

국가표준식품성분표 DB 구축을 위한 국내 농산물의 당류 성분 분석

장은하¹ · 이기연^{2*} · 김경대² · 이재희² · 박지선² · 임재길² · 함진관¹ · 박진주³

¹강원도농업기술원 농업연구관, ²강원도농업기술원 농업연구사, ³농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 농업연구사

Analyzing the Sugar Components of Domestic Agricultural Products for Establishing the National Standard Food Composition Data-Base

Eun-Ha Jang¹, Ki-Yeon Lee^{2*}, Kyung-Dae Kim², Jae-Hee Lee², Ji-Sun Park², Jae-Gil Lim², Jin-Kwan Ham¹ and Jin-Ju Park³

¹Senior Researcher, Gangwon Provincial Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 24203, Republic of Korea

²Researcher, Gangwon Provincial Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 24203, Republic of Korea

³Researcher, Department of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

ABSTRACT

This study analyzes the sugar components of domestic agricultural products to establish a national standard food composition data-base. Seven sugars were simultaneously analyzed through HPLC-ELSD. The linearity, detection limit, and quantification limit of the standard solutions were calculated for verifying the analysis method and data quality control. The R^2 (coefficient of determination) of all seven sugar standards was above 0.999, showing good linearity. The LOD (limit of detection) and LOQ (limit of quantification) ranged between 0.026~0.198 mg/g and 0.073~0.601 mg/g, respectively. CRM (Certified Reference Material) analysis was performed to determine the quality control of data analysis. The recovery ratio for the true values of fructose, glucose, sucrose, and lactose was calculated and confirmed to be in the range 94.50~99.03%. In addition, results from FAPAS (Food Analysis Performance Assessment Scheme), confirmed that the z-scores of sucrose and glucose were within ± 1 , thereby verifying the reliability of sugar analysis. Raw agricultural materials and simple processed agricultural products consumed domestically were then subjected to sugar analysis. Samples for sugar analysis were classified into light-leaved vegetables, fruits and vegetables, root vegetables, and pulses. The primary sugars obtained in the samples were fructose, glucose, and sucrose.

Key words: sugars, HPLC-ELSD, analysis, data base, agricultural products

서 론

탄수화물은 단백질, 지방과 함께 신체를 유지하는 기본적인 3대 영양소이며 체내에서 주요 에너지 자원으로 사용된다. 식물의 광합성을 통하여 얻어지고 곡류 또는 과일 및 채소류 등과 같은 농산물에 자연적으로 함유되어 있으며 농산물 원재료 및 가공품의 맛과 풍미를 좌우하는 영양소이다 (Jung JY 등 2016; Won SY 등 2016). 당류는 탄수화물에 속하는 수용성의 단맛이 나는 화합물로 탄수화물 분자의 중합도에 따라 단당류(monosaccharides), 올리고당류(oligosaccharide), 다당류(polysaccharide)로 분류된다. 단당류에는 대표적으로 glucose, fructose, galactose가 있으며 올리고당류 중 sucrose, lactose, maltose는 이당류(disaccharide)에 속하고 종자의 에너지 저장물질로 알려진 raffinose는 삼당류(trisaccha-

ride)에 속한다(Kim KH 2011). 당류 함량은 주로 총당류(total sugar)를 의미하고 식품 내 존재하는 모든 단당류와 이당류의 값을 합한 것과 가공식품 제조시 첨가되는 당류도 총당류에 포함된다(Oh HS & Park HO 2000; Ha KH 등 2016).

서구화된 생활과 가공식품의 다양화로 최근 식품 내 적정 당류 섭취에 대한 관리체계가 강조되고 있다. 당류는 식품의 맛과 품질을 결정하는 중요한 요소이며 특히, glucose는 뇌나 신경조직, 인체 대사 등에서 에너지원으로 사용되는 필수 영양소이지만 당류의 과잉섭취는 당뇨병, 비만, 지질 대사 이상 등 체내 대사질환을 일으키는 주요 원인이 된다 (Lustig RH 2010; Lustig RH 등 2012). 식품의약품안전처에서는 2016년 제1차 당류 저감 종합계획을 발표하며 2020년까지 일일 당류 섭취량을 총 섭취 열량의 10% 이내로 관리하는 것을 목표로 하였다. 자연식품에 존재하는 천연당류와 가공식품에 첨가되는 당류는 화학적으로 구분할 수 없으므로 식품 내 존재하는 총당류의 함량을 확인할 필요가 있다.

* Corresponding author : Ki-Yeon Lee, Tel: +82-33-248-6530, Fax: +82-33-248-6100, E-mail: lky6520@korea.kr

기준에 적합한 당류 섭취를 위해서는 영양정보 데이터에 대한 접근이 쉬워야 하며 정확하고 신뢰성이 높은 식품성분표의 함량을 참고해야 한다(Jeong DU 등 2015).

식품성분표는 농·수·축산물 등 다양한 식품의 각종 영양성분을 분석 또는 수집한 데이터베이스이다. 농촌진흥청은 식품산업진흥법(제19조, 39조)에 따라 식품성분에 대한 기초 데이터를 수집하여 5년 주기로 국가표준식품성분표를 발간하고 있으며 국제식품성분데이터기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Network of Food Data Systems; FAO/INFOODS)의 한국 대표기관으로서 지정되어 식품성분데이터 관리를 수행하고 있다(Kim SY 등 2011). 국가표준식품성분표는 농림축산식품부에서 발행하는 식품수급표, 국가 보건정책을 위한 국민건강영양조사 기초자료, 단체급식 활용, 국립농산물품질관리원의 농산물품목별 영양소 함량을 표기, 식약처의 영양표시 값 산출 프로그램, 식품 및 영양 관련 연구자료 기초데이터 등 국가적, 정책적으로 다양한 분야에서 활용된다(Lim SH 등 2013). 농촌진흥청은 국가표준식품성분표의 고품질 데이터 확보를 위하여 대학 및 정부출연 연구소 등 관련 기관이 참여하는 국가식품 분석시스템을 구축하고 분석시료 선정, 성분 분석, 데이터 품질관리 및 검증 등을 추진하고 있다(Park SH 등 2018). 국가식품성분표 수록 및 DB 구축 등에 관한 연구로 국가표준 식품성분표 개정을 위한 동물성 식품 및 국내 과채류 등의 비타민류 분석(Choi SR 등 2019; Jeong YN 등 2020), 품종 및 재배지역별 과채류 등의 유리당 함량(Ha TM 등 2019) 등의 연구가 보고되었다.

