학적, 생화학적 검사를 포함하는 다른 지표들의 비교에서는 양군이 차이를 보이지 않았다(Table 2). 비록, 대사증후군의 진단기준에는 속하지 않으나 내당능장애군에서 Triglyceride와 HDL-cholesterol의 변화없이 총콜레스테롤(Total cholesterol)이 증가되어 있는 것도 비정상적인 지질대사상태를 반영하는 결과라 추측할 수 있겠다.

이상의 결과를 통하여 모집된 정상군과 내당능장애군이 당대사와 지질대사에 차이가 있음을 확인할 수 있었으며, 발효유의 장기섭취가 양군의 대사상태에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하기로 하였다.

#### 정상군과 내당능장애군에서 4주간 발효유를 섭취한 후 측정된 공복 및 식후혈당의 비교

정상군과 내당능장애군에게 각각 무작위로 대조음료와 시험음료를 4주간 지속적으로 섭취토록 한 후에 단회섭취시험에서와 같은 방법으로 공복 및 식후혈당을 측정하여 비교하였다.

15명의 정상군은 대조음료군이 7명, 시험음료군이 8명으로 구성되었으며, 7명의 대조음료군의 경우 섭취전 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당이 각각  $91.5 \pm 5.7$  mg/dL,  $99.4 \pm 9.0$  mg/dL,  $103.9 \pm 17.8$  mg/dL 및  $93.5 \pm 9.5$  mg/dL였으며

**Table 2. Comparison between normal and impaired glucose tolerance group before long-term intake**

|                           | Normal (N=15)    | Impaired glucose tolerance (N=15) | <i>p</i> -value |
|---------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Age (years)               | $33.3 \pm 9.9$   | $37.9 \pm 9.2$                    | 0.31            |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )  | $23.5 \pm 3.6$   | $24.4 \pm 1.8$                    | 0.44            |
| c-peptide (FBS, pmol/mL)  | $0.9 \pm 0.3$    | $0.9 \pm 0.4$                     | 0.95            |
| c-peptide (PP2, pmol/mL)  | $2.4 \pm 1.1$    | $3.1 \pm 0.9$                     | 0.16            |
| HbA1c (%)                 | $5.3 \pm 0.3$    | $5.4 \pm 0.3$                     | 0.38            |
| Triglyceride (mg/dL)      | $83.5 \pm 53.0$  | $101.5 \pm 54.7$                  | 0.48            |
| Total cholesterol (mg/dL) | $159.7 \pm 20.9$ | $195.6 \pm 28.9$                  | 0.02            |
| HDL-cholesterol (mg/dL)   | $48.7 \pm 6.6$   | $53.0 \pm 7.4$                    | 0.21            |
| Total protein (g/dL)      | $7.4 \pm 0.6$    | $7.6 \pm 0.4$                     | 0.35            |
| Albumin (g/dL)            | $4.7 \pm 0.4$    | $4.7 \pm 0.2$                     | 0.84            |
| AST (IU/L)                | $20.5 \pm 2.9$   | $22.1 \pm 7.5$                    | 0.47            |
| ALT (IU/L)                | $17.6 \pm 9.1$   | $20.4 \pm 18.0$                   | 0.70            |
| ALP (IU/L)                | $72.8 \pm 18.1$  | $74.9 \pm 19.4$                   | 0.81            |
| Total bilirubin (mg/dL)   | $0.9 \pm 0.4$    | $0.8 \pm 0.3$                     | 0.53            |
| BUN (mg/dL)               | $12.9 \pm 3.6$   | $11.4 \pm 3.9$                    | 0.40            |
| Creatinine (mg/dL)        | $0.9 \pm 0.2$    | $0.8 \pm 0.2$                     | 0.38            |
| Uric acid (mg/dL)         | $5.0 \pm 1.8$    | $3.8 \pm 1.2$                     | 0.12            |
| Hemoglobin (g/dL)         | $13.9 \pm 2.1$   | $12.5 \pm 2.5$                    | 0.25            |
| Hematocrit (%)            | $40.2 \pm 5.5$   | $37.6 \pm 5.3$                    | 0.30            |

