

지역 농산물의 조단백질과 아미노산 조성 비교

설희경 · 고희숙 · 제희정 · 김낙구 · 최달연 · †하기정

경상남도농업기술원

Crude Protein and Amino Acid Composition of Local Agricultural Products

Hui-Gyeong Seol, Hui-Suk Ko, Hui-Jeong Je, Nak-Ku Kim, Dal-Yeon Choi and †Gi-Jeong Ha

Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Service, Jinju 52733, Korea

Abstract

This study investigated the crude protein and amino acid contents of local agricultural products widely and specifically grown in Korea, including 25 vegetables and 13 fruits. The crude protein content of vegetables and fruits ranged from 0.46 to 6.53% and 0.29 to 2.23%, respectively. Totally, 17 types of amino acids were found in most samples. The total amino acid content of vegetables and fruits ranged from 457.38 to 9,303.18 mg% and 368.82 to 3,118.75 mg%, respectively. The total amino acid contents of garlic and passion fruit was higher compared to other vegetables and fruits. The calibration curves of the standard components showed good linearity ($r^2 > 0.99$), except Met ($r^2 = 0.989$). The limits of LOD and LOQ were in the range 0.034 to 0.991 $\mu\text{g/mL}$ and 0.009 to 0.474 $\mu\text{g/mL}$, respectively. The results of the study can serve as a fundamental source of information regarding crude protein and amino acids contents in food, for diet planning.

Key words: crude protein, amino acid, vegetables and fruits, LOD and LOQ

서 론

단백질은 체내에서 아미노산으로 분해된 후에 흡수, 이용되고, 단백질의 영양가는 그 속에 함유되는 아미노산의 종류와 양에 의하여 정해진다. 자연에 존재하는 것으로 밝혀진 아미노산의 종류는 약 200여 종에 달하나, 현재까지 확인된 것은 그 중 10%에 달하는 20종의 아미노산만이 우리의 몸과 음식에 함유되어 있는 단백질을 구성하는 것으로 알려져 있다(An 등 2004). 필수 아미노산의 종류는 성인의 경우, 다음의 9종으로 Valine(Val), Leucine(Leu), Isoleucine(Ile), Methionine(Met), Threonine(Thr), Lysine(Lys), Phenylalanin(Phe), Tryptophan(Trp), Histidine(His)을 필수 아미노산이라고 한다. 어린이의 경우에는 여기에 Arginine(Arg)이 더해져 총 10종이 필수 아미노산이다(Kim KH 2014). 아르기닌이 어린이들에게 필수 아미노산으로 간주되는 이유는 이들 아미노산들이 체내에서 생성되기는 하지만, 성장 호르몬을 방출하는 유아기

에는 체내에 필요한 양만큼 효과적으로 합성을 할 수 없기 때문이다. 성인의 경우에는 아르기닌이 요소회로 등을 통하여 합성이 가능하다(Jang 등 2013). 나머지 10종은 우리 체내에서 탄수화물이나 지방의 중간 분해산물에 아미노기를 결합시켜 여러 종류의 아미노산을 합성하게 되는데, 이들은 비필수 아미노산으로 Alanine(Ala), Aspartic acid(Asp), Cysteic acid(Cys), Glutamic acid(Glu), Glycine(Gly), Proline(Pro), Serine(Ser), Tyrosine(Tyr), Asparagine(Asn), Glutamine(Gln)이 해당된다(Ko 등 2009; RDA 2011).

최근 식생활의 변화로 만연된 성인병 예방을 위해서 식물성 식품을 선호하는 경향이 높아지고 있으며, 천연물에서 여러 가지 생리 활성 성분을 찾아내는 연구가 활발히 진행되고 있다(Kim & Beik 2007). Lee YE(2005)는 특히 과일과 채소류에 각종 유기산 및 펙틴질이 다량 함유되어 있고, 생체내의 화학반응에 관여하는 효소가 다량 들어 있다고 하였다. 그래서 이들은 심혈관계 질환 및 암에 걸릴 위험을 낮추고,

† Corresponding author: Gi-Jeong Ha, Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Service, Jinju 52733, Korea. Tel: +82-55-254-1443, Fax: 82-55-254-1443, E-mail: hkjone@korea.kr

질병의 진행을 늦추기 위해 매일 적절히 섭취하도록 권장되고 있다. 이러한 연구와 함께 일반인들도 식품에 대한 이해와 건강에 대한 관심도가 높아지면서 식품의 품질뿐만 아니라, 영양적인 측면에서 성분에 대한 포괄적이고 신뢰성 있는 정보에 대한 요구가 증가하고 있는데(Choi 등 2014), 이에 따라 나라마다 국가식품성분표를 발행하고 있다.

국가식품성분표란 농·수·축산물 등 상용 식품에 대한 에너지 및 각종 영양소 함량 정보들을 모아 데이터베이스화한 것으로 식품영양표, 식품분석표로 지칭되기도 한다. 미국 농무성(USDA)에서는 미국 내에서 소비되고 있는 식품의 영양성분 함량에 관한 데이터베이스를 제시하고 있고, 일본에서는 시중 유통 자료와 학계 혹은 과학기술청 보고서 자료를 이용하여 실수요자 중심의 자료를 발간하고 있다. 우리나라의 경우, '표준식품성분표'라는 제목으로 농촌진흥청에서 1970년 초판이 발간된 후 5년 주기로 개정판이 발간되고 있으며, 곡류, 두류, 과일 및 채소류를 중심으로 국내 생산량이 많은 다소비 농수산물 자원에 대한 기능성 성분 함량 정보를 직접 분석하거나, 국내외의 신뢰할 수 있는 데이터를 수집, 인용하여 지속적인 개정작업을 하고 있다(Ji 등 2015).

