

구아바 잎 열수추출물의 당류분해효소 저해 효과 및 OGTT에 미치는 효과

최수민 · 김중학 · 정지상 · 김화영 · 장혜은 · 황성주 · 홍성길[†]

(주) 이롬 생명과학연구원

Effect of Aqueous Extract of Guava (*Psidium guajava* L.) Leaves on the Oral Glucose Tolerance Test and Inhibition of Glycoside Hydrolase

Su Min Choi, Joong Hark Kim, Ji Sang Chung, Hwa Young Kim, Hye Eun Chang, Sung Joo Hwang and Seong Gil Hong[†]

Erom R&D Center, 859-2 Toigye-Dong, Chuncheon 200-944, Korea.

ABSTRACT : Guava (*Psidium guajava*) contain a great deal of polyphenol compound and work on the treatment of *Diabetes mellitus* effectively. In this study, the bioactivities of aqueous extract (GLEx) of guava leaf were investigated. Total phenolic contents of GLEx was 266.9 mg tan/g. The effects of GLEx on digestive enzymes, α -amylase, maltase and sucrase were investigated. IC₅₀ values of GLEx against α -amylase, maltase and sucrase were 0.65 mg/ml, 2.0 mg/ml and 3.5 mg/ml respectively. The effect of GLEx on oral glucose tolerance test (OGTT) was performed in normal ICR mouse, control (distilled water) and GLEx (aqueous extract of Guava leaf) were co-administered orally with glucose, showed reducing effect on the blood glucose level. The guava is likely to useful for prevention or improvement of hyperglycemia by lowering the blood glucose level and inhibiting glycoside hydrolase activity.

Key Words : Guava, *Psidium guajava*, Polyphenol, Glycoside Hydrolase, Diabetes

서 언

당뇨병 (*Diabetes mellitus*, DM)은 인슐린의 분비량 감소나 작용기전에 이상이 생겨 고혈당이 되는 것이 특징이며, 이로 인해 여러 가지 합병증을 야기하는 만성대사질환으로 현대인의 건강을 위협하고 있다 (Defronzo, 1981; Young and Stout, 1987). 당뇨병은 인슐린 의존형인 Type I (T1DM)과 인슐린 비의존형인 Type II (T2DM)로 분류된다. T1DM은 전체 당뇨병 환자의 약 10%를 차지하고, 유전적 소인이 강하여 20세 이하의 연령층에서 주로 나타나 ‘소아당뇨병’이라고도 한다. T1DM은 체내에서 인슐린을 생성하는데 장애가 있으므로 인슐린 주사와 식이조절을 통해서만 혈당을 유지할 수 있다. T2DM은 가장 흔한 형태로 전 세계 당뇨병의 약 90%를 차지하며, 우리나라에서도 T2DM 환자가 대부분을 차지하는 것으로 추정된다 (Lee *et al.*, 1984). T2DM은 주로 40세 이후에 발생하여 ‘성인형 당뇨병’이라고 한다. T2DM은 근육이나 지방조직 등 말초조직에서 인슐린에 대한 감수성이 둔화되어 당 대사 장애가 장시간에 걸쳐 발병하는 것으로 알려져 있으며, 서구화된 식습관, 운동부족, 비만, 과식, 스트레스, 과음 등으

로 인해 발병비율이 증가되고 있어 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

탄수화물의 소화과정에 관여하는 효소 중 α -amylase는 타액 및 췌장에서 분비되는 효소로 전분이나 glycogen의 α -glycosidic bond를 끊어 glucose나 maltose로 분해하고, 소장 점막에 있는 α -glucosidase는 maltose, sucrose를 단당류인 포도당으로 분해한다. 소장 점막에 있는 당류분해효소 중 하나인 α -glucosidase는 탄수화물 소화의 중추적 효소로 maltase (EC 3.2.0.20), glucoamylase (EC 3.2.1.3), sucrase (EC 3.2.1.48) 및 isomaltase (EC 3.2.1.10) 4종류로 분류되며, 이 중 maltase가 식품 내 전분의 소화와 흡수와 밀접한 연관이 있다. 당류 분해효소 저해제는 탄수화물의 소화를 지연시켜 식후 혈당이 증가되는 것을 완화시킨다. 따라서,식이 섭취 후 혈당을 유지시키기 위해 α -amylase저해제, α -glucosidase저해제와 같은 당류 분해효소의 활성을 억제시키는 acarbose나 voglibose를 당뇨병의 예방 및 치료에 이용해왔다. 그러나 이러한 약물은 장기간 복용 시 복부팽만감, 구토, 설사를 유발한다는 문제가 있어 사용이 제한 될 수 있다 (Hanfeld, 1998). 이러한 부작용이 적고 혈당강하 효과가 있는 대두유래 Cyclo-His-Pro (CHP),

