 <http://dx.doi.org/10.20878/cshr.2018.24.1.007>

## 국내산 토마토 품종의 생리활성 물질의 특성

안준배<sup>†</sup>

서원대학교 호텔외식조리학과

## Characterization of Bioactive Compounds of Domestic Tomato Varieties

Jun-Bae Ahn<sup>†</sup>

*Dept. of Food Service & Culinary Arts, Seowon University*

### KEYWORDS

Tomato varieties,  
Lycopene,  
 $\beta$ -Carotene,  
Polyphenol,  
Mass spectrometry.

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate bioactive compounds from three domestic tomato varieties (Rafito, Momotaro TY Winner, and Medison). Lycopene,  $\beta$ -carotene and polyphenols were quantified and identified using HPLC and LC-MS/MS. The levels of lycopene ranged from 28.36 mg/100 g to 60.18 mg/100 g. The content of  $\beta$ -carotene ranged from 2.00 mg/100 g to 2.92 mg/100 g. Ten kinds of polyphenol compounds were identified: caffeic acid-hexose isomer (I), caffeic acid-hexose isomer (II), 3-caffeoylquinic acid, 5-caffeoylquinic acid, caffeoylquinic acid isomer, quercetin-3-apiosylrutinoside, quercetin-3-rutinoside, di-caffeoylquinic acid, tri-caffeoylquinic acid, and naringenin chalcone. The level of 5-caffeoylquinic acid was the highest in domestic tomato varieties, ranging from 12.71 mg/100 g to 28.40 mg/100 g. The content of quercetin-3-rutinoside ranged from 3.74 mg/100 g to 17.64 mg/100 g. The contents of 3-caffeoylquinic acid and quercetin-3-apiosylrutinoside were 1.01~2.31 mg/100 g and 5.84~6.83 mg/100 g, respectively. Arrestingly naringenin chalcone was found only in Medison variety (36.82 mg/100 g). These results revealed that domestic tomato can be a good source of bioactive compounds for human health.

## 1. 서 론

토마토는 생리활성 물질이 다량 함유되어 있고, 세계적으로 활용도가 높은 채소 중의 하나로 여겨진다. 토마토에는 비타민 A, B, C, E 및 K와 미네랄, 유리아미노산, 유기산, 당 등의 영양성분(Ahn, 2016; Lee & Kim, 1986)과 lycopene,  $\beta$ -carotene 등 생리활성 물질(Davies & Hobson, 1981; Erge & Karadeniz, 2011; Gougoulas et al., 2012; Toma, Frank, Nakayama, & Fawfik, 2008)이 다량 포함된 것으로 알려져 있다.

또한, 세계적으로 토마토에 포함된 lycopene의 전립선암 억제 효과에 대한 연구(Edward, 1999; Edward, Eric, Yan, Meir, & Walter, 2002; Giovannucci, 2005)가 체계적으로 수행되어 생리활성이 입증된 바 있다. 그 외에도 토마토의 저밀도 지단백(LDL) 산화억제(Oshima, Ojima, Sakamoto, Ishiguro, & Terao, 1998), 항산화효과(Stahl et al., 2001; Talalay, 2000) 등 생리활성에 관한 보고가 상당수 있다. 유럽에서는 lycopene 외에도 토마토에 포함된  $\beta$ -carotene, neurosporene, lutein, zeaxanthin 등과 같은 carotenoid의 함량과 항산화효과, 항노

<sup>†</sup> Corresponding author: 안준배, [given@seowon.ac.kr](mailto:given@seowon.ac.kr), 충청북도 청주시 서원구 무심서로 377-3(모충동), 서원대학교 호텔외식조리학과

화효과가 보고되기도 하였다(Mares-Perlman et al., 2001).

한편, 외국에서는 lycopene,  $\beta$ -carotene 등 생리활성 성분에 관한 연구와 함께 토마토의 품종, 생육환경 및 생육단계별 영양성분이나 생리활성의 변화에 관한 연구도 활발히 수행되어 왔다. 유럽과 미국에서 이루어진 연구(Davies & Hobson, 1981; Lenucci, Cadinu, Taurino, Piro, & Dalessandro, 2006)에 의하면 토마토는 생육환경 및 속도에 따라 영양성분의 분포가 달라지고, 품종 간에 많은 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 또한, Graeme, Peter와 Timothy (1983)는 토마토 과실이 익어감에 따라 색, 경도, 무기성분 및 비타민 함량의 변화 등을 추적하여 밝힌 바 있다. 이와 같이 유럽과 미국을 중심으로 토마토의 일반성분, 생리활성 성분 및 품종과 속도에 따른 성분의 변화 등에 대해 폭넓은 연구가 진행되어 왔다.

한편, 국내에서도 토마토가 보급된 이후 많은 품종이 육종, 개량되어 상당수가 농가에 보급되어 재배, 유통되고 있으며 생식용뿐만 아니라 조리 및 가공식품의 원료로서 소비량이 증가하고 있다. 국내에서도 토마토 및 가공품의 ascorbic acid, lycopene,  $\beta$ -carotene 등의 함량에 관한 연구(Choi, Kim, & Kim, 2011)와 토마토를 비롯한 키위, 시금치, 멜론 등 농산물을 대상으로 한 lycopene,  $\beta$ -carotene, lutein 등 생리활성 성분에 관한 연구(Na et al., 2013) 등이 보고되어 있다. 그러나 국외의 선행 연구에 의하면 토마토의 품종에 따라 일반성분과 생리활성 성분의 분포가 상당히 차이가 있음을 알 수 있는데, 국내에서 육종되고 개량된 다양한 토마토 품종의 생리활성 성분에 대한 연구는 아직 부족한 실정으로서 국내산 토마토의 생리활성 성분에 대해서는 충분히 밝혀지지 않았다고 볼 수 있다. 또한, 국내에서도 외국의 예와 같이 lycopene,  $\beta$ -carotene, lutein 등 카로티노이드의 분포에 관한 연구는 찾아 볼 수 있으나, 다양한 생리활성을 나타낼 것으로 기대되는 폴리페놀 화합물의 종류와 분포에 관해서는 거의 보고된 바 없다.

이와 같이 국내에서 진행된 기존의 연구는 lycopene,  $\beta$ -carotene, lutein 등 주로 카로티노이드(carotenoid)의 분포와 생리활성에 관한 연구에 집중되어 폴리페놀 화합물과 같은 중요한 생리활성 물질의 종류와 분포에 대해서는 충분히 규명하지 못해 토마토의 생리활성 물질을 폭넓게 이해하는데 한계가 있다고 할 수 있다.

