

방울토마토(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) Betatini 품종의 이화학적 특성

김현룡 · 안준배*

서원대학교 호텔외식조리학과

Physicochemical Properties of a Betatini Variety of *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* (Cherry Tomato)

Hyen Ryung Kim and Jun Bae Ahn*

Department of Food Service & Culinary Arts, Seowon University

Abstract

This study was carried out to elucidate the physicochemical properties of Betatini, a cherry tomato variety. The compositions of free amino acids, amino acid metabolites and phenolic compounds were analyzed and identified using HPLC and LC mass spectrometry. Eighteen free amino acids were found in the Betatini variety. The most abundant free amino acid was L-Glutamic acid (L-Glu) which comprised 48% of the total free amino acids in the Betatini. With the exception of tryptophan, the Betatini variety contained all of the essential amino acids. Several amino acid metabolites were also detected. Particularly, 4-aminobutyric acid (GABA), a known neurotransmitter, was present in high levels. Ten phenolic compounds were identified and their contents were measured. Large quantities of quercetin-3-rutinoside (Q-3-R) and naringenin chalcone (NGC), both bioactive compounds, were found. These results revealed that the Betatini variety of cherry tomato contained various nutritional and bioactive compounds and would be a potent, functional food material.

Key words: Betatini, cherry tomato, free amino acids, phenolic compound, mass spectrometry

토마토는 비타민과 미네랄, 카로틴 및 리코펜이 풍부하게 함유된 건강식품으로 알려져 있다(Lee et al., 1972). 토마토에 포함된 lycopene과 β -carotene 등 carotenoids는 전립선암 억제 효과(Edward, 1999; Edward et al., 2002), 항산화효과(Frusciante et al., 2007), LDL의 산화억제 효과(Oshima et al., 1998; Stahl et al., 2001)를 가지며 글루코알카로이드는 결장암과 간암세포 억제 효과(Lee et al., 2004)가 있음이 밝혀졌다.

토마토는 생육환경 및 숙도에 따라 영양성분 및 생리활성 성분의 종류와 농도가 달라지며 품종간에도 많은 차이가 있다(Davies & Hobson, 1981; Lenucci et al., 2006). 토마토의 일반성분 및 flavonoid 등 생리활성 성분에 관한 연구(Lee et al., 1972; Choi et al., 2010)와 숙도에 따른 이화학적 변화(Lee & Kim, 1986), 경도 및 무기성분의 변화(Ryu, 1990) 등 일반 토마토의 이화학적 성분에 관한 연구는 폭

넓게 이루어졌다. 또한, 일반 토마토는 세계적으로 생식용은 물론 음료, 푸레, 케찹 등 가공품의 원료로 널리 사용되고 있다.

반면 최근에 소비량이 늘어나고 있는 방울토마토의 이화학적 성분에 대한 연구는 Betatini 품종뿐만 아니라 전체적인 방울토마토 품종에 대해 아직 부족한 실정이다. 방울토마토는 일반 토마토에 비해 당도가 2-3% 가량 높고 유기산 함량도 많은 채소이다(Lenucci, 2006). 방울토마토의 일반성분, 비타민 A, 비타민 C, 카로티노이드 등의 함량과 항산화효과(Lenucci, 2006; Raffo et al., 2006), ACE 저해 효과와 lectin의 생화학적 특징에 관한 연구(Na et al., 2007; Roh, 2010)가 소수 존재한다. 일반 토마토에 비해 방울토마토는 가공식품으로의 활용이 활발하지 못하지만 해외에서는 다양한 품종의 방울토마토를 생식용 이외에도 소스, 시럽, 주스 등 일부 가공품으로 개발되어 있다(Kim et al., 2012). 반면 우리나라에서는 거의 생식용으로 소비되고 있는 실정이다.

본 연구는 방울토마토의 이화학적 특성을 알아보기 위해 국내 농가에서 재배되고 있는 방울토마토의 한 품종인 Betatini 품종의 일반성분, 유리아미노산, 아미노산 대사산

*Corresponding author: Jun Bae Ahn, Department of Food Service & Culinary Arts, Seowon University, Cheongju 361-742, Korea
Tel: +82-43-299-8461; Fax: +82-43-299-8460
E-mail: given@seowon.ac.kr
Received June 17, 2014; revised July 21, 2014; accepted July 22, 2014

물 및 폴리페놀 화합물을 HPLC, LC-MS/MS로 분석, 동정하여 방울토마토 Betatini 품종의 식품학적 특성을 규명하였다. 본 연구에서는 방울토마토 Betatini 한 품종에 대해 이화학적 특성을 알아보았으나 향후 다양한 품종의 방울토마토에 대한 이화학적 특성을 규명함으로써 방울토마토의 식품 원료로서의 가치를 밝히고 활용성을 높이는데 일조할 수 있으리라 생각된다.

