

감(*Diospyros kaki* Thunb) 또는 감부산물에서 추출한 감시럽의 혈당수치에 미치는 영향

유기환¹ · 김석진² · 정종문^{3*}

¹(주)벤스랩 중앙연구소

²(주)엠에스씨

³수원대학교 생명과학과

Effects of Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) Syrup Extracted from Persimmon and Persimmon By-products on Blood Glucose Level

Ki-Hwan Yoo¹, Seok-Jin Kim², and Jong-Moon Jeong^{3*}

¹Technology Research Center, Ben's Lab Co., Ltd., Gyeonggi 445-743, Korea

²MSC Co., Ltd., Gyeongnam 626-280, Korea

³Dept. of Life Science, The University of Suwon, Gyeonggi 445-743, Korea

Abstract

The purpose of this study was to measure the blood glucose level and glycemic index (GI) in response to persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) syrup extracted from persimmon and extract of persimmon by-products. Major component analyses of persimmon syrup I (PS I, 95:5 mixture of purified persimmon syrup and non-purified persimmon syrup) and persimmon syrup II (PS II, 50:50 mixture ratio of purified persimmon syrup and non-purified persimmon syrup) were 0.3 ± 0.1 and 0.6 ± 0.2 mg/g for total polyphenolic compounds and 70.6 ± 0.6 and $66.6 \pm 1.6\%$ for total carbohydrates, respectively. Blood glucose responses of PS I and PS II were determined using both normal ICR mice and streptozotocin (STZ)-induced diabetic male Sprague-Dawley (SD) rats. Further, oral glucose tolerance test (OGTT) was performed on diabetic rats to assess the effects of the experimental diets. Blood glucose response and OGTT showed that blood glucose levels were significantly lower in mice and diabetic rats fed PS I and PS II compared to those fed diets of sugar, maple syrup, or honey. The GIs of healthy volunteers in response to PS I and PS II were calculated to be 51.9 and 35.7, respectively. On the contrary, the GIs of healthy volunteers fed diets including sugar, maple syrup, or honey were 52.6, 20.0, and 93.0, respectively. These results suggest that persimmon syrup can be used for both the treatment of diabetics and healthy people due to its beneficial effects on blood glucose level.

Key words: persimmon, oral glucose tolerance test, streptozotocin, glycemic index, diabetes mellitus, blood glucose level

서 론

감은 당류와 비타민 A, C, 가용성 탄닌과 Ca, K, Mg 등 무기염류가 풍부하여 설사, 숙취제거, 기침, 기관지염, 고혈압 등에 약리작용이 있는 것으로 알려져 왔다(1,2). 감의 주 성분은 당질로서 약 15~16% 정도이며 주로 포도당과 과당의 함유량이 높다. 껍질을 포함한 감은 당질 이외에 여러 유효성분을 상당량 함유하고 있다. 특히, 다양한 페놀성 화합물을 함유하고 있으며 이들 성분이 암 등 각종 질병의 원인이 되는 활성산소를 억제하는 능력이 뛰어난 것으로 알려져 있다(3). 감에는 녹차만큼의 카테킨이 존재하지는 않지만 감에 있는 과당 및 비타민 C와 함께 섭취하면 카테킨의 흡수

율이 약 3배 정도 증가한다고 보고되고 있다(4). 감은 이렇게 이들 모두를 함께 가지고 있어 인체에 유익한 과일로 평가되고 있다. 따라서 감은 생식뿐만 아니라 꽃감, 감말랭이, 감식초, 감와인 혹은 감의 유효성분을 함유한 화장품 등 다양한 형태의 제품으로 응용되고 있다. 그러나 한편 이렇게 감을 가공하면서 생기는 감껍질을 포함한 다양한 부산물들은 거의 전량 폐기되거나 음식물 쓰레기로 전락하여 환경오염을 유발하는 주요인이 되고 있다.

국민소득의 향상으로 과다한 칼로리 섭취와 서구화된 생활로 인하여 최근 과다체중 인구 및 비만인구가 급속도로 증가하고 있다. 대사증후군(metabolic syndrome)이란 당뇨병, 고혈압, 비만, 동맥경화, 고지혈증, 심혈관질환 등의 위험

*Corresponding author. E-mail: jmjeong@suwon.ac.kr
Phone: 82-31-222-6514, Fax: 82-31-222-6552

인자 기준을 모아 정의한 묶음으로 비만 혹은 과체중이 이들 대상 질환 사이를 연결하는 중심 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 특히, 당뇨병과 비만은 대사증후군의 대표질환으로 탄수화물 섭취와 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되었다(5).

