

우리나라 다빈도 섭취 과일의 당 함량 및 혈당지수에 관한 연구

유지현¹ · 임정은² · 석완희³ · 이한송이¹ · 안혜진¹ · 김영설⁴ · 박천석⁵ · 조여원^{1,3§}

경희대학교 동서의학대학원 의학영양학과,¹ 창원대학교 식품영양학과,² 경희대학교 임상영양연구소,³
경희의료원 내분비내과,⁴ 경희대학교 생명자원과학연구원 및 식품생명공학과⁵

Sugar composition and glycemic indices of frequently consumed fruits in Korea

Ryu, Ji-Hyun¹ · Yim, Jung-Eun² · Suk, Wan-Hee³ · Lee, Hansongyi¹
Ahn, Hyejin¹ · Kim, Young-Seol⁴ · Park, Cheon-Seok⁵ · Choue, Ryowon^{1,3§}

¹Department of Medical Nutrition, Graduate School of East-West Medical Science, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

²Department of Food and Nutrition, College of Natural Sciences, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

³Research Institute of Clinical Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

⁴Department of Endocrine and Metabolism, College of Medicine, Kyung Hee University, Seoul 130-872, Korea

⁵Department of Food Science & Biotechnology and Institute of Life Sciences & Resources, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

Fruits are generally recommended for a balanced meal, as they are good sources of vitamins, minerals, and fiber, which may improve blood glucose control. However, fruits have simple sugars with a wide glycemic index (GI) range. The purpose of this study was to analyze the sugar content and composition and to determine the glycemic indices of the most frequently consumed fruits in Korea, including apple, tangerine, pear, water melon, persimmon, grape, oriental melon, and peach. The sugar content and composition of the fruits were analyzed by high performance anion-exchange chromatography (Dinonex model DX-600). The GI of the fruits was measured in 13 healthy subjects (seven females and six males) after permission was received from the University Hospital institutional review board (KHU-IRB 1114-06). The subjects consumed 50 g of glucose as a reference and carbohydrate portions of eight fruits. Blood samples were collected at 0, 30, 60, 90, and 120 min after consuming the fruits. The GI values for the fruits were calculated by expressing the increase in the area under the blood glucose response curve for each subject. As a result, the total sugar contents of 100 g fruits were: grape (13.9 g), apple (12.3 g), persimmon (11.9 g), oriental melon (11.2 g), watermelon (9.3 g), tangerine (8.9 g), peach (8.6 g), and pear (8.3 g). The GI values of the fruits were as follows: GI value of peach (56.5 ± 14.17), watermelon (53.5 ± 18.07), oriental melon (51.2 ± 18.14), tangerine (50.4 ± 15.16), grape (48.1 ± 14.05), persimmon (42.9 ± 18.92), pear (35.7 ± 14.38), and apple (33.5 ± 11.92). These findings will help individuals choose fruit for controlling blood sugar. (*Korean J Nutr* 2012; 45(2): 192 ~ 200)

KEY WORDS: fruits, sugar contents, sugar composition, glycemic index.

서 론

최근 우리나라에서의 과일 섭취량 및 종류에 많은 변화가 보고되었는데 이는 농산물 생산 환경 및 재배기술의 변화와 더불어 신식품종의 개발 및 농, 식품의 교역확대에 기인하는 것으로 보고 있다.¹⁾ 식품수급표에 따르면 지난 30여 년간 과일로부터 1인당 1일 섭취량은 1985년 72.8 g에서 2007년 124.3

g으로, 섭취 에너지는 18 kcal에서 57 kcal로 3배 이상 증가하였다.²⁾

과일은 수분 함량이 높고 에너지 밀도는 낮으며 비타민, 무기질, 식이섬유 및 생리활성물질 (Phytochemical)이 풍부하여 균형적인 식생활을 위해 과일 섭취의 중요성이 강조되고 있다.^{3,4)} 또한, 과일 섭취가 암과 심혈관계질환의 위험을 낮추고 질병의 진행을 늦추는 데에 효과가 있는 것으로 밝혀진 이후 일반인의 관심이 증가하고 있다.⁵⁻⁷⁾ 여러 연구 결과에 따르

접수일: 2011년 12월 19일 / 수정일: 2012년 1월 19일 / 채택일: 2012년 3월 2일

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: rwcho@khu.ac.kr

© 2012 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

면 과일의 적절한 섭취는 인체 내 산화 손상을 줄이고 혈청 지방과 혈압을 낮추며, 혈당조절을 향상시키는 것으로 나타났다.⁸⁻¹⁰⁾ 그러나 당뇨병 환자의 경우, 혈당지수가 높은 과일의 경우, 과일의 섭취를 제한하는 경우도 있다.

혈당지수 (Glycemic index, GI)는 Jenkins 등¹¹⁾이 특정식품을 섭취했을 때 혈당반응과 표준식품을 섭취했을 때 혈당반응을 비교하여 식후에 당질의 흡수 속도를 나타낸 지표이다. 혈당지수가 낮은 식품은 혈당의 변화 폭을 최소화하고, 인슐린의 분비량도 감소시켜 인슐린 감수성을 개선할 수 있는 것으로 보고되었다.¹²⁾ 따라서 혈당지수의 높고 낮음에 따라 혈당, 인슐린 및 관련 호르몬의 분비에 영향을 주므로 혈당지수는 혈당을 관리하는데 긍정적인 요소로 작용한다.^{13,14)} 세계보건기구와 (World Health Organization, WHO)와 식품 농업기구 (Food and Agriculture Organization, FAO)에서도 심혈관계 질환, 당뇨병, 비만과 같은 질환을 예방하기 위하여 혈당지수가 낮은 식품 위주로 식단을 구성할 것을 권장하고 있다.^{11,15,16)}

일반적으로 식품의 혈당상승 지수가 70 이상이면 고 혈당 지수식품, 56~69이면 중 혈당 지수식품, 그리고 55 이하이면 저 혈당지수식품으로 분류하는데,¹⁷⁾ 과일의 혈당지수는 56~103으로 넓게 분포되어 있어¹⁸⁾ 혈당을 적극적으로 조절해야 할 경우에는 혈당지수에 관한 정확한 정보가 필요하다. 과일의 혈당지수에 영향을 주는 요인으로는 당의 유형과 함량, 섬유소의 양과 종류, 산도 등을 들 수 있다.¹⁹⁻²¹⁾ 대부분의 과일에 는 과당, 포도당, 설탕 이외에 소르비톨을 함유하고 있는데, 당 함량이 높을수록 혈당지수가 상승하는 것은 아니며, 과일에 함유된 포도당과 과당의 비율 및 소르비톨 함량에 따라 혈당지수는 달라질 수 있다.^{19,22,23)} 또한, 과일은 지역과 계절에 따라 혈당지수에도 차이가 있을 수 있는데²⁴⁾ 현재 까지 발표된 과일의 혈당지수는 대부분이 외국의 자료를 따르고 있어서 우리나라에서의 연구가 요구되며 한국에서 많이 섭취하고 있는 과일의 혈당지수를 측정하고 데이터베이스를 구축하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 2009년 국민건강영양조사를²⁵⁾ 바탕으로 만 19~64세 성인 남녀가 섭취한 가공하지 않은 과일 중 가장 자주 섭취한 과일 (사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아) 8종에 대하여 당 함량과 당 유형, 당도 (sweetness), 산도 (pH)를 측정하고, 혈당지수와 인슐린 지수를 알아보려고 하였다.