농촌진흥청에서는 2019년부터 지방농촌진흥기관과 대학교, 연구소 등과 연계하여 식품 자원의 시료 표준화 연구와 회분, 당류, 단백질, 무기질, 아미노산 등의 분석을 통하여 국가식품성분표수록 DB를 구축하고 있다. 이러한 연구를 통하여 산출된 데이터는 최근 국가식품성분표 제10개정판에 수록되었으며 향후 국가식품성분 DB 네트워크 구축을 통하여 식품영양 및 기능성 정보의 활용성을 높여 나아갈 예정이다. 본 연구는 국내에서 소비되고 있는 농산물 원재료와 단순 처리 농산물을 대상으로 신뢰성 있는 당류 성분 DB를 구축하고 농산물 가공에 필요한 기초데이터를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 분석시료

당류 분석 시료는 농촌진흥청 국립농업과학원 식생활영양과에서 수집한 시료를 제공받았으며 균질화된 상태로 -70°C 냉동고(Panasonic, MDF-U74, Minato-ku, Tokyo, Japan)에 보관하며 분석 시 사용하였다. 해당 분석시료는 총 85점으로

경엽채류 공심채 등 27점, 과채류 가지 등 23점, 근채류 감자 등 25점, 두류 강낭콩 등 10점이며 국내에서 소비되는 농산물 원재료와 단순 가공 처리한 것으로 분류하였다.

2. 시료 전처리

시료의 지방을 제거하기 위하여 분석시료 1~2 g을 시험용 tube에 정밀하게 취하고 petroleum ether(Sigma-Aldrich, St, Louis, MO, USA) 25 mL을 가하여 잘 섞은 후, 4,000 rpm에서 5분간 원심분리(LABOGENE, 1580R, Seoul, Korea)하였다. 원심분리된 petroleum ether 상층액을 제거한 후, 잔량의 petroleum ether를 일반질소를 사용하여 제거하였다. 상기 지방 제거 과정을 2회 반복하고 petroleum ether가 제거된 시료에 증류수 또는 50% 에탄올 40 mL를 첨가한 다음 1시간 동안 초음파 추출(Lab companion, UCP-10, Billerica, MA, USA)을 진행하였다. 추출액을 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 후 상층액을 취해 0.45 μm membrane filter로 여과하여 high performance liquid chromatograph(HPLC, Waters 2690, Milford, MA, USA) 분석시료로 사용하였다.

3. 표준용액의 조제

당류 분석을 위한 표준품은 fructose, galactose, glucose, sucrose, lactose, maltose, raffinose(Sigma-Aldrich, St, Louis, MO, USA)를 사용하였으며 각각의 표준물질을 정밀히 측정하여 증류수에 용해 시킨 다음 100 mL 부피 플라스크에 정용하였다. 농도별로 조제된 표준용액을 HPLC를 사용하여 동시 분석하였으며 분석된 peak 면적값에 각 표준품의 순도를 보정한 다음 검량선을 작성하고 시료에 함유된 당 함량을 정량하였다.

4. HPLC 분석조건

시료 내 유리당 함량은 HPLC(Waters 2690, Milford, MA, USA)와 evaporative light scattering detector(ELSD, Waters, Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다(Table 1). 당 분석 전용 컬럼인 Asahipak NH₂P-50 4E(4.6 × 250 mm, 5 μm , Shodex, Munich, Germany)를 사용하여 이동상 acetonitrile : d-water = 75:25(v/v), 유속 1 mL/min으로 20분 동안 분석하였으며 시료 주입량은 10 μL , 컬럼 온도는 40°C 였다. ELSD 분석 조건은 gain 100, drift 70°C , gas pressure 50 psi이었으며 nebulizer cooling 상태로 분석하였다.

5. 분석법 검증 및 분석 품질관리

1) 직선성, 검출한계, 정량한계

정확하고 신뢰성 있는 데이터 확보를 위하여 국제의약품

Table 1. HPLC analytical condition of free sugars

Classification	Condition	
Instrument	HPLC (Waters 2690, USA)	
	Mobile phase	ACN:d-water = 75:25
	Column	Asahipak NH ₂ P-50 4E (4.6 × 250 mm, 5 μm)
	Column temp (°C)	40
	Flow rate (mL/min)	1
	Injection volume (μL)	10
Detector	ELSD (Waters 2424, USA)	
	Gain	100
	Drift temp (°C)	70
	Gas pressure (psi)	50
	Nebulizer	cooling

규제조화위원회(International Conference for Harmonization; ICH) 가이드라인(ICH 2005)을 참고하여 당류 농도별 표준용액을 HPLC로 분석한 다음 특이성(specificity), 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection; LOD), 정량한계(limit of quantification; LOQ)를 측정하였다. 특이성은 혼합된 당류 표준물질을 HPLC로 분석하여 얻은 크로마토그램으로부터 각각의 표준물질을 선택적으로 측정할 수 있는 능력을 의미한다. 직선성은 당류 표준용액의 농도에 비례하여 직선적인 측정값을 얻어낼 수 있는 능력으로, 농도별 표준용액의 peak 면적과 농도 간 회귀분석에 의한 표준 검량선을 작성하고 산출된 검량선의 결정계수(coefficient of determination, R^2)를 통하여 직선성을 확인하였다. 당류 7종 표준용액의 검량선에서 기울기와 y절편의 표준편차를 구하고 아래의 식에 근거하여 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)를 산출하였다(Jang GY 등 2018).