포도당은 탄수화물을 구성하는 기본 단위 중 하나로 고농도의 포도당은 혈당의 상승 및 체중증가를 유발하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 대사증후군의 질환, 그중에서도 특히 혈당을 조절해야 하는 당뇨병 환자에게 순수한 당질로 구성된 설탕의 섭취는 제한될 수밖에 없다. 또한, 고농도의 포도당은 체장세포에서의 인슐린 분비를 촉진시키고 인체의 고인슐린혈증을 유발한다. 이는 인체의 인슐린 감수성을 감소시키고 고인슐린혈증을 유지시켜 동일 인슐린 농도에서 인슐린에 대한 반응이 정상보다 감소되는 상태인 인슐린 저항성을 증가시킨다. 이런 인슐린 저항성은 결국 비만과 당뇨의 원인이 되고 이렇게 유발된 비만은 다시 인슐린 저항성을 높여 비만상태가 유지되는 악순환이 계속된다(6-8). 이러한 연구결과는 한국인의 대사증후군과 관련된 질환의 위험을 감소시키기 위해서는 탄수화물 섭취량 감소가 중요하게 다루어져야 함을 반영하고 있다.

혈당지수(glycemic index, GI)란 1981년 Jenkins 등(9)이 고안한 것으로 각각 50 g의 당질을 함유한 표준식품(포도당 또는 흰빵) 섭취 후의 혈당반응에 대한 특정 식품섭취 후의 혈당반응 정도를 반영한다. 인체는 포도당으로부터 에너지를 생산하고 남은 여분의 에너지를 지방으로 바꾸어 지방조직에 저장한다. 그러므로 혈당지수가 낮은 음식을 먹는 것은 체중조절에 도움이 될 수 있으며, 혈당지수가 높으면 인슐린의 분비량이 많아져서 포도당을 지방으로 변환시켜 저장하기 때문에 비만의 원인이 될 수 있다(10).

따라서 혈당지수가 낮은 음식을 섭취하여 혈당이 급격히 올라가는 것을 막으면 인슐린 분비가 줄어들게 되고, 결과적으로 포도당이 지방으로 변화되어 체내에 저장될 가능성이 낮아지게 된다(11). 그러므로 널리 사용되는 설탕을 포함한 혈당지수가 높은 감미료를 대체할만한 감미료의 사용이 절실하다. 현재의 대체 감미료에는 대표적으로 솔비톨(sorbitol), 사카린(saccharin), 아스파탐(aspartame), 아세설팜(acesulfame) 그리고 자일리톨(xylitol) 등이 있으나 높은 가격과 부작용 우려 및 구매의 한계 등의 이유로 적절하게 이용되지 못하고 있는 실정이다(12).

따라서 본 연구에서는 당뿐만 아니라 여러 유효성분이 포함된 감 또는 감의 가공 시 생기는 감껍질과 같은 부산물에서 추출되어진 감시럽을 이용한 후 당지수를 측정하여 대사증후군 환자 특히, 당뇨병 환자나 비만인 또는 비만예방을 원하는 일반인이 손쉽게 이용 가능한 경제적인 천연 감미료의 이용을 증대시키고자 하였다. 또한 버려지는 감부산물을 이용하여 감시럽을 추출함으로써 음식물 쓰레기 생성을 막아 환경오염의 유발을 원천적으로 방지하고 농가의 부수입을 증대시키고자 실험하였다.

재료 및 방법

시약 및 기기

Folin-Ciocalteu reagent, phosphate buffered saline(PBS), sodium carbonate, aluminum chloride, potassium acetate, streptozotocin(STZ), sulfuric acid, glucose, phenol, citric acid, quercetin, 그리고 catechin은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 혈당 측정기와 검사지는 Accu-Check Sensor(Roche Co., Basel, Switzerland) 모델을 사용하였다. 감잎 추출물 정제는 TRILITE AMP 24 및 TRILITE AW 90 resin(Mitsubishi Chemical Co., Tokyo, Japan)을 사용하였다. 시험에 이용된 꿀(사양벌꿀, 담터, Gyeonggi, Korea), 설탕(백설탕, 제일제당, Gyeonggi, Korea), 메이플 시럽(Maple syrup, Turkey hill sugarbush Ltd., Waterloo, Canada)은 대형할인마트에서 구입하였으며, 식용 포도당(포도당, 화미, Gyeonggi, Korea)은 식료품 전문 판매처(Gyeonggi, Korea)에서 구매하여 사용하였다. 그 이외의 시약은 1급 또는 특급을 사용하였다.

추출 및 정제

감시럽의 추출은 청도 반시를 원료로 사용하였다. 깨끗이 세척한 감 또는 감껍질을 waring blender를 사용하여 분쇄하였다. 분쇄된 원료와 증류수를 1:3의 무게비율이 되도록 교반기에 넣고 50°C에서 200 rpm의 교반속도로 3시간 동안 추출하였다. 3시간 후 여과지(Whatman No. 2)를 사용하여 여과하고 60°C에서 60 Brix가 될 때까지 감압농축(Rotavapor rotary evaporators, Büchi, Flawil, Switzerland)하였으며 이를 NPPS(non-purified persimmon syrup)라 칭하였다. 또한, 감압 농축 전 추출물의 당질을 정제하기 위하여 상온에서 양이온 교환 수지인 TRILITE AMP 24 resin을 이용하여 1차 정제를 실시하였고 1차 정제 후 음이온 교환 수지인 TRILITE AW 90 resin을 이용하여 2차 정제를 실시하였다. 2차 정제 완료된 추출물을 60°C에서 60 Brix가 될 때까지 감압농축 하였으며 이를 PPS(purified persimmon syrup)라 칭하였다. PPS와 NPPS를 95:5의 무게 비율로 혼합하고 이를 PS I, 50:50의 무게 비율로 혼합하고 이를 PS II 라 명하고, 그 외 실험에 사용하였다.