4주간 섭취후 측정된 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은  $85.6 \pm 9.2$  mg/dL,  $118.6 \pm 27.7$  mg/dL,  $105.6 \pm 16.3$  mg/dL 및  $104.4 \pm 11.8$  mg/dL였다. 시험음료군으로 분류된 8명의 경우에는 발효유 섭취전 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당이 각각  $88.4 \pm 6.4$  mg/dL,  $119.6 \pm 24.8$  mg/dL,  $120.1 \pm 29.6$  mg/dL 및  $102.1 \pm 14.2$  mg/dL였으며 4주간 섭취후 측정된 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은  $88.0 \pm 16.7$  mg/dL,  $105.3 \pm 18.0$  mg/dL,  $106.4 \pm 21.8$  mg/dL 및  $104.9 \pm 12.4$  mg/dL였다. 대조음료군의 경우 식후 120분에 측정된 혈당이  $93.5 \pm 9.5$  mg/dL에서  $104.4 \pm 11.8$  mg/dL로 증가하는 경향( $p$ -value=0.09)을 보이는 등 대체로 식후 혈당이 증가하는 추세(Fig. 3A)를 보인 반면에 시험음료군에서는 공복혈당은 변화가 없으면서, 식후 60분혈당이  $120.1 \pm 29.6$  mg/dL에서  $106.4 \pm 21.8$  mg/dL로 유의하게 감소( $p$ -value=0.04)하는 등 식후 30분, 60분 혈당이 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 3B).

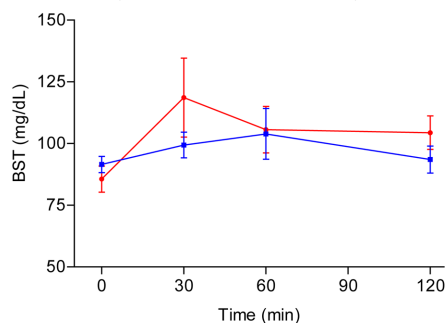
내당능장애군에서도 15명 중 대조음료군이 7명, 시험음료군이 8명으로 구성되었으며 정상군과 마찬가지로 4주간 발효유를 섭취한 후에 공복 및 식후 혈당을 측정하여 비교하였다. 대조음료군의 경우 섭취전 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은 각각  $103.5 \pm 2.1$  mg/dL,  $130.5 \pm 17.7$  mg/dL,  $123.0 \pm 14.1$  mg/dL 및  $112.5 \pm 3.5$  mg/dL였으며 4주간 섭취후 측정된 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은  $91.5 \pm 5.0$  mg/dL,  $147.5 \pm 9.19$  mg/dL,  $141.5 \pm 20.5$  mg/dL

dL 및  $125.0 \pm 17.0$  mg/dL이었다. 시험음료군의 경우에는 섭취전 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은 각각  $100.4 \pm 6.5$  mg/dL,  $136.8 \pm 22.5$  mg/dL,  $148.0 \pm 28.1$  mg/dL 및  $130.2 \pm 28.7$  mg/dL였으며 4주간 섭취후 측정된 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은  $95.2 \pm 6.2$  mg/dL,  $143.4 \pm 24.4$  mg/dL,  $123.8 \pm 21.6$  mg/dL 및  $128.8 \pm 30.7$  mg/dL이었다. 비록 통계학적으로 유의한 변화를 확인하지는 못하였으나 정상군에서와 유사하게 시험음료를 섭취한 내당능장애군의 혈당이 대조음료군에 섭취한 내당능장애군과 비교하여 상승폭이 낮은 것을 알 수 있었다(Fig. 4A, 4B).

