

## 조릿대 잎 추출물이 탄수화물 급원 식품의 당 내성에 미치는 영향\*

윤은경<sup>1</sup> · 허영란<sup>1,2</sup> · 임현숙<sup>1,2§</sup>

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과,<sup>1</sup> 전남대학교 생활과학연구소<sup>2</sup>

### Effects of *Sasa Borealis* Leaf Extract on the Glucose Tolerance of Major Foods for Carbohydrate\*

Yun, Eun-Kyoung<sup>1</sup> · Heo, Young-Ran<sup>1,2</sup> · Lim, Hyeon-Sook<sup>1,2§</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

<sup>2</sup>Human Ecology Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

#### ABSTRACT

*Sasa borealis* leaf has been known to have anti-diabetic properties. In this study, we tried to evaluate the effects of *Sasa borealis* leaf extract (SBE) on the inhibition of  $\alpha$ -glucosidase activity and postprandial glycemic response following ingestion of four carbohydrate-rich foods; cooked rice, ramen (instant noodle), noodle, and bread. Fourteen healthy female adults consumed 50 g of glucose (control) or one of the four foods containing 50 g of available carbohydrate with or without 2,000 mg of SBE. The activity of  $\alpha$ -glucosidase was inhibited dose-dependently by SBE. With SBE, blood glucose concentration at 15 min and the positive area under the curve (AUC) of postprandial glycemic response at 15 min and 30 min after consuming each of the four foods were reduced significantly. As the result, total positive AUC during 120 min was decreased in case of taking cooked rice or bread. Glycemic index and glycemic load of the four foods were declined from 13% to 23% with SBE. The results of this study suggest that SBE may be effective for postprandial glucose control by inhibiting  $\alpha$ -glucosidase activity. (Korean J Nutr 2010; 43(3): 215~223)

**KEY WORDS:** *Sasa borealis*, anti-diabetic, glycemic index, glycemic load, postprandial glycemic response.

## 서 론

당뇨병 유병률은 전 세계적으로 증가하고 있다 (World Health Organization, 2005). 우리나라도 2008년 국민건강·영양조사 결과 (보건복지부, 2008)에 따르면 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률은 9.5%이었고, 2008년에 당뇨병으로 인한 사망률은 인구 10만 명당 18.1명에 이르렀다 (Korea National Statistics Office, 2008). 한국인을 비롯해 아시아인은 서구인에 비하여 인슐린 저항성 유발인자들은 크게 다르지 않으나 인슐린 분비능이 매우 제한적이다.<sup>1)</sup> 즉 서구인은 인슐린 저항성이 유발되더라도 인슐린 분비가 충분하므로 당뇨병으로 진전되는 속도가 느린 반면에 아시

아인은 혈청 인슐린 농도가 높지 않아 인슐린 저항성이 유발되면 당뇨병으로 쉽게 전환될 수 있다.<sup>2)</sup> 그러므로 아시아인은 내당능장애자의 경우도 혈당 조절에 유의할 필요성이 크다.

식후 고혈당이 지속되면 인슐린 민감도가 감소될 뿐만 아니라 미세혈관 또는 대혈관 합병증의 위험인자로 작용한다.<sup>3)</sup> 그러므로 식후 혈당 조절은 인슐린 민감도를 유지하고 망막증이나 신경장애, 신증 또는 심혈관계 질환을 예방하는데 있어 중요하다.<sup>4-8)</sup>

동량의 탄수화물을 함유하는 식품이라 해도 각 식품마다 소화·흡수되는 속도나 인슐린 분비에 미치는 영향이 달라 식품을 섭취한 후에 혈당이 상승하는 정도를 나타내는 혈당 지수 (glycemic index: GI)가 다르다.<sup>9-11)</sup> 저 GI 식품은 식후 고혈당을 유발하지 않음으로 인슐린 저항성을 개선하며 당화 혈색소 농도를 낮춘다.<sup>5)</sup> 혈당부하 (glycemic load: GL)가 높은 식품의 만성적인 섭취가 제2형 당뇨병이나 심장·순환기 질환 및 몇몇 암 발생 위험을 높이는 독립적 인자라고 알려져 있다.<sup>12)</sup> 이러한 점들은 GI나 GL이 낮은

접수일: 2010년 5월 6일 / 수정일: 2010년 6월 2일

채택일: 2010년 6월 5일

\*This study was supported by a grant from the Health Fellowship Foundation.

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail: limhs@chonnam.ac.kr

식품이 건강에 긍정적임을 시사한다. 호주에서 제정한 노인을 위한 식사지침에는 저 GI 식품을 권장하는 내용이 포함되어 있다.<sup>13)</sup> 2002년에는 1,300여 식품의 GI와 GL 데이터를 모은 International Table of Glycemic Index and Glycemic Load가 개정·발표되었다.<sup>14)</sup>

당뇨병 환자에게 처방되는 혈당 조절제인 acarbose와 voglibose 등  $\alpha$ -glucosidase 저해제는 고인슐린혈증이나 저혈당을 유발하지 않는 장점을 지니지만 이들을 장기간 복용할 경우 복부팽만감, 구토, 설사 등 부작용을 나타내기도 한다.<sup>15)</sup> 이러한 이유로 부작용이 없고 식후 혈당 강하 효과를 보이는 화살나무,<sup>16)</sup> 소나무,<sup>17)</sup> 석류나무 꽃,<sup>18)</sup> 맥아<sup>19)</sup> 등 여러 천연 소재<sup>20-22)</sup>에 대한 연구가 활발하다.

조릿대 (*Sasa borealis*)는 약성이 강해 토종 약초로 분류되어 있다.<sup>23)</sup> 본 연구실에서 조릿대 잎 추출물을 고지방 식이로 비만이 유발된 C57BL/6J mice에 급여한 결과 지방조직과 간세포의 지방 함량이 감소되었으며, 혈당과 혈중 인슐린 농도가 낮아졌고,<sup>24)</sup> adiponectin, leptin, resistin 등 adipokines 농도를 변화시키면서 항비만 효과를 나타내었다.<sup>25)</sup> 또한 다른 선행 연구에서는 조릿대 잎 추출물 중 ethylacetate 분획과 butanol 분획이 혈당강하제로 사용되는 acarbose보다도 탄수화물 분해 효소의 활성을 저해하는 정도가 높았고, streptozotocin으로 유발된 당뇨 생쥐에서는 혈당 강하 효과를 보였다.<sup>26)</sup>

이에 본 연구에서는 조릿대 잎 추출물이 탄수화물 분해 효소인  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 얼마나 저해하는지 확인하고 한국인의 주요 탄수화물 급원 식품인 쌀밥과 라면, 국수 및 식빵의 GI와 GL에 미치는 효과를 알아보고자 하였다.