재료 및 방법

실험 재료

방울토마토 Betatini 품종은 부여 토마토시험장 (Chungcheongnam-do, Korea) 비닐하우스에서 2012년 1월에 파종하여 5월에 수확된 방울토마토를 사용하였다. 균일한 크기의 방울토마토 20개 개체의 꼭지부분을 제거하고 과육을 잘게 썰어 액체 질소에 담가 급냉시켜 동결건조기(PVTFD 10R, Ilsinbiobase Co., Ltd., Dongduchun, Korea)를 사용하여 건조하였다. 동결건조된 방울토마토를 Wiley mill (Thomas Model 4, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA)로 곱게 분쇄한 후 20 mesh 체를 통과시켜 분말 시료를 제조하였다. 습기, 빛 등 외부 요인의 영향을 배제하기 위하여 건조 데시케이터에 시료를 넣고 -25°C에서 보관하면서 분석에 사용하였다.

수분함량 및 조단백질 정량

수분함량을 정량하기 위해서 과육을 4-5 mm 두께로 썰어 동결건조 수기에 넣고 무게를 측정하고 동결건조 후 수기와 함께 105°C dry oven에서 8시간동안 2차 건조하여 항량에 도달하도록 하고 무게를 측정하였다. 건조 전, 후 감량을 측정하여 수분함량을 정량하였다. 조단백질함량은 시료 1.5 g을 채취하여 조단백 분석기(Kjeltec 2300 Analyzer, Foss, Hillerød, Denmark)을 사용하여 정량하였다. 기기 공급자의 manual에 따라 시료 100 g 당 조단백질 함량을 측정하였다.

방울토마토 추출액 제조

방울토마토 동결건조 시료 50 mg을 취해 삼각플라스크에 넣고 80%(v/v) 메탄올 25 mL를 가한 후 초음파 수조에 넣어 30°C에서 60분간 추출하였다. 추출액을 Watman No. 2 여과지로 감압 여과한 후 여액을 분리하여 18,000 g에서 10분간 원심분리하였다. 상등액을 회수하여 0.45 µm nylon filter(Millipore, Bedford, USA)를 통과시켜 여과액을 아미노산 분석과 폴리페놀 화합물의 분석에 사용하였다.

아미노산 및 아미노산 대사산물 분석

아미노산 및 아미노산 대사산물은 시료 추출액 10 µL를 아미노산 분석기(Hitachi L-8800, Hitachi Co. Ltd., Tokyo,

Japan)에 주입하여 분석하였다. 컬럼은 Hitachi custom ion-exchange resin 2622(4.6 i.d.×60 mm, particle size = 5 µm), post column reaction을 위해서 lithium citrate buffer와 ninhydrin을 사용하였고 유속은 각각 0.35 mL/min, 0.30 mL/min이었다. 컬럼 온도는 30-70°C로 단계별로 승온하였고 reaction coil의 온도는 135°C로 유지하였다. 시료는 3회 추출하여 아미노산과 아미노산 유도체를 분석한 후 평균과 표준편차로 나타내었다.

폴리페놀 화합물의 HPLC 분석

방울토마토의 폴리페놀 화합물은 HPLC(Shimadzu Prominace LC-20A, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 시료 추출 여과액 주입량은 20 µL 였으며 컬럼은 Inertsil ODS-3V(5 µm, 4.6-250 mm) HPLC column (GL Sciences Inc., Tokyo, Japan), 검출기는 SPD-M20A photodiode array(PDA)를 사용하였다. 컬럼 온도는 30°C, 유속은 0.8 mL/min으로 유지하였다. Mobile phase는 acetonitrile과 0.5%(v/v) formic acid를 혼합하여 사용하였으며 시간별로 acetonitrile의 농도를 5%(0-5 min), 18%(5.1-30 min), 70%(30.1-90 min), 90%(90.1-100 min), 5%(100.1-120 min)로 조절하여 흘려주었다. 폴리페놀 성분의 함량을 정량하기 위해서는 5-caffeoylquinic acid(5-CQA), quercetin-3-rutinoside(Q-3-R), naringenin chalcone(NGC) 표준물질을 사용하여 검량선을 얻은 후 함량을 정량하였다. 폴리페놀성분의 함량을 정량하기 위한 검량식은 5-CQA은 $y = 661.6x + 9170.9$ ($R^2 = 0.9937$), Q-3-R은 $y = 1617x + 7786.6$ ($R^2 = 0.9871$) 및 NGC은 $y = 813.7x + 3653.9$ ($R^2 = 0.9999$)이었으며 분석은 3회 실시하여 평균과 표준편차로 각 폴리페놀 화합물의 함량을 산출하였다.

