

탄수화물 간식류 식품 및 조리방법에 따른 혈당지수 및 혈당부하지수

김도연^{1,2} · 이한송이^{1,2} · 최은영¹ · 임현정^{1,2}

¹경희대학교 동서의학대학원 의학영양학과

²경희대학교 임상영양연구소

Analysis and Evaluation of Glycemic Indices and Glycemic Loads of Frequently Consumed Carbohydrate-Rich Snacks according to Variety and Cooking Method

Do Yeon Kim^{1,2}, Hansongyi Lee^{1,2}, Eun Young Choi¹, and Hyunjung Lim^{1,2}

¹Department of Medical Nutrition, Graduate School of East-West Medical Science and

²Research Institute of Medical Nutrition, Kyung Hee University

ABSTRACT This study examined the glycemic indices (GIs) and glycemic loads of carbohydrate-rich snacks in Korea according to variety and cooking method. The most popular carbohydrate snacks (corn, potatoes, sweet potatoes, chestnuts, and red beans) from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey nutrient database were cooked using a variety of conventional cooking methods (steaming, baking, porridge, puffing, and frying). The GIs of foods were measured in 60 healthy males after receiving permission from the University Hospital institutional review board (KMC IRB 1306-01). Blood glucose and insulin levels were then measured at 0, 15, 30, 60, 90, and 120 min after consuming glucose, and each test food contained 50 g of carbohydrates (corn: 170.0 g, potatoes: 359.7 g, sweet potatoes: 160.3 g, chestnuts: 134.8 g, red beans: 73.1 g). GI values for test foods were calculated based on the increase in the area under the blood glucose response curve for each subject. Steamed potatoes (93.6±11.6), corn porridge (91.8±19.5), baked sweet potatoes (90.9±9.6), baked potatoes (78.2±14.5), steamed corn (73.4±9.9), and steamed sweet potatoes (70.8±6.1) were shown to be considered high GI foods, whereas baked chestnuts (54.3±6.3), red bean porridge (33.1±5.5), steamed red beans (22.1±3.2), fried potatoes (41.5±7.8), and ground and pan-fried potatoes (28.0±5.1) were considered as low GI foods. The results suggest that the cooking method of carbohydrate-rich snacks is an important determinant of GI values.

Key words: carbohydrate-rich snacks, cooking method, glycemic indices, glycemic loads

서 론

한국인의 탄수화물 에너지 섭취 비율은 2012년 64.9%로 1970년대 약 80%에 비해 감소했지만 여전히 높은 수준을 유지하고 있다(1,2). 탄수화물 식품은 주로 주식, 부식과 간식을 통하여 섭취하게 되는데 이 중 간식으로는 라면, 떡, 빵, 고구마, 감자, 옥수수, 밥, 팥을 비롯한 곡류와 사과, 감, 귤, 포도, 배 등 과일류가 있다(1). 간식으로 섭취될 때의 탄수화물 식품은 주식이나 부식과 달리 다른 종류의 식품들과 함께 섭취하지 않고 주로 단일식품으로 섭취되기 때문에 혈당지수(glycemic index, GI)에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 간식의 혈당지수는 체중을 관리하거나 당뇨병 등 만성질환을 가지고 있을 경우 유용한 정보가 될 수 있으며, 탄수화물 중심 간식 섭취에 주의가 필요하다(3).

식품에 포함된 당질의 흡수속도를 반영하여 식후 혈당 상승 정도를 나타내는 지표인 혈당지수는 식품 섭취 시 혈당반응과 참고식품(포도당 혹은 식빵) 섭취 시 혈당반응을 비교한 수치이다(4,5). 혈당지수가 높은 식품은 혈당의 변동이 크고, 인슐린 분비량도 증가시키는 것으로 알려져 있다(6-8).

이러한 혈당지수는 식품에 포함된 당질의 양에 가장 많은 영향을 받지만 식품의 가공방법, 조리방법, 함께 먹는 음식, 익은 정도, 저장기간에 따라 영향을 받을 수 있다(9,10). 하지만 현재 혈당지수 자료는 대부분 외국의 데이터를 이용하고 있으며 우리나라에서도 일부 식품(11-13), 식단(14) 등에 대한 혈당지수 연구가 진행되었으나 국내 상용간식의 조리 및 가공방법에 따른 혈당지수에 대한 연구는 매우 제한적이다. 혈당지수가 탄수화물 50 g을 함유한 식품 섭취 시 혈당이 변화된 정도를 수치로 나타낸 값이라면, 혈당부하지수는 각 식품의 혈당지수에 그 식품의 일반적인 1회 섭취량을 반영하여 계산된 값이다(15). 이는 같은 고 혈당지수 식품이라도 실질적인 섭취량에 따라 혈당 증가 및 인슐린 분비 효

Received 18 September 2014; Accepted 28 October 2014

Corresponding author: Hyunjung Lim, Department of Medical Nutrition, Graduate School of East-West Medical Science, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 446-701, Korea
Email: hylim@khu.ac.kr, Phone: +82-31-201-2343

과가 다르게 나타날 수 있음을 의미한다(15).

따라서 본 연구에서는 2011년 국민건강영양조사 자료 중 만 19~64세 성인 남녀의 섭취빈도가 높은 간식류 중 탄수화물 중심 식품을 선별하고 각 식품의 조리 및 가공방법에 따른 혈당지수와 혈당부하지수를 측정하여 한국인이 활용할 수 있는 실용적 자료를 제공하고자 하였다.

대상 및 방법

연구디자인

본 연구는 K 대학교병원 생명윤리 심의위원회의 승인(KMC IRB 1306-01)을 받아 2012년 5월에서 2013년 5월까지 원내 게시판 및 웹 페이지 홍보 등을 통하여 대상자를 모집하였으며, Brouns 등(16)과 Wolever 등(17)의 glycaemic index methodology를 참고하고 성별 간의 혈당반응의 차이를 고려하여(18) 혈당이 비교적 안정적이고 만성 질환 및 빈혈, 소화기 장애와 같은 병태 생리적 상태의 위험 가능성이 낮은 만 20~35세 사이의 건강한 성인 남성 총 60명을 대상으로 진행되었다. 대상자는 첫 방문 시 피험자 설명서를 자세히 읽고 임상시험 담당 연구원에게 임상시험의 목적과 구체적인 방법, 예상되는 효과 등에 대하여 충분한 설명을 들은 후 자유의사에 따라 연구 참여에 동의하였다.

사전 면접을 통해 적합성 평가(신체계측, 체성분 분석, 혈압측정, 일반사항 조사) 후 임상시험 대상자로 선정되어 이후 7일 간격으로 총 5회(2회 포도당 섭취, 3회 탄수화물 식품 섭취) 참여하였다. 첫 2회의 시험은 경구 당부하 검사(oral glucose tolerance test, OGTT)로 포도당 용액 섭취 후 혈당의 변화를 살펴본 다음 내분비내과 전문의의 판정에 따라 정상 혈당 범위에 해당할 경우 본시험(3회 탄수화물 식품)에 참여하였다(16). 혈당은 식사와 호르몬, 스트레스 등의 반응에도 영향을 받으므로 표준 값을 검출하고자 본 연구에서는 디아솔에스액50(Taejoon PHARM, Seoul, Korea) 포도당 표준용액으로 2회 측정하였다(16).