## 연구방법

### 조릿대 잎 추출물 제조

건조·마쇄된 조릿대 잎에 물을 1 : 20 (W/W)의 비율로 넣은 후 100°C에서 20시간 동안 추출하고 감압·농축한 후 동결·건조하여 조릿대 잎 추출물 (*Sasa borealis* leaf extract; SBE)로 이용하였다. SBE의 수율은 8.5%이었다.<sup>27)</sup>

시험대상자에게 SBE를 공급하기 위해 시중 약국에서 시판되는 불투명한 캡슐을 구입해 본 실험실에서 연구자가 2,000 mg씩 측량해 캡슐에 넣었으며 이를 냉동·보관하면서 사용하였다.

### 조릿대 잎 추출물의 $\alpha$ -glucosidase 활성 저해능 측정

SBE의  $\alpha$ -glucosidase의 활성 저해능은 Matsui 등 (1996)의 방법으로 측정했다. 효소 용액은 0.7 U의  $\alpha$ -glucosida-

se (Sigma Chemical Co, USA)를 bovine serum albumin (0.2 g/100 mL)과 NaN<sub>3</sub> (0.02 g/100 mL)을 함유하는 100 mM sodium phosphate에 녹여 제조하였다. 기질용액은 5 mM p-nitrophenyl  $\alpha$ -D-glucopyranoside를 100 mM sodium phosphate buffer (pH 7.0)에 녹여 제조하였다. 효소용액 50  $\mu$ L을 microplate에 넣고 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 4 mg/mL 농도의 SBE를 10  $\mu$ L씩 첨가한 후 37°C에서 5분간 반응시켰다. 반응 종료 후 microplate reader (Multiskan EX, Thermo Electron Cooperation, USA)로 404 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이후 기질용액을 50  $\mu$ L씩을 첨가하여 15분간 반응시키고, 상동 microplate reader로 동일한 방법으로 흡광도를 측정하였다. Positive control로 SBE와 동일한 농도의 acarbose를 사용하였다. 활성 저해능은 다음과 같은 공식으로 계산하였다.

$$\text{Inhibition (\%)} = [1 - (\text{시료 흡광도 변화} / \text{Blank 흡광도 변화})] \times 100$$

### 시료의 선정과 전처리 및 유용성 탄수화물 정량

SBE가 당 내성에 미치는 영향을 측정하기 위한 시료로 한국인의 다소비 탄수화물 식품 중에서 주로 주식으로 이용되는 쌀밥 (햇반, 농심), 라면 (신라면큰사발, 농심), 국수 (옛날국수, 오투기) 및 식빵 (후레쉬 식빵, 파리바게트)을 선정하였다.

이들 네 가지 시료를 각 제품에 표기되어 있는 방법에 따라 조리하였다. 즉 쌀밥은 전자렌지 (MW-233AC, LG Electronics, Korea)로 2분간 데웠고, 국수는 끓는 물에 3~4분간 삶아 찬물에 2번 헹구고 물기를 빼내어 국수장국에 말았다가 면만 건졌으며, 라면은 끓는 물을 부어 4분 후 면만 건졌고, 식빵은 가장자리 부분을 제거했다. 조리된 모든 시료를 동결·건조 시켰고 이후 100 mesh 체로 내려 시료로 사용하였다.

이들 시료의 유용성 탄수화물 함량은 각 시료의 수분과 총 전분, 총 식이섬유 및 총 당류를 측정하여 아래와 같은 공식을 이용해 산출하였다.<sup>28)</sup>

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

수분 함량은 AOAC 방법<sup>29)</sup>에 따라 105°C 상압 건조법 (AOAC, 1995)으로 측정하였으며, 총 전분 함량도 AOAC 방법의 amyloglucosidase/ $\alpha$ -amylase method를 이용한 K-TSTA kit (Megazyme International Ireland Ltd, Bray, Ireland)를 사용하여 분석하였고, 총 식이섬유 (total dietary fiber) 함량 역시 AOAC 방법을 이용한 TDF-100A

kit (Sigma Chemical Co, USA)를 이용하여 정량하였다. 총 당 함량은 phenol sulfuric acid 방법<sup>30)</sup>을 이용하였다.

## 조릿대 잎 추출물이 당 내성에 미치는 영향 측정

### 시험대상자

각 시료의 당 내성을 측정하기 위한 시험대상자는 BMI가 정상 범위에 속한 20대 초반의 건강한 여대생 14명이었으며, 이들은 모두 현재 내당능장애자나 당뇨병 환자가 아니었으며, 당뇨병의 과거력이나 가족력 또한 없었다. 이들은 본 연구의 취지와 내용을 이해하고 시험대상자로 참여할 의사가 있음을 서면으로 동의하였다.

### 당내성 시험 수행

당내성 시험은 Table 1과 같이 6주에 걸쳐 매 화요일과 금요일에 수행되었다. 첫째 주에는 포도당을, 둘째, 셋째, 넷째 및 다섯째 주에는 순서대로 쌀밥, 라면, 국수 또는 식빵을 그리고 여섯째 주에는 다시 포도당을 시험하였다. 시험대상자를 7명씩 A군과 B군으로 나누어 매 화요일에는 A군에게는 포도당 50 g 또는 유용성 탄수화물을 50 g를 함유하는 시료, 즉 쌀밥, 140.7 g, 라면, 182.5 g, 국수, 215.1 g 또는 식빵, 119.5 g를 빈 캡슐 (위약)과 함께 섭취시켰고, B군에게는 동량의 포도당 또는 시료와 함께 SBE 2,000 mg이 든 캡슐을 섭취시켰으며, 금요일에는 두 군을 바꾸어 A군에게 시료와 함께 SBE 2,000 mg이 든 캡슐을 주었고 B군에게는 시료와 빈 캡슐을 주었다. 포도당 또는 각 시료와 캡슐은 100 mL의 물과 함께 섭취하도록 하였다. 시험대상자들은 당내성 시험이 끝날 때까지 시험대상자들은 제한된 공간에서 안정된 상태를 유지하도록 하였으며 독서나 컴퓨터를 통한 영화감상이나 가벼운 신체동작 등은 허용하였다.