[†]Corresponding author: (Phone) +82-33-248-8311 (E-mail) antioxidant@erom.co.kr

Received 2012 January 27 / 1st Revised 2012 February 6 / 2nd Revised 2012 March 9 / Accepted 2012 April 2

바나나 잎, β -glucan, 메밀, 토후박 등과 같은 천연물 및 식품 유래 성분들이 주목을 받고 있다 (Hilton *et al.*, 1992; Prasad *et al.*, 1991; Guy *et al.*, 2007; Chen and kenneth, 2008; Lee *et al.*, 2009; Xu *et al.* 2010). 천연물들은 주로 약용식물에서 보고되고 있으며, 식물들의 씨앗, 열매, 잎 등에 함유되어 있는 polyphenol류가 주로 이용되고 있다 (Prior and Gu, 2005). 식물계에 함유되어 있는 유효성분 중 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가지고 있으며, 이 성분의 phenolic hydroxyl기는 단백질 및 거대분자들과 결합하는 성질 및 2가 금속이온과의 결합력으로 인하여 높은 항산화 활성 및 항암, 항알러지 같은 생리활성 효과를 나타내는 것으로 보고되고 있다 (Choi *et al.*, 2005; Lee and Lee, 1994).

구아바 (*Psidium guajava* L.)는 도금양목 도금양과 (Myrtaceae)에 속하는 쌍떡잎 식물로 열대, 아열대 지방에 널리 분포하고 있으며, 우리나라에서는 제주도에 자생하는 것으로 알려져 있다 (Begum *et al.*, 2002; Gutiérrez *et al.*, 2008). 구아바의 잎, 과실, 뿌리는 오래전부터 위장질환, 당뇨의 치료제로 민간에서 널리 이용되어 왔다 (Lozoya *et al.*, 2002; Keji, 1981). 구아바 잎에는 항산화효과가 있는 flavonoid, tannin과 같은 화합물이 보고되었으며(Tanaka *et al.*, 1992), 과실에는 myricetin, ellagic acid, anthocyanin 등의 페놀성 화합물과 비타민 C, carotinoid 등이 높은 함량으로 존재한다고 보고되고 있다 (Miean and Mohamed, 2001; Misra and Seshadri, 1968; Mercadante *et al.*, 1999). 특히, 구아바 잎 추출물은 항산화, 항암, 항알러지, 항균 효과가 있는 것으로 알려져 있어 (Ghosh *et al.*, 2010; Jaiarj *et al.*, 1999; Jo *et al.*, 2009; Park and Onjo, 2008; Qian and Nihornbere, 2004), 식품분야에서 구아바를 이용한 음료나 차 등의 수요가 증대되고 있다.

본 연구에서는 구아바 잎 열수추출물의 항당뇨 효능을 평가하기 위하여 페놀화합물 함량을 분석하고, 소화효소 중 당류분해효소활성에 미치는 영향과 경구 당부하도 조절효과를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 추출물의 제조

본 실험에 사용된 구아바 잎 열수추출분말은 인도산 (INDFRAG LIMITED, India)을 사용하였다.

총 페놀 화합물 함량 분석시약으로 $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, phosphomolydic acid, H_3PO_4 , Na_2CO_3 는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 표준시약 tannic acid는 Acros (Acros Organic NV, Geel, Belgium)에서 구입하였다.

전분분해효소활성 측정 시약으로 α -amylase type VI-B from porcine pancreas (30 unit/mg), 3,5-dinitrosalicylic acid,

maltose, rochelle salt (Potassium sodium tartrate tetrahydrate), NaOH, crystalline I_2 , KI는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, soluble starch는 SHOWA (Tokyo, Japan)제품을 사용하였다.

이당류분해효소활성 측정 시약으로 Glucose Kit (GOD-PAP 법)는 영동제약에서 구매하였으며, maleic acid, rat intestinal acetone powder, maltose, sucrose는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

2. 총 페놀 화합물 함량 분석

구아바 잎 열수추출분말에 함유되어 있는 총 페놀 화합물 함량을 Folin-Denis (Jayaprakasha *et al.*, 2007)방법으로 분석하였다. 열수추출분말 100 mg을 증류수 100 ml에 용해시켜 시료로 하였으며, 시료 1 ml에 증류수 75 ml, Folin-Denis 시약 5 ml, Na_2CO_3 10 ml을 가하고, 증류수로 100 ml까지 희석하여 잘 혼합한다. 30분간 반응시킨 후 분광광도계 (UV-vis spectrophotometer; UVmini-1240, Shimazu Co., Japan)로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 산출하였다.