연구 방법

실험 과일의 선정

본 연구에서는 2009년 국민건강영양 자료 중 만 19~64세 성인 남녀 6,165명 (남자 2,738명, 여자 3,427명)의 식이섭취조

사 (24시간 회상법)에서 섭취한 과일 중 가공하지 않은 과일을 조사하였다.²⁵⁾ 총 30종의 과일 중 가장 많은 사람이 섭취한 사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아, 총 8종을 실험 과일로 선정하였다. 실험에 사용된 모든 과일은 한국산으로 서울시 청량리 청과물 시장과 가락시장에서 6월에서 9월 사이에 구입하였다. 모든 실험은 잘 익은 상태의 제철 과일을 실험 2일 전에 구입하여 분석에 이용하였다. 각 과일의 품종과 원산지는 다음과 같다. 사과는 영동의 홍로, 귤은 제주도의 하우스 감귤, 배는 나주의 원황, 수박은 음성의 맹동, 감은 제주도 단감, 포도는 남원의 캠벌리, 참외는 성주의 게르마늄, 복숭아는 옥천의 백도로 하였다.

실험 과일의 전처리

실험 과일 당 5개를 선정하여 수세하고 물기를 제거한 후 가식부를 취하여 사용하였다. 가식부분의 100 g을 블렌더 (HMF3010S, Hanil, Korea)로 간 후, 거즈에 여과하여 고형분을 제거하였다. 여과된 과일은 50 mL의 Conical tube에 넣어 3,000 rpm, 4°C에서 15분간 원심분리기 (UNION-32R, Hanil Science Industrial Co. Korea)를 이용하여 분리하였다. 그 후 상층액 50 mL을 튜브에 넣어 high speed performance centrifuge (ALC-4239R-V3, Italy by ALC International Srl.)로 4°C에서 15,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 시료를 준비하였다.

당 함량과 당 유형 분석

실험 과일에 함유된 당의 함량과 당 유형의 분석을 위해 고성능 음이온 교환 크로마토그래피 분석법 (High performance anion-exchange chromatography, HPAEC)을 이용하였다. HPAEC는 주로 당 분석을 위해 고안된 것으로, 강한 염기성 조건에서 당이 산화되어 음이온을 형성하고 전기화학적 성질을 가진다는 원리로 작용한다.²⁶⁾ 분석 샘플은 membrane filter kit [Nylon 66 syringe filter (13 mm, 0.45 μm), Whatman, Clifton, NJ, USA]를 이용하여 불순물을 제거한 후 HPAEC에 25 μL를 주입하였다. 이동 용매로는 612 mM NaOH를 사용하였고, 유속은 0.4 mL/min로 하였다. 60분의 분석 시간동안 이동 용매를 시간에 따라 등용매 용리 (isocratic)조건으로 분석 하였다. HPAEC는 Dionex model DX-600 (Dionex, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였고, Detector는 ED50 electrochemical detector (Dionex, USA)를, Column은 CarboPacTM MA-1 column (250 × 4 mm, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였다. 모든 분석은 과일당 4~5번 반복 수행하여 분석의 재현성을 확인하였고, 정량 분석을 위한 각 당의 정량적 Standard curve는 R²값이 모두 0.99 이상으로 분석의 신뢰도를 높였다.

과일의 당도와 산도 측정

당도와 산도 측정을 위해 실험 과일은 당 함량 분석 방법과 마찬가지로 시료를 준비하였다. 디지털 당도계 (GMK-703AC, (주) 지원하이텍, 단위: °Bx)와 pH meter (ORION-520A, ORION, USA)를 이용하여 실험 과일의 당도와 산도를 측정하였다. 모든 분석은 과일 당 3번 반복 실험하여 평균을 내었다.

혈당 및 혈당지수 측정

혈당 측정을 위하여 포도당 부하 검사를 통해 평균 혈당반응 곡선 면적의 표준편차가 큰 대상자는 제외하고 건강한 성인 13명 (남자 6명, 여자 7명)을 대상자 (평균 연령은 34.7 ± 3.9 세)로 하였다. 본 연구는 K 대학교 생명윤리 심의위원회의 승인 (KHU IRB 1114-06)을 받아 2011년 6월에서 9월까지 진행되었다. 대상자들은 실험 전날부터 실험 당일 아침까지 12시간 절식 후, 공복 시 혈당을 측정하였다. 공복 혈당 측정 후 대상자들은 탄수화물 50 g에 해당되는 과일을 섭취하고 전완주 정맥혈관 (antecubital vein)에서 5.0 mL의 혈액을 0, 30, 60, 90, 120분에 채취하였다. 대상자들은 실험이 진행되는 2시간 동안 착석한 상태에서 최소한의 일상 활동만 하도록 허용되었다. 실험의 이월 효과 (carry-over effect)를 최소화하기 위하여 7일 간격의 중지기간 (wash-out period)을 유지하였고, 대상자에게는 실험 수행 전 평상시의 식사 섭취와, 수면을 유지하도록 하였으며, 과도한 신체활동 및 알코올 섭취 제한을 교육하였다.

혈당지수 산출을 위하여 Jenkins 등¹⁾의 방법으로 포도당 용액 섭취 후 2시간 동안 혈당반응면적과 과일 섭취 후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 계산하였다. 혈당 반응 면적은 Wolever 등²⁾의 방법으로 공복 시 혈당을 기준으로 그 아래의 면적은 무시하고 실험 식품섭취 후 증가된 혈당반응면적만을 계산하였다.