따라서 국내에서 생산, 유통되는 토마토의 식재료로서의 가치를 보다 명확하게 규명하기 위해서는 다양한 품종의 토마토에 포함된 일반성분이나 폴리페놀 화합물 등 생리활성 성분에 관한 폭넓은 연구가 이루어질 필요가 있다.

본 연구자는 선행연구(Ahn, 2016)에서 다양한 국내산 토마토 품종에 대해 수분, 조단백질, 유리 아미노산 등 영양성분뿐만 아니라 아미노산 대사산물의 분포와 신경전달에 관여하며 뇌기능을 향상시키는 것으로 알려진  $\gamma$ -aminobutyric

acid(GABA) 함량을 보고한 바 있다.

본 연구에서는 국내산 토마토에 포함된 생리활성 성분, 즉 lycopene,  $\beta$ -carotene 등 카로티노이드뿐만 아니라, 폴리페놀 화합물의 종류와 분포를 알아봄으로써 국내산 토마토의 식품학적 가치를 좀 더 폭넓게 규명해 보고자 하였다. 이를 위해서 국내에서 유통되는 토마토 중에서 재배 이력이 명확한 국내산 토마토 세가지 품종에 대해 HPLC를 활용하여 lycopene,  $\beta$ -carotene 함량을 정량하여 보았다. 또한, 폴리페놀 화합물의 종류 및 분포를 알아보기 위하여 HPLC를 통해 폴리페놀 화합물을 분리한 후 LC-MS/MS를 사용하여 분리된 폴리페놀 화합물의 종류를 동정, 정량하였다.

본 연구의 결과는 국내산 토마토의 생리활성 식품소재로서의 가치를 좀 더 명확하게 규명하는데 기여할 것이며 이를 통해 국내산 토마토가 조리, 가공식품 등에 폭넓게 활용될 수 있도록 학술적 근거를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료

국내산 토마토 Rafito, Momotaro TY Winner, Medison 3가지 품종을 실험에 사용하였다. 토마토는 부여 토마토시험장(Chungchengnamdo, Korea)의 비닐하우스에서 재배된 것으로 1월에 파종하여 5~6월에 수확된 완숙 과실을 사용하였다.

### 2.2. 시료 제조

토마토의 생리활성 물질을 분석하기 위한 시료를 준비하기 위해서 Ahn(2016)의 방법을 사용하였다. 품종별 각각 10개체의 과실을 무작위로 선발하고, 과실을 약 1 cm 두께로 절단하였다. 절단된 토마토를 품종별로 구분하여 액체 질소에 침지하여 급속 동결한 후 동결된 토마토를 동결건조기(Model PVTFD 10R, IIsinbiobase, Korea)를 사용하여 건조하였다. 건조물은 흡습성이 강하므로 최대한 신속히 Wiley mill(Model 4, Thomas Scientific, Swedesboro, USA)로 분쇄하여 20 mesh 체로 걸러 분석에 활용하였다. 분말시료는 약 0.5~1 g씩 분취하여 실리카겔이 포함된 데시케이터에 넣고 흡습을 방지하고,  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 분석에 사용하였다.

### 2.3. Lycopene 및 $\beta$ -carotene의 추출

Kim, Chun과 Kim (2015)의 방법에 따라 토마토 시료로부터 lycopene과  $\beta$ -carotene을 추출하였다. 동결건조된 토마토 품종별 시료 각 0.5 g에 EtOH 20 mL를 가한 후  $75^{\circ}\text{C}$  항온수조에서 10분간 진탕하면서 lycopene과  $\beta$ -carotene을 추출하였다. 이어서 80% (v/v) KOH 5 mL를 넣고 다시  $75^{\circ}\text{C}$  항온수조에서 10분간 교반하여 비누화 반응을 유도하였다. 여기에

hexane 5 mL와 동량의 증류수를 가하여 5분간 강하게 교반(stirring)하여 lycopene과  $\beta$ -carotene을 hexane층으로 옮긴 후 혼합액을 5,000 × g에서 3분간 원심분리한 후 상층액(hexane층)을 회수하였다. 상기 과정을 2번 더 반복하여 총 3회 추출하여 토마토로부터 lycopene과  $\beta$ -carotene을 완전히 추출한 후 hexane층을 농축수기에 모아 감압 농축기로 40℃에서 완전히 건조하였다. 여기에 용매로써 dichloromethane:methanol (50:50, v/v) 혼합액 2 mL를 넣고 용해한 후 0.45  $\mu$ m syringe filter (SLCR013NL, Merk Millipore Korea, Daejeon, Korea)로 여과하여 lycopene 및  $\beta$ -carotene을 분석하는데 사용하였다.

#### 2.4. Lycopene 및 $\beta$ -carotene의 정량

HPLC (Shimadzu Prominace LC-20A, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 국내산 토마토의 lycopene 및  $\beta$ -carotene을 분리하고 함량을 정량하였다. 분석에 사용한 컬럼은 Inertsil ODS-3V (5  $\mu$ m, 4.6~250 mm) HPLC column (GL Sciences Inc., Tokyo, Japan)이었으며, SPD-M20A photodiode array (PDA) detector를 사용하여 lycopene 및  $\beta$ -carotene peak를 분리, 검출하였다. 컬럼 온도는 30℃로 유지하였고, 이동상은 acetonitrile : methanol : dichloromethane : n-hexane (50 : 40 : 5 : 5, v/v/v/v)이었으며, 1.0 mL/min의 유속으로 흘려주었다. Lycopene 및  $\beta$ -carotene의 함량을 정량하기 위해서는 분석용 표준물질을 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, Missouri, USA)로부터 구입하여 정량에 사용하였다.

#### 2.5. 폴리페놀 화합물의 추출

국내산 토마토 품종별 폴리페놀 화합물을 추출하기 위하여 Kim & Ahn (2014)의 방법을 변형하여 시행하였다. 품종별 토마토 동결건조 시료를 각각 100 mg씩 취하여 80% (v/v) 메탄올 25mL를 가하여 폴리페놀 화합물을 추출하였는데, 30℃로 유지된 초음파 수조내에서 60분간 추출을 시행하였다. 추출액은 감압 필터 장치를 사용하여 Whatman No. 2 filter paper로 거르고 18,000 × g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수하고, 0.45  $\mu$ m syringe filter 로 여과하여 폴리페놀 화합물의 분석 및 정량에 사용하였다.