실험동물과 관리

ICR계 mouse(수컷, 6주령)와 Sprague-Dawley(SD) rat(수컷, 6주령)은 (주)오리엔트 바이오(Gyeonggi, Korea)에서 구입하여 본 실험실의 사육실에서 1주간 적응시킨 뒤 실험에 사용하였다. 물과 사료를 자유롭게 섭취할 수 있도록 공급하였고, 사육실 온도는 22±2°C, 습도는 55±5%, 명암은 12시간 주기로 자동 조절하였다.

총 페놀성 화합물 함량

총 페놀성 화합물의 함량은 Gutfinger(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 1 mL에 2%(w/v) sodium car-

bonate 용액 1 mL를 가하여 3분간 상온에서 반응시킨 후, 50%(v/v) Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 첨가하여 30분간 상온에서 반응시켰다. 이 반응물 1 mL를 취하여 분광광도계 (Spectronic GENESYS 5, MILTON ROY, New York, NY, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 총 페놀성 화합물의 함량은 epigallocatechin gallate(EGCG)를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 다음과 같은 방법으로 측정하였다(14). 시료 0.5 mL에 95%(v/v) 에탄올 1.5 mL, 10%(w/v) aluminium chloride 용액 0.1 mL, 1 M potassium acetate 용액 0.1 mL, 증류수 2.8 mL를 가하여 충분히 교반을 하고 실온에서 30분간 방치하였다. 그 후 증류수를 대조액으로 하여 반응액을 분광광도계를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

시료의 총 탄수화물(총당) 정량

각 시료의 총 탄수화물(총당) 함량은 phenol-sulfuric acid 법에 준하여 실시하였다(15). 일정 농도로 희석한 시료 1 mL에 5%(v/v) phenol 용액 1 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 혼합 후 sulfuric acid 용액 5 mL를 첨가하여 10초간 교반하고 30분간 실온에 방치하였다. 30분 후, 이 반응액을 분광광도계를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 각 시료의 총 탄수화물의 정량은 포도당을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

시료의 혈당반응 측정

6주령 ICR mouse를 오리엔트 바이오로부터 구입하여 본 실험실에서 1주일간 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 실험 동물은 온도 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $55 \pm 5\%$ 로 유지되는 동물실험실에서 사육하였으며 물과 사료를 자유롭게 섭취할 수 있도록 공급하였다. 12시간 절식시킨 뒤 공복혈당이 70~100 mg/dL인 mouse를 5마리씩 7군으로 나누고 체중 kg당 1 g의 포도당, 또는 동량의 탄수화물을 포함하는 시료(PS I, PS II, 설탕, 메이플 시럽, 꿀)를 존대를 사용하여 경구투여 하였다. 혈당측정은 시료의 경구투여 30분전 공복혈당과 시간을 0으로 기준하였다. 각 시료 투여 후 30분 간격으로 120분까지 혈당 변화량을 측정하였다. 대조군은 동량의 증류수를 경구투여 하였으며 혈당측정은 혈당측정기를 사용하여 측정하였다.

당뇨유발

6주령의 수컷 Sprague-Dawley(SD) rat을 오리엔트 바이오로부터 구입하여 본 실험실에서 1주일간 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 실험동물은 온도 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $55 \pm 5\%$ 로 유지되는 동물실험실에서 사육하였으며 물과 사료를 자유롭게 섭취할 수 있도록 공급하였다. 당뇨 유발은 12시간 절

식 후 0.1 M citrate buffer(pH 4.5)에 체중 kg당 65 mg의 STZ를 녹이고 이를 복강투여 하여 당뇨를 유도하였다. 대조군은 동량의 0.1 M citrate buffer(pH 4.5)를 복강투여 하였다. 복강투여 후 4시간 동안 물을 포함하여 일체 절식하였고, 이후에는 물과 사료를 자유롭게 섭취하도록 하였다.

경구 당부하검사(oral glucose tolerance test, OGTT)

경구 당부하검사는 STZ 투여 6일 후 12시간을 절식시키고 꼬리 정맥으로부터 채혈을 통해 얻어진 전혈에서 공복혈당을 측정하였다. 공복혈당 수치가 200 mg/dL 이상의 혈당 수치가 나오는 개체를 선별하여 당뇨가 유발된 것으로 하였으며 이들을 5마리씩 총 7군으로 나누어 실험에 사용하였다. 이들 당뇨가 유발된 SD rat을 12시간 동안 절식시키고 체중 kg당 1 g의 포도당, 또는 동량의 탄수화물을 포함하는 시료(PS I, PS II, 설탕, 메이플 시럽, 꿀)를 존대를 사용하여 경구투여 하였다. 시료 경구투여 30분 전의 공복혈당수치와 시간을 0으로 기준하였다. 각 시료투여 후 30분 간격으로 120분까지 혈당변화량을 측정하였다. 대조군은 동량의 증류수를 경구투여 하였으며 혈당측정은 혈당측정기를 사용하여 측정하였다.