Mass Spectrometry

LC 시스템(Agilent Technologies 1200 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 3200Q Trap LC-MS/MS 시스템(Applied Biosystems Inc., Foster City, USA)에 연결하여 시료의 폴리페놀 화합물을 분리,동정하였다. LC분석을 위한 컬럼, mobile phase 및 농도구배, 유속 등은 상기의 HPLC 분석조건과 같았다. Mass와 tandem mass spectrometry(MS/MS)는 m/z 160-1200 범위에서 negative ion mode로 분석하였으며 collision gas는 헬륨, 이온의 분리는 2 Da로 하였다. LC-MS/MS 분석 결과를 선행연구 및 표준물질과 비교하여 미지의 peak를 동정하였다.

결과 및 고찰

방울토마토 Betatini 품종의 일반적인 특성

방울토마토 Betatini 품종의 일반적인 특성은 Table 1에 나타내었다. 외관은 적색을 띠며 길이와 폭이 각각 37.32±

Table 1. Dimensions, weight, moisture and crude protein contents of Betatini variety of cherry tomato.

Color	Length (mm)	Width (mm)	Weight (g)	Moisture (%)	Protein (%)
red	37.32±0.67	30.26±0.80	19.56±0.83	89.95±0.45	0.91±0.23

0.67 mm, 30.26±0.80 mm로 타원형을 이루고 있으며 무게는 19.56±0.83 g이었다. 수분함량과 조단백함량이 각각 89.95±0.45%, 0.91±0.23%로 일반 토마토의 수분함량 및 조단백질 함량과 유사하였다(Lee et al., 1972).

유리아미노산의 조성

방울토마토 Betatini 품종의 유리아미노산을 정량한 결과는 Table 2와 같았다. 방울토마토 Betatini 품종의 유리아미노산 중에는 L-글루탐산(L-Glu), L-글루타민(L-Gln), L-아스파르트산(L-Asp) 등 18 종의 아미노산이 함유되어 있었으며 L-시스테인(L-Cys)과 L-트립토판(L-Try)은 발견되지 않았다. 유리아미노산 중 가장 많이 함유된 것은 L-Glu이었으며 건조 중량 100 g 당 1,628.17±37.55 mg 함유되어 전체 유리아미노산 중 48%를 차지하였고 L-Gln과 L-Asp가 전체 아미노산 중 각각 22%, 11% 함유되어 있어 L-Glu, L-Gln 및 L-Asp가 전체 아미노산 함량의 81%를 구성하고 있어 주요 구성 아미노산임을 알 수 있었다. 일반 토마토의 유리아미노산 함량을 분석한 Lee 등(1972)의 연

Table 2. Constituent of free amino acids in Betatini variety of cherry tomato.

Amino acids ¹⁾	Concentration	
	mg/100 g (dry weight)	% of all amino acids
L-Asp	382.30±12.87	11.28
L-Thr	51.35±1.69	1.52
L-Ser	68.52±1.46	2.02
L-Asn	26.94±0.55	0.79
L-Glu	1628.17±37.55	48.04
L-Gln	749.07±18.52	22.10
L-Pro	127.82±6.73	3.77
L-Gly	9.54±0.38	0.28
L-Ala	51.30±1.59	1.51
L-Val	36.08±1.06	1.06
L-Met	9.58±2.58	0.28
L-Ile	24.49±0.59	0.72
L-Leu	28.64±0.92	0.85
L-Tyr	13.51±0.83	0.40
L-Phe	98.51±2.70	2.91
L-Lys	32.51±0.25	0.96
L-His	22.35±1.44	0.66
L-Arg	28.24±0.62	0.83
Sum of essential amino acids ²⁾	303.51	8.96
Sum of amino acids	3388.92	100

¹⁾ Abbreviations followed IUPAC standard.

²⁾ Sum of Thr, Val, Met, Ile, Leu, Phe, Lys and His

구에 의하면 L-Glu가 유리아미노산 중 가장 많이 함유되어 있음이 밝혀졌고 Boggio 등(2000)과 Pratta 등(2004)은 완숙기의 일반 토마토에서 질소대사 관련 효소들의 역가와 완숙과정에서의 L-Glu 축적과의 상관관계를 규명하였다. 또한 Choi 등(2010)은 토마토의 생육단계별 유리아미노산 함량을 정량한 결과 토마토가 완숙기에 접어들면서 L-Glu 함량이 증가하고 유리아미노산 중 가장 많은 양을 차지함을 보고한 바 있어 방울토마토 Betatini 품종의 유리아미노산 조성이 일반 토마토의 유리아미노산 조성과의 유사한 경향을 보임을 알 수 있었다. 그 외 L-프롤린(L-Pro), L-페닐알라닌(L-Phe), L-알라닌(L-Ala) 및 L-세린(L-Ser)이 전체 아미노산 함량 중 각각 3.8%, 3.0%, 2.5% 및 2.0% 함유된 것으로 나타났으며 기타 아미노산이 소량 포함되어 있었다.