3. α -Amylase 활성 저해능 측정

전분분해효소활성 저해효과는 Lim 등 (2005)의 방법을 변형하여 측정하였다. 구아바 잎 열수추출분말을 인산완충용액에 희석하여 시료로 하였다. 시료 500 μl 와 기질인 1% starch 용액을 tube에 넣어 혼합하고 37°C incubator에서 5분간 보온시킨 후 267.5 Unit/ml의 α -amylase 20 μl 를 넣고 30, 60, 90, 120분간 반응시켰다. 그 반응물에서 유리된 환원당을 DNS (3,5-Dinitrosalicylic acid) 방법으로 측정하였다. 표준곡선은 maltose를 이용하여 작성된 검량선으로 반응물의 maltose 생성량을 계산하였다. α -amylase inhibition effect(%)의 결과를 α -amylase활성을 50% 저해하는 농도인 IC_{50} 값으로 나타내었다.

전분분해효소활성의 저해효과를 Surasak 등 (2009)의 방법을 변형하여 4% starch agar plate와 2% 구아바 잎 열수추출물 (GLEx)을 함유한 4% starch agar plate에서 효소활성도에 따른 clear zone 반경의 차이를 계산하여 확인하였다.

4. Maltase, sucrase 활성 저해능 측정

이당류분해효소활성 저해효과는 Dahlqvist (1968)의 방법을 변형하여 측정하였다.

효소원은 intestinal acetone powder와 56 mM 말레인산완충용액 (pH 6.0)을 1:9 (w/v)의 비율로 혼합한 뒤 homogenizer로 균질화시킨 후 3,000 rpm (4°C), 10분간 원심분리하여 상등액을 조효소액으로 하였다. maltase 활성 측정 시 조효소액을 20배 희석하고, sucrase 활성 측정 시에는 2배 희석하여

사용하였다. 구아바 잎 열수추출분말을 말레인산완충용액에 희석하여 시료로 사용하였다. 시료 500 μ l와 기질인 2% maltose 또는 sucrose를 넣고 37°C incubator에서 5분간 보온시킨 후 효소액 20 μ l를 첨가하고 37°C에서 30, 60, 90, 120분 간격으로 반응시켰다. 그 반응액에서 유리된 glucose를 Glucose kit (GOD-PAP법)을 이용하여 측정하였으며, glucose으로 검량선을 작성한 것과 비교하여 glucose의 양을 환산하였다.

구아바 잎 열수추출물의 첨가 시 이당류 분해효소 활성의 저해 (%) 결과를 IC₅₀값으로 나타내었다.

5. 실험동물

실험동물로 생후 6주령 ICR mouse 수컷을 (주)오리엔트 바이오에서 구입하여 고품사료 (Purina, Switzerland)와 정제수로 1주일간 식이적용 시킨 후, 체중을 측정하여 난괴법에 따라 10마리씩 대조군과 구아바 잎 열수추출물군으로 나누어 사육하였다. 사육환경은 온도 25 ± 1°C, 습도 50 ± 5%, 명암주기 12시간 일조량을 유지시켰다.

6. 경구 당부하도 (Oral Glucose Tolerance Test, OGTT) 측정

Control (정상 혈당 대조군), GLEx (정상 혈당 모델에 구아바 잎 열수추출물 경구투여군)군 각각에 체중에 따라 대조군에는 멸균증류수를 10 ml/kg·day, GLEx군에는 구아바 잎 열수추출물을 polyphenol로서 123.5 mg/day이므로 원물함량 25% 함량을 환산하여 8.2 mg/kg·day를 경구투여 하였다. 경구투여 30분 후 포도당 (glucose)을 멸균증류수에 녹여 2 g/kg의 용량으로 경구투여 후 0, 30, 60, 90, 120분 간격으로 미정맥으로부터 채혈하여 혈당을 측정하였다. 혈당측정은 휴대용 혈당측정기 (Accu-check, Roche, Germany)를 이용하여 2회씩 측정 후 평균값을 구하였다.