#### 정상군에서 장기 섭취후 공복, 식후혈당 및 대사지표의 변화

12주간의 장기 섭취후 공복, 식후 혈당 및 대사지표의 변화를 조사하였다. 정상군에서 대조음료를 섭취한 군에서는 장기섭취후 측정된 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은  $93.6 \pm 4.8$  mg/dL,  $122.1 \pm 19.7$  mg/dL,  $114.0 \pm 17.3$  mg/dL 및  $99.3 \pm 10.5$  mg/dL이었다. 시험음료군에서는 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당이  $86.9 \pm 9.0$  mg/dL,  $135.6 \pm 42.0$  mg/dL,  $116.7 \pm 39.8$  mg/dL 및  $101.3 \pm 10.5$  mg/dL이었다. 4주간 섭취시와 유사하게 대조음료군에서는 식후 30분 혈당이  $99.4 \pm 9.0$  mg/dL에서  $122.1 \pm 19.7$  mg/dL로 증가하였으며( $p$ -value=0.02) 섭취전에 비하여 식후혈당

A. Control (N=7), Blue line ; before intake, Red line ; after intake



B. Test (N=8), Blue line ; before intake, Red line ; after intake

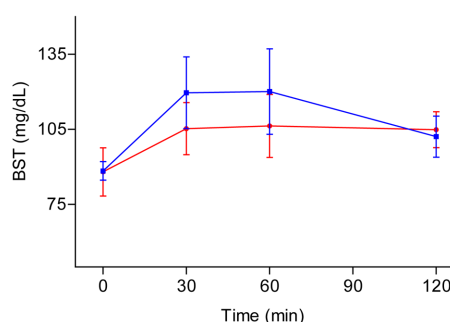
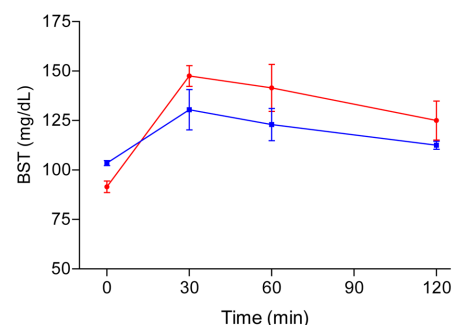


Fig. 3. Comparison of fasting and postprandial blood glucose in normal group after fermented milk intake for 4 wk.

A. Control (N=7), Blue line ; before intake, Red line ; after intake



B. Test (N=8), Blue line ; before intake, Red line ; after intake

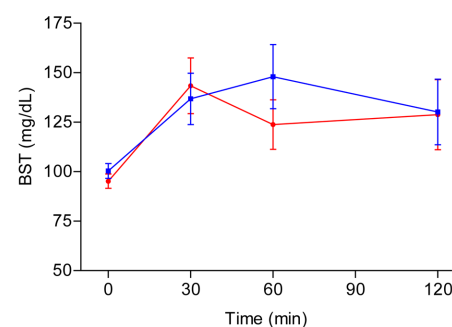
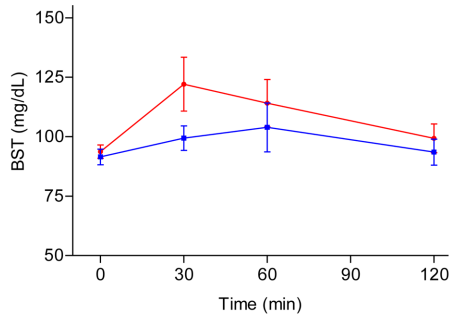
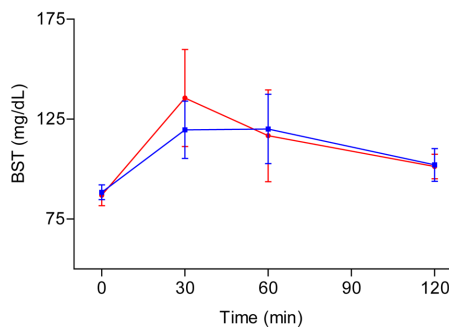


Fig. 4. Comparison of fasting and postprandial blood glucose in impaired glucose tolerance group after fermented milk intake for 4 wk.