방울토마토 Betatini 품종은 트립토판을 제외한 히스티딘(L-His), 이소류신(L-Ile), 류신(L-Leu), 라이신(L-Lys), 메티오닌(L-Met), 페닐알라닌(L-Phe), 트레오닌(L-Thr), 및 발린(L-Val) 등 8개의 필수아미노산을 건조 중량 100 g 당 303.51 mg 함유하고 있어 영양적인 측면에서 좋은 식품소재임을 알 수 있었다. 그러나 방울토마토 Betatini 품종의 영양적 가치를 정확히 평가하기 위해서는 유리아미노산 이외에 방울토마토에 포함된 단백질을 구성하는 아미노산에 대한 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

아미노산 대사물질의 함량

방울토마토 Betatini 품종의 아미노산 대사물질을 정량한 결과는 Table 3과 같았다. 방울토마토 Betatini 품종에서 4-aminobutyric acid(4-Abu = γ -aminobutyric acid = GABA), carnitine(L-Car), ethanolamine(EtNH₂), hydroxylysine(Hyl),

Table 3. Constituent of amino acids derived metabolites in Betatini variety of cherry tomato.

Metabolites ¹⁾	Concentration	
	mg/100 g (dry weight)	% of sum metabolites
GABA	362.70±8.53	67.16
L-Car	78.30±0.08	14.50
Hyl	29.46±0.08	5.46
<i>o</i> -Pea	26.03±0.58	4.82
p-Ser	19.46±1.02	3.60
Me-His	13.79±0.36	2.55
EtNH ₂	10.28±0.08	1.90
Sum of metabolites	540.02	100

¹⁾ Metabolites abbreviations : GABA (γ -aminobutyric acid), L-Car (L-carnitine), Hyl (hydroxylysine), *o*-Pea (*o*-phosphoethanolamine), p-Ser (phosphoserine), Me-His (N-methyl-histidine), EtNH₂ (ethanolamine)

N-methyl-histidine(Me-His), *o*-phosphoethanolamine(*o*-Pea), phosphoserine(p-Ser) 등 유리아미노산으로부터 유도된 대사산물이 발견되었다. 유리아미노산 대사물질 중 GABA가 건조 중량 100 g 당 362.70 ± 8.53 mg으로 가장 많이 함유되어 있었다. GABA는 L-Glu으로부터 합성되며 외부환경 스트레스에 의해 함량이 증가하는 것으로 알려져 있다(Shelp et al., 1999). GABA는 사람의 신경계, 혈액 등에 소량 함유되어 있고 대부분은 뇌의 골수에 존재하여 신경전달 물질을 증가시키고 뇌기능을 촉진(Nicolas & Hilled, 2004; Leventhal et al., 2003) 시킬뿐만 아니라 혈압저하, 이뇨작용, 항산화효과가 있는 것으로 알려져 있다(Chang et al., 1992; Park et al., 2002).

Choi 등(2011a)은 일반 토마토에 GABA가 건조물 당 282.9-1,199.0 mg의 함량으로 다량 포함되어 있음을 보고한 바 있는데 본 연구에서 방울토마토 Betatini 품종에도 일반 토마토와 같이 다량의 GABA가 함유되어 있음이 밝혀져 기능성 식품 및 소재로 활용가치가 높음을 알 수 있었다.

폴리페놀 화합물 분석 및 동정

방울토마토 Betatini 품종의 폴리페놀 화합물을 HPLC로 분리한 결과는 Fig. 1과 같았다. 분리된 peak의 retention time(Rt), UV/Vis spectrum pattern과 MS에 의한 주이온의 [M-H]⁻(m/z) 값, MS/MS ion fragment의 m/z 값을 선행 연구 결과와 일반 토마토 flavonoid의 MS/MS data base (Moco et al., 2006)를 바탕으로 각 폴리페놀 성분을 동정하여 Table 4에 나타내었다.

Peak 1과 2는 MS 값인 [M-H]⁻(m/z)가 각각 341로 같아 분자량이 동일한 물질로 볼 수 있으며 MS/MS ion fragment pattern이 유사하였다. 특히, MS/MS fragment 중

179, 135는 caffeic acid의 고유한 MS/MS fragment로서 (Moco et al., 2006) peak 1과 2는 caffeic acid의 유도체임을 알 수 있었다. 그리고 HPLC 분석시 retention time은 peak 1과 2가 서로 달라 이성질체로 추정하였다. Choi 등(2010), Moco 등(2006)과 Mullen 등(2007)은 식물체로부터 본 연구의 결과와 같은 MS, MS/MS 값을 갖는 물질 2종을 caffeic acid에 glucose로 추정되는 hexose가 부가된 이성질체라고 보고한 바 있어 peak 1과 2는 본 연구에서도 hexose의 정확한 종류와 결합 위치는 알 수 없었으나 caffeic acid-hexose isomer I(CH I), caffeic acid-hexose isomer II(CH II)로 부분 동정하였다.