각 측정 시간대 별 혈당량의 변화를 혈당반응곡선으로 나타내고, 시료섭취 후 최고혈당에 도달하는 시점의 혈당 측정값과 공복혈당과의 차이를 산출하였으며, 공복 혈당에 대한 시료섭취 후 혈당반응곡선의 면적 (Area Under Curve, AUC)을 측정하여 비교 평가하였다. 혈당 반응곡선에서 최대 혈당치를 나타내는 시점 이전의 면적에서 대조물질에 대한 실험물질의 비율 (혈당 상승기 면적)을 왼쪽 혈당상승기 면적의 비율 (Left Area Ratio, LAR), 혈당이 감소하는 시점 이후의 면적에 대한 비율 (혈당 감소기 면적)을 오른쪽 혈당 감소기 면적의 비율 (Right Area Ratio, RAR)로 하여 산출하였다.

7. 통계처리

모든 실험결과는 평균 ± 표준편차 (Mean ± S.D.)로 나타내었으며, 통계분석은 Student's *t*-test를 사용하여 대조군과의 유의성을 검정하였다 ($p < 0.05$).

Table 1. Total polyphenol content of *Psidium guajava* extract.

Extract	Total polyphenol (mg Tan [†] /g)
GLEx	266.9 ± 1.3*

[†]Tannic acid (Tan) was used as a standard for measuring of the total polyphenol content.

*Values are mean ± S.D.

결과 및 고찰

1. 구아바 잎 열수추출물의 총 페놀성 화합물 함량

과거에 식물에 존재하는 탄닌류는 떫은맛을 주어 식이섭취량을 저하시키고 단백질과의 상호작용으로 효소활성의 저해와 단백질 배설을 증가시키며 Fe 이용율을 저하시켜 동물이나 인간에게 영양저해인자로 인식되어 왔다. 그러나 최근연구에서는 고혈압이나 동맥경화 억제작용과, 혈청 지질개선 및 과산화지질의 생성을 억제하여 비만 방지효과, 중금속 해독작용 등의 효과가 있는 것으로 보고되어 기능성 소재로 주목받고 있다 (Kimura *et al.*, 1984).

구아바 잎은 주로 잎차로 가공되어 대만이나 일본에서 음용되고 있기 때문에 열수 추출물을 본 실험에 사용하였다 (Chen and Yen, 2007). 본 실험에 사용된 구아바 잎 열수추출물 (GLEx)에 함유되어 있는 총 페놀성 화합물의 함량을 tannic acid를 이용하여 검량선을 작성하여 분석한 결과 266.9 ± 1.3 mg/g로 높은 함량을 보였다 (Table 1). 이는 Soman 등 (2010)에서 추출방법을 달리하여 구아바 잎 에틸아세테이트 추출물에 함유되어 있는 총 페놀성 화합물 함량이 79.8 ± 0.899 mg/g으로 보고한 것과는 다소 차이가 있었으며, Jeong 등 (2011)에서 gallic acid를 이용하여 검량선을 작성한 후 측정된 결과가 293.25 mg/g으로 보고하여 본 실험의 결과와 큰 차이가 없었다. 이는 구아바 잎 추출용매 및 추출방법에 따라 차이가 나는 것으로 보인다 (Jeong *et al.*, 2011; Patricia *et al.*, 2010).

2. 당류분해효소활성 저해효과

α -amylase는 타액선, 췌장에서 분비되어 starch, glycogen과 같은 다당류의 α -glycosidic bond를 분해하여 maltose로 분해하고, 소장점막에 있는 이당류 분해효소에 의해 포도당으로 분해되어 에너지 대사에 이용된다. 당류 분해효소활성의 저해는 당질의 최종대사산물인 포도당으로의 전환을 저해하여 당분의 흡수가 지연된다. 이러한 당류분해효소활성의 저해는 당의 분해 및 흡수를 저해시켜 식후 혈당이 급격하게 증가되는 것을 막아준다.

소장내의 당의 흡수와 혈당상승과의 관계에 구아바 잎 열수추출물 (GLEx)이 미치는 효과를 알아보기 위하여 췌장의 α -amylase, 소장 용모막의 이당류 분해효소 maltase, sucrase의

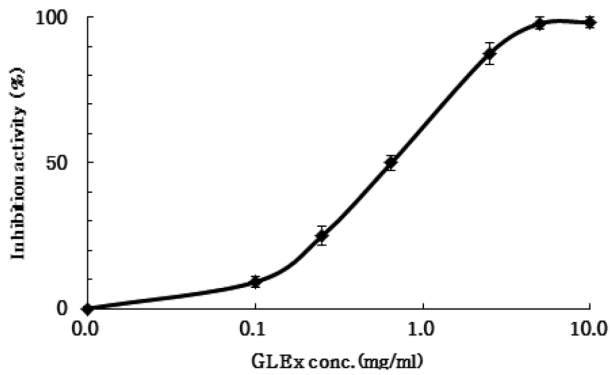


Fig. 1. Dose dependent inhibition of guava leaf extract (GLEx) on α -amylase. [†]GLEx (Aqueous Extract of Guava Leaf).