연구대상자

당부하 검사를 통하여 평균 혈당반응 곡선 면적의 표준편차가 큰 대상자를 제외하고 매 측정 시 15명을 대상자(평균 연령은 23.3±1.5세)로 하였다. 대상자 선정 기준은 최근 3개월간 체중을 유지하고 있으며 18.5 kg/m² 이상, 23 kg/m² 미만의 체질량 지수(body mass index, BMI)인 자로 정상 혈당수치(공복혈당: <110 mg/dL, 식후 2시간 혈당: <140 mg/dL)를 갖는 건강한 자이며, 혈당수치를 근거로 내당불내증이나 당뇨병 진단력이 있었던 자, 위장수술력 및 현재 위장질환이 있거나 치료 중인 자, 최근 3개월 이내에 질환을 앓고 있거나 식품 알레르기가 있는 자, 특이식사를 섭취하거나 약물을 복용하고 있는 자, 당뇨병 가족력이 있는 자, 글자를 읽지 못하거나 그러한 능력이 제한된 자, 기타 담당 연구자가 본 연구의 대상자로서 부적합하다고 판단된 자는 대상

자에서 제외하였다(16).

대상자들은 실험 전날부터 실험 당일 아침까지 12시간 절식 후 공복 시 혈당을 측정하였다. 공복 혈당 측정 후 대상자들은 탄수화물 50 g에 해당되는 식품을 섭취하고 전완주정맥혈관(antecubital vein)에서 3.0 mL의 혈액을 0, 15, 30, 60, 90, 120분에 채취하였다. 대상자들은 실험이 진행되는 2시간 동안 착석한 상태에서 최소한의 일상 활동만 하도록 허용되었다. 채취한 혈액은 원심 분리하여 분석 전까지 -70°C에서 냉동 보관하였다. 혈당은 4°C, 3,000 rpm에서 30분간 원심 분리한 혈장을 이용해 효소법(enzymatic kinetic assay)으로 분석하였고, 혈청 인슐린은 30분간 실온 방치 후 4°C, 3,000 rpm에서 30분간 원심 분리한 혈청을 이용하여 전기화학 발광·면역 측정법(electro-chemiluminescence immunoassay, ECLIA)으로 분석하였다. 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 교육하고(16) 매 시험 전 이를 확인하였다.

식품의 선정

본 연구에서는 2011년 국민건강영양조사 자료 중 만 1세 이상 남녀의 간식으로 이용되는 다소비 탄수화물 식품 5가지(옥수수, 감자, 고구마, 밤, 팔)를 선정하였다(2). 실험에 사용된 모든 식품은 한국산으로 다소비브랜드 조사 및 대표적 산지농협 제품으로 구매하였다. 각 식품의 원산지로 옥수수는 강원도 횡성(찰옥수수), 감자는 강원도 진부, 고구마는 경기도 여주(밤고구마), 밤은 충청남도 부여, 팔은 경상북도 예천(붉은 팔)이었다.

조리방법 기준 설정

상용 탄수화물 식품을 이용하여 조리방법을 달리한 기준을 설정하였다. 식품의 조리방법은 달리하되 추가적으로 다른 양념을 사용하지 않음을 원칙으로 하였다. 식품의 형태는 비가식부를 제거(껍질 등)한 가식부이며, 조리방법은 식품에 따라 끓이기, 굽기, 찌기, 튀기기 등의 방법을 정하였다. 조리 시 물의 양, 조리시간, 불의 세기 등의 기준을 설정하였다. 전분의 노화를 방지하기 위해 강냉이를 제외한 각 식품은 실험 당일 오전에 조리되어 미온의 상태로 대상자들에게 제공되었다(18).

식품의 성분 분석

농촌진흥청 농식품종합정보시스템의 '식품 성분표 제8개정'을 이용하여 1인 1회 섭취 분량과 영양소 함량(Table 1)을 정리하고, 탄수화물 50 g을 함유한 상용 탄수화물 식품의 양(무게)을 정리하였다(옥수수: 170.1 g, 감자: 359.7 g, 고구마: 160.3 g, 밤: 134.8 g, 팔: 73.1 g)(19).

Table 1. Nutrient component, amount, and method of preparation of the carbohydrate-rich-snacks

Food	Raw weight per portion (g) ¹⁾	Nutrition value of food ¹⁾				Cooking method	Cooked weight (g)	Method of preparation
		Carbohy- rate (g)	Protein (g)	Fat (g)	Dietary fiber (g)			
Corn	170.1	50	8.3	2.0	23.1	Steamed	177.3	Steaming in the pot for 30 min
						Porridge	374.4	Steaming in the pot for 80 min and mashing and more boiled
						Puffed	58.1	Puffing in the puffing machine
Potato	359.7	50	8.6	0.0	2.5	Steamed	345.1	Steaming in the pot for 25 min
						French fried	238.5	Flying in the oil at 160°C for 5 min
						Ground & fried	215.0	Ground and flying in the oil at 160°C for 5 min
						Baked	325.5	Baking in the oven at 220°C for 30 min
Sweet potato	160.3	50	2.2	0.3	4.2	Steamed	162.5	Steaming in the pot for 25 min
						Baked	144.4	Baking in the oven at 220°C for 30 min
						Fried	107.4	Flying in the oil at 160°C for 5 min
Chestnut	134.8	50	3.2	0.6	4.6	Steamed	130.2	Steaming in the pot for 30 min
						Baked	132.2	Baking in the oven at 220°C for 30 min
Red bean	73.1	50	19.3	0.1	8.9	Steamed	153.8	Steaming in the pot for 80 min
						Porridge	247.9	Steaming in the pot for 80 min and mashing and more boiled

¹⁾Food Composition Table (8th revision), Rural Development Administration, 2011 (19).

혈당, 혈당지수 및 혈당부하지수 측정

혈당지수 산출을 위하여 Jenkins 등(10)의 방법으로 포도당 용액 섭취 후 2시간 동안 혈당반응면적(area under the curve, AUC)과 식품 섭취 후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 계산하였다. 혈당반응면적은 Brouns 등(16)의 방법으로 공복 시 혈당을 기준으로 그 아래의 면적은 무시하고 실험 식품 섭취 후 증가된 혈당반응면적만을 GraphPad Prism(version 6, GraphPad Software, San Diego, CA, USA)을 사용하여 계산하였다.

$$\text{Glycemic index (GI)} = \frac{\text{식품 섭취 후의 평균 IAUC}}{\text{포도당 용액 섭취 후 평균 IAUC}} \times 100$$

혈당부하지수는 당질의 흡수 속도와 당질의 양을 고려하여 섭취 후의 혈당반응을 예측하는 지표로 해당 식품의 혈당지수와 1회 섭취 분량에 포함된 당질의 양을 곱한 값을 100으로 나누어 구하였다. 식품의 1회 섭취량은 대한지역사회영양학회와 농진청 데이터베이스(20)에 근거하여 설정하였다.

$$\text{Glycemic load (GL)} = (\text{Glycemic index} \times \text{1회 섭취 탄수화물 양}) \div 100$$

통계분석

본 실험에서 얻어진 결과의 통계분석은 Statistical Package for Social Science(SPSS, version 21.0, IBM Corporation, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였고, 연속변수(continuous variable)는 mean±SE로 나타내었다. 음식 섭취 후 120분 동안 시간에 따른 혈당 농도의 변화와 혈당지수 평균값의 분석은 분산분석(One way ANOVA)

과 Duncan's *post hoc* test를 이용하여 유의 수준 $P < 0.05$ 에서 통계적인 유의성을 관찰하였다.