본 연구는 이러한 사업의 일환으로서 기후변화의 요인, 소비자의 건강 기능성 식품 추구 등의 이유로 비교적 최근에 외래에서 도입되어 재배하거나 지역별로 특화되어 있는 농산물 중 채소와 과일을 선정하여, 조단백질과 구성 아미노산 17종(Ile, Leu, Lys, Met, Cys, Phe, Tyr, Thr, Val, His, Arg, Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser) 함량을 분석하여 데이터베이스화를 위한 자료로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 시료는 외래 도입종으로 국내에서 생산되어 소비가 점차 증가하고 있는 채소 25종(곰취, 치콘, 아스파라거스, 토마토, 적색 양파, 황색 양파, 흰색 양파, 곤드레, 마늘, 오이, 여주, 멜론, 가지, 수박, 미니수박, 샬롯, 부추, 고추, 적색 고추, 청양 고추, 깻잎, 명월초, 천년초 열매, 천년초 줄기, 둥근 마)와 과일 13종(체리, 비파, 플럼코트, 블랙베리, 패션푸르트, 복숭아, 찐골드 복숭아, 미백 복숭아, 아로니아, 포도, 대추, 꾸지뽕, 배)을 2016년 농촌진흥청으로부터 제공받아 사용하였다. 지역별로 확보된 시료는 수돗물을 사용하여 흙 등을 제거하고, 증류수로 3차례 수세한 뒤, 비 가식부위를 제거하였다. 가식부위 5 kg의 시료를 약 1×1×1 cm 크기로 세절한 후, 영양소 손실을 최소화하기 위하여 액체질소로 급속 냉동하여 균질기(Robot Coupe Blixer, Jackson, MS, USA)

로 마쇄하고, 성분 분석 전까지 -70℃에서 냉동 보관하여 배송되었고, 배송된 시료는 -20℃에서 보관하면서 분석에 사용하였다.

2. 수분 함량 및 조단백질 분석

수분 함량 측정은 시료 1 g을 가열방식 수분계(ML-50, AND, Japan)로 측정하였고, 조단백질 함량 측정은 Kjeldahl법에 의하여 조단백 자동분석 장치(Vapodest 50S, Gerhardt, Germany)로 측정하였다. 시료 1~2 g을 분해 플라스크에 넣고, 촉매제 2 g과 95% 황산 12 mL로 분해하고, 32% NaOH와 3% boric acid로 중화하여 수증기 증류한 후, 0.1N HCl로 적정하여 얻어진 질소량으로 질소계수(6.25)를 곱하여 조단백질 함량을 계산하였다.

3. 구성 아미노산 분석

구성 아미노산의 분석은 AOAC법(2005)을 변형한 Choi 등(2014)의 방법에 따라 이온교환 크로마토그래피법을 이용한 Ninhydrin post column 반응법으로 17가지의 아미노산을 분석하였다. Stable 계열 15성분(Ile, Leu, Lys, Phe Tyr, Thr, Val, His, Arg, Ala, Asp, Glu, Gly, Pro, Ser)은 시료 0.1~0.3 g을 분해관에 넣고, 6 N HCl 40 mL를 가한 다음 질소가스를 주입하여 110℃ dry oven에 넣어 24시간 가수분해시켰다. 분해액을 농축 플라스크에 옮겨 감압농축기로 농축하여 염산 제거 후, 3차 증류수를 소량씩 가하여 농축하는 과정을 3회 반복하였다. 이를 여과(No.5B, advantec, Japan)하여 50 mL로 정용 후 필터(0.2 μm, advantec, Japan)하여 분석 시료로 사용하였다. 황함유 아미노산(Met, Cys)은 과개미산(20% 과산화수소: 85% formic acid=1:9) 20 mL에 산화과정 후에 산 가수분해하고, 이후의 과정은 Stable 계열과 동일하게 진행하였다. 분석은 아미노산 자동분석기(L-8900 Amino acid auto analyzer, Hitachi, Japan)로 분석하였으며, 분석기기 조건은 Table 1과 같다. 시료의 구성 아미노산 함량은 표준용액(Amino acid calibration mixture, Kanto, Japan)을 standard로 하여 계산하였으며, 모든 실험은 3회 반복하여 평균 및 표준오차를 구하였는데 계산식은 아래와 같다.

$$\text{아미노산 함량(\%)} = C \times SA / ST \times D \times MW \times 100$$

C: 표준아미노산의 농도(μM/mL)

SA: 시료액의 아미노산 peak 면적

ST: 표준액의 아미노산 peak 면적

D: 희석량(mL)

MW: 아미노산의 분자량

W: 시료의 중량(μg)

Table 1. Operating conditions of amino acid auto-analyzer

Instrument	L-8900 Amino acid auto analyzer, Hitachi, Japan
Column	Cation exchange column, 4.6 mm(ID)×60 mm
Flow rate	Buffer 0.40 mL/min Reagent 0.35 mL/min
Injection volume	20 µL
Column temperature	57°C
Reaction temperature	135°C
Mobile phase	Na buffer set(pH-1, pH-2, pH-3, pH-4)
Wave length	440 nm and 570 nm

4. 분석법 검증

본 연구에 사용된 분석 방법을 검증하기 위해 직선성(linearity), 검출한계(LOD: Limit of Detection) 및 정량한계(LOQ: Limit of Quantitation)를 검토하였다. 직선성 확인을 위해 아미노산 표준용액을 0.00625, 0.0125, 0.025, 0.05 µmol/mL 농도가 되도록 0.02 N HCl로 희석하여 아미노산 자동분석을 실시하였다. LOD와 LOQ는 각 표준물질의 표준편차를 직선의 기울기로 나눈 값으로 계산식은 아래와 같다(Lee 등 2014).