활성도를 측정하였다.

가용성 전분 용액에 2% 구아바 잎 열수추출물 (GLEx)를 첨가하였을 때 *in vitro* 전분가수분해활성은 Fig. 1과 같다. 가용성 전분의 분해는 2% 구아바 잎 열수추출물 (20 mg/ml)의 첨가로 효소활성이 억제되어 maltose의 생성량이 줄어든 것을 확인하였다. 30분 이후 시간대에서 대조군의 가수 분해율보다 유의하게 낮았으며 ($p < 0.05$), 구아바 잎 열수추출물의 α -amylase에 대한 IC_{50} 은 0.65 mg/ml 이었다 (Fig. 1). 이를 clear zone test로 clear zone 반경을 조사한 결과 대조군이 4.00 ± 0.02 mm, 2% 구아바 잎 열수추출물 첨가 시 0.50 ± 0.00 mm로 α -amylase활성이 억제되어 clear zone 반경이 형성되지 않거나 1.5~3.5 mm 정도 좁은 것으로 나타났다 (Fig. 2).

구아바 잎 열수추출물 (GLEx)의 첨가로 maltase와 sucrase의 활성이 억제되어 glucose의 생성량이 줄어든 것을 확인하였다 (Table 2). 구아바 잎 열수추출물 (GLEx)의 maltase, sucrase에 대한 IC_{50} 은 maltase에 대해서는 2.0 mg/ml, sucrase에 대해서는 3.5 mg/ml 이었다 (Fig. 3).

3. 구아바 잎 열수추출물의 경구 당부하도 효과

외인성 포도당에 대한 저항성을 알아보기 위하여 정상 ICR mouse에 구아바 잎 열수추출물 (GLEx), 증류수를 각각 8.2 mg/kg, 10 ml/kg 씩 경구투여 후 2 g/kg 포도당을 투여하고

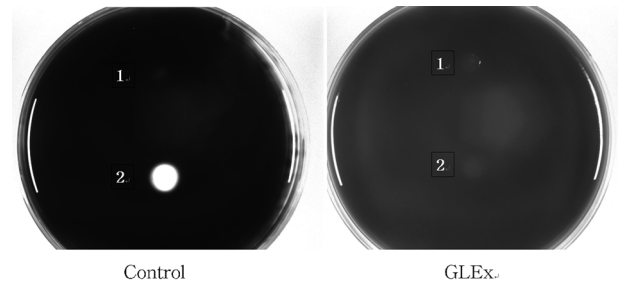


Fig. 2. Amyolytic inhibitory activity of guava leaf extract (GLEx) on starch agar plate. [†]Control; 4% starch agar, GLEx; 2% GLEx+ 4% starch agar, [†]1; inactive α -amylase, 2; active α -amylase.

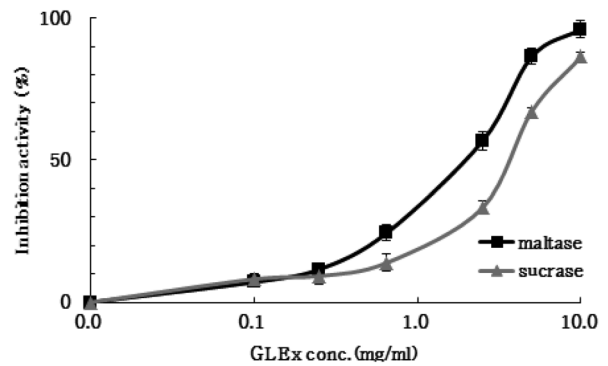


Fig. 3. Inhibitory effects of guava leaf extract (GLEx) on maltase and sucrase.

0 ~ 120분 동안 30분 간격으로 혈당을 측정하여 혈당치 상승에 대한 구아바 잎 열수추출물의 억제 작용에 대해 실험하였다. 포도당 섭취 30분 후에 최대 혈당값을 나타냈으며, 포도당 섭취 후 혈당 반응곡선은 구아바 잎 열수추출물 섭취 시 식후 30분과 60분에서 유의적으로 감소하였다. 공복혈당에 대한 혈당증감치는 구아바 잎 열수추출물 섭취 시 유의적으로 감소하였으며, 식후 30분, 60분, 120분에서 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다 (Fig. 4). 혈당반응곡선면적 (AUC)에서 대조군에 비해 구아바 잎 열수추출물 섭취 시 대조군에 비해 통계적 유의차를 나타내며 약 30% 감소하였다. GLEx의 소화흡수 형

Table 2. Decomposition rate (%) of substrate hydrolysis with or without guava leaf extract (GLEx) for 120 min.