Peak 3과 4는 UV/Vis spectrum의 최대 흡수 파장과 [M-H]⁻(m/z)이 353, MS/MS fragment가 191로 동일하였고 이는 3-caffeoylquinic acid(3-CQA)나 5-caffeoylquinic acid(5-CQA) 등 caffeoylquinic acid 이성질체의 특징적인 MS, MS/MS 값으로 알려져 있다(Clifford et al., 2003, Clifford et al., 2005). Ana 등(2004)은 burr parsley로부터 peak 3과 동일한 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 값을 갖는 폴리페놀성 물질을 분리하여 3-CQA로 동정한 바 있다. 또한, Choi 등(2010)은 일반 토마토로부터 peak 3, 4와 동일한 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 값을 갖는 폴리페놀성 물질을 분리하여 3-CQA, 5-CQA로 동정하였다. 본 연구에서는 5-CQA 표준물질을 사용하여 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 분석을 실시한 결과 peak 4와 일치함을 알 수 있었다. 따라서 peak 3을 3-CQA, peak 4를 5-CQA로 동정하였다.

Peak 5는 [M-H]⁻(m/z)이 353, MS/MS fragment가 191를 보여 caffeoylquinic acid임을 알 수 있었는데 MS/MS 값이 273, 204인 fragment를 포함하고 있어 3-CQA나 5-CQA와

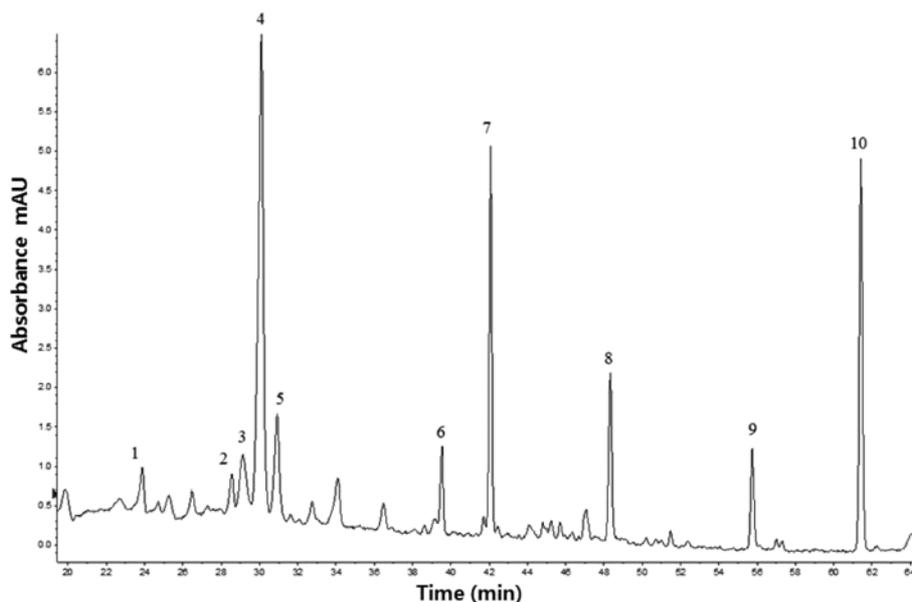


Fig. 1. HPLC chromatogram of phenolic compounds in Betatini variety of cherry tomato.

Table 4. Phenolic compounds identified by HPLC and LC mass spectrometry in Betatini variety of cherry tomato.

Peak ¹⁾ No.	Retention time (min)	UV/Vis (nm)	[M-H] ⁺ (m/z)	MS/MS ion fragments	Identification
1	23.92	292,244	341.2	179.2, 135.0	caffeic acid-hexose isomer (I)(CHI)
2	28.78	316,248	341.3	221.3, 179.2, 135.0	caffeic acid-hexose isomer (II) (CHII)
3	29.17	326,248	353.3	191.2	3-caffeoylquinic acid (3-CQA)
4	30.05	326,248	353.0	191.0	5-caffeoylquinic acid (5-CQA)
5	30.96	326,248	353.2	273, 204, 191.0	caffeoylquinic acid isomer (CQAI)
6	39.56	354,254	741.1	300.2	quercetin-trisaccharide (QTS)
7	42.03	354,256	609.1	300.1	quercetin-3-rutinoside (Q-3-R)
8	48.47	328,250	515.4	354.0, 173.2	di-caffeoylquinic acid (di-CQA)
9	55.84	328,250	677.1	353.0, 173.2	tri-caffeoylquinic acid (tri-CQA)
10	61.48	366,250	271.1	151.1, 119.0	naringenin chalcone (NGC)

¹⁾ Numbers of Peaks are the same as those indicated in Fig. 1.