$$LOD=3.3 \times Y\text{절편의 표준편차}/a\text{의 평균}$$

$$LOQ=10 \times Y\text{절편의 표준편차}/a\text{의 평균}$$

결과 및 고찰

1. 수분 및 조단백질 함량

25종의 채소와 13종 과일의 수분과 조단백질 함량 결과를 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 48.8~96.2% 범위로 마늘(48.8%), 대추(56.1%), 둥근 마(60.7%)의 경우, 다른 채소 및 과일보다 낮은 수분함량을 보였다. 채소의 조단백질 함량 범위는 0.46~6.53%로 마늘(6.53%), 깻잎(4.18%), 둥근 마(3.56%), 곤드레(3.47%), 곰취(3.42%)의 순으로 높게 나타났으며, 나머지는 3% 이하의 값을 보였다. 표준식품성분표에 제시된 조단백질 함량을 비교했을 때 마늘(5.4%), 마(5.1%), 깻잎(4.0%), 붉은 고추(2.6%), 곰취(1.9%)의 순으로 비슷한 결과를 보였다(RDA 2011). 과일의 조단백질 함량 범위는 0.29~2.23%로 패션푸르트(2.23%), 대추(1.98%), 구지뽕(1.74%)의 순으로 높았으며, 나머지는 1% 이하로 조사되었는데, Kim 등(2007)의 연구에서 과일의 조단백질 함량이 1% 미만으로, 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 표준식품성분표에서는 대추(2.2%), 체리(1.7%), 블랙베리(1.2%) 순으로 높은 함량을 보였고, 패션푸르트 가공음료가 0.8%, 구지뽕 잎(다른 것이) 14.0%,

나머지는 1% 이하로 보고되어 있다(RDA 2011). Kim 등(2007)의 연구에서 시료에 따른 차이가 다양하게 나타나는 것은 과일과 채소의 단백질은 함유량이 적고, 그 외 품종과 토질 등의 영향을 받은 것으로 사료된다고 보고하였다.

2. 채소의 구성 아미노산 함량

25종의 채소의 구성 아미노산은 필수 아미노산 9종(Val, Leu, Ile, Thr, Phe, Met, Lys, His, Arg)과 비필수 아미노산 8종(Gly, Ala, Ser, Tyr, Cys, Pro, Asp, Glu), 총 17성분을 분석하여 Table 3에 나타내었다. 총 아미노산 함량은 457.38~9,303.18 mg% 범위로 마늘(9,303.18 mg%)이 가장 높았고, 깻잎(4,970.13 mg%), 곤드레(4,453.77 mg%), 둥근 마(3,030.92 mg%) 순으로 높은 함량을 보였다. 기능성 성분표(RDA 2011)에 제시된 함량과 비교했을 때, 마늘(4,422 mg%), 둥근 마(2,824 mg%), 깻잎(1,967 mg%)로 본 연구와 차이를 보였다. 필수 아미노산 함량 범위는 204.86~4,569.33 mg%로 마늘(4,569.33 mg%), 깻잎(2,506.87 mg%), 곤드레(2,286.96 mg%) 순으로 나타났고, 기능성 성분표에서는 각각 마늘(2,334 mg%), 둥근 마(1,459 mg%), 깻잎(1,006 mg%)로 절반가량 낮은 수치를 보였다. 일반적으로 분석 시료 간 일반성분 함량 차이는 주로 품종 간 차이, 재배환경 및 환경 요인에 의해 복합적으로 영향을 받는 것(Kim 등 1988)이라 알려져 있는데, 본 연구와의 함량 차이도 이러한 영향으로 보여진다.

비필수 아미노산 함량은 252.52~4,733.85 mg%의 범위로 마늘(4,733.85 mg%), 깻잎(2,463.26 mg%), 곤드레(2,166.81 mg%) 순으로 나타났고, 기능성 성분표와 비교했을 때 마늘(2,088 mg%), 둥근 마(1,365 mg%), 깻잎(961 mg%) 순으로 마늘의 경우, 아르기닌과 아스파르트산 성분에서, 깻잎의 경우, 글루탐산과 아스파르트산 성분에서 본 연구와 차이를 보이는 것으로 나타났다. Jung 등(2011)의 연구에서 11월에 수확한 천년초 줄기의 구성 아미노산 함량을 조사한 결과, 글루탐산과 아스파르트산의 함량이 가장 높았고, 두 아미노산이 차지하는 비율은 전체 구성 아미노산의 25.43%로 본 연구에서 천년초 열매와 줄기의 글루탐산과 아스파르트산 함량 비율이 각각 34.1%, 29.8%로 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 전반적으로 채소류는 글루탐산이 가장 많고, 아스파르트산, 글리신, 루신 및 알라닌 등이 주요한 아미노산으로 알려져 있는데(Cho 등 1993), 본 연구에서도 주요한 아미노산으로 글루탐산, 아스파르트산, 아르기닌, 루신, 리신 등으로 비슷한 결과를 보였다. 글루탐산은 뇌에 있어 신경전달물질인 GABA의 생성을 촉진하고(Roberts 등 1950), 루신은 골격근에 있어 단백질의 합성을 촉진시키는 것으로 알려져 있다(Anthony 등 2001).

Table 2. Moisture and crude protein content of vegetables and fruits

Sample	Moisture(%)	Crude protein(%)
<i>Ligularia fischeri</i> (곰취)	89.2	3.42±0.19
Chicon(치콘)	94.9	1.16±0.07
Asparagus, white(아스파라거스, 흰색)	93.0	1.85±0.06
Tomato(토마토, 강원)	92.5	0.91±0.01
Onion, red(양파, 적색)	90.8	0.46±0.01
Onion, yellow(양파, 황색)	92.0	0.52±0.01
Onion, white(양파, 흰색)	88.5	0.65±0.02
<i>Cirsium setidens</i> (곤드레)	91.2	3.47±0.13
Garlic(마늘)	48.8	6.53±0.03
Cucumber(오이)	96.2	0.72±0.01
<i>Momordica charantia</i> (여주)	93.9	1.28±0.02
Melon(멜론)	89.3	0.91±0.03
Eggplant(가지)	94.1	0.86±0.01
Watermelon(수박)	89.9	0.81±0.02
Mini watermelon(미니수박)	87.2	0.84±0.02
Shallot(샬롯)	79.4	2.28±0.06
Chives(부추)	92.6	1.73±0.05
Hot pepper(고추)	84.4	2.12±0.01
Hot pepper, red(고추, 적색)	83.3	2.70±0.02
Hot pepper, Cheongyang(고추, 청양)	78.6	2.80±0.01
Perilla leaf(갯잎)	88.4	4.18±0.04
<i>Gynura procumbens</i> (명월초)	92.0	1.62±0.00
<i>Opuntia humifusa</i> , fruit(천년초, 열매)	74.4	1.24±0.02
<i>Opuntia humifusa</i> stem(천년초, 줄기)	71.6	0.67±0.02
Yam, <i>Dioscorea bulbifera</i> (마, 둥근 마)	60.7	3.56±0.01
Cherry(체리)	86.2	0.98±0.02
Loguot(비파)	87.0	0.29±0.02
Plumcot(플럼코트)	86.2	0.61±0.02
Blackberry(블랙베리)	89.0	0.67±0.02
Passion fruit(패션푸르트)	74.2	2.23±0.07
Peach(복숭아)	85.9	0.49±0.02
Peach, sungold(복숭아, 썬골드)	85.7	0.60±0.00
Peach, mibaek(복숭아, 미백)	84.5	0.74±0.01
Aronia(아로니아)	76.6	0.85±0.02
Grape(포도)	76.1	0.75±0.04
Jujube(대추)	56.1	1.98±0.01
<i>Cudrania tricuspidata</i> Bureau, fruit(꾸지뽕, 열매)	78.0	1.74±0.02
Pear(배)	86.5	0.32±0.00