A. Control (N=7), Blue line ; before intake, Red line ; after intake



B. Test (N=8), Blue line ; before intake, Red line ; after intake



**Fig. 5. Comparison of fasting and postprandial blood glucose in normal group after fermented milk intake for 12 wk.**

이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있었다(Fig. 5A). 시험음료군의 경우에는 섭취전과 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았다(Fig. 5B).

장기섭취에 따른 대사변화를 확인하기 위하여 혈액학적 변화 및 생화학적 변화를 확인하였다. 시험음료군에서 혈중 creatinine이 섭취전  $0.9 \pm 0.5$  mg/dL에서 섭취후  $0.7 \pm 0.1$  mg/dL로 유의하게 감소하였으나( $p$ -value=0.04), 섭취전, 후

creatinine이 모두 정상 범위에 포함되어 있어 유의한 변화로 해석하지는 않았다. 대조음료나 시험음료 모두에서 이외의 모든 혈액학적 및 생화학적 검사결과에 유의한 변화를 야기하지는 않았다(Table 3).

#### 내당능장애군에서 장기 섭취후 공복, 식후혈당 및 대사지표의 변화

내당능장애를 지닌 지원자들의 장기 섭취후 공복, 식후혈당 및 대사지표의 변화를 조사하였다. 대조음료를 섭취한 군에서는 장기섭취후 측정된 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당은  $102.5 \pm 5.0$  mg/dL,  $148.5 \pm 16.3$  mg/dL,  $136.5 \pm 9.2$  mg/dL 및  $122.5 \pm 16.3$  mg/dL이었다. 시험음료군에서는 공복 및 공복 및 식후 30분, 60분, 120분 혈당이  $96.0 \pm 8.4$  mg/dL,  $145.6 \pm 10.8$  mg/dL,  $126.8 \pm 17.3$  mg/dL 및  $124.8 \pm 27.0$  mg/dL이었다. 대조음료군에서는 식후 30분 혈당이  $130.5 \pm 17.7$  mg/dL에서  $148.5 \pm 16.3$  mg/dL로 증가하였으며( $p$ -value=0.04) 섭취전에 비하여 식후혈당이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있었다(Fig. 6A). 시험음료군의 경우에는 섭취전과 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았다(Fig. 6B). 그러나, 식후 60분에 측정된 혈당은 섭취 전에  $148.2 \pm 28.1$  mg/dL에서  $126.8 \pm 17.3$  mg/dL로 감소한 경향을 보였다( $p$ -value=0.06).

정상군과 마찬가지로 장기섭취에 따른 대사변화를 확인하기 위하여 혈액학적 변화 및 생화학적 변화를 확인하였으나, 시험음료군과 대조음료군 모두에서 모든 혈액학적 및 생화학적 검사결과에 유의한 변화를 야기하지는 않았다(Table 4).

## 고 찰

난소화성 텍스트린의 섭취는 자당과 말토스의 가수분해

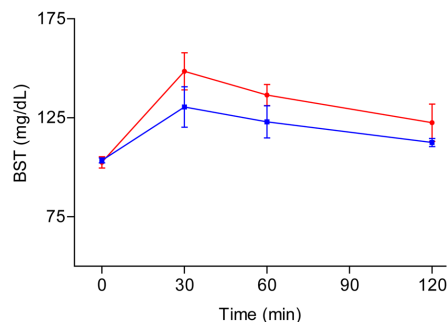
**Table 3. Changes of metabolic indicators in the normal group after long-term intake**