### 채혈 및 혈당 농도 측정

매 시험일마다 12시간 이상 절식상태인 시험대상자로부터 공복 혈당 농도를 얻기 위해 오전 8시부터 9시 사이에 손끝에서 채혈하였고, 이후 포도당 또는 각 시료를 섭취하게

한 후 15, 30, 45, 60, 90 및 120분에 동일한 방법으로 채혈하여 식후 혈당을 얻었다. 혈당 농도는 간이 혈당측정계 (ACCU-CHEK® Active, Roche Diagnostics GmbH, Germany)를 이용하여 세 반복 측정하였으며, 포도당은 첫째 주와 여섯째 주에 섭취시켰으므로 이의 평균을 구하였다.

### 혈당반응면적, GI 및 GL 산출

증가된 혈당반응면적 (incremental area under the curve:  $\Delta$ AUC)은 공복 혈당을 기준으로 하여 120분 동안 상승된 혈당 농도를 부등변사각형 법칙 (trapezoidal rule)에 따라 면적으로 산출하였다. 각 시료의 GI는 아래의 공식처럼 포도당의  $\Delta$ AUC에 대한 각 시료의  $\Delta$ AUC를 백분율로 나타내었으며,<sup>28)</sup> GL은 각 시료별 1인 1회 분량 (serving size)의 유용성 탄수화물 함량, 즉 쌀밥, 210 g, 라면, 114 g, 국수, 100 g 및 식빵, 70 g를 적용하여 아래의 공식으로 계산하였다.<sup>14)</sup>

$$GI (\%) = \frac{\text{Blood glucose } \Delta\text{AUC of sample}}{\text{Blood glucose } \Delta\text{AUC of glucose}} \times 100$$

$$GL = \frac{GI}{100} \times \text{serving size의 유용성 탄수화물 함량}$$

### 통계처리

모든 통계처리는 SPSS program 12.0을 이용하였다. SBE의  $\alpha$ -glucosidase의 활성 저해능과 각 시료의  $\Delta$ AUC, GI 및 GL은 평균과 표준오차로 나타내었다. 포도당과 네 시료 간의 차이는 일원분산분석 (one-way ANOVA)으로 유의성을 검증하고 Duncan's multiple range test로 사후검증을 시행하였다. 모든 유의수준은  $p < 0.05$ 로 판정하였다. SBE의 영향은 대응표본 t-test로 검증하였다.

## 결 과

### 조릿대 잎 추출물의 $\alpha$ -glucosidase 활성 저해능

SBE의  $\alpha$ -glucosidase의 활성 저해능은 Fig. 1과 같았다. SBE는 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2 및 4 mg/mL의 농도에서  $\alpha$ -

Table 1. Experimental scheme

Week	Tuesday		Friday	
	A group (N = 7)	B group (N = 7)	A group (N = 7)	B group (N = 7)
1	Glucose	Glucose + SBE	Glucose + SBE	Glucose
2	Cooked rice	Cooked rice + SBE	Cooked rice + SBE	Cooked rice
3	Ramen	Ramen + SBE	Ramen + SBE	Ramen
4	Noodle	Noodle + SBE	Noodle + SBE	Noodle
5	Bread	Bread + SBE	Bread + SBE	Bread
6	Glucose	Glucose + SBE	Glucose + SBE	Glucose

SBE: 2,000 mg of *Sasa borealis* leaf extract

glucosidase 활성을 각각 10.1%, 14.0%, 19.8%, 28.0%, 41.6% 및 53.9% 저해시켰다. 표준물질인 acarbose는 각각의 동일한 농도에서  $\alpha$ -glucosidase 활성을 24.6%, 33.7%, 48.9%, 61.9%, 70.1% 또는 79.9% 저해하였다. SBE의 저해능은 4 mg/mL의 농도에서 acarbose의 67.5% 수준이었다. SBE와 acarbose의  $\alpha$ -glucosidase 활성저해능은 모두 농도-의존적이었다.

### 시료의 유용성 탄수화물 함량

GI와 GL 측정을 위한 네 시료의 수분, 총 전분, 총 식이섬유 및 총 당 함량과 유용성 탄수화물 함량은 Table 2와 같았다. 수분 함량은 네 시료 간에 유의적인 차이를 나타냈으며 국수, 쌀밥, 라면 그리고 식빵 순으로 높았다. 총 전분 함량은 쌀밥이  $84.6 \pm 0.6$  g/100 g dry weight로 가장 높았으며, 다음으로 국수가  $71.7 \pm 0.4$  g/100 g로 높았고, 라면과 식빵이 각각  $63.1 \pm 0.7$  g/100 g와  $62.9 \pm 0.7$  g/100 g이었다. 네 시료의 총 식이섬유 함량은 2.1~5.4 g/100 g이었으며 라면, 식빵, 국수, 쌀밥 순으로 유의성 있게 높았다. 네 시료의 총 당 함량은 5.5~7.2 g/100 g이었으며 식빵, 라면 그리고 국수와 쌀밥 순으로 유의하게 높았다. 이러한 결과, 유용성 탄수화물 함량은 쌀밥, 국수, 식빵 그리고

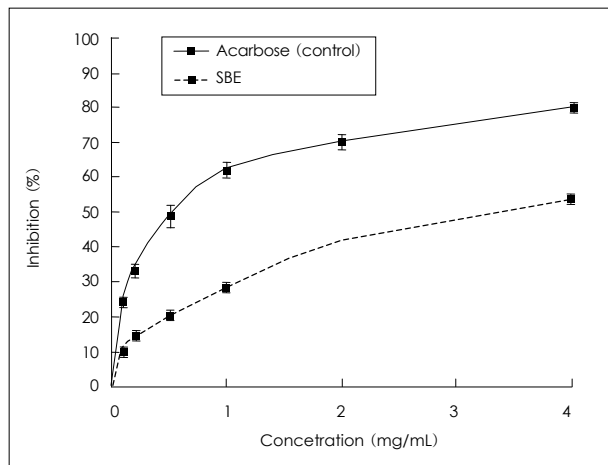


Fig. 1. Inhibition of  $\alpha$ -glucosidase activity by *Sasa borealis* leaf extract. Values are mean  $\pm$  standard deviation.

라면 순으로 각각 96.1%, 80.5%, 71.4% 및 69.5%이었다.

### 시험대상자의 연령, 체위 및 공복 혈당 농도

당 내성 시험대상자의 연령과 체중, 신장, BMI 및 공복 혈당 농도는 Table 3과 같았다. 이들의 연령은  $22.0 \pm 1.6$  세이었고, 신장과 체중 및 BMI는 모두 정상 범위에 해당하였고, 공복 혈당 농도는  $85.7 \pm 3.9$  mg/dL이었다.