Glycemic index (GI) =

$$\frac{\text{Blood glucose area after ingestion of the experimental fruits}}{\text{Blood glucose area after ingestion of the glucose}} \times 100$$

Table 1. Composition of sugars of the fruits (g/100 g fruit)

	Glucose	Fructose	Sucrose	Sorbitol	Myo-inositol	Total sugar
Apple	2.69 ± 0.22 ¹⁾	5.48 ± 0.21	3.11 ± 0.58	1.07 ± 0.45	—	12.34 ± 0.79
Tangerine	1.90 ± 0.41	1.86 ± 0.44	4.95 ± 0.83	—	0.17 ± 0.04	8.88 ± 1.62
Pear	1.04 ± 0.17	3.44 ± 0.48	2.64 ± 1.63	1.15 ± 0.40	—	8.26 ± 1.85
Watermelon	0.75 ± 0.01	2.45 ± 0.29	6.01 ± 0.10	—	0.07 ± 0.00	9.28 ± 0.22
Persimmon	6.27 ± 0.88	5.67 ± 1.10	—	—	—	11.94 ± 1.95
Grape	6.35 ± 0.52	7.54 ± 0.97	—	—	—	13.89 ± 1.46
Oriental melon	1.80 ± 0.24	1.62 ± 0.28	7.73 ± 0.70	—	—	11.15 ± 0.53
Peach	1.08 ± 0.13	1.21 ± 0.26	5.89 ± 0.37	0.34 ± 0.08	0.05 ± 0.2	8.56 ± 0.31

1) Values are Mean \pm SD.

Each values are means of 5 samples

통계분석

본 실험에서 얻어진 결과의 통계분석은 Statistical Package for Social Science (SPSS, version 18.0)를 이용하였고, 연속 변수 (Continuous variable)는 Mean \pm SD로 나타내었다. 과일 섭취 후 120분 동안 시간에 따른 혈당 농도의 변화와 혈당지수 평균값의 분석은 분산분석 (One way ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의수준 $p < 0.05$ 에서 통계적인 유의성을 관찰하였다. 혈당지수와 당 유형간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient를 구하고 이에 대한 유의성을 검증하였다.

결 과

과일의 당 함량 및 당유형

실험 과일 8종의 당 함량과 유형을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 총 당 함량은 사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아에서 각각 12.34 ± 0.79 , 8.88 ± 1.62 , 8.26 ± 1.85 , 9.28 ± 0.22 , 11.94 ± 1.95 , 13.89 ± 1.46 , 11.15 ± 0.53 , 8.56 ± 0.31 g/100 g으로 포도에서 가장 높았고 사과, 감, 참외, 수박, 귤, 복숭아 순이었으며 배에서 가장 낮았다.

실험 과일에 함유된 당 유형에서는 포도당, 과당, 서당, 솔비톨, 그리고 마이오-이노시톨 (myo-inositol) 등 총 5 종류의 유리당이 관찰되었으며, 미량으로 관찰된 양은 그 함량을 무시하였다 (Fig. 1). 포도당 함량은 사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아에서 각각 2.69 ± 0.22 , 1.90 ± 0.41 , 1.04 ± 0.17 , 0.75 ± 0.01 , 6.27 ± 0.88 , 6.35 ± 0.52 , 1.80 ± 0.24 , 1.08 ± 0.13 g/100 g으로 포도에서 가장 높았고 감, 사과, 귤, 참외, 복숭아, 배 순이었으며 수박에서 가장 낮았다. 과당 함량은 포도에서 7.54 ± 0.97 g/100 g으로 가장 높았고, 감, 사과, 배, 수박, 귤, 참외 순이었으며, 복숭아에서 1.21 ± 0.26 g/100 g으로 가장 낮았다. 서당의 함량은 참외에서 7.73 ± 0.70 g/100 g으로 가장 높았고, 수박, 복숭아, 귤, 사과 순으로 낮았으며 배에서 2.64 ± 1.63 g/100 g으로 가장 낮았다. 본 실험 결과, 감

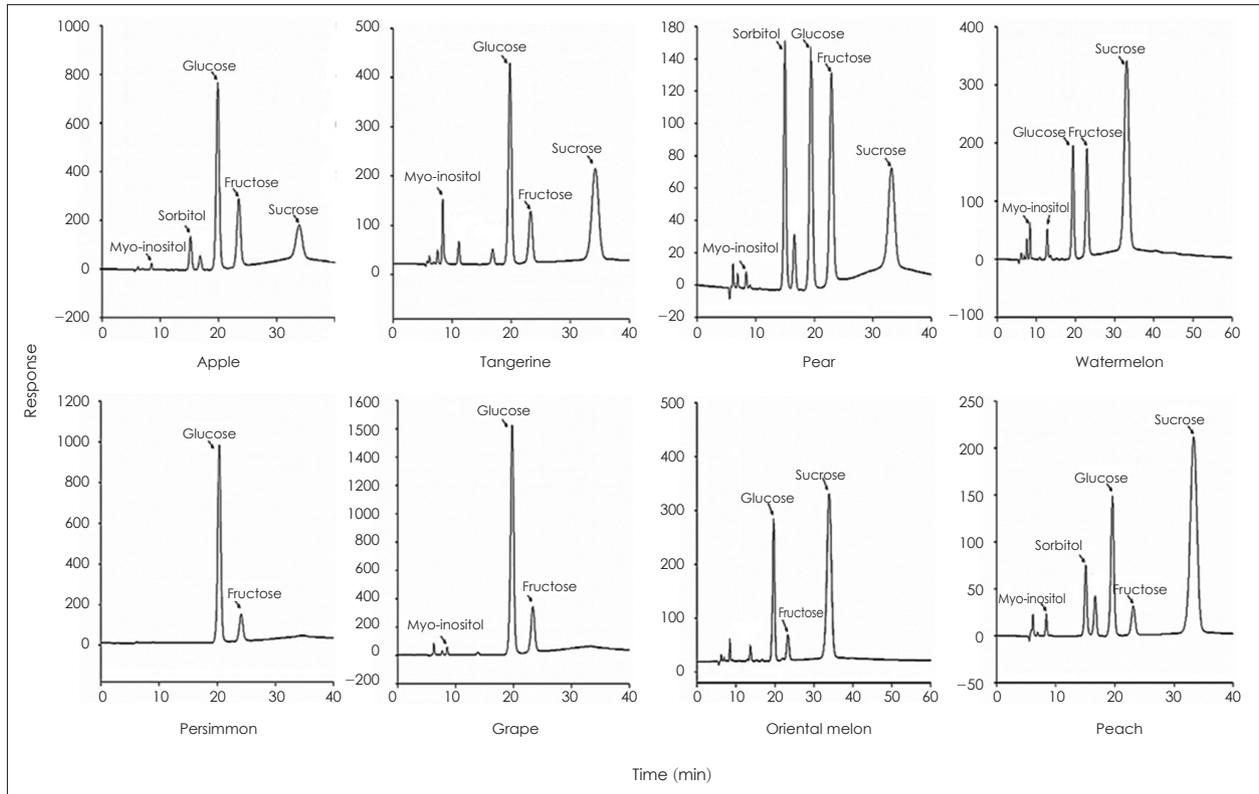


Fig. 1. High performance anion-exchange chromatography (HPAEC).