#### 2.6. 폴리페놀 화합물의 정량

국내산 토마토의 폴리페놀 화합물의 분리 및 정량을 위해서는 HPLC (Shimadzu Prominace LC-20A, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였다. 즉, 컬럼은 Inertsil ODS-3V (5  $\mu$ m, 4.6~250 mm) HPLC column (GL Sciences Inc., Tokyo, Japan), 컬럼 온도는 30℃로 항온을 유지하였으며, 검출기는 SPD-M20A photodiode array (PDA)를 사용하였다. 이동상은 acetonitrile 과 0.5% (v/v) formic acid를 시간별로 구배를 주어 흘려주었

는데, acetonitrile의 농도를 5% (0~5 min), 18% (5~30 min), 70% (30~90 min), 90% (90~100 min), 5% (100.1~120 min)로 변화시켜 흘려주어 폴리페놀 화합물을 분리하였다. 분리된 폴리페놀 화합물의 정량을 위해서는 5-caffeoylquinic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Missouri, USA), quercetin-3-rutinoside (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Missouri, USA), naringenin chalcone (ChromaDex Inc., Irvine, CA, USA) 표준물질을 구입하여 사용하였다.

#### 2.7. 폴리페놀 화합물의 동정

국내산 토마토의 폴리페놀 화합물의 종류를 알기 위해서 HPLC로 분리된 peak를 LC-MS/MS 시스템(Applied Biosystems Inc., Foster City, USA)을 사용하여 동정하였다. 1차 분리를 위한 HPLC 분석조건, 즉 컬럼, 유동상 및 농도구배, 유속 및 검출기 등은 상기의 폴리페놀 화합물 분리 및 정량을 위한 HPLC 분석조건과 같았다. LC-MS/MS의 분석조건은 Kim & Ahn (2014)의 방법을 사용하였다. 즉, precursor ion ( $m/z$ ) 및 fragment ion은 negative ion mode를 사용하여 160~1,200 범위에서 조사(scan)하였고, collision gas는 헬륨, 이온의 분리는 2  $m/z$  (Da)로 하였다. Peak의 동정은 LC-MS/MS 분석 결과를 선행연구 및 표준물질과 비교하여 시행하였다.

#### 2.8. 통계 분석

추출 및 함량 분석은 3회 이상 시행하여 결과를 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계 분석은 IBM SPSS Statistics (Ver. 22)를 사용하였는데 유의차 검증을 위해서는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 시행한 후 신뢰수준 99%( $p<0.01$ )에서 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 국내산 토마토 품종별 lycopene의 함량

국내산 토마토 Rafito, Momotaro TY Winner 및 Medison 세 가지 품종의 lycopene 함량을 Table 1에 나타내었다.

세가지 품종간의 lycopene 함량은 통계적으로 의미있는 차이가 있었다( $p<0.01$ ). Rafito 품종과 Momotaro TY Winner 품종에는 각각 31.52 mg/100 g, 28.36 mg/100 g의 lycopene이 함유되어 있었으며, Medison 품종에는 60.18 mg/100 g의 lycopene이 함유되어 있어 Rafito 품종에 비해서는 1.9배, Momotaro TY Winner 품종에 비해서는 2.1배가 함유되어 있었다.

Erge와 Karadeniz (2011)의 연구에 의하면 터키산 일반 토마토 16종의 lycopene 함량을 분석한 결과, 8.7 mg/100 g에서 26.3 mg/100 g까지 다양하게 분포한다고 보고하였는데 이는 국내산 토마토에 비하면 상대적으로 낮은 값이었다. 또한,

Table 1. Lycopene contents of domestic tomato varieties

Tomato varieties	Lycopene content (mg/100 g dry weight)
Rafito	31.52±0.33 <sup>b</sup>
Momotaro TY Winner	28.36±0.39 <sup>c</sup>
Medison	60.18±0.57 <sup>a</sup>
<i>F</i> -value	3,103.153 <sup>***1)</sup>

Values with different superscript letters are different significantly at  $p < 0.01$ .

1) \*\*\*  $p < 0.001$ .

Guil-Guerrero와 Reboloso-Fuentes (2009)는 스페인산 토마토의 lycopene 함량을 정량한 결과 약 39.7 mg/100 g의 lycopene이 존재한다고 하였는데 국내산 토마토 품종 중 Rafito 품종과 유사한 lycopene 함량을 보였다. 한편, Ilahy, Hdider, Lenucci, Tlili와 Dalessandro (2011)는 lycopene을 높은 농도로 함유한 튀니지산 일반토마토를 선발하였는데 그 함량이 97~254 mg/100 g이었다. 국내산 토마토 중 Medison 품종은 60.18 mg/100 g의 lycopene을 함유하고 있어 튀니지에서 선발된 lycopene 고함유 품종에 미치지 못하는 못하나 유럽의 토마토 품종에 비해서는 월등히 많은 lycopene을 함유하고 있음을 알 수 있었다.

국내의 연구를 살펴보면 Choi 등(2011)은 국내산 붉은 토마토의 lycopene 함량이 신선과일 기준(fresh weight)으로 2.19~3.09 mg/100 g라고 하였는데 토마토의 평균 수분함량이 약 90%임을 감안하면 Rafito 품종과 Momotaro TY Winner 품종과 유사한 함량이었다. 또한, Kim 등(2015)은 국내산 토마토의 lycopene 함량을 정량한 결과는 43.3 mg/100 g이 포함되었다고 보고하였는데 Rafito 품종과 Momotaro TY Winner 품종의 lycopene 함량보다는 많았으나 Medison 품종보다는 다소 적은 양이었다.

국내산 토마토 세가지 품종의 lycopene 함량을 정량한 결과, Medison 품종에 가장 높은 농도의 lycopene이 함유되어 있음을 알 수 있었다.

### 3.2. 국내산 토마토 품종별 $\beta$ -carotene의 함량

국내산 토마토의  $\beta$ -carotene을 정량한 결과는 Table 2와 같았다.

Rafito 품종과 Medison 품종의  $\beta$ -carotene 함량은 각각 2.79 mg/100 g, 2.92 mg/100 g으로 비슷하였고 유의적인 차이는 없었다( $p < 0.01$ ). Momotaro TY Winner 품종에는 2.00 mg/100 g이 함유되어 있어 세가지 품종 중  $\beta$ -carotene 함량이 가장 낮았다.

외국의 연구를 보면 Erge와 Karadeniz (2011)가 터키산 토마토의  $\beta$ -carotene 함량이 2.7~11.2 mg/100 g으로 다양하게

Table 2.  $\beta$ -Carotene contents of domestic tomato varieties

Tomato varieties	$\beta$ -Carotene content (mg/100 g dry weight)
Rafito	2.79±0.04 <sup>a</sup>
Momotaro TY Winner	2.00±0.03 <sup>b</sup>
Medison	2.92±0.03 <sup>a</sup>
<i>F</i> -value	410.609 <sup>***1)</sup>

Values with different superscript letters are different significantly at  $p < 0.01$ .