혈당 측정 및 혈당지수의 계산

시험대상자는 공복혈당이 100 mg/dL 이하의 정상범위에 속하고 고혈압, 심장질환 등 특이한 이상이 없는 다양한 연령대의 건강한 남녀 피실험자 18명을 3명씩 6군으로 나누고 실험 전날 금주 및 12시간 금식하도록 한 뒤 실험 시작 1시간 전 및 30분 전 혈당의 변화가 거의 없음(10 mg/dL 이내의 변화)을 확인한 다음 실험을 시작하였다. 시료의 섭취 전 공복혈당수치와 시간을 0으로 기준하였다. 시료 섭취 후 30분 간격으로 120분까지 각각 손끝에서 채혈하여 혈당을 측정하였으며, 시료 섭취 30분 전부터 실험이 진행되는 2시간 30분 동안은 금연하고 가벼운 일상 활동만 하였다. 혈당측정은 혈당측정기를 사용하여 측정하였으며, 각 피실험자에게는 시료의 종류를 동일하게 하고 3일 간격으로 주 2회 측정하였다. 혈당반응 결과를 대조군인 포도당과 비교하기 위하여 50 g의 포도당 섭취한 후 2시간 동안의 혈당반응면적과 50 g의 탄수화물을 포함하는 시료(PS I, PS II, 설탕, 메이플 시럽, 꿀)를 섭취한 후의 혈당반응면적(area under the curve, AUC)을 비교하여 백분율로 계산한 것을 혈당지수(GI)로 나타내었다. 혈당반응면적은 공복혈당이 혈당면적에 영향을 미치지 않도록 시료 섭취 후 증가된 혈당면적만을 계산하였다.

$$\text{Glycemic index (GI)} = \left(\frac{\text{Blood glucose area for 2 hr after ingestion of the sample}}{\text{Blood glucose area for 2 hr after ingestion of the glucose}} \right) \times 100$$

통계분석

실험결과는 3회 반복하여 평균 \pm 표준오차(mean \pm SEM)로 나타냈으며, 각 실험군 간의 유의성 검정은 $p < 0.05$ 에서

Table 1. Content of total phenolics in PS I and PS II (mg/g)

	Total phenolics ¹⁾
Glucose	0.14±0.1
Sugar	0.14±0.1
Maple syrup	0.53±0.1
Honey	0.27±0.1
PS I	0.30±0.1
PS II	0.62±0.2

Results were represented as mean±SEM of three independent experiments.

¹⁾A standard compound was epigallocatechin gallate (EGCG) for total phenolics assay.

Student's *t*-test로 검정하였다.

결과 및 고찰

총 페놀성 화합물 함량 및 플라보노이드 함량 측정 결과

페놀성 화합물은 식물계에 분포된 2차 대사산물중 하나로 분자 내 phenolic hydroxyl기가 여러 생리활성을 지니기 때문에 페놀의 함량이 증가할수록 항 돌연변이, 콜레스테롤 저하작용, 항암 및 항산화작용 등의 기능이 증가된다(16,17). 또한, 플라보노이드는 식물에 널리 존재하며, 주로 색을 나타내는 화합물로 항산화작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하작용, 면역증강작용, 모세혈관강화 작용 등이 보고된 바 있다(18,19).

PS I, PS II 그리고 시험에 사용된 시료로부터 총 페놀성 화합물과 플라보노이드 함량을 측정결과 Table 1에서와 같이 포도당, 설탕, 메이플 시럽 그리고 꿀은 각각 0.1±0.1, 0.1±0.1, 0.5±0.1 그리고 0.2±0.1 mg/g의 페놀성 화합물을 함유하는 것으로 나타났다. PS I 과 PS II는 각각 0.3±0.1, 0.6±0.2 mg/g의 페놀성 화합물을 함유하는 것으로 나타났다. 플라보노이드는 PS I 과 PS II를 포함한 모든 시료에서 검출되지 않았는데 이는 감속에 존재하는 플라보노이드 성분이 추출과정 및 정제과정에서 모두 제거된 것으로 사료된다. 시판되는 감미료와 비교하여 볼 때 PS II의 페놀성 화합물의 함유량이 가장 많았으며, PS I 보다 약 2배가량 많이 함유하고 있는 것으로 나타났다.