	Reaction Time (min)				
	0	30	60	90	120
Maltase					
Control	-	22.24 \pm 0.09	29.99 \pm 0.08	41.17 \pm 0.13	51.14 \pm 0.15 [†]
GLEx	-	0.85 \pm 0.05*	1.27 \pm 0.07*	1.47 \pm 0.13*	2.10 \pm 0.08*
Sucrase					
Control	-	20.61 \pm 0.04	36.13 \pm 0.05	46.91 \pm 0.01	59.35 \pm 0.07
GLEx	-	5.59 \pm 0.03*	10.58 \pm 0.03*	11.02 \pm 0.06*	16.96 \pm 0.09*

[†]Values are mean \pm S.D. of triple determinations.

Table 3. Effect of GLEx on area under curve (AUC), left area under curve (LAUC) and right area under curve (RAUC) after glucose intake.

Group	AUC (min · mg/dL)	LAUC (min · mg/dL)	RAUC (min · mg/dL)
Control	23934.0±3435.6	13726.5±2048.5	10207.5±1537.8 [‡]
GLEx	17103.3±2613.0*	10924.2±1683.0*	6179.2±1537.8*

[‡]Values are mean ± S.D. (p < 0.05).

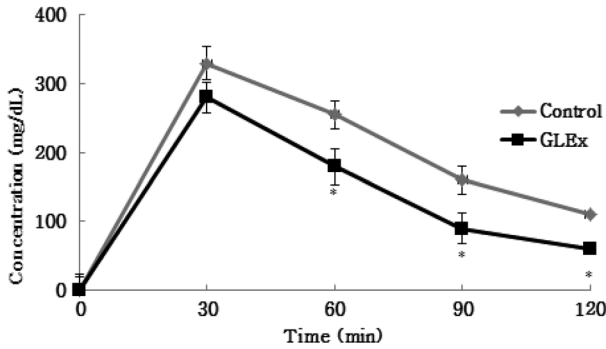


Fig. 4. Effect of guava leaf extract (GLEx) on glucose tolerance in mice after glucose intake. Values are mean ± S.D. of triple determinations (p < 0.05).

태를 알아보기 위해 상기에서 구한 혈당반응 곡선면적을 최고 혈당값을 나타내는 시간을 전후로 하여 혈당상승기면적 (LAUC), 혈당감소기면적 (RAUC)을 계산하였다 (Table 3). GLEx 섭취 시 대조군에 비해 LAUC, RAUC 모두 낮은 수치를 나타내어 GLEx가 소장 내에서 소화효소활성을 억제하는 것뿐만 아니라 포도당 흡수에도 영향을 주어 식후 혈당이 급격하게 증가하는 것을 저해하는 것으로 사료된다. 식품 내 탄수화물의 섭취와 당뇨의 발생에 상당히 명확한 상관관계가 있으며, 탄수화물과 당의 종류에 따른 소화효소의 활성에 미치는 효과는 다르다고 보고되고 있다 (Kwon *et al.*, 2008).

본 연구에서는 항산화, 항당뇨, 항알리지 등의 효능을 가진 생리활성 물질인 폴리페놀이 높은 함량으로 존재한다고 보고된 구아바의 과실, 잎, 열매 중에서 구아바 잎을 열수추출하여 생체 내 당뇨 개선 효과를 검증하고자 하였다. 항당뇨 효능이 있는 소재들은 대부분 당류분해효소활성을 저해하고, 식후 혈당 수치를 감소시켜주는 것으로 알려져 있다. 당류분해효소활성을 저해하는 것 중에서 α-amylase 에 의한 전분가수분해를 감소시키는 것으로 polyphenol (tannin), 식이섬유, anthocyanin 등이 보고되었으며, *in vivo*에서 식후 혈당 곡선을 감소시켜주는 것으로 알려져 있다 (Rea *et al.*, 1985; Thompson *et al.*, 1984; Yoon *et al.*, 1983). Griffiths 등 (1980)은 tannin 함량이 높은 추출물이 α-amylase의 활성을 95% 저해하며, tannin-complexing agent인 PVP (polyvinylpyrrolidone) 첨가 시 효소가 재활성화 되었으므로 이는 시료중의 tannin과 관계된 것이라고 하였다. Daiber (1975)는 효소활성의 저해는 polyphenol의 양과 종류에 따라 달라진다고 하였다. *in vitro*에