는 다른 이성질체로서 caffeoylquinic acid isomer(CQAI)로 부분 동정하였다.

Peak 8과 9의 UV/Vis spectrum이 peak 3과 4와 유사하였고 MS/MS 값이 354로 peak 3, 4의 MS 값(353)과 유사하여 caffeoylquinic acid를 포함한 화합물이며 각각의 MS 값이 515, 677로서 분자량이 다른 물질로 추정하였다. Moco 등(2006)과 Choi 등(2011a)은 일반 토마토로부터 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 값이 peak 8, 9와 일치하는 물질을 발견하여 각각 di-caffeoylquinic acid(di-CQA)와 tri-caffeoylquinic acid(tri-CQA)라 동정한 바 있다. 따라서 peak 8을 di-CQA, peak 9를 tri-CQA로 부분 동정하였다. Peak 6과 7은 거의 동일한 UV/Vis spectrum을 보였고 MS/MS 값이 300으로 flavonoid 중 quercetin과 일치하여 (Fabrea et al., 2001) quercetin 유도체임을 알 수 있었다. Moco et al.(2006)은 본 연구의 peak 6과 같은 MS, MS/MS 값과 일치하는 물질을 분리하여 quercetin-hexose-deoxyhexose-pentose(quercetin trisaccharide, QTS)로 동정하였다. 또한, Choi 등(2011b)은 대추로부터 peak 7과 UV/Vis spectrum, MS, MS/MS 값이 일치하는 물질을 분리하여 quercetin-3-rutinoside(Q-3-R)임을 밝혔고 본 연구에서는 Q-3-R 표준물질을 사용하여 확인한 결과 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 값이 peak 7과 일치함을 확인하였다. 따라서 peak 6은 QTS, peak 7은 Q-3-R로 동정하였다. Peak 10은 Moco 등(2006)이 보고한 naringenin chalcone(NGC)의 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 값과 거의 일치하였고 NGC 표준물질을 사용하여 확인한 결과 peak 10의 UV/Vis spectrum, MS 및 MS/MS 값과 일치하여 NGC로 동정할 수 있었다.

폴리페놀 화합물의 함량

방울토마토 Betatini 품종에 함유된 폴리페놀 화합물의 함량은 Table 5에 나타내었다. CHI(peak 1), CHII(peak 2), 3-CQA(peak 3), 5-CQA(peak 4), CQAI(peak 5) di-CQA(peak

Table 5. Concentration of phenolic compounds in Betatini variety of cherry tomato.

Phenolic compound	Concentration (mg/100 g dry weight)	Phenolic compound	Concentration (mg/100 g dry weight)
CHI	4.5±0.1	QTS	8.5±0
CH II	2.0±0.1	Q-3-R	31.4±0.1
3-CQA	3.1±0.1	di-CQA	7.6±0.1
5-CQA	42.1±0.4	tri-CQA	4.2±0.1
CQAI	8.4±0.2	NGC	92.1±0.1

8) 및 tri-CQA(peak 9)의 함량은 5-CQA 표준물질을 대표물질로 사용하여 정량하였고 QTS(peak 6), Q-3-R(peak 7)의 정량을 위해서는 Q-3-R 표준물질을 사용하였으며 NGC(peak 10)은 NGC 표준물질을 사용하여 정량하였다.

방울토마토 Betatini 품종에는 NGC이 건조 중량 100 g 당 92.1±0.1 mg으로 다량 함유되어 있었다. NGC은 histamine 방출을 억제하여 알러지 억제효능(Yamamoto et al., 2004; Iwamura et al., 2010)을 보이며 염증억제 효과(Hirai et al., 2007), 2형 당뇨병 비만억제 효과(Horiba et al., 2010) 등이 알려진 생리활성 물질이다. 또한 항산화효과(Metodiewa et al., 1997), 혈액응집억제(Navarro-Núñez et al., 2008), 천식 억제작용(Jung et al., 2007) 등 기능성이 잘 알려진 Q-3-R이 31.4±0.1 mg으로 다량 함유되어 있음을 알 수 있었다. 그리고 일반토마토에 다량 존재한다고 알려진(Choi et al., 2011a) 5-CQA도 방울토마토 Betatini 품종에 42.1±0.4 mg으로 다량 함유되어 있음이 밝혀졌다. 따라서 방울토마토 Betatini 품종은 영양적으로뿐만 아니라 기능성 식품 소재로 활용 가치가 매우 높음을 알 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 방울토마토의 영양학적 가치와 활용성을 알아보기 위해 국내에서 재배된 방울토마토 Betatini 품종