Table 2. °Brix and pH of the fruits

	°Brix*	pH*
Apple	14.4 ± 1.06 ^{a1)}	4.40 ± 0.07 ^b
Tangerine	10.75 ± 1.08 ^c	3.81 ± 0.07 ^a
Pear	10.31 ± 1.42 ^c	4.63 ± 0.14 ^c
Watermelon	10.34 ± 0.40 ^c	5.85 ± 0.09 ^d
Persimmon	12.93 ± 1.88 ^a	6.61 ± 0.12 ^e
Grape	13.46 ± 0.84 ^a	3.71 ± 0.03 ^a
Oriental melon	12.33 ± 0.67 ^b	6.01 ± 0.27 ^d
Peach	10.41 ± 0.40 ^c	4.3 ± 0.14 ^b

1) Values are Mean ± SD. *: Significantly different by Duncan's multiple range test at *p < 0.05 Each values are means of 5 samples

과 포도에서는 서당이 검출되지 않았다. 솔비톨의 경우, 배에서 1.15 ± 0.40 g/100 g, 사과에서 1.07 ± 0.45 g/100 g, 복숭아에서 0.34 ± 0.08 g/100 g이었으며, 다른 과일에서는 검출되지 않았다. 마이오-이노시톨은 꿀에서 0.17 ± 0.04 g/100 g, 수박에서 0.07 ± 0.00 g/100 g, 복숭아에서 0.05 ± 0.2 g/100 g이었으며, 그 외의 과일에서는 검출되지 않았다.

과일의 당도 (°Brix)와 산도 (pH)

실험 과일 8종의 당도 및 산도 측정 결과는 Table 2와 같다. 사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아의 당도는 각각 14.4 ± 1.06, 10.75 ± 1.08, 10.31 ± 1.42, 10.34 ± 0.40, 12.93 ±

1.88, 13.46 ± 0.84, 12.33 ± 0.67, 10.41 ± 0.40 °Brix으로, 사과가 가장 높았고 배가 가장 낮았다. 사과는 감과 포도를 제외한 다른 과일보다 당도가 유의적으로 높았고, 귤, 배, 수박, 복숭아는 다른 과일에 비해 당도가 유의적으로 낮았다 (p < 0.05).

사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아의 산도 (pH)는 각각 4.40 ± 0.07, 3.81 ± 0.07, 4.63 ± 0.14, 5.85 ± 0.09, 6.61 ± 0.12, 3.71 ± 0.03, 6.01 ± 0.27, 4.3 ± 0.14으로 포도가 가장 높았고 감이 가장 낮았다. 귤과 포도는 모든 과일에 비해 산도가 유의적으로 높게 나타났다 (p < 0.05).

혈당 및 인슐린 농도

실험 과일 섭취 후 시간에 따른 혈당 농도와 변화를 Table 3, Fig. 2에 나타냈다. 공복 시 혈당에는 차이가 관찰되지 않았으나, 모든 과일 섭취 후 30분에 혈당이 최고치로 상승하였고, 그 후 점차 감소하여 섭취 후 90분에는 공복 시 혈당보다 낮아졌다 (Fig. 2). 30분 후의 혈당은 복숭아 섭취 후 139.8 ± 14.05 mg/dL으로 가장 높았고 배 섭취 후 119.9 ± 14.72 mg/dL로 다른 실험 과일에 비해 가장 낮았다. 특히, 60분 후에는 복숭아 섭취 후 110.7 ± 20.53 mg/dL으로 가장 높았고 참외 섭취 후 88.2 ± 20.12 mg/dL으로 가장 낮았다. 한편, 90분 후에는 귤 섭취 후 76.5 ± 8.92 mg/dL으로 가장 낮았으며, 120

분 후에는 귤 (79.2 ± 6.11 mg/dL), 배 (81.0 ± 7.14 mg/dL), 수박 (79.7 ± 9.30 mg/dL), 참외 (80.1 ± 11.56 mg/dL) 섭취 후 혈당이 포도당 보다 유의적으로 낮은 수치를 나타냈으나 ($p < 0.05$) 과일간의 차이는 보이지 않았다

대상자들의 실험 과일 섭취 후 시간에 따른 혈청 인슐린 농도와 변화를 Table 4와 Fig. 3에 나타냈다. 포도당을 제외한 모든 과일 섭취 후 30분에 인슐린 농도가 최고로 상승하였고, 그 후 점차 감소하여 섭취 후 120분에는 공복 시와 유사하였다 (Fig. 3). 과일 섭취 30분 후의 인슐린 농도는 참외 (60.6 ± 24.97 μ U/mL)와 수박 (49.3 ± 25.37 μ U/mL)이 유의적으로 높았고 ($p < 0.05$) 배 섭취 후 23.6 ± 13.71 μ U/mL로 다른 실험 과일에 비해 가장 낮았다. 특히, 60분 후에는 참외 섭취 후 36.1 ± 14.12 μ U/mL으로 다른 모든 과일보다 가장 높았다 ($p < 0.05$). 90분 후에도 참외 섭취 후 14.7 ± 6.84 μ U/mL으로 가장 높았으며 ($p < 0.05$), 120분 후에도 가장 높았다 ($p < 0.05$).

혈당지수 및 인슐린지수

실험 과일의 혈당지수와 인슐린지수는 Table 5와 같다. 사과와 배의 혈당지수는 각각 33.5 ± 11.92 , 35.7 ± 14.38 으로 다른 과일에 비해 유의적으로 낮았다 ($p > 0.05$). 사과와 배를 포함하여 감, 포도, 귤, 참외, 수박은 혈당지수가 55 이하로 저 혈당지수 과일에 속하였고, 복숭아만 56.5 ± 14.17 으로 중

혈당지수 과일 (GI = 56~69)에 해당하였다.

실험 과일의 인슐린 지수는 사과가 45.9 ± 34.64 로 가장 낮았고, 참외가 115.5 ± 67.95 로 가장 높게 나타났다. 사과, 배, 감, 귤의 인슐린 지수는 각각 45.9 ± 34.64 , 44.5 ± 43.68 , 47.1 ± 34.15 , 60.2 ± 38.23 으로 참외와 포도당에 비해 인슐린 지수가 유의적으로 낮게 나타났다 ($p < 0.05$).