$$\text{LOD} = 3.3 \times \sigma/S, \text{LOQ} = 10 \times \sigma/S$$

σ : y절편의 표준편차, S: 검량선의 기울기

2) 표준인증물질

표준인증물질(Certified Reference Material, CRM) 분석을 통하여 분석결과의 정확성과 신뢰성을 검증하였다. 표준인증물질은 공인된 인증서가 첨부되어 있는 표준물질로 해당 물질의 지정된 양에 대한 인증값과 측정불확도가 표기된 물질을 의미한다. 본 연구에서는 당류의 분석품질관리를 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질인 NIST(National Institute

of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)의 SRM(Standard Reference Material) 2383a(Baby Food Composite)와 3233(Fortified Breakfast Cereal)을 분석하여 SRM 인증서의 참값에 대한 실제 분석값의 회수율을 산출하였다. 이러한 참값에 대한 분석값의 근접도를 나타내는 정확도의 허용기준은 회수율 90~110%, 상대표준편차(RSD) 2% 이하로 권장하고 있다(Shin JA 등 2015).

3) FAPAS

FAPAS(Food Analysis Proficiency Assessment Scheme)는 영국환경식품농림부에서 운영하는 국제적인 비교속련도평가 프로그램이다. 매년 다양한 특정 성분에 대한 검사 능력 평가를 실시하며 전 세계 여러 연구기관들이 분석능력을 인정받고 실험 장비 및 분석법, 데이터 품질의 신뢰성 확보를 목적으로 FAPAS에 참여하고 있다(Jeong DU 등 2015). 본 연구의 데이터품질관리를 위하여 강원도농업기술원은 당류 sucrose, glucose 분석항목에 대하여 FAPAS 프로그램에 참여하였으며, 각 분석항목마다 z-score를 비교하여 분석속련도를 평가하였다.

6. 통계분석

모든 시료는 3반복 이상 측정하여 분석하고 분석된 데이터 결과로부터 평균과 표준편차, 상대표준편차를 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 분석법 검증 및 분석 품질관리

1) 표준품 크로마토그램

HPLC-ELSD를 사용하여 7종의 유리당 표준용액을 분석한 크로마토그램은 Fig. 1과 같다. 당류 표준물질은 fructose(6.494분), galactose(7.846분), glucose(8.391분), sucrose(11.630분), lactose(12.852분), maltose(14.036분), raffinose(20.126분) 순으로 다른 peak와 간섭없이 선택적으로 분리되었으며 7종 모두 20분 이내 분석되었다. 해당 분석법이 당류 혼합물질을 분석하는 데 적합한 분석법임을 확인하였다. Won SY 등(2016)의 연구에서 HPLC-RID(Refractive Index Detector)를 사용하여 분석한 결과 fructose, glucose, sucrose 순으로 분석되었으며 본 연구와는 다르게 lactose가 maltose보다 먼저 분리되었는데 이는 HPLC 분석 시 사용한 검출기의 차이로 인한 결과라 판단된다.

2) 직선성, 검출한계, 정량한계

유리당 7종의 농도별 표준용액을 제조하여 표준 검량선을

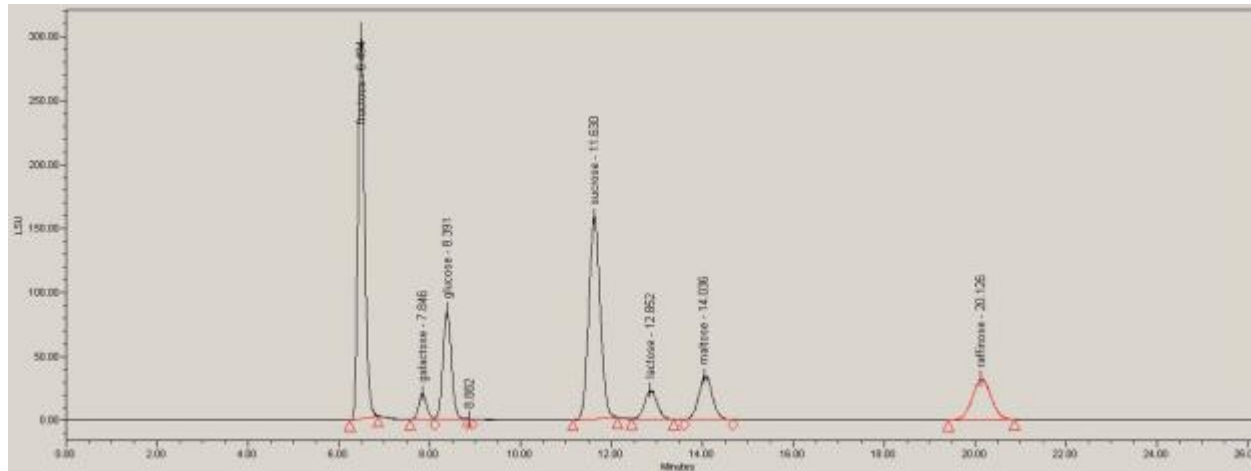


Fig. 1. HPLC chromatogram of sugars standard.

작성하였으며 검량선의 결정계수 R^2 는 7종 모두 0.9999 이상으로 우수한 직선성을 나타내었다. 시험방법에서의 직선성은 혼합물질 중 분석대상물질의 농도에 비례하여 일정 범위 내에서 직선적인 특정값을 얻어낼 수 있는 능력을 의미한다 (Jang GY 등 2018). 분석의 정확도 검증을 위하여 표준용액의 검량선의 기울기와 y절편의 표준편차 값을 바탕으로 검출 가능 최소농도인 검출한계(LOD)와 정량 가능 최소농도인 정량한계(LOQ)를 산출하였다(Table 2). 검출한계는 검체 내 존재하는 분석대상물질의 검출 가능한 최저농도이며 정량한계는 검체의 정확성과 정밀성을 가진 정량값으로 분석대상물질을 정량할 수 있는 최저농도를 의미한다(Kwon JG 등 2017). 당류 7종 분석결과 표준품마다 검출한계와 정량한계 값이 차이를 보였으며 maltose의 검출한계와 정량한계 값이 각각 0.024 mg/g과 0.073 mg/g으로 가장 낮았다. 또한, 당류 중 같은 농도에서 분석 감도가 가장 낮은 표준물질은

galactose이었으며 검출한계와 정량한계 값이 0.198 mg/g과 0.601 mg/g으로 가장 높게 산출되었다.