### 조릿대 잎 추출물이 당 내성에 미친 영향

#### 혈당 농도

포도당 또는 각 시료를 섭취한 후 120분까지 증가한 혈

Table 3. General characteristics of the subjects (N = 14)

Age (yr)	$22.0 \pm 1.6$	(21–26)
Weight (kg)	$51.3 \pm 4.1$	(45.2–59.9)
Height (cm)	$160.5 \pm 4.0$	(151.9–166.8)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	$20.0 \pm 1.7$	(18.2–24.6)
Fasting blood glucose (mg/100 mL)	$85.7 \pm 3.9$	(80–93)

Values are mean  $\pm$  standard deviation (range). BMI: body mass index, weight (kg)/height (m<sup>2</sup>)

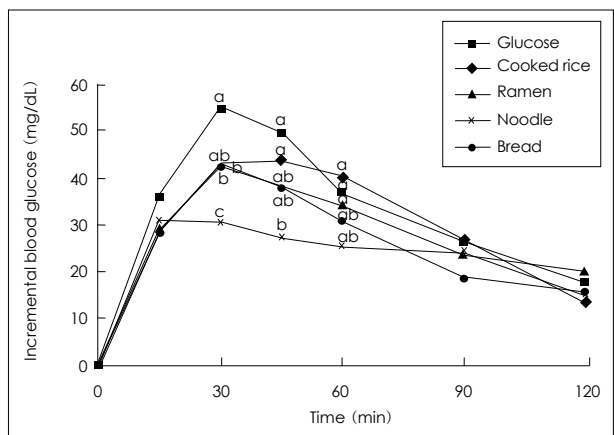


Fig. 2. Incremental concentration of blood glucose after consuming glucose or each of 4 test foods. Values with different lowercase superscripts at the same time are significantly different among glucose and 4 test foods at  $p < 0.05$  by ANOVA with Duncan's multiple range test. Incremental concentration of blood glucose was calculated by subtracting the value of fasting blood glucose from the value at each time.

Table 2. Moisture, starch, dietary fiber, sugar, and available carbohydrate contents of 4 test foods

	Cooked rice	Ramen	Noodle	Bread
Moisture (%)	$63.0 \pm 0.8^a$	$60.6 \pm 1.3^c$	$71.0 \pm 0.4^a$	$41.4 \pm 0.2^d$
Total starch (g/100 g dry wt)	$84.6 \pm 0.6^a$	$63.1 \pm 0.7^c$	$71.7 \pm 0.4^b$	$62.9 \pm 0.7^c$
Total dietary fiber (g/100 g dry wt)	$2.1 \pm 0.0^d$	$5.4 \pm 0.2^a$	$3.7 \pm 0.3^c$	$4.5 \pm 0.3^b$
Total sugar (g/100 g dry wt)	$5.5 \pm 0.1^c$	$6.0 \pm 0.2^b$	$5.5 \pm 0.1^c$	$7.2 \pm 0.3^a$
Available carbohydrate (%)	96.1	69.5	80.2	71.4

Values are mean  $\pm$  standard deviation. Values with different lowercase superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by ANOVA with Duncan's multiple range test. Available carbohydrate (%) = (total starch  $\times$  1.1) – (total dietary fiber  $\times$  1.1) + total sugar

당 농도는 Fig. 2와 같았다. 포도당과 네 시료 모두 섭취 후 30분 또는 45분에 혈당 농도의 증가가 가장 높았고 이후 증가량이 줄어드는 추세를 보였다. 포도당 또는 각 시료의 섭취에 따른 혈당 농도의 증가는 포도당에 비해 섭취 후 15분에는 차이가 없었으나, 30분에는 쌀밥과 라면 및 국수의 혈당 농도가 유의하게 낮았고 특히 국수는 쌀밥과 라면보다도 낮았으며, 45분에는 국수만이 유의하게 낮았고, 60분 이후에는 차이를 보이지 않았다.

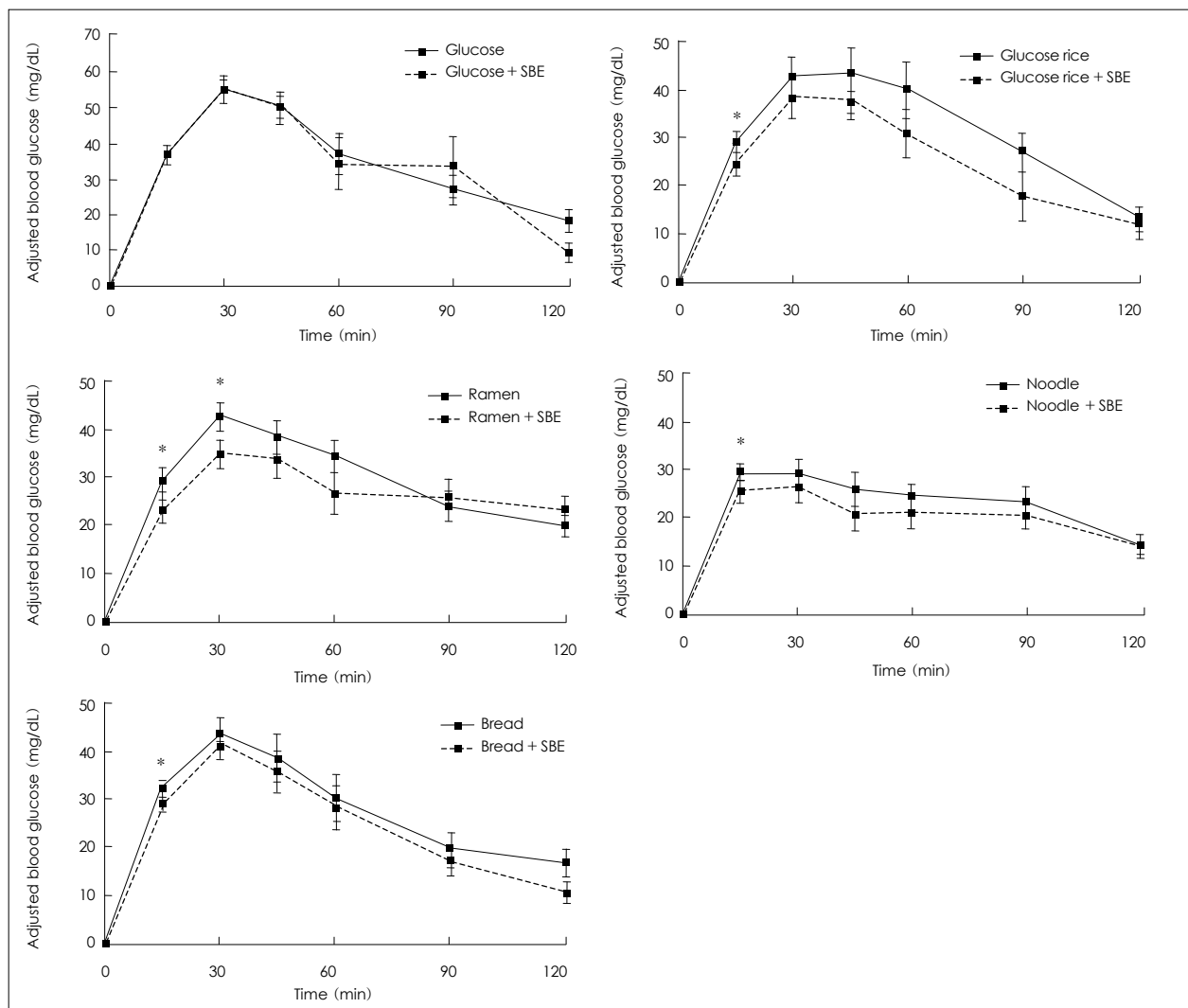
포도당 또는 각 시료를 SBE와 함께 섭취하였을 때 섭취 후 120분까지 증가한 혈당 농도를 SBE를 섭취하지 않았을 때와 비교한 결과는 Fig. 3과 같았다. 시간의 경과에 따른 혈당 농도의 변화 경향은 포도당 또는 각 시료만 섭취했을 때와 근사하였다. 즉 포도당과 네 시료 모두 섭취 후 30분 또는 45분에 혈당 농도의 증가가 가장 높았고 이후