고 찰

본 연구에서는 2009년 국민건강영양조사 자료에서 성인이

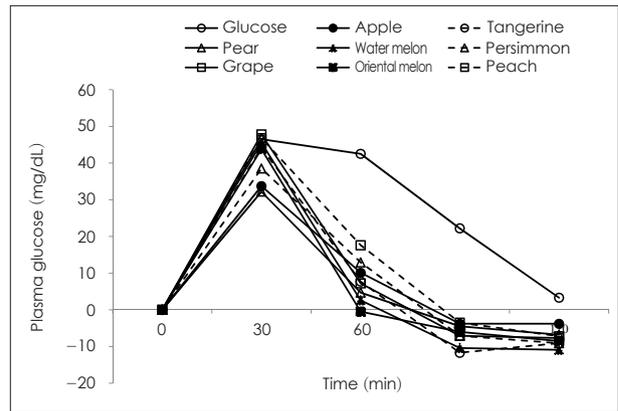


Fig. 2. Relative changes of plasma glucose for 2 hours following the fruits intake.

Table 3. Plasma glucose responses after taking the fruits containing 50 g of carbohydrate (mg/dL)(n = 13)

	0 min	30 min*	60 min*	90 min*	120 min*
Glucose	88.7 ± 4.53 ¹⁾	135.2 ± 19.96 ^{ac}	131.2 ± 25.29 ^a	110.8 ± 23.83 ^d	92.0 ± 18.12 ^a
Apple	89.0 ± 6.61	122.7 ± 13.46 ^{ab}	99.1 ± 16.09 ^{bcd}	85.2 ± 9.98 ^{bc}	85.2 ± 4.87 ^{ab}
Tangerine	88.2 ± 4.90	132.5 ± 13.77 ^{abc}	95.9 ± 14.83 ^{bcd}	76.5 ± 8.92 ^c	79.2 ± 6.11 ^b
Pear	87.8 ± 5.07	119.9 ± 14.72 ^b	92.5 ± 16.20 ^{cd}	83.2 ± 11.64 ^{bc}	81.0 ± 7.14 ^b
Watermelon	90.5 ± 7.13	136.0 ± 23.04 ^{ac}	93.2 ± 18.42 ^{cd}	80.2 ± 10.74 ^{bc}	79.7 ± 9.30 ^b
Persimmon	93.5 ± 5.72	132.0 ± 13.40 ^{abc}	106.3 ± 22.00 ^{bc}	86.4 ± 11.71 ^{bc}	84.4 ± 7.69 ^{ab}
Grapes	91.6 ± 6.23	139.4 ± 15.35 ^c	98.8 ± 22.99 ^{bcd}	84.5 ± 12.28 ^{bc}	83.9 ± 5.98 ^{ab}
Oriental melon	88.6 ± 4.48	132.5 ± 19.32 ^{abc}	88.2 ± 20.12 ^d	82.6 ± 9.87 ^{bc}	80.1 ± 11.56 ^b
Peach	93.1 ± 5.74	139.8 ± 14.05 ^c	110.7 ± 20.53 ^b	89.5 ± 13.44 ^b	85.8 ± 9.20 ^{ab}

1) Values are Mean ± SD. *: Significantly different by Duncan's multiple range test at* p < 0.05

Table 4. Serum insulin responses after taking the fruits containing 50 g of carbohydrate (μ U/mL)(n = 13)

	0 min	30 min*	60 min*	90 min*	120 min*
Glucose	3.6 ± 1.64 ¹⁾	30.4 ± 15.19 ^{ab}	40.2 ± 24.49 ^a	29.6 ± 15.19 ^a	18.7 ± 13.31 ^a
Apple	3.1 ± 1.93	24.1 ± 10.52 ^b	10.9 ± 5.81 ^d	6.6 ± 3.06 ^c	4.2 ± 1.07 ^c
Tangerine	3.9 ± 2.14	34.4 ± 15.34 ^{ab}	16.9 ± 8.31 ^{bcd}	5.3 ± 2.76 ^c	3.6 ± 1.73 ^c
Pear	3.6 ± 1.25	23.6 ± 13.71 ^a	11.5 ± 4.45 ^d	5.8 ± 2.34 ^c	4.0 ± 1.33 ^c
Watermelon	4.8 ± 1.48	49.3 ± 25.37 ^{cd}	22.1 ± 7.05 ^{bc}	10.4 ± 6.00 ^{bc}	4.8 ± 1.03 ^c
Persimmon	3.5 ± 2.13	24.8 ± 8.14 ^{ab}	14.0 ± 6.20 ^{cd}	5.4 ± 2.91 ^c	3.9 ± 1.90 ^c
Grapes	3.7 ± 1.78	37.1 ± 11.90 ^{abc}	18.1 ± 7.68 ^{bcd}	7.7 ± 3.29 ^a	5.0 ± 1.44 ^c
Oriental melon	4.2 ± 1.46	60.6 ± 24.97 ^d	36.1 ± 14.12 ^a	14.7 ± 6.84 ^b	9.2 ± 4.86 ^b
Peach	5.2 ± 2.62	39.1 ± 16.05 ^{bc}	24.1 ± 9.33 ^b	11.0 ± 4.11 ^{bc}	6.0 ± 2.40 ^{bc}

1) Values are Mean ± SD. *: Significantly different by Duncan's multiple range test at* p < 0.05

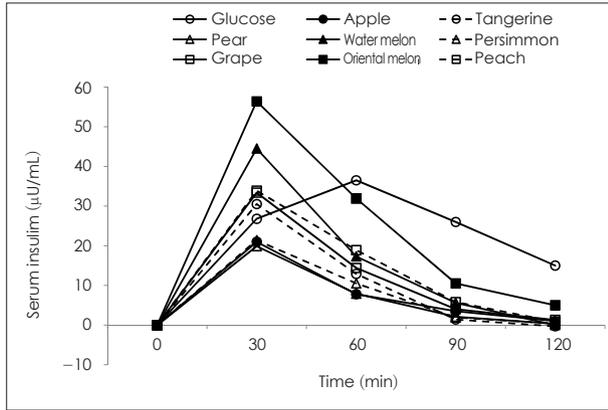


Fig. 3. Relative changes of serum insulin levels for 2 hours following the fruits intake.