All values represent mean±S.D.

Table 3. Amino acid content of vegetables

(Unit: mg%)

Sample	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Val	His	Arg	Ala	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser	Total
<i>Ligularia fischeri</i>	159.88 ±8.47	311.69 ±12.08	240.52 ±9.60	49.70 ±6.39	32.53 ±3.51	199.11 ±7.95	131.89 ±4.82	181.34 ±6.44	204.65 ±9.79	77.63 ±2.82	226.47 ±9.31	198.88 ±7.89	396.66 ±13.97	447.86 ±16.16	179.20 ±7.73	168.14 ±6.04	173.51 ±6.25	3,379.66
Chicon	73.56 ±4.08	43.20 ±2.00	48.86 ±2.13	6.02 ±0.52	9.54 ±11.21	140.30 ±4.85	29.19 ±3.20	52.82 ±1.28	62.76 ±2.18	98.24 ±5.79	253.59 ±15.34	96.63 ±4.02	232.62 ±12.63	263.97 ±12.59	65.72 ±2.21	61.01 ±3.64	88.94 ±8.88	1,626.97
Asparagus, white	33.21 ±2.55	60.71 ±4.16	71.26 ±4.52	38.07 ±5.37	51.11 ±5.22	37.61 ±2.05	24.88 ±1.50	46.16 ±3.22	62.01 ±4.15	23.17 ±1.79	83.92 ±6.47	61.10 ±4.64	373.91 ±25.47	353.94 ±23.59	50.10 ±3.75	70.67 ±4.26	68.81 ±4.67	1,510.64
Tomato	27.53 ±2.58	46.01 ±3.66	55.77 ±6.00	4.48 ±1.17	9.46 ±2.04	36.07 ±4.72	16.00 ±3.10	35.27 ±4.04	35.26 ±2.43	19.61 ±2.41	41.11 ±4.78	36.33 ±3.93	107.43 ±20.01	295.60 ±85.17	36.72 ±3.07	33.47 ±3.53	41.90 ±1.61	878.02
Onion, red	16.92 ±1.67	29.36 ±2.51	46.89 ±4.73	6.25 ±1.01	10.65 ±1.84	26.08 ±3.90	8.02 ±1.94	18.81 ±2.37	20.39 ±1.65	13.64 ±2.09	113.64 ±16.68	19.20 ±1.50	47.39 ±4.65	137.36 ±14.03	20.96 ±2.15	9.41 ±0.18	23.80 ±3.03	568.78
Onion, yellow	10.53 ±0.70	20.67 ±1.19	31.34 ±2.80	7.68 ±1.71	13.82 ±2.99	21.72 ±1.40	5.42 ±1.00	15.39 ±0.40	13.30 ±1.05	9.21 ±0.69	75.02 ±6.46	12.97 ±0.48	45.62 ±2.69	130.77 ±10.71	18.73 ±0.97	7.81 ±0.99	17.38 ±2.17	457.38
Onion, white	37.35 ±7.68	33.29 ±2.42	61.72 ±5.13	6.30 ±2.17	11.77 ±4.36	48.04 ±4.18	14.10 ±2.19	25.87 ±1.17	26.62 ±1.95	17.5 ±1.17	75.02 ±6.46	12.97 ±0.48	45.62 ±2.69	130.77 ±10.71	18.73 ±0.97	7.81 ±0.99	17.38 ±2.17	794.15
<i>Cirsium setidens</i>	219.52 ±17.94	433.56 ±31.25	346.81 ±27.26	48.20 ±11.33	27.25 ±6.41	294.68 ±20.87	157.80 ±13.20	228.85 ±16.29	281.88 ±22.26	146.93 ±10.73	286.52 ±15.17	266.58 ±19.92	514.35 ±32.36	569.02 ±38.88	236.64 ±19.07	216.38 ±14.73	178.80 ±20.82	4,453.77
Garlic	216.45 ±16.87	422.41 ±31.22	460.70 ±32.97	108.62 ±2.78	189.13 ±3.94	329.07 ±21.95	262.79 ±34.94	302.23 ±17.28	385.84 ±27.27	182.40 ±11.02	2,161.61 ±162.81	274.28 ±18.90	1,294.96 ±104.13	1,839.94 ±133.50	285.40 ±18.87	208.20 ±11.96	379.16 ±23.73	9,303.18
Cucumber	32.99 ±2.25	53.69 ±3.26	57.71 ±4.70	8.91 ±1.71	10.68 ±1.07	37.12 ±2.69	17.09 ±1.87	32.66 ±2.42	42.91 ±2.90	17.38 ±1.80	44.79 ±3.49	37.01 ±2.03	76.76 ±5.58	289.17 ±35.03	39.31 ±2.74	25.80 ±1.87	46.41 ±5.58	870.39
<i>Momordica charantia</i>	100.94 ±13.51	174.34 ±26.66	183.88 ±26.16	29.49 ±1.41	27.33 ±1.07	116.19 ±16.55	72.75 ±15.33	107.66 ±15.29	141.49 ±17.67	61.54 ±8.99	173.43 ±23.22	125.33 ±15.11	233.92 ±30.11	295.01 ±40.34	97.63 ±11.66	98.24 ±17.57	96.74 ±17.76	2,135.91
Melon	41.88 ±0.61	62.51 ±0.34	64.99 ±0.49	6.54 ±0.22	13.58 ±1.17	62.69 ±0.88	13.55 ±0.87	60.06 ±3.32	65.72 ±2.22	29.08 ±0.54	54.80 ±0.33	263.16 ±10.63	339.17 ±13.05	1000.31 ±46.56	75.11 ±2.05	27.60 ±4.17	101.37 ±9.30	2,282.11