시료의 총 탄수화물(총당) 정량 결과

탄수화물은 생리조절과 인체 대사에 관여하는 중요 물질들 중의 하나이다. 탄수화물은 여러 종류가 있으나 사람이 소화 흡수하여 영양소로 이용할 수 있는 것은 몇 가지로 제한적이다. 탄수화물은 분자의 크기나 복잡성에 의해 단당류, 이당류, 다당류로 분류하며 이중 단당류나 이당류는 단순탄수화물로서 체내에서 빨리 분해되므로 빠르게 흡수되어 혈당을 급격하게 증가시킨다. 이렇게 빠른 당분의 소화와 흡수로 인하여 여분의 에너지는 체내에 축적되어 비만의 가능성이 높아진다. 이는 또한 인슐린 저항성을 증가시켜 당뇨병 발병률을 높이는 결과를 초래한다(20). 이와는 반대로 복합

Table 2. Content of total carbohydrate (%)

	Total carbohydrate ¹⁾
Glucose	100
Sugar	100.0±0.6
Maple syrup	80.0±0.8
Honey	69.9±1.9
PS I	70.6±0.6
PS II	66.6±1.6

Results were represented as mean±SEM of three independent experiments.

¹⁾A standard compound was glucose for phenol-sulfuric acid assay.

탄수화물은 분자들의 복합사슬로 이루어져 천천히 분해되고 지속적으로 천천히 신진대사 에너지를 낸다. 따라서 근래에는 되도록 탄수화물 섭취량을 줄이고 탄수화물 종류 또한 단순탄수화물에서 복합탄수화물로 바꾸려는 노력이 커지고 있다.

포도당을 기준으로 PS I 과 PS II 및 시판중인 감미료의 총 탄수화물을 정량하였다. 측정결과 Table 2에서와 같이 설탕, 메이플 시럽, 꿀, PS I 그리고 PS II의 총 탄수화물 함량은 각각 100.0±0.6, 80.0±0.8, 69.9±1.9, 70.6±0.6 그리고 66.6±1.6%의 결과값을 나타냈다. 이처럼 비교적 낮은 탄수화물을 포함하는 PS I 과 PS II는 정제된 당만을 포함하는 설탕과는 다르게 감에서 기원하는 무기질, 비타민 그리고 페놀성 화합물 등 유용한 성분들이 다량 포함되어 있으리라 사료된다.

시료의 혈당반응 측정 결과

혈당의 항상성은 체내에서 일어나는 모든 반응들에 영향을 미치는 것이기 때문에 혈당은 항상 일정수준을 유지되도록 조절되는데, 혈당이 낮으면 글리코겐 분해과정을 통해 포도당으로 분해되어 혈류로 방출된다(21). 혈액으로 빠져나온 포도당은 혈류를 통해 골격근이나 신진대사를 위해 포도당을 필요로 하는 다른 기관으로 운반된다. 그러나 혈당수준이 높으면 혈액 속 포도당이 글리코겐의 형태로 간에 저장되는 현상이 일어나게 되며, 이때 인슐린의 도움으로 포도당은 간이나 조직으로 흡수된다. 따라서 혈당을 급격히 높이는 단당류, 이당류 또는 정제탄수화물을 자주 섭취하게 되면 인슐린 분비를 과도하게 자극하여 쉽게 지치게 만든다. 이는 상대적 인슐린 결핍현상을 나타내며 이런 현상을 인슐린 저항성이라고 한다. 따라서 혈당반응은 섭취되는 탄수화물의 종류와 양에 민감하게 반응한다(22)

정상 혈당수치를 유지하는 mouse에 동일한 양의 탄수화물을 포함하는 PS I, PS II 그리고 시판중인 감미료를 경구 투여 한 결과 투여 30분이 경과하였을 때 포도당, 설탕 그리고 꿀의 혈당증가치가 높게 나타났다(Fig 1). 이와는 대조적으로 메이플 시럽, PS I 그리고 PS II는 혈당증가치가 낮게 나타났다. 주로 단순당질로 이루어져 흡수와 이용이 빠른 포도당, 설탕 그리고 꿀과는 다르게 다양한 형태의 당질과

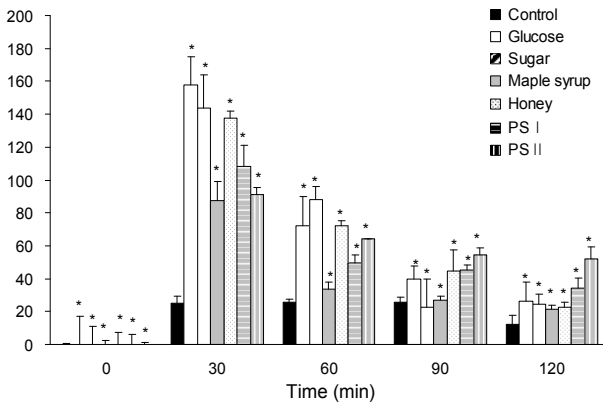


Fig. 1. Blood glucose challenge of normal mice fed with the experimental diets for 2 hours. *Significantly different from control group at $p < 0.05$.

생리활성 성분을 포함한 PS I 과 PS II 가 급격한 혈당변화를 감소시킨 것이라 사료된다.