서 몇몇 flavonoids, phenolic acids들은 sodium-dependent glucose transporter를 저해함으로써 소화효소에 의해 분해된 포도당의 흡수를 지연시킨다고 하였으며, *in vivo*상에서 glucose, maltose, starch 또는 탄수화물로 급원으로 쓰이는 식이를 공급 후 polyphenol이 풍부하게 함유된 식품이나 음료, polyphenol을 섭취 시 혈당수치가 감소되었으며, 이는 당류분해효소의 활성과 소장의 glucose transporter를 저해하였기 때문이라고 보고하였다 (Kati *et al.*, 2010). 이에 구아바 잎 열수추출물이 당류분해효소활성을 저해하고, OGTT에서 혈당 감소 효과를 나타낸 것으로 보아 항당뇨 소재로서 유용한 것으로 사료된다. 앞으로 구아바 잎의 추출방법을 달리하여 총 페놀성 화합물과 개별 페놀성 화합물을 분석하고 페놀성 물질을 추출하여 어떤 물질에 의해 당류분해효소활성의 저해능이 높아졌는지에 대한 추후 연구가 필요하다.

LITERATURE CITED

- Begum S, SI Hassa, BS Siddiqui F, Shaheen F, Ghayur MM and Gilani AH. (2002). Triterpenoids from the leaves of *Psidium guajava*. *Phytochemistry*. 61:399-403.
- Chen HY and Yen GC. (2007). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry*. 101:686-694.
- Chen JH and Kenneth R. (2008). Beta-glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks. *Vascular Health Risk Management*. 4:1265-1272.
- Choi SY, Lin SH, Ha TY, Kim SR, Kang KS and Hwang IK. (2005). Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plant. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 37:549-556.
- Dahlqvist A. (1968). Assay of intestinal disaccharidase. *Analytical Biochemistry*. 11:52-56.
- Daiber KH. (1975). Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 26:1399-1411.
- Defronzo RA. (1981). The effect of insulin on renal sodium metabolism. *Diabetologia*. 21:165-171.
- Ghosh P, Mandal A, Chakraborty P, Rasul MG, Chakraborty M and Saha A. (2010). Triterpenoids from *Psidium Guajava* with biocidal activity. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 72:504-7.
- Griffiths DW and Moseley G. (1980). The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestines of rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 31:255-259.