결과 및 고찰

탄수화물 간식류 섭취 후 시간 경과에 따른 혈당 및 인슐린 농도의 변화

실험 식품 섭취 후 혈당 농도와 변화를 Fig. 1에 나타냈다. 옥수수(Fig. 1A)의 조리법에 따른 혈당 농도는 죽을 제외한 모든 식품(찜, 강냉이) 섭취 후 60분에 최고치로 상승하였고, 그 후 감소하여 섭취 후 120분에는 공복 시와 유사하였다. 15분 후의 혈당은 옥수수죽(132.0±6.9 mg/dL) 섭취 후 포도당과 다른 조리방법(찜옥수수, 강냉이)에 비해 유의적으로 높았고($P < 0.05$), 강냉이 섭취 후 다른 식품에 비해 가장 낮았다. 이는 쌀과 보리를 각각 찜과 죽의 형태로 나누어 혈당반응을 비교한 Im 등(21)의 연구에서와 마찬가지로 옥수수를 분쇄함으로 전분과 섬유소의 정상적인 결합구조가 파괴되어 식품 내 섬유소의 당대사 반응에 대한 효과는 감소하였고, 입자크기의 감소로 표면적이 증가하여 소화효소가 더욱 쉽게 작용할 수 있게 된 것으로 추정된다. 또한 조리방법 중 하나인 팽화는 전분을 소화되기 쉽게 만드는 것으로 알려져 있는데, 이는 100°C 이상의 높은 온도와 압력 때문에 입자의 가수분해(젤라틴화), 화학구조의 변화 및 입자구조의 분열을 만들기 때문이다(22). 감자(Fig. 1B)의 조리법에 따른 혈당 농도는 모든 식품(찜, 구이, 튀김, 전) 섭취 후 30분에 최고치로 상승하였고, 그 후 감소하여 섭취 후 90분에는 공복 시보다 낮아졌다. 15분 후의 혈당은 감자 튀김(98.4±1.3 mg/dL), 감자전(96.4±2.3 mg/dL)이 찜감

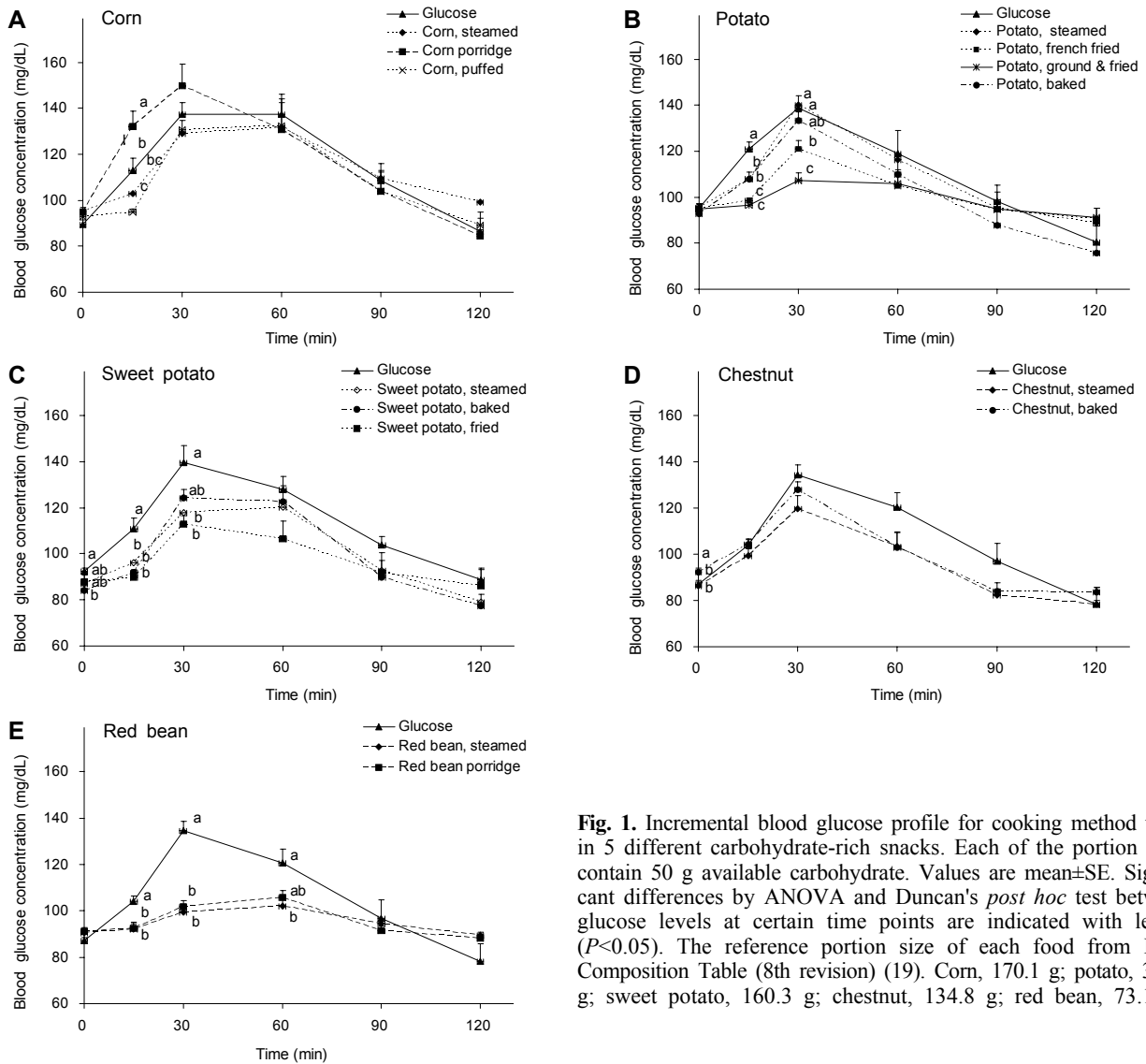


Fig. 1. Incremental blood glucose profile for cooking method with-in 5 different carbohydrate-rich snacks. Each of the portion sizes contain 50 g available carbohydrate. Values are mean \pm SE. Significant differences by ANOVA and Duncan's *post hoc* test between glucose levels at certain time points are indicated with letters ($P < 0.05$). The reference portion size of each food from Food Composition Table (8th revision) (19). Corn, 170.1 g; potato, 359.7 g; sweet potato, 160.3 g; chestnut, 134.8 g; red bean, 73.1 g.