|                           | Control(N=7)     |                  | Test(N=8)        |                  |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                           | 0                | 12 wk            | 0                | 12 wk            |
| HbA1c (%)                 | $5.3 \pm 0.3$    | $5.3 \pm 0.4$    | $5.2 \pm 0.2$    | $5.3 \pm 0.3$    |
| Triglyceride (mg/dL)      | $86.2 \pm 50.8$  | $69.8 \pm 22.7$  | $80.4 \pm 59.5$  | $62.3 \pm 23.7$  |
| Total cholesterol (mg/dL) | $161.1 \pm 20.1$ | $160.5 \pm 25.7$ | $158.1 \pm 23.3$ | $161.3 \pm 31.8$ |
| HDL-cholesterol (mg/dL)   | $48 \pm 7.5$     | $50.6 \pm 9.5$   | $49.4 \pm 6.0$   | $51.1 \pm 5.6$   |
| AST (IU/L)                | $19.8 \pm 3.3$   | $14.9 \pm 2.2$   | $21.2 \pm 2.5$   | $17.4 \pm 5.2$   |
| ALT (IU/L)                | $13.23 \pm 3.8$  | $12.5 \pm 3.5$   | $22.6 \pm 11.0$  | $22.9 \pm 12.9$  |
| ALP (IU/L)                | $74.8 \pm 23.4$  | $67.3 \pm 16.2$  | $70.5 \pm 10.6$  | $63.6 \pm 14.1$  |
| Total bilirubin (mg/dL)   | $1.0 \pm 0.3$    | $0.9 \pm 0.4$    | $0.9 \pm 0.5$    | $0.8 \pm 0.3$    |
| BUN (mg/dL)               | $12.0 \pm 3.3$   | $12.9 \pm 3.0$   | $13.9 \pm 3.8$   | $14.1 \pm 3.0$   |
| Creatinine (mg/dL)        | $0.8 \pm 0.1$    | $1.1 \pm 1.3$    | $0.9 \pm 0.2$    | $0.7 \pm 0.1^*$  |
| Uric acid (mg/dL)         | $4.9 \pm 1.5$    | $4.5 \pm 0.7$    | $5.0 \pm 2.3$    | $4.9 \pm 1.6$    |
| Hemoglobin (g/dL)         | $12.9 \pm 1.8$   | $12.5 \pm 1.6$   | $14.9 \pm 2.0$   | $14.6 \pm 1.9$   |
| Hematocrit (%)            | $37.8 \pm 4.7$   | $36.3 \pm 4.4$   | $43.0 \pm 5.4$   | $42.3 \pm 5.4$   |

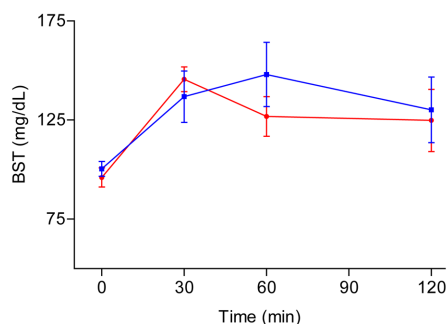
\* $p$ -value<0.05



A. Control (N=7), Blue line ; before intake, Red line ; after intake



B. Test (N=8), Blue line ; before intake, Red line ; after intake



**Fig. 6. Comparison of fasting and postprandial blood glucose in impaired glucose tolerance group after fermented milk intake for 12 wk.**

를 억제하여 이로 인한 글루코스의 흡수를 억제하며, 이러한 맥락에서 난소화성 텍스트린 배합 발효유는 식후 혈당의 개선을 가져올 수 있고 내당능장애를 동반한 환자의 식이요법에 도움이 될 수 있다고 추측할 수 있다. 이에 본 연구진은 당뇨병 및 대사증후군의 유병률이 증가하고 있고 사회적 문제가 되고 있으며, 발효유가 우리나라 국민들이 많이 섭취하는 음료인 점을 고려하여, 내당능장애 환자나 잠재적인 대사증후군, 당뇨병 환자에게 난소화성 텍스트린

함유 발효유가 미치는 영향을 확인하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

48명의 지원자를 대상으로 한 단회섭취시험에서 대조음료군과 시험음료군 간의 기초자료에는 큰 차이가 없었다. 그러나, 동일 열량을 섭취한 상태에서 측정된 식후 혈당의 평균값이 시험음료군에서 낮게 나타나는 것은 시험음료군이 대조음료군에 비해 혈당 상승을 적게 유발함을 추측하게 하였다. 단회섭취시험에서 시험음료의 긍정적인 효과를 확인한 연구진은 장기섭취에 따른 혈당의 변화를 확인하기 위하여 4주, 8주 및 12주에 공복, 식후혈당 및 혈액학적, 생화학적 검사 등을 시행하여 시험음료의 효과를 조사하였다.