3) 분석품질관리

당류 분석데이터의 정확성을 검증하기 위하여 표준인증물질의 fructose, glucose, sucrose, lactose를 분석하였다. 본 실험에서는 표준인증물질로 SRM2383a, SRM3233을 사용하였으며 표준인증물질의 참값에 대한 실제 당류 분석값의 회수율을 산출하였다. SRM2383a의 회수율은 fructose 98.20%, glucose 99.03%, sucrose 97.64%, lactose 94.50%이었으며 SRM3233의 회수율은 fructose 94.84%, glucose 98.21%, sucrose 98.33%, lactose 96.10%이었다. 모든 분석결과는 회수율 90~110% 이내 범위로 당류 분석데이터의 정확성을 확보하였다(Table 3).

국제비교숙련도평가 프로그램인 FAPAS는 동일한 시험에

Table 2. Calibration curve equation and coefficient of determination (R^2) of sugar standards

Compounds	Calibration curve equation	R^2	LOD (mg/g) ¹⁾	LOQ (mg/g) ²⁾
Fructose	$y=18,378x - 366,520$	0.9908	0.035	0.117
Galactose	$y=837.63x - 489,560$	0.9914	0.198	0.601
Glucose	$y=17,054x - 1,054,315$	0.9999	0.045	0.137
Sucrose	$y=31,875x - 2,528,762$	0.9999	0.026	0.079
Lactose	$y=11,405x - 3,383,064$	0.9999	0.124	0.375
Maltose	$y=14,801x - 2,050,174$	0.9999	0.024	0.073
Raffinose	$y=21,835x - 2,109,850$	0.9999	0.072	0.218

¹⁾ LOD: Limit of detection.

²⁾ LOQ: Limit of quantification.

Table 3. Results of certificated reference material analysis

CRM	Compounds	Reference value (g/100 g)	Determined value (g/100 g)	
			Mean±S.D. ¹⁾	Recovery (%) ²⁾
SRM2383a	Fructose	3.96±0.09	3.89±0.06	98.20
	Glucose	3.80±0.11	3.76±0.10	99.03
	Sucrose	3.57±0.12	3.49±0.02	97.64
	Lactose	0.5±0.10	0.47±0.00	94.50
SRM3233	Fructose	0.81±0.39	0.77±0.01	94.84
	Glucose	1.04±0.36	1.02±0.02	98.21
	Sucrose	13.42±0.75	13.20±0.20	98.33
	Lactose	0.46±0.09	0.44±0.01	96.10

¹⁾ Mean±S.D. (n=3).

²⁾ Recovery (%)=Mean value/reference value × 100.

참여하는 기관들의 분석값으로부터 z-score를 산출하고 이때 산출된 z-score 값으로 참여기관의 분석능력과 데이터 신뢰도를 평가한다(Chun JY 등 2019). 표준점수라고도 하는 z-score는 각각의 측정값이 표준편차상에서 평균값과 얼마나 차이가 있는지를 평가하는 점수이다. FAPAS 참여로 얻어진 z-score가 0에 가까울수록 제출한 분석값이 우수한 결과라는 것을 의미하며 일반적으로 z-score ± 2 이내의 범위이면 국제적으로 분석능력을 인정받은 것이라 평가한다(Jeong DU 등 2015). 본 연구에서 당류 분석의 데이터 신뢰성 확보를 위하여 FAPAS proficiency test 25186(Chocolate), 0881(Orange Juice 0881) 시료의 sucrose와 glucose 함량을 분석한 결과, 25186의 sucrose z-score는 0.8이었고 0881의 z-score는 -0.6으로 모두 분석능력 우수 판정을 받았다(Table 4).

2. 국내 농산물의 당류 함량

국내 농산물 원재료와 단순 가공처리 농산물에 대한 당류 분석 결과는 Table 5와 같다. 국내에서 소비되는 농산물을 경엽채류, 과채류, 근채류, 두류로 분류하고 농산물 원재료와 단순 가공처리에 따른 시료의 당류 성분을 분석하였다. 시료의 주요 당류는 fructose, glucose, sucrose이었으며 lactose와 galactose는 모든 시료에서 검출되지 않았다.

경엽채류 중 양배추의 fructose와 glucose 함량이 가장 높

았으며 끓이기나 찜처리로 인한 당 함량의 현저한 차이는 나타나지 않았다. 경엽채류의 당 함량 중 fructose와 glucose는 생것에 비하여 데치거나 찜 처리를 하였을 때 감소하는 경향을 보였으며 호부추의 경우 데치기 처리보다 찜 처리한 시료의 fructose와 glucose 함량이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. Sucrose는 생것 중 방울다다기 양배추에서만 검출되었고 데치거나 찜처리를 한 시료의 sucrose가 생것에 비하여 약 2배 정도 낮은 수치를 나타내었다. 공심채와 양배추의 sucrose는 생것과 가공처리 상관없이 검출되지 않았다. 공심채, 방울다다기 양배추, 양배추를 제외한 나머지 경엽채류의 sucrose는 생것에서 검출되지 않았으나 데치거나 찜 처리로 sucrose 함량이 증가한 것을 알 수 있었다.