증가량이 줄어드는 추세를 보였다. 그러나 포도당 또는 각 시료의 섭취에 따른 혈당 농도의 증가량은 포도당을 제외한 네 시료 모두 특정 시간대에서 SBE를 섭취하지 않았을 때에 비해 유의성 있게 낮았다. 즉 쌀밥은 섭취 후 15분에서, 라면은 15분과 30분에서, 국수는 15분에서 그리고 식빵은 15분과 120분에서 혈당 농도의 증가가 적었다.

### 혈당반응면적

포도당 또는 각 시료를 섭취한 후 120분까지의  $\Delta$ AUC 및 이들을 SBE와 함께 섭취했을 때의  $\Delta$ AUC는 Table 4와 같았다. 포도당의  $\Delta$ AUC에 비해 섭취 후 15분에는 쌀밥과 라면이 적었고, 30분에는 쌀밥과 라면 이외에 국수도 적었으며, 45분에는 네 시료 모두 적었다가, 60분에는 쌀밥과 식빵만, 90분과 120분에는 국수만 적었다.

SBE는 네 시료 모두에서 특정 시간대의  $\Delta$ AUC를 유의



**Fig. 3.** Effect of *Sasa borealis* leaf extract on incremental blood glucose concentration after consuming glucose or each of 4 test foods. Values with different asterisk at the same time are significantly different at  $p < 0.05$  by Paired t-test.

**Table 4.** Area under the curve (AUC) after consuming glucose or each of 4 test foods with and without *Sasa borealis* leaf extract

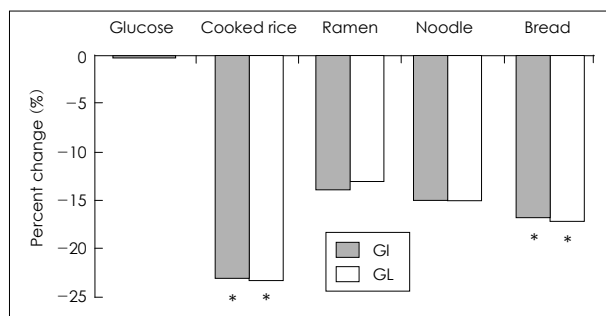
	0–15 min	0–30 min	0–45 min	0–60 min	0–90 min	0–120 min
Glucose	284 ± 22 <sup>a</sup>	977 ± 59 <sup>a</sup>	1760 ± 91 <sup>a</sup>	2426 ± 130 <sup>a</sup>	3444 ± 225 <sup>a</sup>	4167 ± 282 <sup>a</sup>
Glucose + SBE	287 ± 20	976 ± 56	1765 ± 84	2410 ± 127	3450 ± 260	4180 ± 374
Cooked rice	218 ± 18 <sup>b*</sup>	758 ± 68 <sup>b*</sup>	1405 ± 135 <sup>b*</sup>	2032 ± 211 <sup>ab*</sup>	3042 ± 343 <sup>ab**</sup>	3651 ± 414 <sup>ab**</sup>
Cooked rice + SBE	185 ± 19	652 ± 63	1201 ± 123	1677 ± 190	2378 ± 300	2860 ± 393
Ramen	219 ± 21 <sup>b*</sup>	757 ± 62 <sup>b*</sup>	1361 ± 105 <sup>b*</sup>	1903 ± 149 <sup>b</sup>	2773 ± 210 <sup>ab</sup>	3426 ± 250 <sup>ab</sup>
Ramen + SBE	171 ± 17	602 ± 51	1116 ± 96	1568 ± 150	2347 ± 254	3075 ± 336
Noodle	235 ± 10 <sup>ab*</sup>	706 ± 37 <sup>b*</sup>	1146 ± 84 <sup>b*</sup>	1550 ± 134 <sup>b</sup>	2314 ± 206 <sup>b</sup>	2908 ± 252 <sup>b</sup>
Noodle + SBE	195 ± 17	591 ± 56	959 ± 106	1283 ± 157	1918 ± 230	2469 ± 278
Bread	247 ± 14 <sup>ab*</sup>	830 ± 47 <sup>ab*</sup>	1462 ± 101 <sup>b*</sup>	1992 ± 170 <sup>ab*</sup>	2764 ± 287 <sup>ab</sup>	3330 ± 368 <sup>ab*</sup>
Bread + SBE	207 ± 19	712 ± 62	1269 ± 116	1743 ± 171	2407 ± 263	2790 ± 322

Values with different lowercase superscripts in the column are significantly different among glucose and 4 test foods at  $p < 0.05$  by ANOVA with Duncan's multiple range test. Values with asterisks at the same time are significantly different by paired t-test. \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ . SBE: 2000 mg of *Sasa borealis* leaf extract

**Table 5.** Glycemic index (GI) and glycemic load (GL) of glucose and 4 test foods

	GI	GL
Glucose	100 <sup>a</sup>	—
Cooked rice	86 ± 6 <sup>ab</sup>	174 ± 13 <sup>a</sup>
Ramen	87 ± 9 <sup>ab</sup>	69 ± 7 <sup>b</sup>
Noodle	68 ± 5 <sup>b</sup>	55 ± 4 <sup>c</sup>
Bread	80 ± 7 <sup>b</sup>	40 ± 4 <sup>d</sup>

Values are mean ± standard deviation. Values with different lowercase superscripts in the column are significantly different among glucose and 4 test foods for GI or 4 test foods for GL at  $p < 0.05$  by ANOVA with Duncan's multiple range test. SBE: 2,000 mg of *Sasa borealis* leaf extract

**Fig. 4.** Percent change of glycemic index (GI) and glycemic load (GL) of 4 test foods by *Sasa borealis* leaf extract. Values with asterisks are significantly lower than the data without *Sasa borealis* leaf extract at  $p < 0.05$ .