흥미롭게도 정상인을 대상으로 시행한 4주째 시험결과, 대조음료군의 경우 식후 120분에 측정된 혈당이  $93.5 \pm 9.5$  mg/dL에서  $104.4 \pm 11.8$  mg/dL로 증가하는 경향( $p$ -value=0.09)을 보이는 등 대체로 식후 혈당이 증가하는 경향을 나타내는 반면에 시험음료군에서는 식후 60분 혈당이  $120.1 \pm 29.6$  mg/dL에서  $106.4 \pm 21.8$  mg/dL로 유의하게 감소( $p$ -value=0.04)하는 등 식후 30분, 60분 혈당이 낮아지는 경향을 나타내었다. 이와 유사하게 내당능장애군에서도 비록 통계학적으로 유의한 변화를 확인하지는 못하였으나 정상군에서와 유사하게 시험음료를 섭취한 내당능장애군의 혈당이 대조음료군과 비교하여 상승폭이 낮은 것을 알 수 있었다.

12주간의 장기 섭취후 시행한 검사에서도 정상군에서 대조음료를 섭취한 군에서는 식후 30분 혈당이  $99.4 \pm 9.0$  mg/dL에서  $122.1 \pm 19.7$  mg/dL로 유의하게 증가하였으며( $p$ -value=0.02) 섭취전에 비하여 식후혈당이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있었다. 시험음료군의 경우에는 섭취전과 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았다. 장기섭취에 따른 대사변화를 확인하기 위하여 혈액학적 변화 및 생화학적 변화를 확인하였다. 시험음료군에서 혈중 creatinine이 섭취전  $0.9 \pm 0.5$  mg/dL에서 섭취후  $0.7 \pm 0.1$  mg/dL로 유의하게 감소하였으나( $p$ -value=0.04), 섭취전, 후 creatinine이 모두 정상

**Table 4. Changes of metabolic indicators in the impaired glucose tolerance group after long-term intake**

|                           | Control (N=7)    |                  | Test (N=8)      |                  |
|---------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
|                           | 0                | 12 wk            | 0               | 12 wk            |
| HbA1c (%)                 | $5.3 \pm 0.2$    | $5.4 \pm 0.3$    | $5.7 \pm 0.4$   | $5.8 \pm 0.4$    |
| Triglyceride (mg/dL)      | $109.4 \pm 64.1$ | $99.2 \pm 43.9$  | $81.7 \pm 20.2$ | $75.5 \pm 23.3$  |
| Total cholesterol (mg/dL) | $194.4 \pm 35.3$ | $181.2 \pm 43.5$ | $198.7 \pm 4.7$ | $188.5 \pm 16.3$ |
| HDL-cholesterol (mg/dL)   | $53.4 \pm 9.0$   | $56.6 \pm 17.3$  | $52.0 \pm 10.0$ | $48.5 \pm 7.8$   |
| AST (IU/L)                | $23.0 \pm 8.9$   | $14.6 \pm 4.7$   | $19.8 \pm 3.1$  | $10.0 \pm 2.8$   |
| ALT (IU/L)                | $22.8 \pm 21.3$  | $17.4 \pm 8.2$   | $14.5 \pm 6.4$  | $11.0 \pm 3.8$   |
| ALP (IU/L)                | $72.0 \pm 23.0$  | $71.4 \pm 27.0$  | $82.2 \pm 3.1$  | $85.0 \pm 4.2$   |
| Total bilirubin (mg/dL)   | $0.9 \pm 0.4$    | $0.7 \pm 0.2$    | $0.7 \pm 0.1$   | $0.8 \pm 0.3$    |
| BUN (mg/dL)               | $11.3 \pm 4.3$   | $15.6 \pm 2.3$   | $11.5 \pm 4.0$  | $10.0 \pm 2.8$   |
| Creatinine (mg/dL)        | $0.8 \pm 0.2$    | $0.6 \pm 0.1$    | $0.7 \pm 0.1$   | $0.6 \pm 0.2$    |
| Uric acid (mg/dL)         | $3.9 \pm 1.4$    | $4.0 \pm 1.3$    | $3.7 \pm 1.3$   | $3.6 \pm 1.8$    |
| Hemoglobin (g/dL)         | $12.9 \pm 2.7$   | $12.0 \pm 3.3$   | $11.6 \pm 2.7$  | $10.6 \pm 1.7$   |
| Hematocrit (%)            | $38.6 \pm 5.3$   | $35.6 \pm 8.6$   | $35.2 \pm 6.1$  | $32.0 \pm 3.8$   |