자(108.1 ± 3.0 mg/dL)와 감자구이(108.0 ± 2.9 mg/dL) 섭취 후에 비해 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 특히 30분 후에는 찐감자(140.1 ± 3.6 mg/dL) 섭취 후 혈당이 가장 높았고, 감자전(107.3 ± 3.2 mg/dL) 섭취 후 혈당이 포도당과 다른 모든 조리방법에 비해 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 이러한 결과는 지방 성분이 전분의 분해를 늦추며 결과적으로 위 배출 시간을 연장시키고 혈당반응을 늦추기 때문이기도 하지만 감자를 튀기는 과정 동안 감자의 resistant starch(저항전분: RS) 양을 증가시키고, 이는 amylose-amylopectin 전분 구조의 가수분해 속도를 늦추기 때문이라고 보고된다(23). 고구마(Fig. 1C)의 조리법에 따른 혈당 농도는 찜을 제외한 모든 식품(구이, 튀김) 섭취 후 30분에 최고치로 상승하였고, 그 후 감소하여 섭취 후 120분에는 공복 시와 유사하였다. 15분 후의 혈당은 모든 식품 즉, 찐고구마(96.2 ± 3.8 mg/dL), 군고구마(91.9 ± 3.0 mg/dL), 고구마튀김(89.8 ± 3.0 mg/dL)이 포도당보다 유의적으로 낮은 수치를 나타

냈으나($P < 0.05$) 식품 간의 차이는 보이지 않았다. 특히 30분 후에는 찐고구마(117.8 ± 6.4 mg/dL)와 고구마튀김(112.7 ± 3.7 mg/dL)의 혈당이 포도당보다 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 밤(Fig. 1D)의 조리법에 따른 혈당 농도는 모든 식품(찜, 구이) 섭취 후 30분에 최고치로 상승하였고 그 후 감소하여 섭취 후 90분에는 공복 시와 유사하였으며, 포도당과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 팥(Fig. 1E)의 조리법에 따른 혈당 농도는 모든 식품(찜, 죽) 섭취 후 60분에 최고치로 상승하였고 그 후 감소하여 섭취 후 120분에는 공복 시와 유사하였다. 찐팥과 팥죽 섭취 후 15분과 30분의 혈당은 포도당과 비교하여 유의적으로 낮게 나타났다지만($P < 0.05$) 식품 간의 차이는 보이지 않았다. 60분 후의 혈당은 삶은 팥(102.2 ± 2.8 mg/dL) 섭취 후 포도당에 비해 유의적으로 낮았다($P < 0.05$).

실험 식품 섭취 후 혈청 인슐린 농도와 변화를 Fig. 2에 각 식품별로 제시하였다. 옥수수(Fig. 2A)의 조리법에 따른

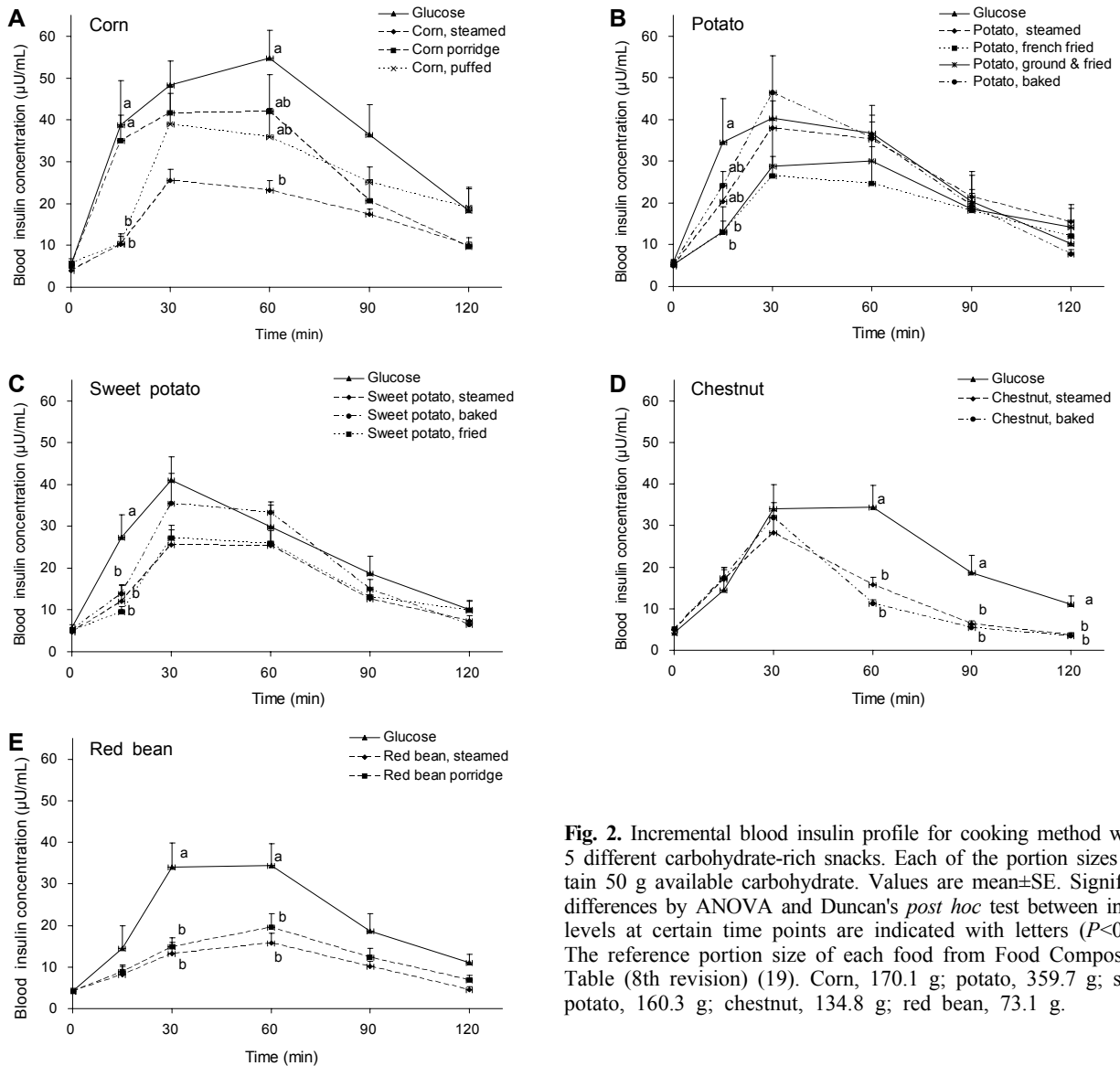


Fig. 2. Incremental blood insulin profile for cooking method within 5 different carbohydrate-rich snacks. Each of the portion sizes contain 50 g available carbohydrate. Values are mean±SE. Significant differences by ANOVA and Duncan's *post hoc* test between insulin levels at certain time points are indicated with letters ($P < 0.05$). The reference portion size of each food from Food Composition Table (8th revision) (19). Corn, 170.1 g; potato, 359.7 g; sweet potato, 160.3 g; chestnut, 134.8 g; red bean, 73.1 g.