Table 5. Glycemic and insulin indexes of the fruits

	GI ^{2,4)}	II ^{3,4)}
Glucose	100 ^a	100 ^{ab}
Apple	33.5 ± 11.92 ^{d1)}	45.9 ± 34.64 ^c
Tangerine	50.4 ± 15.16 ^{bc}	60.2 ± 38.23 ^c
Pear	35.7 ± 14.38 ^d	44.5 ± 43.68 ^c
Watermelon	53.5 ± 18.07 ^{bc}	83.7 ± 48.79 ^{abc}
Persimmon	42.9 ± 18.92 ^{cd}	47.1 ± 34.15 ^c
Grape	48.1 ± 14.05 ^{bc}	72.2 ± 51.37 ^{bc}
Oriental melon	51.2 ± 18.14 ^{bc}	115.5 ± 67.95 ^a
Peach	56.5 ± 14.17 ^b	79.7 ± 53.86 ^{abc}

1) Values are Mean ± SD. 2) GI: Glycemic index 3) II: Insulin index 4) Letters with different superscripts in the same column are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test

Values are means of the 13 individuals

가장 많이 섭취하고 있는 과일 8종 (사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외 및 복숭아)의 당 함량과 당 유형, 당도 (sweetness), 산도 (pH)를 측정하고, 혈당지수와 인슐린 지수를 측정하였다.

과일의 혈당지수는 넓게 분포되어 있으며 과일의 당 함량과 당 유형, 과일의 익은 정도, 산도에 의해서 영향을 받는다.¹⁹⁻²¹⁾ 이에 본 연구에서 산출한 혈당지수를 당 함량, 당 유형, 당도, 산도와 함께 고찰해 보았다. 과일의 혈당지수에 영향을 주는 첫 번째 요인으로 과일은 재배지역, 수확시기, 성숙 정도에 따라 당 함량과 당 유형이 차이가 있으며 이러한 차이에 따라 혈당반응과 혈당지수가 달라지는 것으로 보고되었다.^{19-21,28)}

본 연구에서 실험 과일 섭취 후 혈당반응을 살펴보면 대상자들의 평균 혈당은 포도당을 섭취했을 때 완전한 곡선 모양을 나타낸 것에 비해 실험 과일은 대부분이 섭취 후 30분에 가장 높게 나타난 후 급격히 혈당 곡선이 감소되는 것으로 나타났다. 즉, 포도당의 혈당 반응 곡선에 비하여 실험 과일의 혈당 반응 곡선은 혈당 상승기가 짧았으며 혈당 감소기는 길었고 이러한 혈당 반응은 과일에 함유된 과당, 서당, 솔비톨, 설패소 및 다른 영양소 물질에 기인하여 포도당에 비해 혈당 반

응이 늦게 나타난 것으로 사료된다. 선행연구에 따르면 Lunetta 등²⁹⁾은 과일 섭취 후 혈당 반응은 포도당의 함량과 양의 상관관계가 있고 과당과는 음의 상관관계가 있다고 보고하였지만 Wolever 등²³⁾의 연구에서는 혈당 반응과 단당류 함유량 간에는 상관관계가 없는 것으로 보고되었다. 본 연구에서는 당 유형에 따라 혈당 반응의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다.

인슐린 농도의 변화는 포도당 섭취 후에는 서서히 증가하여 60분 후에 최고치를 나타내고 서서히 감소한 반면에 실험 과일에서는 30분 후에 최고치를 나타내고 그 후 감소하는 모습을 나타냈다. 공복 인슐린 농도를 기준으로 각 시간대별 인슐린 증가량을 살펴보았을 때 90분과 120분에 모든 실험 과일에서 유의적으로 포도당보다 인슐린 농도가 낮은 상승율을 나타냈고 (p < 0.05), 특히 120분 후에는 모든 실험 과일에서 공복 시 인슐린 농도와 유사했던 것에 비해 포도당에서는 여전히 인슐린 농도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 실험 과일에 비해 포도당의 혈당 상승기가 길고 감소기가 짧아 인슐린 분비가 지속되는 것으로 사료된다.

혈당지수와 당 함량 및 당 유형을 살펴보면 배, 귤, 복숭아는 포도당 및 총 당 함량 그리고 당도에서는 유사하였으나 배의 혈당지수는 귤과 복숭아의 혈당지수에 비해 유의적으로 낮았다. 이러한 차이는 배는 귤과 복숭아에 비해 과당이 많이 함유되어 있고, 귤과 복숭아는 배에 비해 서당의 함량이 많아서 배의 혈당지수가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 선행 연구에 따르면 과당은 소장에서 촉진확산 (facilitated diffusion) 과정으로 흡수되고, 인슐린의 도움 없이 세포내로 이동하여 포도당보다 낮은 혈당 반응을 보이는 것으로 알려져 있다.³⁰⁾ 본 연구에서 혈당지수는 과일에서 과당의 함량이 높을수록 낮아지고 서당의 함량이 많을수록 높아지는 경향을 보였다. 한편, Foster-Powell K 등³⁰⁾의 연구에서 배의 혈당지수는 38.0 ± 2.0으로 조사되었고 귤 및 복숭아의 혈당지수는 각각 43.0 ± 3.0과 42.0 ± 14.0으로 조사되어 본 연구와 유사한 결과를 보였다.¹⁷⁾

본 연구 결과, 과일에 함유된 당 유형은 포도당, 과당, 서당, 솔비톨 및 마이오이노시톨로 나타났다. 마이오이노시톨은 당알코올 (sugar alcohol)로써 모든 과일에 함유되어 있지는 않다. 선행 연구에 따르면 마이오이노시톨은 사과, 배, 수박, 포도, 참외, 복숭아에서 검출되었으나³¹⁾ 본 연구에서는 귤, 수박, 복숭아에서만 검출되었다. 이러한 차이는 과일의 재배지역, 수확시기와 분석방법에 따른 당 유형의 차이 때문인 것으로 사료되며 혈당지수와 마이오이노시톨 함량간의 유의성은 나타나지 않았다.

당 유형에 따른 당도와 혈당지수를 살펴보면 포도당의 혈당지수는 100이지만 당도가 60이고, 과당의 당도는 150으로

높지만 혈당지수가 19~23으로 낮고,^{30,32)} 서당의 당도도 100이지만 혈당지수가 68³⁰⁾로 보고되었다. 본 연구에서 실험 과일 중 사과는 당도는 가장 높았으나 혈당지수 (33.5 ± 3.31)는 가장 낮게 나타났으며 이는 선행 연구 결과 (39.0 ± 3.0)와 유사하였다.¹¹⁾ 이 결과는 당도가 높은 과일이 반드시 혈당지수가 높은 것이 아니며 과일 마다 함유한 당의 유형, 특히 포도당과 과당의 비율 및 솔비톨 함유에 따라 달라지기 때문인 것으로 판단된다.²³⁾

혈당지수에 영향을 미치는 두 번째 요인으로 과일의 산도는 위장관 배출을 증진시키고 소장으로 음식을 천천히 전달되게 하여 소화를 천천히 이루어지게 함으로써 혈당 수준을 낮추는 것으로 알려져 있다.¹⁹⁾ 본 연구에서 포도는 총 당과 포도당의 함량이 가장 많았지만 과당의 함량과 산도가 높았고, 이러한 성분이 포도의 혈당지수에 영향을 미친 것으로 사료된다. 선행연구에서도 포도는 과당과 포도당이 동일한 비율로 섞여 있고 산성 물질이 많아서 혈당지수가 낮은 과일로 연구되어³²⁾ 본 연구와 일치하는 결과를 나타냈다. 그러나 본 연구에서 실험 과일의 산도는 혈당지수와 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다.