범위안에 포함되어 있어 유의한 변화로 해석할 수 없었다. 대조음료나 시험음료 모두에서 이외의 모든 혈액학적 및 생화학적 검사결과에 유의한 변화를 야기하지는 않았다.

내당능장애를 지닌 지원자들에서도, 대조음료를 섭취한 군에서는 식후 30분 혈당이  $130.5 \pm 17.7$  mg/dL에서  $148.5 \pm 16.3$  mg/dL로 증가하였으며( $p$ -value=0.04) 섭취전에 비하여 식후혈당이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있었다. 시험음료군의 경우에는 섭취전과 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 식후 60분에 측정된 혈당은 섭취전에  $148.2 \pm 28.1$  mg/dL에서  $126.8 \pm 17.3$  mg/dL로 감소하는 경향을 보였다( $p$ -value=0.06). 이는 알파-글루코시다제 억제제( $\alpha$ -glucosidase inhibitor)와 같은 식후 혈당의 감소를 목적으로 사용하는 약물로 인한 혈당 강하가 50-60 mg/dL인 점을 감안하면, 식품으로 시험음료를 장기간 섭취할 경우에 대사지표에 나쁜 영향을 미치지 않으면서 경구혈당강하제와 비교하여 10-20% 정도의 혈당강하효과가 있음을 반영하는 것이다. 정상군과 마찬가지로 장기섭취에 따른 대사변화를 확인하기 위하여 혈액학적 변화 및 생화학적 변화를 확인하였으나, 시험음료군과 대조음료군 모두에서 모든 혈액학적 및 생화학적 검사결과에 유의한 변화를 야기하지 않았다.