인슐린 농도는 죽을 제외한 모든 식품(찜, 강냉이) 섭취 후 30분에 최고치를 나타냈다. 15분 후의 인슐린 농도는 옥수수죽(35.0±6.1 µU/mL) 섭취 후 다른 모든 조리방법(찜옥수수, 강냉이)에 비해 유의적으로 높았고($P < 0.05$), 찜옥수수와 강냉이 섭취 후 인슐린 농도가 포도당보다 유의적으로 낮은 수치를 나타냈으나 두 식품 간의 차이는 보이지 않았다($P < 0.05$). 특히 60분 후에는 찜옥수수(21.6±4.9 µU/mL) 섭취 후 인슐린 농도가 가장 낮았으며 이는 포도당보다 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 감자(Fig. 2B) 조리법에 따른 인슐린 농도는 전을 제외한 모든 식품(찜, 구이, 튀김) 섭취 후 30분에 최고치로 상승하였다. 15분 후의 인슐린 농도는 감자튀김(13.0±1.9 µU/mL)과 감자전(13.2±2.7 µU/mL)이 포도당보다 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 고구마(Fig. 2C) 조리법에 따른 인슐린 농도는 모든 식품(찜, 구이, 튀김) 섭취 후 30분에 최고치로 상승하였다. 15분 후의 인슐린 농도

는 모든 식품 즉, 찜고구마(12.1±3.7 µU/mL), 굵고구마(13.9±2.1 µU/mL), 고구마튀김(9.5±1.3 µU/mL)이 포도당보다 유의적으로 낮았으나($P < 0.05$) 식품 간의 차이는 없었다. 밤(Fig. 2D)의 조리 형태에 따른 인슐린 농도는 찜, 구이 형태로 섭취 후 30분에 최고치로 상승하였고 그 후 점차 감소하여 섭취 후 120분 후에는 공복 시 인슐린 농도보다 낮아졌다. 특히 섭취 60분과 90분, 120분 후 인슐린 농도가 포도당보다 유의적으로 낮았으나($P < 0.05$) 식품 간의 차이는 보이지 않았다. 팥(Fig. 2E)의 조리 형태에 따른 인슐린 농도는 모든 식품(찜, 죽) 섭취 후 60분에 최고치로 상승하였다. 30분과 60분 후의 인슐린 농도는 찜팥과 팥죽 섭취 후 포도당 섭취와 비교하여 각각 유의적으로 낮았지만($P < 0.05$) 식품 간의 차이는 보이지 않았다.

각 식품 섭취 후 혈청 인슐린의 반응은 혈당 농도에 민감하게 변화하므로 전분의 소화흡수율에 영향을 주는 인자는

혈청 인슐린에 대해서도 상응하는 효과가 있다고 볼 수 있다. 또한 옥수수죽 섭취 후 혈청 인슐린의 현저한 상승은 GIP(gastric inhibitory polypeptide)와 같은 gastrointestinal factor의 분비 차이와 관련된다고 볼 수 있다(21).

탄수화물 간식류의 조리방법별 혈당지수 및 인슐린지수

탄수화물 간식류의 조리방법별 혈당지수 및 인슐린지수(insulin index: II)는 Table 2와 같다. 옥수수의 조리방법별 혈당지수는 포도당과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았지만 인슐린지수는 강냉이(II=56.7±9.7)와 찐옥수수(II=35.7±5.4)가 옥수수죽(II=86.4±14.4)과 포도당에 비해 유의적으로 낮았다($P<0.001$). 감자의 조리방법별 혈당지수와 인슐린지수는 감자튀김(GI=41.5±7.8, II=69.0±15.2), 감자전(GI=28.0±5.1, II=69.4±8.2)이 찐감자(GI=93.6±11.6, II=110.4±10.7), 구운감자(GI=78.2±14.5, II=100.3±11.0), 포도당에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 고구마의 조리방법별 혈당지수는 군고구마(90.9±9.6) > 찐고구마(70.8±6.1) > 고구마튀김(57.7±10.9) 순이었으며, 고구마튀김이 포도당과 다른 조리방법들에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 밤의 조리방법별 혈당지수는 포도당에 비해 낮게 나타났으나($P<0.001$) 조리방법 간에는 차이를 보이지 않았다. 팥의 조리방법별 혈당지수는 찐팥(22.1±3.2)이 팥죽(33.1±5.5)보다 낮았다($P<0.001$).

식품의 조리방법별로 혈당지수에 유의한 차이를 보이는 것은 가열처리의 정도에 따라 입자화도도가 달라져 소화흡수의 속도의 차이와 관련된다고 볼 수 있다. 소화된 탄수화물 식품은 곧 단당류로 분해되고 장으로 흡수되어 혈당을 증가시키고, 인슐린의 분비를 증가시켜 혈당을 정상수치로 낮추게 된다. 혈당의 급격한 변화를 피하는 것이 건강한 성인과 당뇨병인에게 중요한데, 저 혈당지수 식품을 섭취했을 때 고 혈당지수 식품에 비하여 식후 혈당 변화의 최대치가 낮고 혈당이 천천히 감소되는 것이 관찰되었다(24). 본 연구에서 조리방법별 혈당지수를 살펴보면 옥수수에서는 강냉이만 중 혈당지수(GI=56~69)에 속하고 감자와 고구마는 기름을 사용하지 않은 조리방법(찐, 구이)이 고 혈당지수(GI=70 이상)에 해당하였으며, 밤은 모든 조리방법에서 찐밤이 중 혈당지수(GI=56~69), 군밤이 저 혈당지수(GI=55 이하)에 해당되었고 팥은 찐과 죽 모두 저 혈당지수(GI=55 이하)에 해당하였다. 죽과 같이 분쇄하여 끓인 조리방법에서는 혈당지수가 다른 조리방법에서 높은 경향을 보였고, 기름을 사용한 식품에서는 다른 조리방법에 비해 낮게 나타났다. 고구마에서 굵기 방법은 튀김에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

본 연구 결과에서 찐이 죽 형태보다 혈당지수가 낮은 경향을 보인 것은 분쇄로 인해 식품 내의 섬유소나 다른 인자들의 소화, 흡수에 대한 저해효과가 감소된다고 한 Im 등(21)의 결과와 유사하였다. 또한 기름을 사용한 튀김에서 혈당지수가 유의적으로 낮았던 것은 지방 성분이 전분의 분해를

늦추며 결과적으로 위배출 시간을 연장시키고 혈당반응을 늦추기 때문으로 보인다(23). 그러나 튀김 종류의 간식류는 비록 혈당지수는 낮지만 오랜 기간 섭취했을 때 대사성질환의 위험률이 높기 때문에 만성질환 예방을 위해서는 자주 섭취하는 것을 피해야 할 것이다(25). 찐고구마는 고구마튀김과 비교하여 차이를 보이지 않았는데 이는 전분의 구조 즉 amylose-amylopectin 비율과 연관이 있다. Amylose 성분이 많으면 대사반응을 늦추고 이는 낮은 혈당지수로 이어진다. 찐고구마와 같은 습열 조리는 전분의 젤라틴화를 유도하며 amylose-amylopectin 구조를 파괴시키고 더 소화효소의 접근성을 쉽게 하지만 동시에 노화된 amylose는 amylopectin에 비하여 강한 수소결합을 이루기 때문에 소화를 어렵게 하고, 또 다른 이유로는 많은 양의 RS(RS1, RS2, RS3)가 습열 조리된 고구마에 남아있기 때문에(23) 찐고구마의 혈당지수가 군고구마와 달리 포도당에 비해 유의적으로 낮은 것을 볼 수 있다($P<0.05$).