과채류로 분류되어 분석된 시료는 주로 박과 작물들이었으며 생것과 가공처리 시료에서 모두 fructose와 glucose가 주요 당 성분으로 검출되었다. 가지 생것은 fructose와 glucose가 검출되었고 말린 것(dried)이 fructose, glucose, sucrose 함량이 현저히 높았으며 생것의 굵거나(baked), 데치거나 찜 처리를 한 시료 사이의 fructose, glucose, sucrose 함량의 큰 차이는 나타나지 않았다. 여주와 주키니 호박은 생것에 비하여 살짝 데치거나 끓인 시료의 fructose와 glucose 함량이 낮았으며 생것과 가공처리 한 것의 sucrose는 모두 검출되지 않았다. 여주 말린 것의 시료에서 sucrose가 검출되었고 말린

Table 4. z-Scores of analyzed values for sugar contents in FAPAS test

Proficiency test	Compounds	Analyzed value	Assigned value	z-score
Chocolate 25186	Sucrose (g/100 g)	39.37	38.40	0.8
Orange juice 0881	Glucose (g/100 mL)	2.06	2.16	-0.6

Table 5. Sugar contents of domestic agricultural products

Classification	Descriptions	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Raffinose
		g/100 g				
Light-leaved vegetables	Water spinach, leaf, raw	0.405±0.001	0.251±0.004	N.D	N.D	N.D
	Water spinach, leaf, blanched	0.228±0.003	0.153±0.002	N.D	N.D	N.D
	Water dropwort (<i>minari</i>), wild, raw	0.359±0.006	0.279±0.004	N.D	N.D	N.D
	Water dropwort (<i>minari</i>), wild, blanched	0.282±0.001	0.225±0.001	0.117±0.003	N.D	N.D
	Manchurian angelica, raw	0.456±0.011	0.691±0.015	N.D	N.D	N.D
	Manchurian angelica blanched	0.375±0.001	0.514±0.002	0.164±0.001	N.D	N.D
	Dureup, young leaf bud, raw	0.185±0.001	0.292±0.006	N.D	N.D	N.D
	Dureup, young leaf bud, blanched	0.107±0.001	0.100±0.001	0.135±0.001	N.D	N.D
	Butterbur (<i>meowi</i>), stem, raw	1.320±0.036	0.962±0.008	N.D	N.D	N.D
	Butterbur (<i>meowi</i>), stem, blanched	1.104±0.022	0.717±0.019	0.111±0.001	N.D	N.D
	Butterbur (<i>meowi</i>), petiole, raw	0.702±0.003	0.458±0.004	N.D	N.D	N.D
	Butterbur (<i>meowi</i>), petiole, boiled	0.369±0.002	0.272±0.003	0.079±0.001	N.D	N.D
	Brussels sprouts, raw	0.948±0.023	0.983±0.010	1.504±0.041	N.D	N.D
	Brussels sprouts, blanched	1.098±0.017	1.519±0.014	0.726±0.005	N.D	N.D
	Brussels sprouts, steamed	1.359±0.023	1.760±0.034	0.813±0.019	N.D	N.D
	Chinese chive, yeongyangbuchu, raw	0.970±0.015	0.716±0.008	N.D	N.D	N.D
	Chinese chive, yeongyangbuchu, blanched	0.978±0.010	0.713±0.021	0.260±0.010	N.D	N.D
	Chinese chive (<i>hobuchu</i>), raw	1.550±0.009	1.236±0.005	N.D	N.D	N.D
	Chinese chive (<i>hobuchu</i>), blanched	1.347±0.009	1.144±0.026	0.225±0.004	N.D	N.D
	Chinese chive (<i>hobuchu</i>), steamed	0.603±0.005	0.630±0.009	0.163±0.002	N.D	N.D
	Crown daisy (<i>ssukgat</i>), raw	0.211±0.001	0.217±0.003	N.D	N.D	N.D
	Crown daisy (<i>ssukgat</i>), blanched	0.204±0.006	0.195±0.005	0.168±0.001	N.D	N.D
	Curled mallow (<i>auk</i>), raw	0.144±0.001	0.157±0.002	N.D	N.D	N.D
	Curled mallow (<i>auk</i>), raw, blanched	0.109±0.001	0.115±0.001	0.096±0.001	N.D	N.D
	Cabbage (<i>yangbaechu</i>), raw	2.445±0.017	1.953±0.014	N.D	N.D	N.D
	Cabbage (<i>yangbaechu</i>), raw, boiled	2.014±0.031	1.603±0.040	N.D	N.D	N.D
Cabbage (<i>yangbaechu</i>), raw, steamed	2.204±0.026	1.804±0.026	N.D	N.D	N.D	
Fruits and vegetables	Eggplant (<i>gaji</i>), raw	1.021±0.019	0.887±0.010	N.D	N.D	N.D
	Eggplant (<i>gaji</i>), dried	10.073±0.144	7.075±0.104	8.619±0.140	N.D	N.D
	Eggplant (<i>gaji</i>), raw, baked	1.207±0.007	0.997±0.005	0.472±0.003	N.D	N.D
	Eggplant (<i>gaji</i>), raw, blanched	0.967±0.003	0.827±0.005	0.462±0.003	N.D	N.D
	Eggplant (<i>gaji</i>), raw, steamed	1.079±0.011	0.901±0.002	0.476±0.002	N.D	N.D
	Pumpkin, spaghetti squash, raw	0.541±0.021	1.239±0.044	0.476±0.014	N.D	N.D
Pumpkin, spaghetti squash, boiled	0.342±0.007	0.707±0.026	0.452±0.001	N.D	N.D	