경구 당부하검사 결과

SD rat의 복강 내에 STZ를 투여하면 췌장의 베타세포가 파괴되어 당뇨가 유발된다(23). 시판중인 감미료와 비교하여 PS I 과 PS II 의 혈당반응 감소효과 정도를 확인하기 위하여 6주령의 수컷 SD rat에 당뇨를 유발시킨 후 경구 당부하검사를 실시하였다. 실험에 사용된 SD rat은 공복 혈당 수치가 200 mg/dL 이상의 혈당수치가 나오는 개체를 선별하여 사용하였다. 각 시료의 섭취 후 약 1시간이 경과하였을 때 혈당증가치가 가장 높았으며, 실험군들 가운데 꿀을 섭취한 군이 가장 높았다(Fig 2). 그 다음 순으로는 설탕과 포도당 섭취군이었으며, 두 군은 거의 유사한 혈당 증가치를 보였다. 그에 비해 PS I 과 PS II 의 혈당 증가치는 가장 높은 혈당 증가치를 보인 꿀과 비교할 때 각각 약 39, 48% 감소되는 경향을 보였으며 측정이 완료된 120분 뒤에도 혈당반응이 꿀을 섭취한 군과는 큰 차이를 보여 동량의 감미료를 섭취할 경우 상대적으로 혈당 증가가 적을 것으로 사료된다.

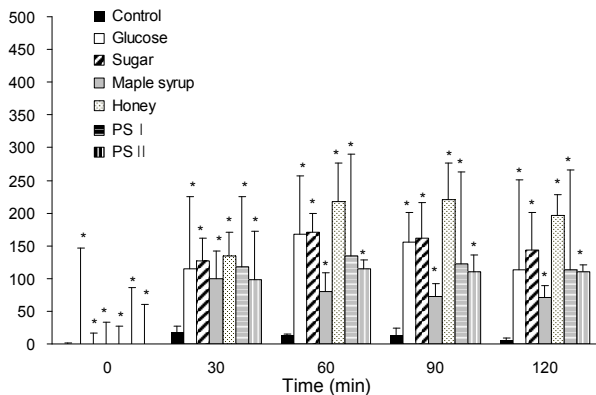


Fig. 2. Effect of experimental diets on oral glucose tolerance test (OGTT) in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats. PS I : persimmon syrup I, PS II : persimmon syrup II. *Significantly different from control group at $p < 0.05$.

혈당 측정 및 혈당지수 측정 결과

혈당지수를 결정하는 요인으로 가장 중요한 것은 식품에 포함된 탄수화물의 소화에 따른 당질의 흡수 속도라고 할 수 있다(24). 당질을 섭취하였을 때 혈당의 변화를 나타내는 혈당반응은 혈당지수가 높은 음식을 섭취하였을 때 당질 섭취 2시간 이내에 혈당반응 곡선의 높은 정점을 보이고 따라서 곡선 아래의 면적도 넓다. 그리고 인슐린의 분비 반응도 더 높게 나타나기 때문에 식후 2시간이 지나면 혈당이 식전보다 오히려 더 떨어질 가능성이 있다. 이로 인하여 저혈당의 위험도 증가될 수 있다. 이에 비하여 혈당지수가 낮은 식품을 섭취한 후에는 혈당의 정점치도 낮아지고, 혈당반응 곡선 아래의 면적도 더 적으며 인슐린 분비 반응도 더 낮아지므로 저혈당의 위험도 상대적으로 감소하게 된다(25).

건강한 성인남녀의 피시험자에게 동일하게 50 g의 탄수화물 양에 해당되는 시판중인 감미료 및 PS I 과 PS II 를 섭취시킨 후 혈당을 측정하였다. 모든 실험군이 시료 섭취 30분 후에 혈당수치가 최대를 나타냈으며 이후 혈당이 감소되기 시작하여 실험 종료 시간인 120분 후에는 피시험자의 혈당이 공복혈당수치와 비슷해지거나 오히려 공복혈당보다 조금 더 감소됨을 확인하였다(Fig. 3). 시료 섭취 30분 후 꿀과 포도당의 섭취군이 가장 높은 혈당 증가치를 보였으며, 메이플 시럽은 가장 낮은 혈당 증가치를 보였다. 혈당지수는 포도당 및 시료를 섭취하기 전의 공복혈당을 기준점으로 하여 그 아래의 면적은 무시하고 시료 섭취 후 공복혈당수준보다 증가된 혈당면적만을 이용하여 산출하였다. 실험 시작부터 120분까지의 혈당 수치의 그래프 면적을 계산하고 혈당지수를 산출한 결과 Table 3과 같이 나타났다. 시판되는 감미료인 포도당, 설탕, 메이플 시럽 그리고 꿀의 혈당증가면적은 각각 4422.7 ± 519.7 , 2327.4 ± 102.5 , 885.1 ± 142.3 그리고 $4115.6 \pm 935.6 \text{ min} \cdot \text{mg/dL}$ 의 면적을 나타내었다. 포도당의 혈당증가면적을 기준으로 산출한 설탕, 메이플 시럽 그리고 꿀의 혈당지수는 각각 52.6, 20.0 그리고 93.0의 결과 값을 나타냈다. PS I 과 PS II 의 혈당증가면적은 각각 2299.5