탄수화물 간식류의 식품별 혈당지수 및 인슐린지수

탄수화물 식품을 같은 조리방법으로 처리한 후의 식품별 혈당지수 및 인슐린지수는 Table 3과 같다. 각 식품을 습열로 찐 형태에서는 감자의 혈당지수가 가장 높았고($P<0.001$), 팥의 혈당지수가 다른 모든 식품들에 비해 가장 낮았다($P<0.001$). 저 혈당지수(GI=55 이하) 간식으로는 찐팥(22.1±3.2)만 속하였고, 그 다음으로 찐밤이 57.7±5.8로 중 혈당지수 간식(GI=56~69)에 해당하였다. 찐 형태로 섭취 시의 인슐린지수는 감자(II=110.4±10.7)에서 가장 높았고($P<0.01$), 옥수수(II=35.7±5.5)에서 가장 낮았다($P<0.01$). 탄수화물 간식류를 구운 형태로 섭취시켰을 때 고구마(GI=90.9±9.6)의 혈당지수가 가장 높았고($P<0.01$), 밤(GI=54.3±6.3)에서 다른 식품들에 비해 가장 낮게 나타났으며($P<0.01$), 군밤만 저 혈당지수 식품에 속하였다. 탄수화물 간식류를 구운 형태로 섭취 시 인슐린지수도 고구마(II=114.4±20.1)가 가장 높았고($P<0.01$), 밤(II=55.8±14.8)이 다른 식품들에 비해 가장 낮게 나타났으며($P<0.01$). 탄수화물 간식류를 죽 형태로 섭취시켰을 때 팥죽(GI=33.1±5.5)의 혈당지수가 옥수수죽과 포도당에 비해 유의적으로 낮았으며($P<0.001$) 저 혈당지수에 해당하였다. 탄수화물 간식류를 튀긴 형태로 섭취시켰을 때 고구마(GI=57.7±10.9)가 가장 높았고($P<0.001$), 감자전(GI=28.0±5.1)이 가장 낮았다($P<0.001$). 같지 않고 정방으로 채 썬 후 튀긴 감자와 고구마는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 감자를 같은 후 튀겨낸 감자전은 고구마튀김에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.001$). 이전 *in vitro*(26), *in vivo*(27) 연구에서 감자를 기름으로 조리하였을 때 혈당지수가 낮은 이유 중 하나로 튀기는 과정 중에 amylose-lipid 복합체가 만들어져 α-amylase에 의한 소화속도가 느려지기 때문이라고 본 것은 본 연구 결과와 관련된 것으로 사료된다.

혈당지수에 영향을 주는 인자로는 식품 내 식이섬유, an-

Table 2. The effect of cooking method on the glycemic index and insulin index within 5 different carbohydrate-rich-snack

Food	Cooking method	n	GI ¹⁾			II ²⁾					
			Mean±SE	(Min-Max)	F ⁴⁾	P ⁴⁾	Mean±SE	(Min-Max)	F ⁴⁾	P ⁴⁾	
Glucose (reference) Corn ⁵⁾	Steamed	9	100 ^a				100 ^a				
	Porridge	9	73.4±9.9	(63.6-83.3)	1.594	NS	35.7±5.4 ^b	(30.3-41.4)	11.685	***	
	Puffed	9	91.8±19.5	(72.3-111.3)			86.4±14.4 ^a	(72.0-100.8)			
Potato		9	69.9±11.4	(58.5-81.2)			56.7±9.7 ^b	(47.0-66.4)			
	Steamed	11	93.6±11.6 ^{ab3)}	(81.9-105.2)	10.885	***	110.4±10.7 ^a	(99.7-121.1)	3.642	*	
	French fries	8	41.5±7.8 ^b	(33.6-49.3)			69.0±15.2 ^b	(53.8-84.2)			
	Ground & fried	7	28.0±5.1 ^b	(22.8-33.1)			69.4±8.2 ^b	(61.2-77.6)			
Sweet potato	Baked	9	78.2±14.5 ^a	(63.8-92.7)			100.3±11.0 ^a	(89.3-111.3)			
	Steamed	9	70.8±6.1 ^{bc}	(64.7-77.0)	6.844	**	90.7±13.5	(77.2-104.2)	0.621	NS	
	Baked	10	90.9±9.6 ^{ab}	(81.3-100.5)			114.4±20.1	(94.3-134.5)			
Chestnut	Fried	9	57.7±10.9 ^c	(46.7-68.6)	28.665	***	88.8±19.4	(69.4-108.2)	3.187	NS	
	Steamed	13	57.8±5.8 ^b	(51.9-63.6)			62.5±18.1	(44.4-80.7)			
	Baked	11	54.3±6.3 ^b	(48.0-60.6)	193.701	***	55.8±14.8	(41.0-70.7)	2.918	NS	
Red bean	Steamed	8	22.1±3.2 ^c	(19.0-25.3)			51.4±18.0	(33.4-69.4)			
	Porridge	9	33.1±5.5 ^b	(27.6-38.6)			67.2±24.1	(43.0-91.3)			

¹⁾GI: glycemic index. ²⁾II: insulin index. ³⁾Values with different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ vs. the reference.

⁴⁾Significant difference by ANOVA and Duncan's *post hoc* test between test food and the reference (glucose with GI and II=100); F, F value; P, P value; * $P<0.05$, ** $P<0.01$, and *** $P<0.001$; NS, not significant.

⁵⁾The reference portion size of each food from Food Composition Table (8th revision) (19).

Corn: 170.1 g, potato: 359.7 g, sweet potato: 160.3 g, chestnut: 134.8 g, red bean: 73.1 g.

Table 3. The effects of foods on the glycemic index and insulin index within 4 different cooking method

Cooking method	Food	n	GI ¹⁾			II ²⁾			
			Mean±SE	F ⁴⁾	P ⁴⁾	Mean±SE	F ⁴⁾	P ⁴⁾	
Glucose (reference)			100 ^a				100 ^a		
	Corn	9	73.4±9.9 ^{bc3)}				35.7±5.5 ^c		
	Potato	11	93.6±11.6 ^{ab}				110.4±10.7 ^a		
	Sweet potato	9	70.8±6.1 ^c	14.144	***		90.7±13.5 ^{ab}	5.179	**
	Chestnut	13	57.7±5.8 ^c				62.5±18.1 ^{bc}		
Steamed	Red bean	8	22.1±3.2 ^d				51.4±18.0 ^c		
	Potato	9	78.2±14.5 ^a				100.3±11.0 ^a		
	Sweet potato	10	90.9±9.6 ^a	6.388	**		114.4±20.1 ^a	3.924	*
	Chestnut	11	54.3±6.3 ^b				55.8±14.8 ^b		
Baked	Corn	9	91.8±19.5 ^a				86.4±14.4		
	Red bean	9	33.1±5.5 ^b	12.401	***		67.2±24.1	1.413	NS
Porridge	Potato, french fried	8	41.4±7.8 ^{bc}				69.0±15.2		
	Potato, Ground & fried	7	28.0±5.1 ^c	25.432	***		69.4±8.2	1.740	NS
Fried	Steamed potato, french fried	9	57.7±10.9 ^b				88.8±19.4		

¹⁾GI: glycemic index. ²⁾II: insulin index. ³⁾Values with different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ vs. the reference.

⁴⁾Significant difference by ANOVA and Duncan's *post hoc* test between test food and the reference (glucose with GI and II=100); F, F value; P, P value; * $P<0.05$, ** $P<0.01$, and *** $P<0.001$; NS, not significant.

⁵⁾The reference portion size of each food from Food Composition Table (8th revision) (19).

Corn: 170.1 g, potato: 359.7 g, sweet potato: 160.3 g, chestnut: 134.8 g, red bean: 73.1 g.