성 있게 낮추었다. 즉 쌀밥에서는 섭취 후 15분부터 120분까지 모든 시간대의  $\Delta$ AUC를 낮추었고, 라면과 국수에서는 15분, 30분 및 45분까지의  $\Delta$ AUC를 낮추었으며, 식빵에서는 90분까지를 제외한 모든 시간대에서 저하시켰다.

#### 혈당지수 및 혈당부하지수

포도당을 비롯한 네 시료의 GI와 포도당을 제외한 네 시료의 GL은 Table 5와 같았다. 포도당의 GI를 100으로

하였을 때 쌀밥, 라면, 국수 및 식빵의 GI는 각각  $86 \pm 6$ ,  $87 \pm 9$ ,  $68 \pm 5$  및  $80 \pm 7$ 로 국수와 식빵은 포도당에 비해 유의하게 낮았다. 쌀밥, 라면, 국수 및 식빵의 GL은 각각  $174 \pm 13$ ,  $69 \pm 7$ ,  $55 \pm 4$  및  $40 \pm 4$ 로 각 시료의 1인 1회 분량을 고려한 결과 네 시료 간에 유의적인 차이를 보였다.

SBE의 섭취가 포도당을 비롯한 네 시료의 GI와 포도당을 제외한 네 시료의 GL에 미친 영향은 Fig. 4와 같았다. 포도당의 GI는 SBE의 영향을 전혀 받지 않았으나 쌀밥, 라면, 국수 및 식빵의 GI는 SBE에 의해 각각 23%, 14%, 15% 및 17%씩 낮아졌으며, 쌀밥과 식빵의 GI 저하는 유의적이었다. 포도당을 제외한 네 시료의 GL은 SBE에 의해 각각 23%, 13%, 15% 및 17%씩 낮아졌고, 역시 쌀밥과 식빵의 GL 저하는 유의적이었다.

## 고 찰

혈당 농도의 변동은 식후에 크게 일어나므로 식후 혈당이 현저하게 증가되지 않도록 조절하는 것은 내당능장애자나 당뇨병 환자의 관리에 있어 중요하다.<sup>7,31)</sup> 이러한 이유로 식후 혈당 강하에 효과적인 물질이나 식품은 당뇨병 등 인슐린 저항성을 보이는 사례의 치료와 예방에 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

탄수화물 분해효소의 활성을 감소시키거나,<sup>32)</sup> 식후 인슐린 분비를 촉진하거나 또는 위배출 속도를 지연시키는 소재<sup>33)</sup>는 식후 혈당을 강하하는 효과를 보인다. Acarbose가 당뇨병의 예방 또는 치료제로 사용되는 것은 탄수화물의 소화과정의 마지막 단계를 촉매 하여 포도당을 생성하는  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해하여 식후 혈당 상승을 완화시키기 때문이다.<sup>34)</sup>

본 연구는 SBE가  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해한다는

점을 확인하였다. 즉 SBE는 농도-의존적으로  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해시켰으며, 4 mg/mL의 농도에서는 53.9% 저해능을 보였다. 이러한 저해능은 acarbose의 67.5% 수준이다. 황 등<sup>26)</sup>의 연구에서는 조릿대 잎 메탄올 추출물의 ethylacetate 분획과 butanol 분획 및 dichloromethane 분획이 0.5 mg/mL의 농도에서 acarbose보다 높은  $\alpha$ -glucosidase 저해능을 나타내었다. 본 연구에서 사용한 SBE가 열수 추출물이었던 점을 생각할 때, 다른 용매의 추출물 또는 분획의 경우  $\alpha$ -glucosidase의 활성 저해능이 보다 높을 수 있다는 점을 알려준다.

본 연구에서 시료 섭취 후 120분 동안의 혈당반응을 측정하여 산출한 쌀밥, 라면, 국수 및 식빵의 GI는 각각 86, 87, 68 및 80이었고 GL은 각각 174, 69, 55 및 40이었다. International GI table<sup>14)</sup>에는 식빵 (Food #101, white-wheat-flour bread)의 GI가  $70 \pm 0$ 로 나와 있는바, 본 연구에서 얻은 GI 값이 다소 높은 편이었다. 일반적으로 GI로 식품을 분류할 때 55 이하를 저 GI 식품, 56~69를 중 GI 식품 그리고 70 이상을 고 GI 식품으로 분류한다. 이에 따르면 본 연구 시료 중에서 국수만 중 GI 식품에 해당되고 쌀밥과 라면 및 식빵은 고 GI 식품에 분류된다. 이는 한국인이 주식으로 섭취하는 탄수화물 급원의 대부분이 식후에 높은 수준의 혈당반응을 보이는 고 GI 식품임을 알려준다. 이와 아울러 쌀밥의 경우는 라면이나 국수 또는 식빵에 비해 GL이 현저하게 높다는 점도 보여준다.

한편 본 연구에서 SBE를 포도당 또는 쌀밥, 라면, 국수 및 식빵과 함께 섭취했을 때, 포도당의 경우는 혈당반응이나 GI의 감소가 나타나지 않았으나, 네 시료 모두에서 혈당반응면적이 저하되었고, GI가 각각 23%, 14%, 15% 및 17% 낮아졌으며, GL도 각각 23%, 13%, 15% 및 17% 감소되었다. 쌀밥과 식빵의 GI와 GL 저하는 유의적이었다. 특히 시료 섭취 후 초기 단계인 15분에서부터 혈당을 낮추었다. 이러한 결과는 SBE가  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해함으로써 혈당 강하 효과를 발휘한 것이라고 해석할 수 있다. 상동 International GI table<sup>14)</sup>에는 흰 식빵을 200 mg의 acarbose (Food #105, white bread + acarbose 200 mg)와 함께 섭취한 경우의 GI는  $34 \pm 16$ 으로 나와 있다.