1) \*\*\*  $p < 0.001$

분포한다고 하였는데, 국내산 토마토에 포함된  $\beta$ -carotene 함량보다는 높은 값이었다. 또한, Guil-Guerrero와 Reboloso-Fuentes (2009)는 스페인산 토마토에서 최대 5.6 mg/100 g의  $\beta$ -carotene이 발견되었다고 보고하였는데, 국내산 토마토는 이에 비해 적은  $\beta$ -carotene 함량을 나타내었다.

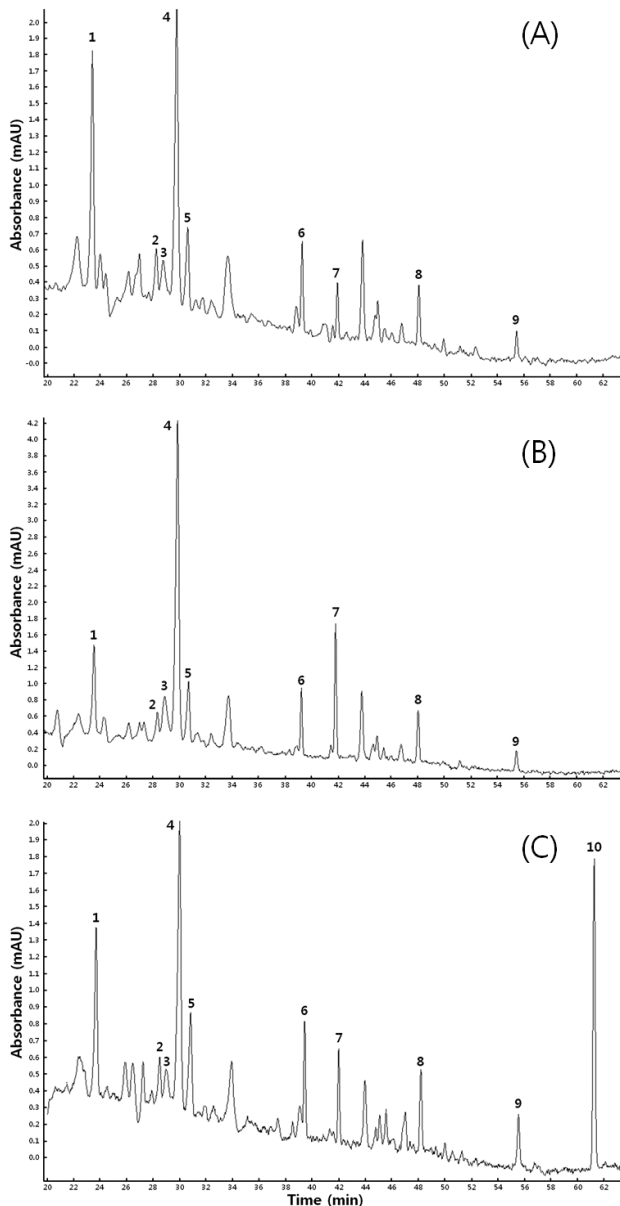
국내산 토마토의  $\beta$ -carotene 함량을 정량한 결과를 살펴보면 Na 등(2013)이 지역별 국내산 농산물의 phytochemical 함량을 분석한 연구에서 토마토에는 신선과일 기준(fresh weight)으로 10.0~15.7 mg/kg이 함유되어 있다고 하였는데, 토마토의 수분함량(약 90%)을 고려하면 건조중량(dry weight) 기준으로 약 10~16 mg/100 g이 함유된 것으로 볼 수 있는데 본 연구의 결과에 비해 상당히 높은 값이었다. 반면, Kim 등(2015)에 의하면 시중에서 구입한 토마토의  $\beta$ -carotene 함량이 1.3 mg/100 g(건조 중량 기준)이라고 하였는데 본 연구결과에 비해 상대적으로 낮은 값이었다. 이와 같은 차이는 품종의 차이에서 기인하기도 하지만 토마토의 숙성도에 따라 영양성분 및 생리활성 성분이 달라지므로(Lenucci et al., 2006) 숙성도의 차이에 따라 발생하였을 가능성이 있는 것으로 판단된다. 다만, Na 등(2013)과 Kim 등(2015)의 연구에서는 시중에서 유통되는 토마토를 재료로 연구하였으므로 재배이력이나 숙성도에 관해서는 정확히 알 수 없어 본 연구에서 제시한 국내산 토마토의  $\beta$ -carotene 함량과 차이가 나는 원인을 정확히 규명하기에는 어려움이 있었다.

### 3.3. 폴리페놀 화합물의 분석 및 동정

국내산 토마토에 포함된 폴리페놀 화합물에 관한 연구는 매우 드문 실정인데 본 연구에서는 국내산 토마토 세가지 품종에 대해 HPLC와 LC-MS/MS로 폴리페놀 성분을 분리하고 동정하여 보았다. HPLC로 국내산 토마토에 포함된 폴리페놀 성분을 분리한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 다수의 물질이 분리되었는데 단일 peak로 분리 가능한 물질(peak 1~10)을 LC-MS/MS로 분석하여 동정하였다(Table 3). LC-MS/MS로 분리된 화합물을 동정하기 위해서는 190~400 nm 파장 범위에서 최대 흡광도를 갖는 파장( $\lambda_{max}$ ), precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)

의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값을 활용하였고 선행 연구(Ana et al., 2004; Choi et al., 2010; Kim & Ahn, 2014; Maietta et al., 2017; Moco et al., 2006; Mullen et al., 2007)의 결과와 비교하여 화합물을 동정하였다.

Peak 1, 2는 precursor ion의  $m/z$  값이 동일하여 같은 분자량을 가진 물질로 추정할 수 있었다. 또한 peak 1, 2가 공통적으로 179, 135의 값을 갖는 MS/MS ion fragment를 보였는데, Maietta et al. (2017)의 연구에 의하면 이와 같은 값을 갖는 MS/MS ion fragment를 caffeic acid로 동정한 바 있어 이를 바탕으로 peak 1, 2는 caffeic acid의 유도체로 판단할 수 있었



**Fig. 1.** HPLC chromatogram of three domestic tomato varieties. (A): Rafito, (B): Momotaro TY Winner, (C): Medison.

다. 선행연구(Moco et al., 2006; Mullen et al., 2007)에서 토마토로부터 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값 및 최대 흡광도를 갖는 파장이 거의 일치하는 물질을 분리하여 caffeic acid에 육탄당(hexose)이 결합된 물질이라 동정하였는데, hexose의 종류와 결합위치는 밝히지 못하였다. 본 연구에서도 육탄당의 종류와 결합위치는 알 수 없었으나 peak 1을 caffeic acid-hexose라 부분 동정하였다. Peak 2는 peak 1과 precursor ion의  $m/z$  값이 동일하므로 caffeic acid에 peak 1과 동일한 또는 분자량이 일치하는 hexose가 결합되어 있는 것으로 추정할 수 있다. 단, peak 1과는 최대 흡광도를 보이는 파장이 상이하여 hexose의 결합위치가 다른 이성질체로 판단할 수 있었다. 따라서 peak 1을 caffeic acid-hexose isomer I (CH I), peak 2를 caffeic acid-hexose isomer II (CH II)로 부분 동정하였다.