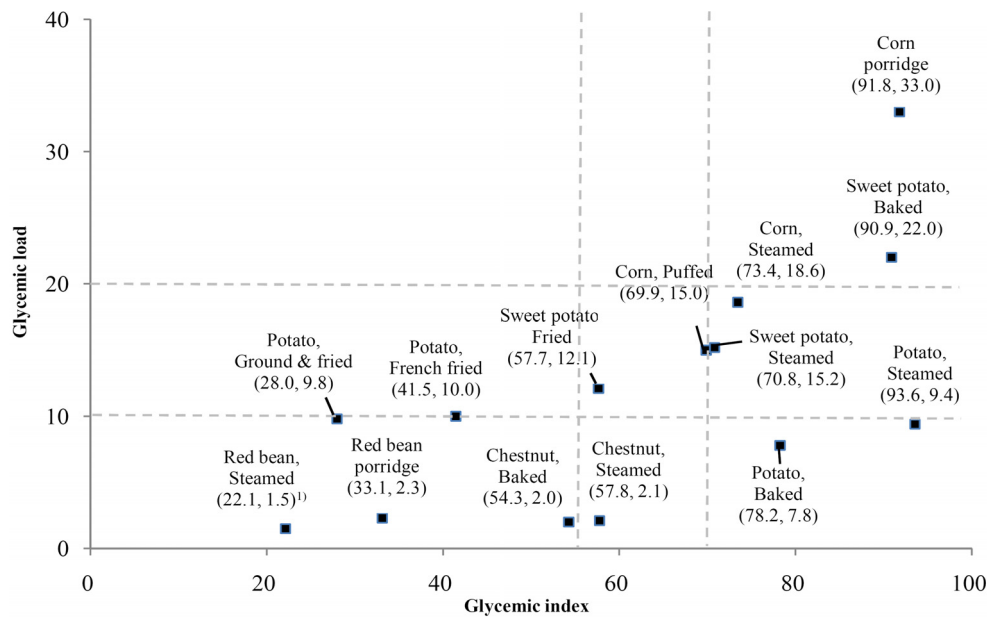


Fig. 3. Glycemic indices and glycemic loads of the foods. ¹⁾Values expressed (glycemic index, glycemic load). The reference portion size of each food from 8th revision Food Composition Table (19). Corn, 170.1 g; potato, 359.7 g; sweet potato, 160.3 g; chestnut, 134.8 g; red bean, 73.1 g. Estimated by multiplying the food's listed GI value with glucose as the reference food by the listed g carbohydrate per serving and dividing by 100. The reference serving size of each food from Food Composition Table (8th revision) (19). Corn: steamed, 90 g; porridge, 250 g; puffed, 25 g. Potato: steamed, 65 g; french fried, 115 g; ground & fried, 150 g; baked, 65 g. Sweet potato: steamed, 70 g; baked, 70 g; fried, 45 g. Chestnut: steamed, 10 g; baked, 10 g. Red bean: steamed, 10 g; porridge, 10 g.

tinutrients, 단백질, 지방의 함량의 차이 등이 있다(14,28). 본 실험에서 당질 함량 50 g을 기준으로 하였을 때(Table 1) 옥수수, 감자, 고구마, 밤, 팥의 단백질은 각각 8.3 g, 8.6 g, 2.2 g, 4.3 g, 14.1 g이었으며, 지방은 2.0 g, 0.0 g, 0.3 g, 0.6 g, 0.1 g, 식이섬유는 23.1 g, 2.5 g, 4.2 g, 4.6 g, 8.9 g으로 차이가 있었다(19). 식이섬유는 종류나 양, 가용성 여부에 따라 위배출 속도를 늦추어 식후 혈당반응에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(29). 본 실험식품의 식이섬유 함량은 옥수수, 팥, 밤, 고구마, 옥수수, 감자 순으로 높았는데, 실제 혈당지수는 짙에서 팥(22.1±3.2), 밤(57.7±5.8), 고구마(70.8±6.1), 옥수수(73.4±9.9)의 혈당지수가, 굵기에서는 밤(54.3±6.3)이, 죽에서는 팥(33.1±5.5)이 포도당에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 팥으로 조리한 음식들이 저 혈당지수(GI=55 이하)로 분류된 것은 팥 성분 중 수용성 식이섬유와 antinutrients의 함량으로 인한 것으로 보인다(28). 또한 식품 중에 많이 함유되어 있는 단백질이나 지질도 인슐린의 분비를 증가시켜 혈당지수에 영향을 주는 것으로 알려졌다(13). 이 외에도 식품의 소화율, 식품의 배합 등이 혈당지수에 영향을 미친다(13).

탄수화물 간식류의 혈당부하지수

탄수화물 간식류의 혈당부하지수(Fig. 3)는 찌판이 1.5로 가장 낮았고, 옥수수죽이 33.0으로 가장 높았다. 찌판을 포함하여 군밤(2.0), 찌판(2.1), 팥죽(2.3), 군감자(7.8), 찌감자(9.4), 감자전(9.8), 감자튀김(10.0)은 혈당부하지수가 10

이하로 저 혈당부하지수 간식(GL=10 이하)에 속하였고, 고구마튀김(12.1), 강냉이(15.0), 찌옥수수(18.6)는 중 혈당부하지수(GL=10~19)에 속하였으며, 군고구마(22.0)와 옥수수죽(33.0)은 고 혈당부하지수 간식(GL=20 이상)에 해당하였다.

최근 우리나라는 생활환경의 변화와 식생활의 서구화 및 간편화로 간식류 등의 탄수화물 중심 식품 소비가 증가하고 있고 이로 인하여 만성퇴행성질환(당뇨, 비만, 고지혈증, 고혈압, 심혈관계질환, 암, 대사증후군 등)이 증가하고 있으며, 이와 같은 질환에서 탄수화물 중심 간식의 조절은 중요한 의미를 지닌다(30,31). 특히 당뇨병 환자는 혈당상승 때문에 선택할 수 있는 간식의 종류가 제한되며, 평소애 본인이 선호하는 간식의 맛과 종류 또한 만족시켜 주지 못한다. 무엇보다도 환자들에게 혈당 및 혈당부하지수의 정보가 제공되지 못하고 있어 본 연구를 통한 한국인 선호 간식의 혈당지수에 대한 정확한 정보는 질환 및 체중 관리하는 사람들에게 매우 필요할 것이다.

감자, 고구마, 옥수수 등은 한국인의 다소비 간식으로 뽑히고 있기 때문에 본 결과는 건강한 사람이나 만성질환을 가진 환자에게 위 식품들에 대한 정보가 마스크업이나 교육의 현장에서 영양이 풍부한 식품으로만 전달되는 것을 주의해야 함을 제시하고 있다. 이와 함께 혈당지수를 낮추는 조리 방법에 대한 연구는 한국인의 다소비 탄수화물 간식류의 혈당지수 및 혈당부하지수를 낮추는 데 도움이 될 것이고, 이는 또한 만성질환 예방 및 관리에 도움을 줄 것이다.