의 유리아미노산과 아미노산 유도체의 구성 및 함량, 폴리페놀 화합물의 구성 및 함량 등 이화학적 특성을 알아보았다. 유리아미노산 함량을 조사한 결과 18 종의 아미노산이 고루 함유되어 있었고 L-Glu는 전체 아미노산 중 48%로 유리아미노산 중 가장 많은 양을 차지하였다. 또한, 필수아미노산 중 트립토판을 제외한 히스티딘, 이소류신, 류신, 라이신, 메티오닌, 페닐알라닌, 트레오닌 및 발린 등 필수아미노산이 고루 함유되어 있어 영양적으로 좋은 식품 소재라 할 수 있다. 또한, 아미노산의 대사산물 중 신경전달물질 증가, 혈압저하, 항산화효과 등 생리활성이 잘 알려진 GABA가 다량 발견되었다. 그리고 방울토마토 Betatini 품종의 폴리페놀 화합물을 분석한 결과 알리지 억제효능, 염증억제효과, 2형 당뇨 및 비만억제 효과가 알려져 주목받고 있는 NGC, 항산화효과, 혈액응집억제 등 기능성을 갖는 Q-3-R이 다량 함유된 것으로 밝혀졌다. 이와 같은 결과를 통해 방울토마토 Betatini 품종은 영양적으로뿐만 아니라 기능성 식품 소재로 활용 가치가 매우 높음을 알 수 있었다.

References

- Ana P, Franz B, Željan M, Ana M, Biljana N, Nikola K. 2009. Identification and quantification of flavonoids and phenolic acids in burr parsley (*Caucalis platycarpos* L.), using high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionization mass spectrometry. *Molecules* 14: 2466-2490.
- Boggio SB, Palatnik JF, Heldt HW, Valle EM. 2000. Changes in amino acid composition and nitrogen metabolizing enzymes in ripening fruits of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Sci.* 159: 125-133.
- Chang JS, Lee BS, Kim YG. 1992. Changes in γ -aminobutyric acid(GABA) and the main constituents by a treatment conditions and of anaerobically treated green tea leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 315-319.
- Choi SH, Kim HY, Kim HJ, Lee IS, Kozukue N, Levin CE, Friedman M. 2011a. Free amino acid and phenolic contents and antioxidative and cancer cell-inhibiting activities of extracts of 11 greenhouse-grown tomato varieties and 13 tomato-based foods. *J. Agr. Food Chem.* 59: 12801-12814.
- Choi SH, Ahn JB, Kozukue N, Levin CE, Friedman M. 2011b. Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. *J. Agr. Food Chem.* 59: 6594-6604.
- Choi SH, Lee SH, Kim HJ, Lee IS, Nobuyuki K, Levin CE, Friedman M. 2010. Changes in free amino acid, phenolic, chlorophyll, carotenoid, and glycoalkaloid contents in tomatoes during 11 stages of growth and inhibition of cervical and lung human cancer cells by green tomato extracts. *J. Agr. Food Chem.* 58: 7547-7556.
- Clifford MN, Hohnston KL, Knight S, Kuhnert N. 2003. Hierarchical scheme for LC-MSⁿ identification of chlorogenic acids. *J. Agr. Food Chem.* 51: 2900-2911.
- Clifford MN, Knight S, Kuhnert N. 2005. Discriminating between the six isomer of dicaffeoylquinic acid by LC-MSⁿ. *J. Agr. Food Chem.* 53: 3821-3832.
- Davies JN, Hobson GE. 1981. Constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15: 205-280.
- Edward G. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer. *J. Natl. Cancer. Inst.* 91: 317-331.
- Edward G, Eric BR, Yan L, Meir JS, Walter CW. 2002. A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. *J. Natl. Cancer. Inst.* 94: 391-398.
- Fabrea N, Rustana I, de Hoffmann E, Quetin-Leclercq E. 2001. Determination of flavone, flavonol, and flavanone aglycones by negative ion liquid chromatography electrospray ion trap mass spectrometry. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 12: 707-715.
- Frusciante L, Carli P, Ercolano MR, Pernice R, Di Matteo A, Fogliano V, Pellegrini N. 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Mol. Nutr. Food Res.* 51: 609-617.
- Hirai S, Kim YI, Goto T, Kang MS, Yoshimura M, Obata A, Yu R, Kawada T. 2007. Inhibitory effect of naringenin chalcone on inflammatory changes in the interaction between adipocytes and macrophages. *Life Sci.* 81: 1272-1279.
- Horiba T, Nishimura I, Nakai Y, Abe K, Sato R. 2010. Naringenin chalcone improves adipocyte functions by enhancing adiponectin production. *Mol. Cell. Endocrinol.* 323: 208-214.
- Iwamura C, Shindoda K, Yoshimura M, Watanabe Y, Obata A, Nakayama T. 2010. Naringenin chalcone suppresses allergic asthma by inhibiting the Type-2 function of CD4 T cells. *Allergol. Int.* 59: 67-73.
- Jung CH, Cho CH, Kim CJ. 2007. Anti-asthmatic action of quercetin and rutin in conscious guinea-pigs challenged with aerosolized ovalbumin. *Arch. Pharm. Res.* 30: 1599-1607.
- Kim SJ, Kim JY, Chang YE. 2012. Physiological activities of saccharified cherry tomato gruel containing different levels of cherry tomato puree. *Korean J. Food Cookery Sci.* 28: 773-779.
- Lee HB, Yang CB, YU TJ. 1972. Studies on the chemical composition of some fruit vegetables and fruits in Korea (I). *Korean J. Food Sci. Technol.* 4: 36-43.
- Lee KR, Kozukue N, Han JS, Park JH, Chang EY, Baek EJ, Friedman M. 2004. Glycoalkaloids and metabolites inhibit the growth of human colon (HT29) and liver (HepG2) cancer cells. *J. Agr. Food Chem.* 52: 2832-2839.
- Lee MS, Kim GH. 1986. Quality evaluation of raw tomato fruits. *J. Food Sci.* 18: 335-338.
- Lenucci MS, Cadinu D, Taurino M, Piro G, Dalessandro G. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *J. Agr. Food Chem.* 54: 2606-2613.
- Leventhal AG, Wang YC, Pu ML, Zhou YF, Ma Y. 2003. GABA and its agonists improved visual cortical function in senescent monkeys. *Science* 300: 812-815.
- Metodiewa D, Kochman A, Karolczak S. 1997. Evidence for anti-radical and antioxidant properties of four biologically active N,N-Diethylaminoethyl ethers of flavone oximes: A comparison with natural polyphenolic flavonoid rutin action. *IUBMB Life* 41: 1067-1075.
- Moco S, Bino RJ, Vorst O, Verhoeven HA, Groot J, van Beek TA, Vervoort J, Ric de Vos CH. 2006. A liquid chromatogra-