Peak 3과 4는 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값 및 최대 흡광도를 갖는 파장이 일치하여 분자량이 같은 이성질체로 판단하였다. Maietta et al. (2017)은 artichoke로부터 peak 3, 4와 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 유사한 물질을 분리하여 3-caffeoylquinic acid, 5-caffeoylquinic acid로 동정한 바 있다. 또한, Kim & Ahn (2014)은 방울토마토로부터 peak 3, 4와 동일한 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값 및 최대 흡광도를 갖는 파장을 갖는 물질을 분리하여 각각 3-caffeoylquinic acid와 5-caffeoylquinic acid로 동정하였다. 확인을 위하여 5-caffeoylquinic acid 표준품(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Missouri, USA)을 HPLC, LC-MASS로 분석한 결과 retention time, precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 peak 4와 일치함을 알 수 있었고 이를 바탕으로 peak 3을 3-caffeoylquinic acid (3-CQA), peak 4를 5-caffeoylquinic acid (5-CQA)로 동정할 수 있었다.

Peak 5는 peak 3, 4와 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값이 353, 최대 흡광도를 갖는 파장이 248, 326 nm로 일치하고 MS/MS ion fragment 중에 191의  $m/z$  값을 갖는 ion이 발견된 것으로 보아 caffeoylquinic acid의 이성질체로 추정할 수 있었다. 3-Caffeoylquinic acid와 5-caffeoylquinic acid로 각각 동정된 peak 3, 4와 결합위치가 다른 이성질체라면 1-caffeoylquinic acid, 4-caffeoylquinic acid 등으로 추정해 볼 수 있으나 선행연구의 결과와 비교하였을 때 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 일치하지 않아 정확하게 동정할 수는 없었다. 따라서 peak 5를 caffeoylquinic acid isomer (CQAI)로 부분 동정하였다.

Peak 6과 7은 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 301, 271로 동일하였으며, 선행연구(Moco et al., 2006)에 의하면 식물체에 포함된 폴리페놀 화합물 중 quercetin의 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값이 301이므로 peak 6과 7은 quercetin 유도체라고 예측하였다. Moco 등 (2006)은 토마토로부터 peak 6과 같은

Table 3. Identification of polyphenol compounds in three domestic tomato varieties

Peak <sup>1)</sup> No.	UV/VIS $\lambda_{\max}$ (nm)	Precursor ion [M-H] <sup>-</sup> (m/z)	MS/MS ion fragments	Identification
1	292, 244	341	179, 135	Caffeic acid-hexose isomer I (CH I)
2	316, 248	341	221, 179, 135	Caffeic acid-hexose isomer II (CH II)
3	326, 248	353	191, 179	3-Caffeoylquinic acid (3-CQA)
4	326, 248	353	191	5-Caffeoylquinic acid (5-CQA)
5	326, 248	353	204, 191	Caffeoylquinic acid isomer (CQAI)
6	354, 254	741	301, 271	Quercetin-3-apiosylrutinoside (Q-3-AR)
7	354, 256	609	301, 271	Quercetin-3-rutinoside (Q-3-R)
8	328, 250	515	353, 173,	Di-caffeoylquinic acid (di-CQA)
9	328, 250	677	353, 179, 173	Tri-caffeoylquinic acid (tri-CQA)
10	366, 250	271	151, 119	Naringenin chalcone (NGC)

<sup>1)</sup> Peak numbers are the same as those indicated in Fig. 1.

precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 741, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 301, 271, 255이며, 최대 흡광도를 보이는 파장이 256 nm인 물질을 분리하였는데 이를 quercetin-hexose-deoxyhexose-pentose라고 동정하였으나 hexose, deoxyhexose 및 pentose의 종류는 정확히 규명하지 못하였다. 이후에 Choi 등(2010)은 토마토로부터 같은 precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>), MS/MS ion fragment 및 최대 흡광도를 보이는 파장이 동일한 물질을 분리하여 quercetin-3-apiosylrutinoside라고 정확히 동정한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 peak 6을 quercetin-3-apiosylrutinoside (Q-3-AR)로 동정하였다. Peak 7은 quercetin의 유도체로서 최대 흡광도 파장이 354, 256으로 peak 6과 유사하였고 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 301, 271로 peak 6과 일치하였다. 그러나 precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 609로 분자량이 610인 물질이었다. 선행 연구에 의하면 토마토(Moco et al., 2006)와 대추(Choi et al., 2011)로부터 peak 7과 같은 최대 흡광도 파장, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>) 및 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 일치하는 물질이 분리되어 quercetin-3-rutinoside임이 밝혀졌다. 정확한 동정을 위하여 quercetin-3-rutinoside 표준물질을 사용하여 확인한 결과 최대 흡광도 파장, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>) 및 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 peak 7과 일치하여 peak 7을 quercetin-3-rutinoside (Q-3-R)로 동정할 수 있었다.

Peak 8은 최대 흡광도 파장이 328이고, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 515이며 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 353, 173이었다. Jung, Lee, Kozukue, Levin과 Friedman (2011)은 고구마로부터 최대 흡광도 파장이 328이고, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 515이며 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 353인 물질을 분리하여 4,5-dicaffeoylquinic acid로 동정한 바 있다. 반면, Maietta et al.(2017)은 artichoke로부터 precursor ion

([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 515이며 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 353, 335, 179인 물질과 동일한 precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값을 보이고 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 353, 335, 203, 191인 물질을 분리하여 각각 1,3-dicaffeoylquinic acid와 1,5-dicaffeoylquinic acid로 동정하였다. 즉, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 515이며 MS/MS ion fragment 중에서 353의  $m/z$  값을 보이는 물질은 quinic acid에 2개의 caffeic acid가 결합된 di-caffeoylquinic acid임을 알 수 있었는데 peak 8의 분석 결과를 선행 연구의 결과와 비교했을 때 최대 흡광도 파장, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 정확히 일치하는 물질을 찾을 수 없어 caffeic acid의 결합 위치는 알 수 없으나 di-caffeoylquinic acid (di-CQA)로 부분 동정하였다.