Table 5. Continued

Classification	Descriptions	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Raffinose
		g/100 g				
Fruits and vegetables	Balsam pear, raw	0.157±0.001	0.165±0.001	N.D	N.D	N.D
	Balsam pear, bag pudding, raw	0.144±0.001	0.140±0.001	N.D	N.D	N.D
	Balsam pear, dry, raw	1.716±0.018	1.355±0.021	0.540±0.016	N.D	N.D
	Balsam pear, dry, boiled	0.165±0.002	0.157±0.005	N.D	N.D	N.D
	Zuniki pumpkin, raw	1.168±0.012	1.173±0.010	N.D	N.D	N.D
	Zuniki pumpkin, boiled	0.693±0.003	0.660±0.006	N.D	N.D	N.D
	Pumpkin, ripe, raw	0.984±0.011	0.792±0.004	0.680±0.009	N.D	N.D
	Pumpkin, ripe, raw, boiled	0.908±0.012	0.715±0.018	2.470±0.091	N.D	N.D
	pumpkin, ripe raw, steamed	0.985±0.004	0.776±0.009	1.990±0.036	N.D	N.D
	Pumpkin, kabocha squash, raw	1.084±0.006	1.235±0.006	4.705±0.026	N.D	N.D
	Pumpkin, kabocha squash, raw boiled	1.015±0.013	1.146±0.021	4.450±0.126	N.D	N.D
	Pumpkin, kabocha squash, raw steamed	1.054±0.003	1.184±0.007	5.037±0.031	N.D	N.D
	Pumpkin, young, raw	1.594±0.047	1.270±0.032	N.D	N.D	N.D
	Pumpkin, young, raw, baked	1.885±0.042	1.409±0.023	0.645±0.006	N.D	N.D
	Pumpkin, young, raw, boiled	1.298±0.011	1.023±0.019	0.600±0.007	N.D	N.D
	Pumpkin, young, raw, steamed	1.394±0.008	1.081±0.002	0.603±0.006	N.D	N.D
Root vegetables	Potato (<i>gamja</i>), starch type, dooback, raw	0.482±0.006	0.371±0.002	N.D	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), starch type, dooback, baked	0.616±0.012	0.652±0.002	0.280±0.006	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), starch type, dooback, boiled	0.345±0.006	0.306±0.003	0.194±0.001	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), starch type, dooback, steamed	0.399±0.002	0.352±0.002	0.190±0.001	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), waxy type, sumi, raw	0.097±0.001	0.121±0.001	0.176±0.002	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), waxy type, sumi baked	0.096±0.001	0.123±0.001	0.224±0.003	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), waxy type, sumi, boiled	0.092±0.001	0.102±0.001	0.136±0.002	N.D	N.D
	Potato (<i>gamja</i>), waxy type, sumi, steamed	0.093±0.001	0.109±0.001	0.169±0.002	N.D	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), dry and firm type, raw	0.384±0.008	0.456±0.10	2.879±0.074	0.615±0.024	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), dry and firm type, baked	0.364±0.006	0.450±0.011	3.079±0.093	12.866±0.463	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), dry and firm type, steamed	0.338±0.001	0.376±0.006	2.767±0.078	12.020±0.187	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), beniharuka, raw	0.233±0.006	0.205±0.005	1.086±0.007	N.D	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), beniharuka, baked	0.271±0.001	0.299±0.002	7.430±0.035	N.D	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), beniharuka, boiled	0.237±0.003	0.234±0.003	6.564±0.126	N.D	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), beniharuka, steamed	0.226±0.001	0.258±0.005	7.063±0.137	N.D	N.D
	Sweet potato (<i>goguma</i>), moist and soft type, raw	0.693±0.006	0.724±0.012	3.319±0.016	0.332±0.013	N.D
Sweet potato (<i>goguma</i>), moist and soft type, baked	0.526±0.012	0.620±0.005	3.849±0.081	17.228±0.605	N.D	

Table 5. Continued

Classification	Descriptions	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Raffinose
		g/100 g				
Root vegetables	Sweet potato (<i>goguma</i>), moist and soft type, steamed	0.425±0.010	0.474±0.009	2.557±0.090	15.333±0.194	N.D
	Deodeok, root, domestic, peel off, raw	3.247±0.022	N.D	3.194±0.016	N.D	7.592±0.133
	Deodeok, root, domestic, peel off, baked	4.043±0.061	N.D	3.455±0.047	N.D	7.702±0.075
	Balloon flower (<i>doraji</i>), root, raw	0.513±0.010	1.894±0.012	1.086±0.024	N.D	0.418±0.017
	Balloon flower (<i>doraji</i>), root, dried	1.331±0.024	N.D	2.551±0.100	N.D	1.455±0.016
	Balloon flower (<i>doraji</i>), root, blanched	0.243±0.008	N.D	0.303±0.007	N.D	0.210±0.008
	Yacon, raw	2.184±0.015	1.510±0.036	0.386±0.007	N.D	2.298±0.018
	Yacon, boiled	2.340±0.003	0.738±0.016	0.738±0.021	N.D	2.945±0.032
Pulses	Kidney bean (<i>gangnangkong</i>), dried, raw	0.475±0.018	1.893±0.018	1.860±0.019	N.D	N.D
	Kidney bean (<i>gangnangkong</i>), dried, boiled	N.D	0.971±0.015	0.680±0.001	N.D	N.D
	Lentil, brown, dried, raw	0.379±0.003	N.D	1.443±0.020	N.D	N.D
	Lentil, brown, dried, boiled	0.185±0.001	N.D	0.591±0.004	N.D	N.D
	Lentil, red, dried, raw	0.272±0.006	N.D	3.059±0.040	N.D	N.D
	Lentil, red, dried, boiled	0.185±0.001	N.D	0.439±0.006	N.D	N.D
	Chick pea, dried, raw	0.366±0.005	0.228±0.002	4.766±0.019	N.D	N.D
	Chick pea, dried, boiled	0.215±0.001	N.D	1.072±0.003	N.D	N.D
	Pea (<i>wandu</i>), dried, raw	0.813±0.001	0.766±0.001	4.656±0.033	N.D	N.D
	Pea (<i>wandu</i>), dried, boiled	N.D	N.D	1.940±0.025	N.D	N.D

것을 끓인 시료에서는 sucrose가 검출되지 않았다. 국수호박, 늙은 호박, 단호박, 애호박 생것의 분석 결과, 애호박을 제외한 모든 시료에서 fructose, glucose, sucrose가 모두 검출되었다. 애호박은 생것에서 sucrose가 검출되지 않았으나 굵거나, 끓이거나, 찜처리를 한 시료에서 모두 검출되었다. 애호박과 단호박의 경우 단순 가공처리로 인한 당 함량의 큰 변화는 나타나지 않았다. 국수호박은 생것에 비하여 끓인 시료가 fructose, glucose의 함량은 낮았으며 sucrose 함량은 유사하였다. 늙은호박은 생것에 비하여 끓이거나 찜처리를 한 시료의 fructose와 glucose의 함량은 유사하였고 sucrose의 함량이 생것에 비하여 현저히 증가한 것으로 나타났다.