본 연구의 제한점으로 혈당지수는 함께 섭취하는 식품에 따라 달라지지만 본 연구의 결과는 공복 후 단일식품의 혈당지수를 구하였다는 점이다. 따라서 시험된 식품을 다른 식품과 함께 섭취할 경우 혈당지수와는 차이가 있다. 또한 건강한 사람과 당뇨병 환자의 혈당지수에는 차이가 없다고 알려져 있음에도(16), 본 연구의 대상자는 건강한 성인이므로 이를 당뇨병의 혈당 조절을 목적으로 사용하기 위해서는 개인 당뇨병 환자의 혈당 상태를 확인한 후 적용되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

한국인 다소비 탄수화물 간식류의 조리방법에 따른 혈당지수 및 혈당부하지수를 알아보기 위하여 건강한 성인에게 포도당과 탄수화물 간식을 조리방법을 달리하여 실험하였다. 당질부하량은 50 g 당질 함량으로 계산하였고, 식후 혈당과 혈청 인슐린 반응은 2시간에 걸쳐 측정하였다. 그 결과 옥수수죽, 찐옥수수, 찐감자, 군감자, 찐고구마, 군고구마는 고혈당지수에 해당하였고 강냉이, 고구마튀김, 군밤이 중 혈당지수에 해당되며, 감자튀김, 감자전, 군밤, 찐팍, 팔죽은 저혈당지수 수치에 해당하였다. 조리방법별로 비교했을 때 기름을 사용한 찐감자와 군감자의 혈당지수가 감자튀김과 감자전보다 높았고 군고구마의 혈당지수가 고구마튀김에 비해 높았으며, 찐팍의 혈당지수가 팔죽에 비해 낮았다. 식품별로 비교했을 때 찐 형태에서는 찐팍이 저혈당지수, 찐밤이 중혈당지수 간식에 해당하였고, 구운 형태로는 군밤이 저혈당지수 식품에 속하였다. 죽 형태로는 팔죽이 저혈당지수에 해당하였고, 튀긴 형태로는 감자전, 감자튀김 모두 저혈당지수에 속하였지만 감자전만이 고구마튀김에 비해 낮았다. 혈당부하지수는 찐팍, 군밤, 찐밤, 팔죽, 군감자, 찐감자, 감자전, 감자튀김이 저혈당부하지수, 고구마튀김, 강냉이, 찐옥수수가 중혈당부하지수, 군고구마와 옥수수죽은 고혈당부하지수 간식에 해당하였다. 결론적으로 현재 탄수화물 간식류에 대한 혈당지수는 외국의 데이터를 많이 이용하고 있고 국내에서의 연구는 미비한 실정이므로 우리나라에서 많이 섭취되고 있는 간식류를 대상으로 혈당지수 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한 기름을 사용하여 조리된 간식류는 혈당지수가 낮더라도 만성질환 예방을 위해 적당량 섭취를 권고해야 할 것이다. 마지막으로 당뇨병의 식사요법에서 탄수화물 간식류는 무조건 제한하기보다는 적절한 조리방법으로 제시될 필요가 있으므로 본 연구에서 산출한 탄수화물 간식류의 혈당지수와 혈당부하지수를 참고적인 자료로 이용할 수 있을 것으로 생각되며 향후 당뇨병 환자를 대상으로 한 탄수화물 간식류의 혈당지수 연구도 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009445)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Korea Health Industry Development Institute. 2013. *National Health Statistics 2012: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-3)*. KHIDI, Osong, Korea. p 44-495.
2. The Korean Nutrition Society. 2010. *Dietary reference intakes for Koreans*. KNS, Seoul, Korea. p 6.
3. Gilbertson HR, Thorburn AW, Brand-Miller JC, Chondros P, Werther GA. 2003. Effect of low-glycemic-index dietary advice on dietary quality and food choice in children with type 1 diabetes. *Am J Clin Nutr* 77: 83-90.
4. Rye JH, Yim JE, Suk WH, Lee H, Ahn HJ, Kim YS, Park CS, Choue R. 2012. Sugar composition and glycemic indices of frequently consumed fruits in Korea. *Korean J Nutr* 45: 192-200.
5. 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.
6. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. 2008. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 31: 2281-2283.
7. Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp NG. 1994. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *Am J Clin Nutr* 59: 699S-705S.
8. Kim IJ. 2009. Glycemic index revisited. *Korean Diabetes J* 33: 261-266.
9. FAO. 1998. *Carbohydrates in human nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation*. FAO Food Nutr Pap, Rome, Italy. Vol 66, p 1-140.
10. Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. 1988. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes Care* 11: 149-159.
11. Lee JS, Lee JS, Yang CB, Shin HK. 1997. Blood glucose response to some cereals and determination of their glycemic index to rice as the standard food. *Korean J Nutr* 30: 1170-1179.
12. Lee JS, Shin HK. 1998. Correlation between glycemic index and *in vitro* starch hydrolysis of cereals. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1229-1235.
13. Kim JI, Kong BW, Jung SH, Park SJ, Kwon TW, Kim JC. 2002. Postprandial glucose and insulin responses to processed rice products in normal subjects. *Nutraceuticals & Food* 7: 174-178.
14. Yoon SK, Kim MA. 1998. Glycemic responses of Korean domestic meals and diabetic meals in normal subjects. *Korean J Food & Nutr* 11: 303-311.
15. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. 2002. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 76: 5-56.
16. Brouns F, Björck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, Wolever TM. 2005. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev* 18: 145-171.
17. Wolever TM, Jenkins DJ, Josse RG. 1991. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 54: 846-854.
18. Behall KM, Scholfield DJ, Canary J. 1988. Effect of starch

- structure on glucose and insulin responses in adults. *Am J Clin Nutr* 47: 428-432.
19. RDA. 2011. *Food Composition Table*. 8th ed. Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science, Suwon, Korea. p 21-114.
 20. RDA. 2009. *Food Composition and Nutrition Table*. 1st ed. Rural Development Administration, Suwon, Korea. p 212-321.
 21. Im SS, Kim MH, Sung CJ, Lee JH. 1991. The effect of cooking form of rice and barley on the postprandial serum glucose and insulin responses in normal subject. *J Korean Soc Food Nutr* 20: 293-299.
 22. Brand JC, Nicholson PL, Thorburn AW, Truswell AS. 1985. Food processing and the glycemic index. *Am J Clin Nutr* 42: 1192-1196.
 23. Bahado-Singh PS, Riley CK, Wheatley AO, Lowe HI. 2011. Relationship between processing method and the glycemic indices of ten sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars commonly consumed in Jamaica. *J Nutr Metab* 2011: 584832.
 24. Yang YX, Wang HW, Cui HM, Wang Y, Yu LD, Xiang SX, Zhou SY. 2006. Glycemic index of cereals and tubers produced in China. *World J Gastroenterology* 12: 3430-3433.
 25. Lutsey PL, Steffen LM, Stevens J. 2008. Dietary intake and the development of the metabolic syndrome: the Atherosclerosis Risk in Communities study. *Circulation* 117: 754-761.
 26. Cui R, Oates C. 1999. The effect of amylose-lipid complex formation on enzyme susceptibility of sago starch. *Food Chem* 65: 417-425.
 27. Holm J, Björck I, Ostrowska S, Eliasson AC, Asp NG, Larsson K, Lundquist I. 1983. Digestibility of amylose-lipid complexes *in-vitro* and *in-vivo*. *Starch-Stärke* 35: 294-297.
 28. Sugiyama M, Tang AC, Wakaki Y, Koyama W. 2003. Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *Eur J Clin Nutr* 57: 743-752.
 29. Schulze MB, Liu S, Rimm EB, Manson JE, Willett WC, Hu FB. 2004. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 80: 348-356.
 30. Gaesser GA. 2007. Carbohydrate quantity and quality in relation to body mass index. *J Am Diet Assoc* 107: 1768-1780.
 31. McKeown NM, Meigs JB, Liu S, Rogers G, Yoshida M, Saltzman E, Jacques PF. 2009. Dietary carbohydrates and cardiovascular disease risk factors in the Framingham offspring cohort. *J Am Coll Nutr* 28: 150-158.