Eggplant	38.23 ±0.79	61.47 ±0.93	69.09 ±2.04	7.11 ±1.79	10.00 ±1.17	42.13 ±0.54	15.79 ±0.54	41.87 ±0.92	55.87 ±1.40	22.71 ±0.99	58.90 ±2.56	47.77 ±0.78	118.81 ±4.77	174.57 ±9.41	39.55 ±0.57	36.33 ±0.93	44.31 ±1.51	884.52
Watermelon	38.28 ±6.39	29.43 ±4.40	31.35 ±5.30	3.83 ±0.10	6.74 ±0.45	39.93 ±7.55	7.23 ±2.01	16.97 ±1.46	35.50 ±6.33	14.65 ±2.57	139.29 ±28.79	24.87 ±4.28	71.87 ±11.53	177.20 ±25.65	16.01 ±2.68	14.66 ±3.87	28.91 ±3.70	696.74
Mini watermelon	16.46 ±1.17	19.74 ±1.06	18.17 ±1.10	24.90 ±8.66	34.43 ±9.18	22.01 ±1.32	2.15 ±0.47	14.56 ±0.24	17.86 ±1.01	8.02 ±0.43	47.47 ±3.07	13.07 ±0.43	45.36 ±2.79	142.06 ±9.03	11.94 ±0.46	5.94 ±1.35	22.43 ±0.30	466.57
Shallot	49.31 ±2.51	74.40 ±1.75	162.93 ±7.51	44.26 ±2.64	36.80 ±5.54	84.72 ±4.43	69.51 ±4.64	49.29 ±1.35	59.61 ±2.71	17.50 ±1.17	59.16 ±5.43	29.71 ±2.01	73.04 ±4.92	270.95 ±25.38	25.23 ±1.55	11.91 ±1.60	41.59 ±6.61	2,419.15
Chives	67.40 ±4.12	127.69 ±4.57	112.78 ±3.86	20.80 ±0.63	23.91 ±0.44	87.36 ±3.06	47.84 ±2.78	81.86 ±1.80	91.50 ±4.83	18.63 ±0.46	62.96 ±2.43	81.41 ±6.44	85.26 ±4.23	140.93 ±8.24	40.68 ±0.72	28.08 ±1.89	47.19 ±3.28	1,610.13
Hot pepper	59.20 ±1.68	109.40 ±1.87	106.15 ±3.74	35.72 ±0.64	63.08 ±1.70	76.72 ±2.33	38.27 ±1.69	89.52 ±3.03	90.22 ±1.87	20.41 ±0.91	85.27 ±2.19	97.63 ±2.56	183.10 ±5.68	319.01 ±11.87	76.77 ±1.27	65.20 ±2.81	101.61 ±1.09	2,112.61
Hot pepper, red	65.09 ±2.23	116.59 ±3.76	116.84 ±1.68	24.52 ±1.78	18.68 ±0.71	81.15 ±1.49	39.01 ±2.62	101.64 ±0.89	94.27 ±1.55	42.38 ±1.08	138.04 ±4.07	84.98 ±1.87	549.03 ±1.91	364.31 ±4.02	104.00 ±3.46	152.78 ±1.26	115.08 ±1.95	2,208.38
Hot pepper, Cheongyang	83.11 ±0.98	143.70 ±3.11	142.47 ±3.80	23.89 ±0.60	77.36 ±2.35	103.31 ±2.21	54.95 ±3.32	109.79 ±0.36	111.78 ±1.08	53.50 ±2.43	161.80 ±2.32	106.41 ±0.66	437.2 ±7.63	411.64 ±2.57	117.90 ±1.25	195.36 ±3.23	128.47 ±0.34	2,462.67
Perilla leaf	230.82 ±2.41	487.10 ±7.25	359.25 ±2.46	53.62 ±8.28	14.47 ±4.90	315.21 ±1.05	172.33 ±2.37	259.94 ±5.94	313.78 ±5.54	149.96 ±0.89	337.18 ±8.70	308.12 ±6.70	551.24 ±16.23	658.14 ±18.77	286.28 ±6.29	230.32 ±7.96	242.36 ±5.67	4,970.13
<i>Gymura procumbens</i>	87.42 ±5.91	167.29 ±12.26	130.84 ±7.38	19.07 ±0.85	32.31 ±6.28	114.03 ±7.82	46.77 ±6.22	103.15 ±5.58	115.61 ±7.54	56.99 ±2.70	107.70 ±8.06	110.44 ±6.26	216.73 ±13.11	243.33 ±11.77	106.93 ±5.46	90.30 ±8.83	98.27 ±4.27	1,847.15
<i>Opuntia humifusa</i> , fruit	40.03 ±4.42	75.83 ±9.66	47.57 ±6.27	14.85 ±2.13	33.80 ±2.86	51.91 ±7.83	33.95 ±7.52	41.55 ±4.52	54.36 ±6.07	31.65 ±4.96	145.62 ±21.11	50.31 ±5.39	102.44 ±10.97	305.33 ±29.07	76.79 ±6.56	40.08 ±12.75	48.30 ±4.49	1,194.40
<i>Opuntia humifusa</i> , stem	25.22 ±2.04	46.17 ±4.31	47.25 ±3.89	7.57 ±0.41	13.44 ±2.59	28.64 ±2.70	14.29 ±1.96	30.67 ±1.85	37.85 ±3.11	12.96 ±1.49	31.99 ±2.86	34.38 ±2.87	71.98 ±5.02	108.02 ±5.64	32.46 ±2.57	25.72 ±4.02	35.51 ±1.80	604.11
<i>Yam, Dioscorea bulbifera</i>	130.92 ±24.79	235.39 ±38.36	172.75 ±23.41	30.20 ±0.72	34.17 ±0.61	194.58 ±28.92	104.62 ±20.56	107.99 ±16.80	162.52 ±23.21	73.67 ±9.42	379.87 ±61.76	133.05 ±17.00	432.27 ±57.00	459.04 ±53.33	120.80 ±12.82	112.24 ±17.05	146.83 ±31.99	3,030.92

All values represent mean±S.D.