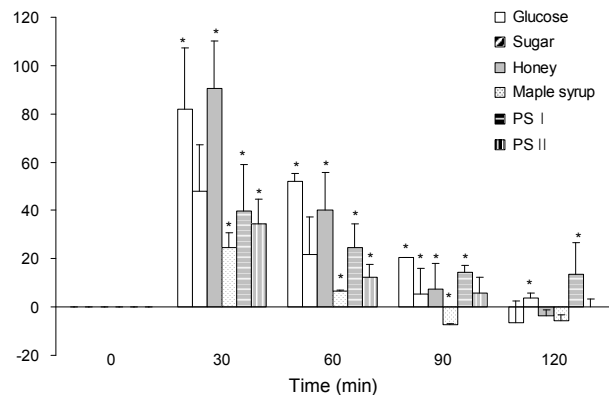


Fig. 3. Incremental blood glucose after administration of the experimental diets for 2 hours in healthy subjects. *Significantly different from control group at $p < 0.05$.

Table 3. The areas under the curve after ingestion, the mean glycemic index (GI) of glucose of PS I and PS II

	Area under curve (min · mg/dL)	GI
Glucose	4422.7±519.7	100.0
Sugar	2327.4±102.5	52.6
Maple syrup	885.1±142.3	20.0
Honey	4115.6±935.6	93.0
PS I	2299.5±274.5	51.9
PS II	1581.9±495.6	35.7

Results were represented as mean±SEM of three independent experiments.

±274.5, 1581.9±495.6 min · mg/dL의 면적을 나타내었으며, 포도당의 혈당증가면적을 기준으로 산출한 혈당지수는 각각 51.9, 35.7의 값을 나타냈다. 하지만 꿀을 제외하고 메이플 시럽의 알려진 혈당지수인 54, 78 등과 설탕의 알려진 혈당지수 60, 65 등과는 차이가 있는 것으로 나타났다(26). 이는 원료의 산지와 제조방법 등에 의한 제품의 구성성분 및 실험방법 등에서 기인한 차이로 사료되며 이들 자료들 역시 서로 상의한 결과와 높은 편차를 보여 추후 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 한국의 주요 과실 중 하나인 감과 감의 부산물을 이용하여 추출한 시럽인 PS I 과 PS II 의 총 탄수화물 함량, 총 페놀성 화합물 함량 그리고 혈당반응에 의한 혈당지수를 측정하였다. PS I 과 PS II 의 총 탄수화물 함량 측정결과 70.6±0.6, 66.6±1.6%로 나타났으며 시판중인 감미료인 설탕, 메이플 시럽, 꿀의 100.0±0.6, 80.0±0.8, 69.9±1.9% 탄수화물 함량보다 비교적 적은 함량의 탄수화물을 포함하고 있음을 확인하였다. 또한 총 페놀성 화합물은 포도당, 설탕, 메이플 시럽, 꿀이 0.1±0.1, 0.1±0.1, 0.5±0.1, 0.2±0.1 mg/g을 함유하고 있으며, PS I 과 PS II 는 0.3±0.1, 0.6±0.2 mg/g의 페놀성 화합물을 함유하는 것으로 나타나 시판중인 감미료와 비슷하거나 더 많은 양의 페놀성 화합물을 함유하는 것으로 확인되었다. 정상 혈당의 mouse에 대한 PS I 과 PS II 의 혈당반응을 측정된 결과 급격한 혈당 증가와 감소를 보인 대조군과는 다르게 PS I 과 PS II 는 적은 양의 혈당 증가와 완만한 혈당 감소를 보였다. 당뇨가 유발된 SD rat에 대한 혈당반응 역시 메이플 시럽의 실험군을 제외하고 다른 대조군과 비교하여 상대적으로 PS I 과 PS II 는 적은 혈당 증가를 보였다. 정상인을 대상으로 한 혈당반응 실험 결과 시료섭취 30분 이내에 모든 실험군의 혈당이 최고치를 나타냈으며, 가장 높은 혈당증가를 보인 꿀에 비해 PS I 과 PS II 의 혈당 증가가 유의적으로 적음을 확인하였다. 또한 이 혈당반응 면적을 통해 혈당지수를 구한 결과 PS I 과 PS II 의 혈당지수는 각각 51.9, 35.7로 나타났다. 감시럽은 당질 이외에 감에서 유래된 유용한 성분을 다량 함유하고