Peak 9는 최대 흡광도 파장이 328이고 precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 677이며 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 353, 179, 173이었다. MS/MS ion fragment 중 353, 191 및 179의  $m/z$  값은 caffeoylquinic acid에서 특징적으로 나타나는데, peak 9에서는 353과 179의  $m/z$  값은 갖는 MS/MS ion fragment가 발견되었다. 또한, Moco 등(2006)은 최대 흡광도 파장이 327, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 677, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 515, 353, 335, 179, 173인 물질을 분리하여 quinic acid에 3개의 caffeic acid가 결합된 tri-caffeoylquinic acid라고 동정하였는데 peak 9의 분석 결과와 비교하였을 때 모두 일치하지는 않으나 분자량([M-H]<sup>-</sup>)이 일치하고, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 거의 일치하여 peak 9를 tri-caffeoylquinic acid (tri-CQA)로 부분 동정하였다.

Peak 10은 최대 흡광도 파장이 366, precursor ion ([M-H]<sup>-</sup>)의  $m/z$  값이 271이며, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 151,

119이었다. 선행 연구에서 Moco 등(2006)은 최대 흡광도 파장이 365, precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값이 271이고, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 151, 119, 107인 물질을 분리하여 naringenin chalcone이라 동정하였는데, peak 10의 분석 결과와 매우 유사하였다. 정확한 동정을 위하여 naringenin chalcone 표준 물질을 LC-MS/MS로 분석하여 확인한 결과, peak 10과 최대 흡광도 파장, precursor ion ( $[M-H]^-$ ) 및 MS/MS ion fragment의  $m/z$  값이 일치하여 peak 10을 naringenin chalcone (NGC)로 동정할 수 있었다.

### 3.4. 폴리페놀 화합물의 함량

국내산 토마토 3종에 포함된 폴리페놀 화합물 중 정확히 동정된 5가지 폴리페놀 화합물의 함량을 정량한 결과는 Table 4와 같았다.

3-Caffeoylquinic acid (3-CQA)는 3가지 토마토 품종에 1.01~2.31 mg/100 g이 함유되어 있었는데 Medison 품종이 다른 2 품종에 비해 적은 3-CQA를 함유하고 있었다.

5-Caffeoylquinic acid (5-CQA)는 동정된 폴리페놀 화합물 중 3가지 토마토 품종에 공통적으로 가장 많이 함유되어 있었다. 5-CQA는 항당뇨 및 항비만 효과(Bouidielal, Henchiri, Siracusa, Sari, & Ruberto, 2012; Liu et al., 2015), 항암 활성(Lee, Joo, Oh, Choi, & Seo, 2014; Murad, Soares, Brand, Monteiro, & Teodoro, 2015)이 알려진 생리활성 물질로 국내산 토마토에 12.71~28.40 mg/100 g이 함유되어 있어 품종 간 함량의 차이가 컸다. Momotaro TY Winner 품종에 가장 많은 5-CQA가 포함되어 있었고 Medison 품종에 상대적으로 적은 5-CQA가 함유되어 있음을 알 수 있었다.

Quercetin-3-apiosylrutinoside (Q-3-AR)은 5.84~6.83 mg/100 g 수준으로 함유되어 있었는데 Momotaro TY Winner 품종이 6.83 mg/100 g의 Q-3-AR을 함유하고 있어 다른 2 품종에 비해 유의적으로 Q-3-AR의 함량이 높았다.

Quercetin-3-rutinoside (Q-3-R)은 항산화효과(Metodiewa, Kochman, & Karolczak, 1997), 혈액응집억제(Navarro-Núñez et al., 2008), 천식억제작용(Jung, Cho, & Kim, 2007) 등이 밝혀

진 기능성 물질로 rutin으로도 불리는 물질이다. 국내산 토마토 품종에서 동정된 폴리페놀 화합물 중 두 번째로 많이 함유된 성분으로 3.74~17.64 mg/100 g이 함유되어 있었는데 품종 간 함량의 차이가 현저하였다. Rafito 품종에 17.64 mg/100 g이 함유되어 가장 많은 함량을 보였고 Medison 품종에서 3.74 mg/100 g으로 가장 적게 발견되었다.

Naringenin chalcone (NGC)은 다양한 생리활성이 잘 알려진 물질로 항알러지 효과(Yamamoto et al., 2004; Iwamura et al., 2010), 항염증 효과(Hirai et al., 2007) 등이 밝혀졌다. 흥미 있는 사실은 세가지 국내산 토마토 품종 중에서 Medison 품종에서만 36.82 mg/100 g의 높은 농도의 NGC이 발견되었고 Rafito 품종과 Momotaro TY Winner 품종에서는 검출되지 않았다는 점이다. 즉, Medison 품종이 타 품종에 비해 3-CQA, 5-CQA 및 Q-3-R 등의 폴리페놀 화합물은 다소 적게 함유하고 있으나, NGC는 고농도로 함유하고 있어 Medison 품종이 다양한 기능을 갖는 NGC의 좋은 급원이 될 수 있음을 알 수 있었다. 국내산 토마토의 NGC의 분포를 더 정확하게 알아보기 위해서는 좀 더 많은 토마토 품종의 NGC 함량을 분석하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

## 4. 요약 및 결론

본 연구는 국내산 토마토의 생리활성 성분을 알아봄으로써 식품소재로서의 가치를 규명하기 위하여 수행되었다. 국내산 토마토 3종(Rafito, Momotaro TY Winner, Medison)에 포함된 lycopene,  $\beta$ -carotene의 함량을 정량하여 보았고 폴리페놀 화합물을 분리, 동정한 후 그 함량을 알아보았다.

국내산 토마토 세가지 품종의 lycopene 함량을 정량해 본 결과, Rafito 품종에 31.52 mg/100 g, Momotaro TY Winner 품종에 28.36 mg/100 g이 함유되어 있었고 Medison 품종에 60.18 mg/100 g의 lycopene이 함유되어 있어, Rafito 품종과 Momotaro TY Winner 품종에 비해 각각 1.9배, 2.1배의 높은 lycopene 함량을 보였다. 국내산 토마토의  $\beta$ -carotene을 정량한 결과 Rafito 품종과 Medison 품종에 각각 2.79 mg/100 g, 2.92

Table 4. Content of identified polyphenol compounds in three domestic tomato varieties (mg/100 g dry weight)

Tomato cultivar	3-CQA	5-CQA	Q-3-AR	Q-3-R	NGC
Rafito	2.31±0.10 <sup>a</sup>	16.31±0.06 <sup>b</sup>	6.11±0.23 <sup>b</sup>	17.64±0.13 <sup>a</sup>	ND <sup>1)</sup>
Momotaro TY Winner	1.97±0.13 <sup>a</sup>	28.40±0.29 <sup>a</sup>	6.83±0.11 <sup>a</sup>	11.06±0.25 <sup>b</sup>	ND
Medison	1.01±0.20 <sup>b</sup>	12.71±0.07 <sup>c</sup>	5.84±0.04 <sup>b</sup>	3.74±0.04 <sup>c</sup>	36.82±0.35
<i>F</i> -value	41.501 <sup>***2)</sup>	4,503.843 <sup>***</sup>	23.181 <sup>**</sup>	3,597.072 <sup>***</sup>	-

Values in the same column with different superscript letters are different significantly at  $p < 0.01$ .