- phy-mass spectrometry-based metabolome database for tomato. *Plant Physiol.* 141: 1205-1218.
- Mullen W, Marks SC, Crozier A. 2007. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. *J. Agr. Food Chem.* 55: 3148-3157.
- Na YP, Lee SM, Roh KS. 2007. Biochemical characterization of lectin isolated from cherry tomato. *J. Life Sci.* 17: 254-259.
- Navarro-Núñez L, Lozano ML, Palomo M, Martínez C, Vicente V, Castillo J, Benavente-García O, Diaz-Ricart M, Escolar G, Rivera J. 2008. Apigenin inhibits platelet adhesion and thrombus formation and synergizes with aspirin in the suppression of the arachidonic acid pathway. *J. Agr. Food Chem.* 56: 2970-2976.
- Nicolas B, Hilled F. 2004. GABA in plants: just a metabolite? *Trends Plant Sci.* 9: 110-115.
- Oshima S, Ojima F, Sakamoto H, Ishiguro Y, Terao J. 1998. Supplementation with carotenoids inhibits singlet oxygen-mediated oxidation of human plasma low-density lipoprotein. *J. Agr. Food Chem.* 44: 2306-2309.
- Park JH, Han SH, Shin MK, Park KH, Lim KC. 2002. Effect of hypertension falling of functional GABA green tea. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 10: 37-40
- Pratta G, Zorzoli R, Boggio SB, Picardi LA, Valle EM. 2004. Glutamine and glutamate levels and related metabolizing enzymes in tomato fruits with different shelf-life. *Sci. Horticulture Amsterdam* 100: 341-347.
- Raffo A, Malfa GL, Fogliano V, Maiani G, Quaglia G. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *J. Food Comp. Anal.* 19: 11-19.
- Roh KS. 2010. Antifungal activity and biochemical characterization of lectin isolated locular fluid of cherry tomato fruit. *KSBB Journal* 25: 289-296.
- Ryu BH, Moon KD, Kim SD, Sohn TH. 1990. The changes of hardness and mineral components of tomato fruits during ripening. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 19: 115-120.
- Shelp BJ, Bown AW, McLean MD. 1999. Metabolism and functions of gamma aminobutyric acid. *Trends Plant Sci.* 4: 446-452.
- Stahl W, Heinrich U, Wiseman S, Eichler O, Sies H, Tronnier H. 2001. Dietary tomato paste protects against ultraviolet light-induced erythema in human. *J. Nutr.* 131: 1449-1451.
- Yamamoto T, Yoshimura M, Yamaguchi F, Kouchi T, Tsuji R, Saito M, Obata A, Kikuchi M. 2004. Anti-allergic activity of naringenin chalcone from a tomato skin extract. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68: 1706-1711.