또한, 동일한 탄수화물 양을 섭취하여도 혈당의 상승폭이 크지 않았으므로 이는 혈당 증가의 부담 없는 천연 감미료의 개발 및 기존 감미료를 대체하는 천연 감미료의 가능성을 보여주는 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 청도 감클러스터사업단의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Park YJ, Kang MH, Kim JI, Park OJ. 1995. Changes of vitamin C and superoxide dismutase (SOD)-like activity of persimmon leaf tea by processing method and extraction condition. *Korean J Food Sci Technol* 27: 281-285.
2. Young CT, How JSL. 1986. *Composition and nutritive value of raw and processed fruits. Commercial fruit processing.* 2nd ed. Avi Publishing Co, Westport, CT, USA. p 531-564.
3. Woo JY, Paek NS, Kim YM. 2005. Studies on antioxidative effect and lactic acid bacteria growth of persimmon leaf extracts. *Korean J Food Nutr* 18: 28-38.
4. Maruyama K, Sato S, Ohira T, Maeda K, Noda H, Kubota Y, Nishimura S, Kitamura A, Kiyama M, Okada T, Imano H, Nakamura M, Ishikawa Y, Kurokawa M, Sasaki S, Iso H. 2008. The joint impact on being overweight of self reported behaviours of eating quickly and eating until full: cross sectional survey. *BMJ* 337: a2002. doi: 10.1136/bmj.a2002.
5. Karlström B, Vessby B, Asp NG, Ytterfors A. 1988. Effects of four meals with different kinds of dietary fibre on glucose metabolism in healthy subjects and non-insulin-dependent diabetic patients. *Eur J Clin Nutr* 42: 519-526.
6. Hawks SR, Madanat HN, Merrill RM, Goudy MB, Miyagawa T. 2003. A cross-cultural analysis of 'motivation for eating' as a potential in the emergence of global obesity: Japan and the United States. *Health Promot Int* 18: 153-162.
7. Takada H, Harrell J, Deng S, Bandgiwala S, Washino K, Iwata H. 1998. Eating habits, activity, lipids and body mass index in Japanese children: the Shiratori children study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 22: 470-476.
8. Hotamisligil GS. 2000. Molecular mechanisms of insulin resistance and the role of the adipocyte. *Int J Obes Relat Metab Disord* 24: 23-27.
9. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34: 362-366.
10. Riccardi G, Rivellese AA, Giacco R. 2008. Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *Am J Clin Nutr* 87: 269-274.
11. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values. *Am J Clin Nutr* 76: 5-56.
12. Ju JE, Byon KW, Lee KA. 2007. The effects of oligosaccharide on the quality characteristics of rice flour sponge cakes. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 530-536.
13. Gutfinger T. 1981. Polyphenol in olive oils. *JAOCs* 58: 966-972.
14. Kim EJ, Lee HJ, Kim HJ, Nam HS, Lee MK, Kim HY, Lee

- JH, Kang YS, Lee JO, Kim HY. 2005. Comparison of colorimetric methods for the determination of flavonoid in propolis extract product. *Korean J Food Sci Technol* 37: 918-921.
15. Dubois M, Gillers KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal Chem* 28: 350-352.
 16. Lee KD, Kim JS, Bae JO, Yoon HS. 1992. Antioxidative effectiveness of water extract and ether in wormwood (*Artemisia montana* pampan). *J Korean Soc Food Nutr* 21: 17-22.
 17. Jeong HJ, Park SB, Kim S, Kim HK. 2007. Total polyphenol content and antioxidative activity of wild grape (*Vitis coignetiae*) extracts depending on ethanol concentrations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1491-1496.
 18. Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 102-104.
 19. Cha JY, Kim SY, Jeong SJ, Cho YS. 1999. Effects of hesperetin and naringenin on lipid concentration in orotic acid treated mice. *Korean J Life Science* 9: 389-394.
 20. Zeman FJ. 1991. *Clinical Nutrition and Dietetics*. Macmillan Publishing Company, New York, NY, USA. p 398-403.
 21. Coulston AM, Hollenbeck CB. 1988. Source and amount of dietary carbohydrate in patients with noninsulin-dependent diabetes mellitus. *Top Clin Nutr* 3: 17-24.
 22. Alberti KGMM, Zimmet PZ. 1998. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: Part 1. Diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 15: 539-553.
 23. Zhou SS, Li D, Sun WP, Guo M, Lun YZ, Zhou YM, Xiao FC, Jing LX, Sun SX, Zhang LB, Luo N, Bian FN, Zou W, Dong LB, Zhao ZG, Li SF, Gong XJ, Yu ZG, Sun CB, Zheng CL, Jiang DJ, Li ZN. 2009. Nicotinamide overload may play a role in the development of type 2 diabetes. *World J Gastroenterol* 15: 5674-5684.
 24. Kilo C, Mezitis N, Jain R, Mersey J, McGill J, Raskin P. 2003. Starting patients with type 2 diabetes on insulin therapy using once-daily injections of biphasic insulin aspart 70/30, biphasic human insulin 70/30, or NPH insulin in combination with metformin. *J Diabetes Complications* 17: 307-313.
 25. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. 2008. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 31: 2281-2283.
 26. Chlup R, Bartek J, Reznicková M, Zapletalová J, Doubravová B, Chlupová L, Seckar P, Dvorácková S, Šimánek V. 2004. Determination of glycaemic index of selected foods (white bread and cereal bars) in healthy persons. *Biomed Papers* 148: 17-25.

(2011년 4월 6일 접수; 2011년 5월 4일 채택)