<sup>1)</sup> Content was less than 0.01 mg/100 g.

<sup>2)</sup> \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ .

mg/100 g의  $\beta$ -carotene이 함유되어 있어 비슷한 수준을 보였고 Momotaro TY Winner 품종에는 2.00 mg/100 g의  $\beta$ -carotene이 함유되어 있어 세가지 품종 중  $\beta$ -carotene 함량이 가장 낮았다.

토마토에는 다양한 폴리페놀 화합물이 함유되어 있다. Lycopene,  $\beta$ -carotene, lutein 등의 카로티노이드(carotenoids)에 관한 연구는 다수 있으나 생리활성이 우수한 폴리페놀 화합물에 관해서는 잘 알려져 있지 않으며, 특히 국내산 토마토의 폴리페놀 화합물의 분포에 관해서는 연구가 부족한 면이 있다. 따라서 본 연구에서는 국내산 토마토 세가지 품종에 포함된 폴리페놀 화합물의 종류와 분포를 알기 위하여 폴리페놀 화합물을 HPLC로 분리하고 LC-MS/MS를 사용하여 precursor ion ( $[M-H]^-$ )의  $m/z$  값, MS/MS ion fragment의  $m/z$  값 등을 바탕으로 동정하여 보았다. 3종의 국내산 토마토로부터 다양한 폴리페놀 화합물을 분리할 수 있었는데, 3-caffeoylquinic acid (3-CQA), 5-caffeoylquinic acid (5-CQA), quercetin-3-apiosylrutinoside (Q-3-AR), quercetin-3-rutinoside (Q-3-R), naringenin chalcone (NGC)과 같은 5가지 화합물을 분리하여 완전 동정하였고 화학구조를 정확히 알 수 없으나 선행 연구의 결과와 비교하여 2종의 caffeic acid 유도체 즉, caffeic acid-hexose isomer I(CH I), caffeic acid-hexose isomer II(CH II)와 caffeoylquinic acid isomer (CQAI), di-caffeoylquinic acid (di-CQA), tri-caffeoylquinic acid (tri-CQA)와 같은 5가지 화합물을 분리하여 부분 동정할 수 있었다.

국내산 토마토 세가지 품종에 함유된 폴리페놀 화합물 중에서 정확히 동정된 5가지 폴리페놀 화합물의 함량을 알아본 결과, 5-CQA가 Momotaro TY Winner 품종에 28.40 mg/100 g, Rafito 품종에 16.31 mg/100 g, Medison 품종에 12.71 mg/100 g이 함유되어 있어 공통적으로 가장 많이 함유되어 있었는데, 5-CQA는 항당뇨, 항비만 및 항암 활성이 잘 알려진 폴리페놀 화합물이다. Q-3-R은 rutin으로 널리 알려진 물질로 항산화 효과, 혈액응집억제 효과, 천식억제 효과 등이 우수한 생리활성 물질인데, Rafito 품종에 17.64 mg/100 g, Momotaro TY Winner 품종에 11.06 mg/100 g, Medison 품종에 3.74 mg/100 g이 함유되어 있었다. 3-CQA는 3가지 토마토 품종에 1.01~2.31 mg/100 g이 함유되어 있었는데, Rafito 품종에 가장 많은 3-CQA가 함유되어 있었다. 또한, Q-3-AR은 5.84~6.83 mg/100 g 수준으로 함유되어 있었는데 Momotaro TY Winner 품종이 다른 2 품종에 비해 상대적으로 많은 Q-3-AR을 함유하고 있었다. 한편, 항알러지 효과와 항염증 효과가 우수한 NGC은 세가지 국내산 토마토 품종 중에서 Medison 품종에서만 발견되었는데, 36.82 mg/100 g의 높은 농도의 NGC이 함유되어 있어 Medison 품종이 NGC의 좋은 급원임을 알 수 있었다.

국내외에서 이루어진 토마토의 생리활성에 관한 선행연

구를 통해 lycopene에 의한 전립선암 예방 효과,  $\beta$ -carotene에 의한 항산화 및 항암 효과 등은 매우 잘 알려져 있다. 그러나 다양한 생리활성이 기대되는 폴리페놀 화합물에 관한 연구는 충분치 않았는데, 본 연구를 통해 국내산 토마토로부터 생리활성이 우수한 3-CQA, 5-CQA, Q-3-R 및 NGC 등의 폴리페놀 화합물을 분리, 동정함으로써 국내산 토마토의 식품학적 가치를 명확히 규명하는데 기여하였다고 판단된다. 그러나 본 연구에서는 세가지 종류의 국내산 토마토를 대상으로 폴리페놀 화합물을 분석하였는데, 국내에서 생산, 유통되는 완숙 토마토의 폴리페놀 화합물의 분포를 좀 더 명확하게 알기 위해서는 더 다양한 품종에 대해 폴리페놀 화합물의 분포를 살펴보아야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과는 그간 알려진 국내산 토마토의 생리활성 화합물이외에 다양한 폴리페놀의 존재를 규명함으로써 생리활성 식품소재로서의 새로운 가치를 밝히는데 기여하였다. 또한, 본 연구의 결과가 조리, 가공식품 분야에서 국내산 토마토의 활용성을 크게 증대시킬 수 있는 학문적 배경이 될 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- Ahn, J. B. (2016). Amino acid, amino acid metabolite, and GABA content of three domestic tomato varieties. *Culinary Science & Hospitality Research*, 22(6), 71-77.
- Ana, P., Franz, B., Žželjan, 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(7), 2466-2490.
- Boudjelal, A., Henchiri, C., Siracusa, L., Sari, M., & Ruberto, G. (2012). Compositional analysis and *in vivo* anti-diabetic activity of wild Algerian *Marrubium vulgare* L. infusion. *Fitoterapia*, 83(2), 286-292.
- Choi, S. H., Kim, D. H., & Kim, D. S. (2011) Comparison of ascorbic acid, lycopene,  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -carotene contents in processed tomato products, tomato cultivar and part. *Culinary Science & Hospitality Research*, 17(4), 263-272.
- Choi, S. H., Lee, S. H., Kim, H. J., Lee, I. S., Nobuyuki, K., Levin, C. E., & 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. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 58(13), 7547-7556.