3. 과일의 구성 아미노산 함량

13종 과일의 필수 아미노산 9종(Val, Leu, Ile, Thr, Phe, Met, Lys, His, Arg)과 비필수 아미노산 8종(Gly, Ala, Ser, Tyr, Cys, Pro, Asp, Glu)을 분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. 과일의 총 아미노산 함량은 395.0~3,118.75 mg% 범위로 패션푸르트(3,118.75 mg%)가 가장 높았고, 대추(1,937.03 mg%), 꾸지뽕(1,410.13 mg%), 체리(1,223.82 mg%) 순으로 나타났다. 기능성 성분표(RDA 2011)에서 대추 1,260 mg%, 체리 1,187mg%로 비슷한 함량을 보였다. 필수 아미노산 함량은 90.72~1,372.77 mg%로 패션푸르트가 가장 높았고, 꾸지뽕(548.23 mg%), 아로니아(454.60 mg%), 대추(372.50 mg%), 체리(270.82 mg%) 순으로 기능성 성분표에서는 체리 236 mg%, 대추 210 mg%로 유사한 결과를 보였다. 비필수 아미노산 함량은 304.28~1,745.98 mg% 범위였으며, 패션푸르트(1,745.98 mg%)가 가장 높았고, 대추(1,564.54 mg%), 체리(953.00 mg%), 꾸지뽕(861.90 mg%), 미백 복숭아(518.95 mg%) 순으로 기능성 성분표와 비교했을 때, 대추 1,050 mg%, 체리 951 mg%, 복숭아 487 mg%로 유사한 함량을 나타냈다. 일반적으로 과

실류에는 아스파라긴, 아스파르트산이 많이 함유되어 있다고 알려져 있는데(Cho 등 1993), 본 연구에서도 체리 58.8%, 미백 복숭아 56.6%, 썬골드 복숭아 46.4%, 복숭아 32.1%로 아스파르트산이 가장 높은 함량을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 아미노산 조성은 식품 중 단백질의 질을 결정하는데 본 연구에서 높은 단백질 함량을 가진 마늘, 깻잎, 둥근 마, 곤드레의 경우 대체로 필수 아미노산을 포함한 비필수 아미노산 수치에서도 높은 함량을 나타내어, Kim 등(2009)의 보고와 일치하였다.

4. 분석방법의 검증

분석 결과에 따른 직선성(linearity), 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)를 Table 5에 나타내었다. Kim 등(2013)에 따르면 아미노산 분석의 정확도를 높이기 위해서는 순도가 높은 표준품, 교정된 volumetric flask와 피펫, 재현성이 높은 저울, 정기적인 분석기기 유지관리 등의 적절한 실험 환경이 수반되어야 한다고 알려져 있어 그 점에 유의하여 실험을 실시하였다. 아미노산 표준용액 0.00625, 0.0125, 0.025, 0.05 $\mu\text{mol/}$

Table 4. Amino acid content of fruits

(Unit: mg%)