SBE에 flavone 배당체 성분이 함유되어 있음이 이미 확인되었는데, 이들 물질은 활성산소 소거능을 통해 항산화 활성을 나타내거나 간 독성을 완화시키는 작용을 한다.<sup>35-37)</sup> SBE가 췌장의  $\beta$ -세포를 보호하고 증식시키며 인슐린 분비를 촉진하는 효과를 나타내는데 대한 연구결과는 아직 없다. 그러나 본 연구에서 SBE는 네 가지 주요 탄수화물 급원식품 모두에서 섭취 후 15분에 혈당 농도를 낮추었다.

인슐린을 분비하는  $\beta$ -세포의 기능이 포도당부하시험 (oral glucose tolerance test: OGTT) 결과의 주요 조절인자이며, 이는 식후 초기에 결정된다고 알려져 있다.<sup>38)</sup> 이러한 점들은 SBE가  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해할 뿐만 아니라  $\beta$ -세포의 인슐린 분비도 촉진시키는 것이 아닐까 추측하게 한다.

식후에 고혈당 상태가 오래 유지되거나 지질 농도가 높으면 ROS (reactive oxygen species)가 많아져 췌장의  $\beta$ -세포도 손상 받을 수 있다.<sup>39)</sup> 반면에 항산화 물질에 의해  $\beta$ -세포의 인슐린/insulin-like growth factor-I (IGF-I)의 신호전달이 향상되면  $\beta$ -세포의 증식은 증가하고 사멸은 감소하여  $\beta$ -세포의 수가 증가한다.<sup>40)</sup> 그러므로 항산화 작용을 하는 물질들은  $\beta$ -세포 수의 증가를 통해 장기적인 혈당 강하 효과를 발휘할 수 있을 것이라고 생각해 볼 수 있다.

인슐린 작용을 향상시키는 인슐린 민감성 물질이나 인슐린처럼 작용하는 인슐린성 물질의 효과 측면에서도 본 연구 결과를 살펴볼 수 있겠다.<sup>41)</sup> 인슐린의 분비가 부족하거나 작용력이 감퇴되면 당뇨병이 발생하므로 인슐린 분비를 촉진하는 방안뿐만 아니라 인슐린의 민감성을 향상시키는 방법 또한 당뇨병의 예방과 치료에 중요하다. 이에 국내에서도 인슐린 민감성 물질 및 인슐린성 물질에 대한 연구가 진행되고 있다.<sup>42,43)</sup> 본 연구에서는 이에 관한 실험이 수행되지 않았지만, 본 연구실에서 이루어진 선행 연구에서는 SBE가 혈중 인슐린 농도가 낮은 상태에서도 당 대사를 개선시킨 바 있다.<sup>24)</sup> 이는 SBE가 인슐린 민감성을 향상시키거나 인슐린성 작용을 하는 물질의 가능성을 제시한 것이라고 생각된다.

결론적으로 천연식품 소재로써 SBE가  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해하고, 식후 혈당강하 작용을 하여 주요 탄수화물 급원식품의 혈당반응과 GI 및 GL을 낮춘 본 연구결과는 SBE가 식후 혈당조절제로서 유용하게 이용될 수 있는 가능성이 있음을 보여주었다.

한국인의 전형적인 식생활이 탄수화물 위주의 식사라는 점을 생각할 때 저 GI 식품의 개발 또는 식품의 GI를 낮출 수 있는 방안에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 따라서 추후 SBE의 식후 혈당 강하 효과를 극대화하기 위한 방안에 관한 연구가 필요하며 나아가 췌장의  $\beta$ -세포 증식이나 인슐린의 분비 또는 인슐린 민감성 향상과 관련해 어떤 기전으로 어떤 효과를 나타내는데에 대한 규명이 이루어져야 할 것이다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 조릿대 잎 추출물이  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해하는 정도를 알아보고 또한 조릿대 잎 추출물

이 한국인의 탄수화물 주요 급원 중 주식용 식품인 쌀밥, 라면, 국수 및 식빵의 섭취에 따른 혈당반응과 GI 및 GL에 나타내는 효과를 알아보기 위해 14명의 건강한 성인을 대상으로 하여 인체시험을 수행하였다. 조릿대 잎 추출물은 0.1~4 mg/mL의 범위에서, acarbose보다는 다소 약하였으나, 농도-의존적으로  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 저해하였다. 국수는 중 GI 식품이었고 쌀밥과 라면 및 식빵은 고 GI 식품이었다. 조릿대 잎 추출물 2,000 mg은 포도당을 제외한 쌀밥과 라면, 국수 및 식빵의 식후 혈당반응을 감소시켰으며 GI와 GL을 13~23% 저하시켰다. 이러한 본 연구결과는 조릿대 잎 추출물이 식후 혈당조절제로서 유용하게 이용될 수 있는 가능성이 있음을 보여주었다.