근채류에 해당하는 감자는 품종에 따른 당 함량의 차이가 나는 것을 확인하였으며 굵는 처리에 의하여 sucrose의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 분질감자는 굵는 처리로 fructose, glucose, sucrose 함량이 모두 증가하였고 점질감자는 생것과 구운 것의 fructose와 glucose의 함량은 유사하였다. 점질감자의 당 함량은 전체적으로 분질감자의 당 함량보

다 낮은 수치를 나타내었다. 감자의 당 조성 및 함량은 감자 가공 시 품질에 영향을 주는 요인으로 fructose와 glucose 등과 같은 환원당은 감자 가공의 적합성을 판단하는 지표가 된다(Roe MA & Faulks RM 1990). 분석된 고구마 품종 중에서 배니하루카는 maltose가 검출되지 않았으나 구운 것과 찜 것의 sucrose 함량이 밤고구마와 호박고구마의 함량보다 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 밤 고구마와 호박 고구마에서 maltose가 검출되었고 생것의 함량보다 구운 것과 찜 것의 함량이 현저히 증가하였는데, Lee HW 등(2021)의 연구에서 고구마의 증자처리로 maltose 함량이 증가하였다는 보고와 Jang GY 등(2013)의 연구에서 군고구마의 maltose 함량이 생것보다 높았다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 고구마를 굵거나 찜을 때 단맛이 증가하는데 고구마를 가열처리하면 α -amylase에 의하여 전분이 텍스트린으로 분해되고, β -amylase에 의해 maltose로 분해되어 나타나는 현상이라 사료된다(Shen MC & Sterling C 1981).

검출된 당류 중 raffinose는 사람의 소화효소로 분해되지

않은 올리고당(Baik SH 2000)으로 분석 시료 중 근채류인 더덕, 도라지, 야콘에서만 검출되었다. 야콘은 생것과 끓인 것에서 fructose, glucose, sucrose, raffinose가 검출되었고 끓인 시료에서 glucose를 제외하고 모두 증가하는 경향을 보였다. 더덕은 생것과 구운 것에서 glucose가 검출되지 않았고 구운 것의 fructose, sucrose, raffinose 함량이 다소 높은 것으로 나타났다. 도라지의 경우 생것에서 fructose, glucose, sucrose, raffinose 모두 검출되었으나 말리거나 데친 시료에서는 glucose가 검출되지 않았다.

두류는 말린 것을 생것으로 기준하여 분석하였으며 말린 것과 끓인 것의 당 함량을 비교하였다. 강낭콩, 렌틸콩, 병아리콩, 완두 모두 말린 것과 끓인 것에서 sucrose가 검출되었고 끓인 것의 sucrose 함량이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 끓인 것 중 강낭콩은 fructose, 병아리콩은 glucose, 완두콩은 fructose와 glucose가 검출되지 않았으며 렌틸콩의 glucose는 말린 것과 끓인 것 모두에서 검출되지 않았다.

당 종류에 따른 히마카 장아씨의 저장 중 품질 특성(Jung HS 2019)과 당의 종류를 달리한 연잎 다식의 품질 특성(Yang MO 2009) 연구에서 가공품 제조에 사용되는 당의 종류에 따른 당도, 염도, 색도, 물성, 기호도 등의 품질지표를 비교 분석하였다. 인삼정과의 제조에 있어 당 종류에 따른 품질학적 특성(Song MR 등 2010) 등의 연구에서 sucrose, glucose, honey 및 fructose 등 4종의 당을 첨가하여 제조한 인삼정과에 대하여 진세노사이드 함량, 물성 및 색도 등을 평가하였다. 다양한 연구를 통하여 가공품 제조 시 사용되는 당 함량에 따라 품질에 차이가 있다는 것을 알 수 있으며 또한, 본 연구에서 섭취 부위 및 특징에 따른 농산물의 원재료와 단순처리 된 농산물의 당류 함량을 비교한 데이터를 통하여 동일 시료를 굽거나 찌는 등의 단순 처리에 의한 당 함량의 차이를 알 수 있었다.

본 연구 결과에 따른 농산물의 당 조성과 함량 데이터는 추후 농산물 가공 시 품질을 향상시킬 수 있는 기초 데이터로 사용될 수 있으며, 국가표준식품성분표 수록용 및 탄수화물 섭취에 주의가 요구되는 당뇨병 등 대사질환자를 대상으로 한 영양성분 정보 제공 용도로 사용될 수 있을 것이라 판단된다.

요 약

본 연구에서는 국가표준식품성분표 DB 구축을 위하여 국내 농산물을 대상으로 당류 성분을 분석하였다. 당류 7종을 HPLC-ELSD를 통하여 동시 분석하였으며 분석법의 검증과 데이터 품질관리를 위하여 표준용액의 직선성, 검출한계 및 정량한계를 산출하였다. 당류 7종 표준품의 R^2 값은 모두