과일의 혈당지수는 위에서 말한 요소 이외에 섬유소와 단백질, 지방의 함량에 의해서도 영향을 받는다. 선행연구에서 사과와 과일 속에 함유된 펙틴이 포도당의 흡수를 지연시켜 혈당지수가 낮은 과일로 연구되었다.³³⁾ 본 연구에서도 사과의 혈당지수는 선행연구와 마찬가지로 혈당지수가 낮은 식품에 속하였다.³⁰⁾ 또 식품 속에 함유된 단백질과 지방은 유의적으로 인슐린 반응을 증가시키고, 위 배출을 지연시킴으로써 혈당반응을 늦추는 것으로 알려져 있다.^{34,35)} 그러나 본 연구에서는 단백질과 지방의 함량을 분석하지 않아 이로 인한 혈당지수와의 관계를 나타내지 않았다.

본 연구에서 실험 과일의 혈당지수는 33.5~56.5로 저에서 중 혈당지수 범위에 속하였지만 인슐린 지수는 범위 분포가 크게 나타났다. 혈당지수가 높은 식품일수록 혈당이 급격하게 상승하여 인슐린 분비량이 많아지고 혈당지수가 낮은 식품은 혈당의 상승이 낮아 인슐린 분비량이 적어지는 것으로 보고되었다.^{11,12)} 그러나 본 실험에서 인슐린의 반응을 나타낸 인슐린 지수가 혈당지수와 일치하는 결과를 나타내지는 않았다. 사과, 배, 감은 혈당지수와 마찬가지로 인슐린지수가 낮게 나타났지만, 수박, 참외, 복숭아는 혈당지수가 51~57 사이에 분포하는 것에 비해 인슐린 지수는 80~116 사이로 높게 나타났다. 이는 탄수화물이 인슐린 분비를 자극하는 주된 요소이지만 식후 인슐린 반응이 항상 혈중 포도당 농도나 식품의 탄수화물 양에 비례하지 않음을 보여준다. 또 본 연구의 당 함량 분석에서 수박, 참외, 복숭아는 서당의 함량이 다른 실험

과일에 비해 높은 과일인 인슐린 반응과 관계가 있을 것으로 추정되며 더 연구가 필요하리라 생각된다.

본 연구에서 산출한 과일의 당 함량과 혈당지수는 혈당 조절과 저 혈당지수 과일을 선택할 때 활용할 수 있는 도구로 이용될 것으로 예상된다. 그러나 본 연구에서 실험한 과일은 연구기간 동안인 6월에서 9월에 생산된 것이고, 과일 당 여러 지역이 아닌 한 곳에서 생산된 과일인 당 함량 분석 및 혈당지수를 측정했기 때문에 전체 과일을 대변할 수 없다. 또한 일반 성인을 대상으로 과일의 혈당지수를 구한 것이므로 당뇨병의 혈당 조절을 위한 치료의 목적으로 적용하기 위해서는 당뇨병 환자를 대상으로 한 연구가 더 필요하리라 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 한국인에서 많이 섭취되고 있는 사과, 귤, 배, 수박, 감, 포도, 참외, 복숭아의 당 함량과 당 유형, 당도 (sweetness), 산도 (pH), 혈당지수, 인슐린 지수를 측정하였고, 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) HPAEC를 통해 분석한 실험 과일의 총 당함량은 포도 (13.89 ± 1.46), 사과 (12.34 ± 0.79), 감 (11.94 ± 1.95), 참외 (11.15 ± 0.5), 수박 (9.28 ± 0.22), 귤 (8.88 ± 1.62), 복숭아 (8.56 ± 0.31), 배 (8.26 ± 1.85) 순으로 나타났다.

2) 과일의 당도는 사과 (14.4 ± 1.06), 포도 (13.46 ± 0.84), 감 (12.93 ± 1.88), 참외 (12.33 ± 0.67), 귤 (10.75 ± 1.08), 복숭아 (10.41 ± 0.40), 수박 (12.93 ± 1.88), 배 (10.31 ± 1.42)의 순서로 나타났다.

3) 과일의 산도는 감 (6.61 ± 0.12), 참외 (6.01 ± 0.27), 수박 (5.85 ± 0.09), 배 (4.63 ± 0.14), 사과 (4.40 ± 0.07), 복숭아 (4.3 ± 0.14), 귤 (3.81 ± 0.07), 포도 (3.71 ± 0.03) 순으로 나타났다.

4) 혈당지수 측정을 위한 대상자는 총 13명으로 (남: 6명, 여: 7명)로 평균연령은 34.7 ± 9.9 세였다.

5) 실험 과일의 혈당지수를 산출한 결과 사과 (33.5 ± 11.92), 배 (35.7 ± 14.38), 감 (48.1 ± 14.05), 포도 (48.1 ± 14.05), 귤 (50.4 ± 15.16), 참외 (51.2 ± 18.14), 수박 (53.5 ± 18.07)은 저 혈당지수 식품에 속하였고, 복숭아(56.5 ± 14.17)는 중 혈당지수 식품에 속하는 것으로 나타났다.

6) 실험 과일의 인슐린 지수를 알아본 결과 배(44.5 ± 43.68), 사과 (45.9 ± 34.64), 감 (47.1 ± 34.15)은 저 인슐린 지수 식품에 속하였고, 귤 (60.2 ± 38.23)은 중 인슐린 지수 식품, 포도 (72.2 ± 51.37), 복숭아 (79.7 ± 53.86), 수박 (83.7 ± 48.79), 참외 (115.5 ± 67.95)는 고 인슐린 지수 식품에 속하는 것으로 나타났다.