Sample	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Val	His	Arg	Ala	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser	Total
Cherry	23.91 ±2.87	42.42 ±5.29	50.72 ±6.22	5.08 ±1.08	8.73 ±1.71	33.17 ±3.83	16.74 ±1.66	34.62 ±2.81	34.10 ±4.19	18.58 ±2.69	28.23 ±4.53	32.86 ±3.90	719.61 ±30.24	85.81 ±5.83	29.63 ±3.60	26.32 ±2.48	33.31 ±2.01	1,223.82
Loguot	15.44 ±1.47	28.52 ±2.70	30.49 ±2.87	4.78 ±0.41	9.55 ±0.87	20.38 ±2.28	8.07 ±1.81	17.84 ±1.46	21.41 ±2.04	8.50 ±0.91	16.80 ±1.51	23.36 ±1.88	51.61 ±2.65	61.99 ±3.60	17.30 ±1.62	14.64 ±1.70	18.13 ±1.57	368.82
Plumcot	24.54 ±3.09	39.29 ±4.71	43.81 ±5.11	4.54 ±0.59	6.15 ±0.20	23.14 ±2.33	9.22 ±0.19	34.37 ±2.05	42.22 ±4.69	15.27 ±1.90	23.25 ±2.75	93.19 ±7.48	302.23 ±24.88	118.89 ±6.91	24.04 ±2.45	48.19 ±6.29	42.10 ±2.01	894.42
Blackberry	28.76 ±0.73	50.35 ±1.22	47.02 ±1.64	8.69 ±0.70	13.29 ±0.58	30.50 ±1.03	18.01 ±0.94	33.73 ±2.03	41.95 ±1.73	50.70 ±1.05	766.95 ±33.15	41.08 ±0.33	184.76 ±4.92	589.97 ±8.33	62.14 ±1.66	29.40 ±4.25	63.31 ±1.64	777.43
Passion fruit	97.58 ±6.62	197.65 ±11.24	138.37 ±6.74	62.81 ±3.17	70.08 ±4.41	211.04 ±12.29	62.95 ±1.66	101.63 ±4.59	154.20 ±9.37	70.79 ±3.03	338.71 ±16.69	145.59 ±6.08	337.05 ±7.35	529.58 ±24.87	132.33 ±6.26	308.24 ±10.69	160.16 ±6.33	3,118.75
Peach	12.64 ±1.39	24.91 ±2.44	25.42 ±1.84	16.39 ±0.58	35.11 ±8.86	13.99 ±2.68	6.63 ±1.25	20.48 ±2.64	20.02 ±2.07	9.00 ±0.51	12.51 ±0.69	17.70 ±0.83	289.41 ±14.54	57.36 ±11.06	13.62 ±0.59	10.26 ±0.85	28.30 ±3.97	613.76
Peach, sungold	11.87 ±1.02	23.33 ±2.06	28.58 ±3.12	10.74 ±0.38	25.98 ±7.40	17.22 ±2.26	7.45 ±0.92	18.03 ±0.74	20.25 ±0.80	8.39 ±0.38	14.02 ±0.90	18.90 ±1.00	263.06 ±4.22	51.38 ±1.91	13.67 ±0.68	11.55 ±1.94	22.53 ±1.18	566.93
Peach, miback	12.10 ±1.00	22.64 ±1.58	25.26 ±2.41	10.24 ±0.06	18.32 ±3.89	14.61 ±3.25	6.60 ±0.98	18.83 ±0.65	18.44 ±0.23	8.74 ±0.62	11.84 ±0.11	17.09 ±0.22	368.60 ±4.66	58.05 ±3.53	12.40 ±0.14	12.51 ±1.88	25.38 ±0.68	651.65
Aronia	41.48 ±9.20	79.45 ±16.31	56.64 ±10.45	10.72 ±1.19	19.95 ±0.34	50.89 ±10.91	19.15 ±4.26	45.50 ±9.69	59.82 ±12.94	26.69 ±6.10	83.41 ±18.40	47.42 ±10.24	175.07 ±23.23	252.82 ±61.13	72.46 ±15.11	38.17 ±7.32	58.94 ±12.96	1,138.58
Grape	13.87 ±1.14	24.41 ±1.92	30.28 ±2.66	6.71 ±0.85	16.02 ±0.41	14.15 ±1.05	7.43 ±0.34	24.12 ±1.83	23.50 ±1.69	17.80 ±0.70	88.16 ±0.23	70.60 ±0.85	30.93 ±2.69	110.50 ±2.82	17.29 ±1.37	131.43 ±3.60	27.14 ±2.52	654.35
Jujube	32.04 ±1.88	51.32 ±2.86	58.36 ±2.92	8.31 ±0.55	16.20 ±1.81	47.89 ±3.86	14.30 ±1.99	41.07 ±1.64	44.73 ±2.63	27.52 ±1.21	61.27 ±4.27	40.97 ±2.97	261.39 ±16.07	112.79 ±5.35	37.16 ±3.19	1040.47 ±78.10	41.26 ±2.53	1,937.03
Cudrania tricuspidata Bureau	51.21 ±0.67	85.66 ±2.28	80.30 ±2.71	9.79 ±0.72	18.87 ±1.55	59.46 ±2.41	28.40 ±2.24	60.55 ±0.64	71.84 ±2.03	12.96 ±1.49	31.99 ±2.86	34.38 ±2.87	71.98 ±5.02	108.02 ±5.64	32.46 ±2.57	25.72 ±4.02	35.51 ±1.80	1,410.13
Pear	10.22 ±2.09	17.73 ±3.72	14.82 ±1.51	2.01 ±0.46	9.57 ±1.08	7.71 ±0.77	4.19 ±0.62	12.39 ±1.24	14.13 ±3.11	3.84 ±0.33	7.87 ±1.01	11.25 ±1.31	198.04 ±18.58	37.03 ±4.27	9.28 ±0.96	7.86 ±1.57	27.06 ±2.92	395.00

All values represent mean±S.D.

Table 5. Standard calibration curve of amino acid

Component	Equation	r^2	LOD ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ($\mu\text{g/mL}$)
Ile	$Y=2.67 \times 10^7 X - (6.54 \times 10^3)$	0.99981	0.959	0.032
Leu	$Y=2.66 \times 10^7 X - (2.69 \times 10^4)$	0.99828	0.099	0.033
Lys	$Y=3.03 \times 10^7 X + (1.32 \times 10^4)$	0.99999	0.058	0.017
Met	$Y=2.76 \times 10^7 X + (9.16 \times 10^4)$	0.98926	0.991	0.474
Cys	$Y=2.64 \times 10^7 X + (8.48 \times 10^4)$	0.99273	0.956	0.224
Phe	$Y=2.62 \times 10^7 X + (1.08 \times 10^4)$	0.99990	0.065	0.017
Tyr	$Y=2.54 \times 10^7 X - (9.82 \times 10^4)$	0.99894	0.351	0.085
Thr	$Y=2.86 \times 10^7 X + (2.32 \times 10^4)$	0.99844	0.762	0.281
Val	$Y=2.56 \times 10^7 X + (2.79 \times 10^4)$	0.99992	0.354	0.133
His	$Y=2.87 \times 10^7 X - (3.25 \times 10^3)$	0.99995	0.129	0.036
Arg	$Y=2.60 \times 10^7 X - (1.64 \times 10^4)$	0.99994	0.034	0.009
Ala	$Y=2.58 \times 10^7 X - (8.09 \times 10^3)$	1.00000	0.120	0.059
Asp	$Y=2.63 \times 10^7 X + (1.15 \times 10^4)$	0.99976	0.498	0.125
Glu	$Y=3.17 \times 10^7 X + (4.95 \times 10^4)$	0.99289	0.642	0.019
Gly	$Y=2.78 \times 10^7 X - (1.14 \times 10^4)$	0.99988	0.105	0.061
Pro	$Y=5.06 \times 10^6 X - (3.16 \times 10^3)$	0.99803	0.929	0.354
Ser	$Y=2.94 \times 10^7 X + (3.75 \times 10^4)$	0.99519	0.924	0.386