- Gutiérrez RM, Mitchell S and Solis RV.** (2008). *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 117:1-27.
- Guy K, Kim JK, Klaus H, Cao Y and Chen X.** (2007). Antidiabetes and anti-obesity activity of *Lagerstroemia speciosa*. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 4:401-407.
- Hanfeld M.** (1998). The role of acarbose in the treatment of non insulin-dependent Diabetes mellitus. *Journal of Diabetes and its Complications*. 12:228-237.
- Hilton CW, Prasad C, Vo P and Mouton C.** (1992). Food contains the bioactive peptide, cyclo(His-Pro). *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 75:375-378.
- Jaiarj P, Wongkrajang Y, Thongpraditchote S, Peungvicha P, Bunyapraphatsara N and Opartkiattikul N.** (2000). Guava leaf extract and topical haemostasis. *Phytotherapy Research*. 14:388-391.
- Jayaprakasha GK, Singh RP and Sakariah KK.** (2001). Antioxidant activity of grape seeds (*Vitis vinifera*). *Food Chemistry*. 73:285-290.
- Jeong CH, Jeong HR, Choi GN, Kim DO, Kwak JH, Kim JH, Park SJ and Kim DO.** (2011). Neuronal cell protective effects of hot water extracts from guava (*Psidium guajava* L.) fruit and leaf. *Korean Journal of Food Preservation*. 18:124-129.
- Jeong HJ, Kim JS, Sa YJ, Kim MO, Yang Jinfeng and Kim MJ.** (2011). Antioxidant activity and α -Glucosidase inhibitory effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) methanol extracts by heat treatment conditions. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:257-263.
- Jo YH, Ok DL and Lee SC.** (2009). Antimicrobial characteristics of different parts of guava against food-borne bacteria. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 38:1773-1778.
- Kati H, Riita T, Isabel BP, Jenna P, Marjukka K, Hannu M and Kaisa P.** (2010). Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*. 11:1365-1402.
- Keji C.** (1981). Understanding and treatment of *Diabetes mellitus* by traditional Chinese medicine. *The American Journal of Chinese Medicine*. 9:93-94.
- Kimura YY, Okuda H, Moti K, Okuda T and Arichi S.** (1984). Effect of extracts of various kinds of tea on lipid metabolic injury in rats-fed peroxidized oil. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*. 37:223.
- Kwon SH, Kim YJ and Kim MK.** (2008). Effect of fructose or sucrose feeding with different levels on oral glucose tolerance test in normal and type 2 diabetic rats. *Nutrition Research and Practice*. 2:252-258
- Lee JH and Lee SR.** (1994). Analysis of phenolic substances content in Korean plants foods. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 26:310-316.
- Lee KW, Shon BH, Kang SK, Park BK, Park DH, Min BS and Song HY.** (1984). Epidemiologic study for diabetes in 1821 Koreans. *Diabetes*. 8:5-14.
- Lee MH, Lee JS, Lee TH, Koo JG, Lee YC, Jeong SW, Namgung B and Yang HC.** (2009). Effects of added buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) extract on starch hydrolysis in vitro and glucose responses in healthy subjects. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 22:625-632.
- Lim CS, Li CY, Kim YM, Lee WY and Rhee HI.** (2005). The inhibitory effect of *Corus walteri* extract against α -amylase. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 48:103-108.
- Lozoya X, Reyes Moralesb H, Chávez Sotoa MA, Martínez Garcíac MC, Soto Gonzálezd Y and Doubova SV.** (2002). Intestinal anti-spasmodic effect of a phytodrug of *Psidium guajava* folia in the treatment of acute diarrheic disease. *Journal of Ethnopharmacology*. 83:19-24.
- Mercadante AZ, Steck A and Pfander H.** (1999). Carotenoids from guava (*Psidium guajava* L.): Isolation and structure elucidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47:145-151.
- Miean KH and Mohamed S.** (2001). Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49:3106-3112.
- Misra k and Seshadri TR.** (1968). Chemical components of the fruits of *Psidium guajava*. *Phytochemistry*. 7:641-645.
- Park BJ and Onjo M.** (2008). Antioxidant activities and tyrosinase inhibitory effects of guava (*Psidium guajava* L.) leaf. *Korean Journal of Plant Resources*. 21:408-412.
- Patricia GS, Aranzazu MS, Antonio SC and Alberto FG.** (2010) Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*. 15:8813-8826.
- Prasad C, Hilton CW, Svec F, Onaivi ES and Vo P.** (1991). Could dietary proteins serve as cyclo(His-Pro) precursors? *Neuropeptides*. 19:17-21.
- Prior RL and Gu L.** (2005). Prevalence, structural diversity and biological significance of proanthocyanidins(condensed tannins) in the American diet. *Phytochemistry*. 66:2263-2279.
- Qian H and Nihormbere V.** (2004). Antioxidant power of phytochemicals from *Psidium guajava* leaf. *Journal of Zhejiang University Science*. 5(6):676-83.
- Rea RL, Thompson LU and Jenkins DJA.** (1985). Lectins in foods and their relation to starch digestibility. *Nutrition Research*. 5:919-929.
- Soman S, Rauf AA, Indira M and Rajamanickam C.** (2010). Antioxidant and antiglycative potential of ethyl acetate fraction of *Psidium guajava* leaf extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Plant Foods for Human Nutrition*. 65:386-391.
- Surasak L, Supaporn S, Phornphan A, Suwipa P and Somkiat P.** (2009). Detection of amylase activity from fruit and vegetables in an undergraduate classroom. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 2:381-390.
- Tanaka T, Ishida N, Ishimatsu M, Nonaka G and Nishioka I.** (1992). Tannins and related compounds CXVI. Six new complex tannins, guajavins, psidinins and psiguavin from the bark of *Psidium guava* L. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 40:2092-2098.
- Thompson LU, Yoon JH, Jenkins DJA, Wolever TMS and Jenkins AL.** (1984). Relationship between polyphenol intake and blood glucose response of normal and diabetic individuals. *American Journal of Clinical Nutrition*. 39:745-751.
- Xu ML, Hu JH, Wang Lan, Kim HS, Jin CW and Cho DH.**

(2010) Antioxidant and anti-diabetes activity of extracts from *Machilus thunbergii* S. et Z. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:34-39.

Yoon JH, Thompson LU and Jenkins DJ. (1983). The effect of phytic acid on the vitro rate of starch digestion and blood glucose response. American Journal of Clinical Nutrition.

38:835-842.

Young IR and Stout RW. (1987). Effect of insulin and glucose on the cells of the arterial wall: Interaction of insulin with dibutyryl cyclic AMP and low density lipoprotein in arterial cells. Diabetes & Metabolism. 13:301-30.