- Davies, J. N., & Hobson, G. E. (1981). Constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 15(3), 205-280.
- Edward, G. (1999). Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 91(4), 317-331.
- Edward, G., Eric, B. R., Yan, L., Meir, J. S., & Walter, C. W. (2002). A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 94(5), 391-398.
- Erge, H. S., & Karadeniz, F. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of tomato cultivars. *International Journal of Food Properties*, 14(5), 968-977.
- Giovannucci, E. (2005). Tomato products, lycopene, and prostate cancer: A review of the epidemiological literature. *The Journal of Nutrition*, 135(8), 2030S-2031S.
- Gougoulas, N., Papachatzis, A., Kalorizou, H., Vagelas, I., Giurgiulescu, L., & Chouliaras, N. (2012). Total phenolic, lycopene and antioxidant activity of hydroponically cultured tomato sandin F1. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 4(2), 46-51.
- Graeme, E. H., Peter, A., & Timothy, J. D. (1983). Assessing the color of tomato fruit during ripening. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 34(3), 286-292.
- Guil-Guerrero, J. L., & Reboloso-Fuentes, M. M. (2009). Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition & Analysis*, 22(2), 123-129.
- Hirai, S., Kim, Y. I., Goto, T., Kang, M. S., Yoshimura, M., Obata, A., ... , Kawada, T. (2007). Inhibitory effect of naringenin chalcone on inflammatory changes in the interaction between adipocytes and macrophages. *Life Science*, 81(16), 1272-1279.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I., & Dalessandro, G. (2011). Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4), 588-595.
- 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. *Allergy International*, 59(1), 67-73.
- Jung, C. H., Cho, C. H., & Kim, C. J. (2007). Anti-asthmatic action of quercetin and rutin in conscious guinea-pigs challenged with aerosolized ovalbumin. *Archives of Pharmaceutical Research*, 30(12), 1599 - 1607.
- Jung, J. K., Lee, S. U., Kozukue, N., Levin, C. E., & Friedman, M. (2011). Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots. *Journal of Food Composition & Analysis*, 24(1), 29-37.
- Kim, H. Y., & Ahn, J. B. (2014). Physicochemical properties of a Betatini variety of *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* (cherry tomato). *Food Engineering Progress*, 18(3), 222-228.
- Kim, H. K., Chun, J. H., & Kim, S. J. (2015). Method development and analysis of carotenoid compositions in various tomatoes. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 34(3), 196-203. <http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2015.34.3.23>
- Lee, H. N., Joo, J. H., Oh, J. S., Choi, S. W., & Seo, D. W. (2014). Regulatory effects of *Siegesbeckia glabrescens* on non-small cell lung cancer cell proliferation and invasion. *The American Journal of Chinese Medicine*, 42(2), 453-463.
- Lee, M. S., & Kim, G. H. (1986). Quality evaluation of raw tomato fruits. *Journal of Food Science*, 18(5), 335-338.
- Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., & Dalessandro, G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 54(7), 2606-2613.
- Liu, S. L., Peng, B. J., Zhong, Y. L., Liu, Y. L., Song, Z., & Wang, Z. (2015). Effect of 5-caffeoylquinic acid on the NF- $\kappa$ B signaling pathway, peroxisome proliferator-activated receptor gamma 2, and macrophage infiltration in high-fat diet-fed Sprague-Dawley rat adipose tissue. *Food & Function*, 6(8), 2779-2786.
- Maietta, M., Colombo, R., Lavecchia, R., Sorrenti, M., Zuurro, A., & Papetti, A. (2017). Artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus*) waste as a natural source of carbonyl trapping and antiglycative agents. *Food Research International*, 100(1), 780-790.
- Mares-Perlman, J. A., Fisher, A. I., Klein, R., Patla, M., Block, G., Millen, A. E., & Wright, J. D. (2001). Lutein and zeaxanthin in the diet and serum and their relation to age-related maculopathy in the third national health and nutrition examination survey. *American Journal of Epidemiology*, 153(5), 424-432.
- Metodiewa, D., Kochman, A., & Karolczak, S. (1997). Evidence for antiradical and antioxidant properties of four biologically active N,N-diethylaminoethyl ethers of flavone oximes:

- A comparison with natural polyphenolic flavonoid rutin action. *Biochemistry & Molecular Biology International*, 41(5), 1067-1075.
- Moco, S., Bino, R. J., Vorst, O., Verhoeven, H. A., Groot, J., van Beek, T. A., ... , Ric de Vos, C. H. (2006). A liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolome database for tomato. *Plant Physiology*, 141(4), 1205-1218.
- Mullen, W., Marks, S. C., & Crozier, A. (2007). Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 55(8), 3148-3157.
- Murad, L. D., Soares, N. C., Brand, C., Monteiro, M. C., & Teodoro, A. J. (2015). Effects of caffeic and 5-caffeoylquinic acids on cell viability and cellular uptake in human colon adenocarcinoma cells. *Nutrition & Cancer*, 67(3), 532-542.
- Na, H. S., Kim, J. Y., Yun, S. H., Park, H. J., Choi, G. C., Yang, S. I., ... , Cho, J. Y. (2013). Phytochemical contents of agricultural products cultivated by region. *Korean Journal of Food Preservation*, 20(4), 451-458.
- Navarro-Núñez, L., Lozano, M. L., Palomo, M., Martínez, C., Vicente, V., Castillo, J., ... , Rivera, J. (2008). Apigenin inhibits platelet adhesion and thrombus formation and synergizes with aspirin in the suppression of the arachidonic acid pathway. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 56(9), 2970 - 2976.
- 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. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 44(8), 2306-2309.
- Stahl, W., Heinrich, U., Wiseman, S., Eichler, O., Sies, H., & Tronnier, H. (2001). Dietary tomato paste protects against ultraviolet light-induced erythema in human. *Journal of Nutrition*, 131(5), 1449-1451.
- Talalay, P. (2000). Chemoprotection against cancer by induction of phase 2 enzymes. *Biofactors*, 2(1), 5-11.
- Toma, R. B., Frank, G. C., Nakayama, K., & Fawfik, E. (2008). Lycopene content in raw tomato varieties and tomato products. *Journal of Food Service*, 19(2), 127-132.
- Yamamoto, T., Yoshimura, M., Yamaguchi, F., Kouchi, T., Tsuji, R., Saito, M., ... , Kikuchi, M. (2004). Anti-allergic activity of naringenin chalcone from a tomato skin extract. *Bioscience, Biotechnology, & Biochemistry*, 68(8), 1706-1711.

---

2017년 11월 20일      접   수  
2017년 12월 03일    1차 논문수정  
2018년 01월 10일    논문 게재확정