#### Literature cited

- Ong KK, Dunger DB. Thrifty genotypes and phenotypes in the pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2000; 13 (6): 1419-1424
- Min HK, Yoo HJ, Lee HK, Kim EJ. Clinical characteristics of Korean type 2 diabetic patients according to insulin secretion and insulin resistance. *Korean Diabetes J* 2007; 31 (2): 123-129
- Haller H. The clinical importance of postprandial glucose. *Diabetes Res Clin Pract* 1998; 40 (1): 543s-549s
- Ahmed N, Babaei-Jadidi R, Howell S, Thornalley PJ, Besswenger PJ. Glycated and oxidized protein degradation products are indicators of fasting and postprandial hyperglycemia in diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28 (10): 2465-2471
- Brand-Miller JC. Glycemic index in relation to coronary disease. *Asia Pac J Clin Nutr* 2004; 13 Suppl: 3s
- Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB, Franz M, Sampson L, Hennekens, Manson JE. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71 (6): 1455-1461
- Ceriello A. Postprandial hyperglycemia and diabetes complications: is it time to treat? *Diabetes* 2005; 54 (1): 1-7
- Louis M, Gareth D, Claude C, David O. The loss of postprandial glycemic control precedes stepwise deterioration of fasting with worsening diabetes. *Diabetes Care* 2007; 30 (2): 263-269
- Pereira MA, Jacobs JR, Raatz SK, Gross MD, Slavin JL, Seaquist ER. Effect of whole grain on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. *Am J Clin Nutr* 2002; 75 (5): 848-855
- Park MA, Lee JW, Shin MS, Ly SY. Glycemic index lowering effects of breads supplemented with resistant starch, whole rye grain and fructooligosaccharide. *Korean J Community Nutr* 2007; 2 (2): 189-197
- Lee C, Sin JS. Effect of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride in normal subject. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2002; 31 (6): 1048-1051
- Riccardi G, Rivellese AA, Giacco R. Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *Am J Clin Nutr* 2008; 87 (1): 269s-274s
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden 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* 1981; 34 (3): 362-366
- Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (1): 5-56
- Chiaasson JL, Josse RG, Gomis R, Hanefeld M, Karasik A, La M. Acarbose treatment and the risk of cardiovascular disease and hypertension in patients with impaired glucose tolerance-the STOP-NIDDM trial. *JAMA* 2003; 290 (3): 486-494
- Williams JA, Choe YS, Noss MJ, Baumgartner CJ, Mustad VA. Extract of salacia oblonga lowers acute glycemia in patients with type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 2007; 86 (1): 124-130
- Kim YM, Jeong YK, Wang MH, Lee WY, Rhee HR. Inhibitory effect of pine extract on  $\alpha$ -glucosidase activity and postprandial hyperglycemia. *Nutr J* 2005; 21 (6): 756-761
- Li Y, Wen S, Kota BP, Peng G, Li GQ, Yamahara J, Roufogalis BD. Punica granatum flower extract, a potent  $\alpha$ -glucosidase inhibitor, improves postprandial hyperglycemia in Zucker diabetic fatty rats. *J Ethnopharmacology* 2005; 99 (2): 239-244
- Hong H, Jai MW. Effects of malted barley extract and banana extract on blood glucose levels in genetically diabetic mice. *J Med Food* 2004; 7 (4): 487-490
- Adolfo AC, Jaime BJ, Rene CV. Alpha-glucosidase-inhibiting activity of some Mexican plants used in the treatment of type 2 diabetes. *J Ethnopharmacology* 2008; 116 (1): 27-32
- Matsuda H, Yoshikawa M, Morikawa O. Antidiabetogenic constituents from Salvia species. *Tradit Med* 2005; 22 (1): 145s-153s
- Chuyen NV, Kurata T, Kato H, Fujimaki M. Antimicrobial activity of kumasasa (Sasa albomarginata). *Agric Biol Chem* 1982; 46 (4): 971-978
- JK Choi. Effect of Sanyacho. Seoul: Tojong yakcho Research Society; 2005. p.145-149
- Jung EY. Effect of Sasa borealis leaves extract on metabolic syndrome in C57/BL6J mice fed a high fat diet [dissertation]. Gwangju: Chonnam National Univ; 2006
- Kim EY, Jung EY, Lim HS, Heo YR. The effects of Sasa borealis leaves extract on plasma adiponectin, resistin, C-reactive protein and homocysteine levels in high diet-induced obese C57/BL6J mice. *Korean J Nutr* 2007; 40 (4): 303-311
- Hwang JY, Han JS. Inhibitory effects of Sasa borealis leaves extracts on carbohydrate digestive enzymes and postprandial hyperglycemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2007; 36 (8): 989-994
- Park YO, Lim HS. Antioxidant activities of Bamboo (Sasa borealis) leaf extract according to extraction solvent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2009; 38 (12): 1633-1819
- Brouns FI, Bjorck KN, Frayn AL, Gibbs V, Lang G, Slama A, Wolever TMS. Glycemic index methodology. *Nutr Res Rev* 2005; 18 (1): 145-171
- AOAC. Official Methods of Analysis 16th ed, Washington DC; 1995
- Liu D, Wong PTS, Dutka BJ. Determination of carbohydrate in lake sediment by a modified phenol-sulfuric acid method. *Water Res* 1973; 7 (5): 741-746



- 31) Fava S. Role of postprandial hyperglycemia in cardiovascular disease. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2008; 6(6): 859-872
- 32) Mastui T, Yosimoto C, Osajima K, Oki T, Osajim Y. In vitro survey of  $\alpha$ -glucosidase inhibitory food components. *Biosci Biotechnol Biochem* 1996; 60(12): 2019-2022
- 33) Horowitz M, Edelbroek MAL, Wishart JM, Straathof JW. Relationship between oral glucose tolerance and gastric emptying in normal healthy subject. *Diabetologia* 1993; 36(9): 857-862
- 34) Chiasson JL, Josse RG, Gomis R, Hanefeld M, Karasik A, Laakso M. Acarbose for prevention of type 2 diabetes mellitus: the STOP-NIDDM randomized trial. *Lancet* 2002; 359(9293): 2072-2077
- 35) Park HS, Lim JH, Kim HJ, Choi HJ, Lee IS. Antioxidant flavone glycosides from the leaves of *Sasa borealis*. *Arch Pharm Res* 2007; 30(2): 161-166
- 36) Yoon SK, Kim MA. Glycemic responses of Korea domestic meals and diabetic meals in normal subjects. *Korean J Food & Nutr* 1998; 11(3): 303-311
- 37) Kim JH. Cytotoxicity of *Sasamorpha purpurascens* extract against HL60 cells and L1210 cells with alterations of ROS scavenging enzymes activities [dissertation]. Seoul: Sangmyung University; 2003
- 38) Takashi A, Ryoko Y, Hideki O.  $\beta$ -Cell function is a major contributor to oral glucose disposition in obese Japanese students. *Endocrine J* 2007; 54(6): 903-310
- 39) Sies H, Stahl W, Sevanian A. Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. *J Nutr* 2005; 135(55): 969-972
- 40) Hennige AM, Burks DJ, Ozcan U, Kulkarni RN, Ye J, Park S, Schubert M, Fisher TL, Dow MA, Leshan R, White MF. Upregulation of insulin receptor substrate-2 in pancreatic beta cells prevent diabetes. *J Clin Invest* 2003; 112(10): 1521-1532
- 41) Broadhurst CL, Polansky MM, Anderon RA. Insulin-like biological activity of culinary and medical plant aqueous extracts in vitro. *J Agri Food Chem* 2000; 48(3): 849-852
- 42) Ko BS, Kim HK, Park S. Insulin sensitizing and insulin-like effects of water extracts from *Kalopanax pictus* NAKA fraction in 3T3-L1 adipocytes. *Korean J Agri Chem Bioech* 2002; 45(1): 42-46
- 43) Ju YS, Park S, Ko BS. Effect of Insulin-like action and insulin signal transduction on 3T3-L1 adipocytes from coisis semen. *Korean J Chinese Med* 2002; 23: 103-114