0.999 이상으로 우수한 직선성을 나타내었으며 검출한계는 0.026~0.198 mg/g, 정량한계는 0.073~0.601 mg/g이었다. 분석데이터의 품질관리를 위하여 CRM 분석을 수행하여 fructose, glucose, sucrose, lactose의 참값에 대한 회수율을 산출한 결과 94.50~99.03%로 모두 회수율 허용기준인 90~110% 범위를 만족하였다. 또한, 국제비교속련도 프로그램(FAPAS)에 참여하여 시험 항목인 sucrose, glucose 모두 z-score ± 1 이내로 확인되어 당류 분석의 신뢰성을 확보하였다. 국내에서 소비되는 농산물 원재료와 단순처리에 따른 농산물 가공품 85점을 경엽채류, 과채류, 근채류, 두류로 분류하여 시료의 당류를 분석하였으며 주요 검출항목은 fructose, glucose, sucrose이었고 lactose와 galactose는 모든 시료에서 검출되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구과제(국민 식생활 밀착형 국가표준식품성분 DB 활용 연구(PJ014536))의 연구비 지원과 강원도농업기술원의 분석지원으로 이루어진 연구 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Baik SH (2000) Raffinose Synthesis by α -Galactosidase from *Absidia corymbifera* IFO 8084. Hokkaido University, Japan pp 1-2.
- Choi SR, Song YE, Han HA, Lee SY, Shin SH, Park JJ (2019) Vitamin B6 content of vegetables and fruits cultivated in Korea. *Korean J Food Nutr* 32(6): 745-752.
- Chun JY, Moon YG, Md. Atiqul Islam (2019) Analysis of retinol, β -carotene, vitamin E, and cholesterol contents in steamed and braised dishes of the Korean diet. *Korean J Food Preserv* 26(7): 796-807.
- Ha KH, Joung HJ, Song YJ (2016) Intake of dietary sugar and its influence on chronic disease in the Korean population. *Korean J Food Sci Technol* 49(3): 2-11.
- Ha TM, Won SY, Seo SJ, Kang HY, Lee DH, Keuyn YH (2019) Analysis of free sugars contents of fruit and fruit vegetables classified by cultivar and cultivation area. *Korean J Food Nutr* 32(4): 321-327.
- ICH Harmonised Tripartite Guideline (2005) Validation of analytical procedures: Text and methodology Q2 (R1). International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for

- Human Use. pp 1-13.
- Jang GY, Li Meishan, Lee SH, Woo KS, Sin HM, Kim HS, Lee JH, Jeong HS (2013) Quality characteristics of sweet potato varieties baked and freeze thawed. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(3): 403-409.
- Jang GY, Park EY, Choi SH, Choi SI, Cho BY, Sim WS, Han X, Cho HD, Lee OH (2018) Development and validation of analytical method for wogonin, quercetin, and quercetin-3-o-glucuronide in extracts of *Nelumbonucifera*, *Morus alba* L., and *Raphanus sativus* mixture. *J Food Hyg Saf* 33(4): 289-295.
- Jeong DU, Im J, Kim CH, Kim YK, Park YJ, Jeong HY, Om AS (2015) Sugar contents analysis of retort foods. *J Korean Soc Food Sci Nut* 44(11): 1666-1671.
- Jeong YN, Park SJ, Lee SH, Choi YM (2020) Analysis and verification of vitamin B12 in animal foods for update of national standard food composition table. *Korean J Food Sci Technol* 52(4): 317-324.
- Jung HS (2019) Quality properties of jicama (*Pachyrhizus erosus*) jangachi by different sugars during storage. *Korean J Food Cook Sci* 35(4): 325-334.
- Jung JY, Park SY, Lee SK (2016) Current status and development direction of the food nutrition safety policy: The first phase of sugar intake reduction plan. *Korean J Health Educ Promot* 33(4): 35-46.
- Kim KH (2011) *Food Chemistry*. Soohaksa, Korea. pp 36-61.
- Kim SY, Kang MS, Kim SN, Kim JB, Cho YS, Park HJ, Kim JH (2011) Food composition tables and national information network for food nutrition in Korea. *Food Sci Ind* 44(1): 2-20.
- Kwon JG, Seo CG, Choi YH, Choi CW, Kim JK, Jeong WS, Lee JE, O KH, Hong SS (2017) Validation of method determining coixol in *Coix lachrymal-jobi* var. *mayuen* roots extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46(8): 952-956.
- Lee HW, Hong CY, Jo YJ, You TY, Shin TW, Chung MN, Lee JS, Jeong HS (2021) Changes in sugar content of sweet potatoes with changes in curing and storage conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50(11): 1211-1217.
- Lim SH, Kim JB, Cho YS, Choi YM, Park HJ, Kim SN (2013) National standard food composition tables provide the infrastructure for food and nutrition research according to policy and industry. *Korean J Food Nutr* 26(4): 886-894.
- Lustig RH (2010) Fructose: Metabolic, hedonic, and societal parallels with ethanol *J Am Diet Assoc* 110: 1307-1321.
- Lustig RH, Schmidt LA, Brindis CD (2012) Public health: The toxic truth about sugar. *Nature* 482: 27-29.
- Oh HS, Park HO (2000) A study on dietary intakes of elementary school children according to school foodservice type in Won-Ju. *Korean J Dietary Culture* 15(5): 338-348.
- Park SH, Kim SN, Lee SH, Choe JS, Choe YM (2018) Development of 9th revision Korean food composition table and its major changes. *Korean J Community Nutr* 23(4): 352-365.
- Roe MA, Faulks RM (1990) Color development in a model system during frying: Role of individual amino acid and sugars. *J Food Sci* 56: 1711-1713.
- Shen MC, Sterling C (1981) Change in starch and other carbohydrates in baking ipomoea batatas. *Starch-Starke* 33(8): 261-268.
- Shin JA, Choi YM, Lee KT (2015) β -carotene content in selected agricultural foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44(3): 418-424.
- Song MR, Kim MR, Kim HH, Chu S, Lee KS (2010) Quality characteristics of ginseng *jung kwa* obtained by different sugar treatments. *Korean Soc Food Sci Nutr* 39(7): 999-1004.
- Won SY, Seo JS, Kang HY, Lee YS, Choi YM, Lee HK, Park IT (2016) Rapid quantitative analysis for sugars of agricultural products by HPLC. *Food Eng Prog* 20(4): 406-410.
- Yang MO (2009) Quality characteristics of Lotus Leaf *Dasik* prepared with various sweeteners. *J East Asian Soc Dietary Life* 19(3): 437-443.

Date Received Dec. 29, 2022
 Date Revised Feb. 19, 2023
 Date Accepted Feb. 22, 2023