결론적으로 현재 과일에 대한 혈당지수는 외국의 데이터를 많이 이용하고 있고 국내에서 연구는 미비한 실정으므로, 우리나라에서 많이 섭취되고 있는 과일을 대상으로 혈당지수 연구가 계속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한 과일은 비타민, 무기질, 섬유소 등 생리활성물질이 풍부하므로 당뇨병의 식사요법에서 무조건 제한하기 보다는 혈당지수를 조절하여 적정량 섭취를 제시 할 필요가 있으므로 본 연구에서 산출한 과일의 혈당지수를 참고적인 자료로 이용될 수 있을 것으로 생각되며 당뇨병 환자를 대상으로 한 과일의 혈당지수 연구도 필요할 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Consumption patterns of the main fruits 2005. Seoul: 2006
- 2) Korea Rural Economic Institute (KREI). Food balance sheet. Seoul: 2008
- 3) World Cancer Research Fund; American Institute for Cancer Research. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective; 2007. p.9
- 4) Ibiebele TI, van der Pols JC, Hughes MC, Marks GC, Williams GM, Green AC. Dietary pattern in association with squamous cell carcinoma of the skin: a prospective study. *Am J Clin Nutr* 2007; 85(5): 1401-1408
- 5) Lichtenstein AH, Appel LJ, Brands M, Carnethon M, Daniels S, Franch HA, Franklin B, Kris-Etherton P, Harris WS, Howard B, Karanja N, Lefevre M, Rudel L, Sacks F, Van Horn L, Winston M, Wylie-Rosett J. Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation* 2006; 114(1): 82-96
- 6) Kushi LH, Byers T, Doyle C, Bandera EV, McCullough M, McTiernan A, Gansler T, Andrews KS, Thun MJ; American Cancer Society 2006 Nutrition and Physical Activity Guidelines Advisory Committee. American Cancer Society Guidelines on Nutrition and Physical Activity for cancer prevention: reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA Cancer J Clin* 2006; 56(5): 254-281
- 7) Liu S, Manson JE, Lee IM, Cole SR, Hennekens CH, Willett WC, Buring JE. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Study. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(4): 922-928
- 8) Sesso HD, Buring JE, Christen WG, Kurth T, Belanger C, MacFadyen J, Bubes V, Manson JE, Glynn RJ, Gaziano JM. Vitamins E and C in the prevention of cardiovascular disease in men: the Physicians' Health Study II randomized controlled trial. *JAMA* 2008; 300(18): 2123-2133
- 9) Huxley RR, Neil HA. The relation between dietary flavonol intake and coronary heart disease mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57(8): 904-908
- 10) Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet* 1993; 342(8878): 1007-1011
- 11) 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
- 12) Carbohydrates in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. *FAO Food Nutr Pap* 1998; 66: 1-140
- 13) Bahadori B, Yazdani-Biuki B, Krippel P, Brath H, Uitz E, Wascher TC. Low-fat, high-carbohydrate (low-glycaemic index) diet induces weight loss and preserves lean body mass in obese healthy subjects: results of a 24-week study. *Diabetes Obes Metab* 2005; 7(3): 290-293
- 14) Dumesnil JG, Turgeon J, Tremblay A, Poirier P, Gilbert M, Gagnon L, St-Pierre S, Garneau C, Lemieux I, Pascot A, Bergeron J, Després JP. Effect of a low-glycaemic index--low-fat--high protein diet on the atherogenic metabolic risk profile of abdominally obese men. *Br J Nutr* 2001; 86(5): 557-568
- 15) Pi-Sunyer X. Do glycemic index, glycemic load, and fiber play a role in insulin sensitivity, disposition index, and type 2 diabetes? *Diabetes Care* 2005; 28(12): 2978-2979
- 16) 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
- 17) Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 2008; 31(12): 2281-2283
- 18) Jenkins DJ, Srichaikul K, Kendall CW, Sievenpiper JL, Abdounour S, Mirrahimi A, Meneses C, Nishi S, He X, Lee S, So YT, Esfahani A, Mitchell S, Parker TL, Vidgen E, Josse RG, Leiter LA. The relation of low glycaemic index fruit consumption to glycaemic control and risk factors for coronary heart disease in type 2 diabetes. *Diabetologia* 2011; 54(2): 271-279
- 19) Wolever TM, Miller JB. Sugars and blood glucose control. *Am J Clin Nutr* 1995; 62(1 Suppl): 212S-221S
- 20) Crapo PA. Theory vs. fact: The glycemic response to foods. *Nutr Today* 1984; 19(2): 6-11
- 21) Mani UV, Bhatt S, Mehta NC, Pradhan SN, Shah V, Mani I. Glycemic index of traditional Indian carbohydrate foods. *J Am Coll Nutr* 1990; 9(6): 573-577
- 22) Guevarra MTB, Panlasigui LN. Blood glucose responses of diabetes mellitus type II patients to some local fruits. *Asia Pac J Clin Nutr* 2000; 9(4): 303-308
- 23) Wolever TMS, Vuksan V, Relle LK, Jenkins AL, Josse RG, Wong GS, Jenkins DJA. Glycaemic index of fruits and fruit products in patients with diabetes. *Int J Food Sci Nutr* 1993; 43(4): 205-212
- 24) Ha MA, Mann JI, Melton LD, Lewis-Barned NJ. Relationship between the glycaemic index and sugar content of fruits. *Diabetes Nutr Metab* 1992; 5(3): 199-203
- 25) Korea Centers for Disease Control and Prevention. The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV). Cheongwon: 2009
- 26) Jeong JS, Kwon HJ, Lee YM, Yoon HR, Hong SP. Determination of sugar phosphates by high-performance anion-exchange chromatography coupled with pulsed amperometric detection. *J Chromatogr A* 2007; 1164(1-2): 167-173
- 27) Wolever TM, Jenkins DJ, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991; 54(5): 846-854
- 28) Kim MJ, Kim JH, Oh HK, Chang MJ, Kim SH. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: Examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and β -carotene contents. *Korean J Food Cookery Sci* 2007; 23(4): 423-432
- 29) Lunetta M, Di Mauro M, Crimi S, Mughini L. No important differences in glycaemic responses to common fruits in type 2 diabetic patients. *Diabet Med* 1995; 12(8): 674-678
- 30) Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002; 76(1): 5-56
- 31) Holub BJ. Metabolism and function of myo-inositol and inositol

- phospholipids. *Annu Rev Nutr* 1986; 6: 563-597
- 32) Foster-Powell K, Miller JB. International tables of glycemic index. *Am J Clin Nutr* 1995; 62(4): 871S-890S
- 33) Sydney University Glycemic Index Research Service (SUGiRS). Australia: The University of Sydney, Human Nutrition Unit; 1995-2007
- 34) Collier G, McLean A, O'Dea K. Effect of co-ingestion of fat on the metabolic responses to slowly and rapidly absorbed carbohydrates. *Diabetologia* 1984; 26(1): 50-54
- 35) Nuttall FQ, Mooradian AD, Gannon MC, Billington C, Krezowski P. Effect of protein ingestion on the glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. *Diabetes Care* 1984; 7(5): 465-470