mL 농도 범위에서 선형식을 작성한 결과, 상관계수(r^2)는 메티오닌을 제외한 16종 아미노산에서 0.99273~1.00000 사이의 우수한 직선성을 나타내었고, 메티오닌의 경우는 0.98926으로 다른 성분에 비해 낮은 수치를 나타내었다. 대상 분석물의 검출 및 정량이 가능한 최저 농도를 확인하기 위하여 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)를 측정된 결과, LOD 범위는 0.034~0.991 $\mu\text{g/mL}$, LOQ 범위는 0.009~0.474 $\mu\text{g/mL}$ 로 성분마다 차이를 보였는데, Lee 등(2014)의 연구에서 반하백출천 마탕의 12종 지표성분의 LOD가 0.012~0.878 $\mu\text{g/mL}$, LOQ가 0.009~0.290 $\mu\text{g/mL}$ 로 전반적으로 본 연구와 비슷한 결과를 보인 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이 분석 자료는 국가식품 성분표의 조단백질과 구성 아미노산 데이터를 구축하고, 이를 활용한 가공식품 및 기능성 소재로 활용할 수 있는 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구는 국내에서 많이 재배되는 농산물 중 채소류 25종, 과일류 13종을 선정하여 조단백질 및 구성 아미노산 함량을 분석하여 기초 데이터를 마련하고, 실험에 사용한 분석법을 검증하여 결과의 신뢰도를 확보하고자 하였다. 채소의 조단백질 함량은 마늘이 6.53%로 가장 높은 함량을 보였고, 과일에서는 패션푸르트(3.23%)로 높은 함량을 나타냈다. 채소

의 총 아미노산 함량은 457.38~9,303.18 mg% 범위로 마늘(9,303.18 mg%)이 가장 높았고, 껌(4,970.13 mg%), 콘드레(4,453.77 mg%), 둥근 마(3,030.92 mg%) 순으로 높은 함량을 보였다. 과일의 총 아미노산 함량은 368.82~3,118.75 mg%의 범위로 패션푸르트(3,118.75 mg%)가 가장 높았고, 대추(1,937.03 mg%), 꾸지뽕(1,410.13 mg%), 체리(1,223.82 mg%)의 순으로 나타났다. 분석방법의 검증에서 선형식의 상관계수(r^2)는 메티오닌($r^2=0.989$)을 제외한 16종의 아미노산에서 0.993~1.000의 높은 유의수준을 보였으며, 정량한계와 검출한계 범위는 각각 0.034~0.991 $\mu\text{g/mL}$, 0.009~0.474 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업인 지역농산물 영양성분 구명 및 DB 구축 과제(과제번호: PJ01085009)의 지원을 받아 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

References

- An MS. 2004. Food Chemistry. Shingwang Inc
- Anthony JC, Anthony TG, Kimball SR, Jefferson LS. 2001. Signaling pathways involved in translational control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. *J Nutr* 131: 856-860
- Cho JH, Noh HJ, Kang DH, Lee JY, Lee MJ, Park HS, Sung GH, Jhune CS. 2012. Comparative analysis of amino acid contents of the fruiting bodies in *Ganoderma* spp. *J Mushroom Sci Prod* 10:208-215
- Cho YS, Park SK, Chun SS, Moon JS, Ha BS. 1993. Proximate, sugar and amino acid compositions of Dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*). *J Korean Soc Nutr* 22:48-52
- Choi SY, Kim SC, Son BY, Kim KT, Kim MH, Choi YM, Cho YS, Hwang JB, Oh MR, Oh HK. 2014. Comparison of dietary fiber and amino acid composition in frequently consumed vegetables and fruits. *Korean J Food Cook Sci* 5:564-572
- Codex Alimentarius Commission. 1993. Codex guidelines for the establishment of a regulatory programme for control of veterinary drug residues in foods. CAC/GL 16:1-46
- Jang HL, Kim KW, Jeong YJ, Youn KS, Woo SC, Yoon KY. 2013. Establishment of mixing ratio of multigrain rice for adolescent and aged people and its nutritional and functional estimation. *J Korean Society of Food Science and Nutrition*

- 42:53-61
- Ji SH, Jang MY, Choi JY, Choi YM, Kim YG. 2015. A study on contents of vitamin D in agricultural products and foods. *J Food Nutr* 28:143-152
- Jung BM, Han KA, Shin TS. 2011. Food components of different parts of *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) harvested from Yeosu, Jeonnam in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1271-1278
- Kim BH, Lee HS, Jang YA, Lee JY, Cho YJ, Kim CI. 2009. Development of amino acid composition database for Korean foods. *J Food Comp Anal* 22:44-52
- Kim DH, Beik KY. 2007. The qualities and functionalities of the fermentation broth of fruits, vegetables and medicinal herbs. *Korean J Food Nutr* 20:195-201
- Kim JG, Kim SK, Lee JS. 1988. Fatty acid composition and electrophoretic patterns of protein of Korean soybeans. *Korean J Food Sci Technol* 20:263-271
- Kim KH. 2014. Effects of branched chain amino acid on iongevity in *Caenorhabditis elegans*. *Chung-nam College* 15:1-4
- Kim MJ, Kim JH, Oh HK, Chang MJ, Kim SH. 2007. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: Examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and β -carotene contents. *Korean J Food Cookery Sci* 23:423-432
- Kim YJ, Kim JY, Jeong MY, Shin YJ. 2013. Error factors and uncertainty measurement for determinations of amino acid in beef bone extract. *Analytical Science & Technology* 26:125-134
- Ko JH, Kim HS, Park YH, Park HJ, Song E, Song JC. 2009. Health Functional Food Science. Bomungak Inc
- Lee AR, Kim JH, Park JH, Kim, Hong EY, Kim HR. 2016. A study on contents of vitamin K₁ in local agricultural products. *Korean J Food Nutr* 3:301-306
- Lee KJ, Yang HJ, Ma JY. 2014. Simultaneous analysis of 12 kind maker components in Banhabaekchulchhonma-tang by RP-HPLC. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* 15:4682-4691
- Lee YE. 2005. Bioactive compounds in vegetables. Their role in the prevention of disease. *Kor J Food Cookery Sci* 21:380-398
- Roberts E, Frankel S. 1950. γ -Aminobutyric acid in brain: Its formation from glutamic acid. *J Biol Chem* 187:55-63
- Rural Development Administration (RDA). 2011. Tables of Food Functional Composition
- Rural Development Administration (RDA). 2011. 8th Revision Standard Food Composition Table
- Seo HJ, Kim GS, Hong MN, Lee CS. 2016. Validation and uncertainty evaluation of an optimized analytical method using HPLC applied to canthaxanthin a food colorant. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:342-351

Received 12 May, 2017

Revised 27 June, 2017

Accepted 14 July, 2017