이상의 결과를 정리해 보면, 난소화성 텍스트린 배합 발효유(닥터 인슈®)의 장기섭취는 식후 혈당 상승을 유발하지 않음을 알 수 있었으며, 12주간의 장기섭취로 인하여 위장관 불편감등의 부작용이 없고 당화혈색소를 비롯한 혈액학적 및 생화학적 검사상에 악영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 이는 대사증후군이나 내당능장애를 지닌 잠재적 당뇨병 환자들에게 난소화성 텍스트린 배합 발효유가 보다 적절한 음료임을 시사하는 소견이라고 하겠다. 추후 난소화성 텍스트린의 함유량을 증가시킨다거나 섭취기간을 연장하는 등의 개선을 통한 연구나 난소화성 텍스트린 배합 발효유의 섭취에 따른 심혈관계 위험도의 변화 등을 조사하는 것도 의미가 있을 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- Barnett AH, Dixon AN, Bellary S, Hanif MW, O'Hare JP, Raymond NT, and Kumar S. (2006) Type 2 diabetes and cardiovascular risk in the UK south Asian community. *Diabetologia*.
- Casirola DM, and Ferraris RP. (2006) alpha-Glucosidase inhibitors prevent diet-induced increases in intestinal sugar transport in diabetic mice. *Metabolism*, **55**, 832-841.
- Choi SH, Ahn CW, Cha BS, Chung YS, Lee KW, Lee HC., Huh KB, and Kim DJ. (2005) The prevalence of the metabolic syndrome in Korean adults: comparison of WHO and NCEP criteria. *Yonsei Med. J.* **46**, 198-205.
- Daskalopoulou SS, Mikhailidis DP, and Elisaf M. (2004) Prevention and treatment of the metabolic syndrome. *Angiology* **55**, 589-612.
- Inoue I, Shinoda Y, Nakano T, Sassa M, Goto S, Awata T, Komoda T, and Katayama S. (2006) Acarbose ameliorates atherogenicity of low-density lipoprotein in patients with impaired glucose tolerance. *Metabolism* **55**, 946-952.
- Karasik A. (2005) Glycaemic control is essential for effective cardiovascular risk reduction across the type 2 diabetes continuum. *Ann. Med.* **37**, 250-258.
- Kim MH, Kim MK, Choi BY, and Shin YJ. (2004) Prevalence of the metabolic syndrome and its association with cardiovascular diseases in Korea. *J. Korean Med. Sci.* **19**, 195-201.
- Nabipour I, Amiri M, Imami SR, Jahfari SM, Shafeiae E, Nosrati A, Iranpour D, and Soltanian AR. (2007) The metabolic syndrome and nonfatal ischemic heart disease; a population-based study. *Int. J. Cardiol.* **118**, 48-53.
- Petersen JL. and McGuire DK. (2005) Impaired glucose tolerance and impaired fasting glucose-a review of diagnosis, clinical implications and management. *Diab. Vasc. Dis. Res.* **2**, 9-15.
- Rao SS, Disraeli P, and McGregor T. (2004) Impaired glucose tolerance and impaired fasting glucose. *Am. Fam. Physician* **69**, 1961-1968.
- Scheen AJ. (2004) Management of the metabolic syndrome. *Minerva Endocrinol.* **29**, 31-45.
- Scott R, Lintott CJ, Zimmet P, Campbell L, Bowen K, and Welborn T. (1999) Will acarbose improve the metabolic abnormalities of insulin-resistant type 2 diabetes mellitus? *Diabetes Res. Clin. Pract.* **43**, 179-185.
- Shinoda Y, Inoue I, Nakano T, Seo M, Sassa M, Goto S, Awata T, Komoda T, and Katayama S. (2006) Acarbose improves fibrinolytic activity in patients with impaired glucose tolerance. *Metabolism* **55**, 935-939.
- Wakabayashi S. (1992) The effects of indigestible dextrin on sugar tolerance: I. Studies on digestion-absorption and sugar tolerance. *Nippon Naibunpi Gakkai Zasshi* **68**, 623-635.
- Wakabayashi S. (1993) The effects of indigestible dextrin on sugar tolerance: III. Improvement in sugar tolerance by indigestible dextrin on the impaired glucose tolerance model. *Nippon Naibunpi Gakkai Zasshi* **69**, 594-608.
- Wakabayashi S, Kishimoto Y, and Matsuoka A. (1995) Effects of indigestible dextrin on glucose tolerance in rats. *J. Endocrinol.* **144**, 533-538.
- Yamagishi S, Nakamura K, and Inoue H. (2005) Acarbose is a promising therapeutic strategy for the treatment of patients with nonalcoholic steatohepatitis (NASH). *Med. Hypotheses* **65**, 377-379.
- Yokoyama H, Kuramitsu M, Kanno S, Tada J, Yokota Y, and Kamikawa F. (2007) Relationship between metabolic syndrome components and vascular properties in Japanese type 2 diabetic patients without cardiovascular disease or nephropathy. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **75**, 200-206.