

## 색깔이 다른 방울토마토의 품질특성, 생리활성 물질 및 항산화 활성

황은선 · 김소연

한경대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학전공

### Quality Characteristics, Bioactive Substances, and Antioxidant Activity of Differently Colored Cherry Tomatoes

Eun-Sun Hwang and Soyeon Kim

Major in Food and Nutrition, School of Wellness Industry Convergence, Hankyong National University

**ABSTRACT** The quality characteristics, physiologically bioactive substance content, and antioxidant activity of different color cherry tomatoes (red, orange, yellow, and green) were measured. The moisture, crude protein, and crude fat contents of cherry tomatoes obtained were in the range 92.38~93.34%, 0.14~0.16%, and 0.04~0.06%, respectively, with no difference observed according to color. Sugar content was the highest for red tomatoes (7.50 Brix) and the lowest for green tomatoes (5.80 Brix). The green tomato had the lowest pH of 4.14 and the highest acidity (0.42). Brightness ( $L^*$ ) was the highest in yellow tomatoes and lowest in red tomatoes. The highest values for redness and yellowness were obtained for red and yellow tomatoes, respectively. The tomato color had no effect on the total polyphenol content, but was relatively high in yellow tomato (344.19  $\mu\text{g}$  GAE/g). The total flavonoid content of cherry tomatoes ranged between 62.37~100.49  $\mu\text{g}$  QE/g and showed the highest value (100.49  $\mu\text{g}$ ) in yellow cherry tomatoes. Lycopene was the highest in red tomatoes, and  $\beta$ -carotene was the highest in orange tomatoes. DPPH and ABTS radical scavenging activities were 77.39~78.07% and 64.08~65.24%, respectively, showing no significant difference between the colors. Taken together, the above results show that contents of flavonoids and carotenoids differed in cherry tomatoes depending on the color, but the overall antioxidant activity was high, irrespective of color.

**Key words:** antioxidant activity, carotenoid, cherry tomato, lycopene, quality characteristic

## 서 론

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)는 일년생의 가지과(*Solanaceae*) 식물로서 전 세계적으로 많은 양이 소비되는 과채류 중 하나이며, 세계 10대 건강식품 중 하나로 미국의 시사주간지 Time지가 선정한 바 있다(Willcox 등, 2003). 토마토는 독특한 풍미와 식욕을 자극하는 색을 지니고 있어 생식용뿐만 아니라 주스, 페이스트, 소스, 퓨레, 케첩, 통조림 등 다양한 가공품의 원료로 널리 이용되고 있으며, 그 소비량은 매년 증가하는 추세에 있다(Xu 등, 2018; Collins 등, 2022). 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill var. *cerasiforme*)는 페루와 칠레 북부가 원산지로서 적어도 1800년대 초부터 재배한 것으로 알려져 있다(Smith, 1994). 맛, 풍미, 색깔 등이 일반 토마토와 거의 비슷하나 열매가 보통 2~3 cm로 작고 조그마한 방울과 같다고 하여

방울토마토 또는 영어로는 체리 토마토(cherry tomato)라고 불린다(Park 등, 2007; Gill과 Kaur, 2019). 방울토마토는 일반 토마토에 비해 당도가 2~3°Brix 정도 더 높고 고형분 함량이 많아 질감이 비교적 단단하고 쉽게 물러지지 않으며, 수확 후 보관이 용이하고 품질을 비교적 오래 유지할 수 있는 등의 장점이 있다. 최근에는 다양한 색깔의 방울토마토가 개발되어 재배가 활발히 이루어지고 있으며 먹기에 간편하여 간식이나 후식용으로 널리 애용되고 있다(Gill과 Kaur, 2019; Vieira 등, 2020).

토마토는 비타민 A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, C, 칼슘, 당 및 유기산 함량이 높고, 특히 라이코펜, 베타카로틴, 루테인 등의 카로티노이드 성분이 풍부하다(Gómez-Prieto 등, 2003; Bhowmik 등, 2012). 카로티노이드는 40여 개의 탄소가 기본이 되어 이루어진 불포화탄화수소의 일종으로 노란색, 주황색, 빨간색 등을 나타내는 천연 색소 물질이다(Kamiloglu 등,

Received 4 March 2022; Revised 1 August 2022; Accepted 5 August 2022

Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Major in Food and Nutrition, School of Wellness Industry Convergence, Hankyong National University, 327, Chungang-ro, Anseong, Gyeonggi 17579, Korea, E-mail: ehwang@hknu.ac.kr

© 2022 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2013). 카로티노이드는 식물의 색소체에서 합성되어 저장되며 광합성의 보조색소로서 광 흡수에 관여할 뿐만 아니라 과다한 빛에너지로부터 식물세포를 보호하는 역할을 한다(Marti 등, 2016). 카로티노이드는 공액 이중결합을 많이 가지고 있어 빛, 산소, 온도 등에 불안정하고, 지용성 물질이므로 지방과 함께 섭취할 때 체내 이용률이 높아진다(Kamiloglu 등, 2013). 식물과 달리 인체는 카로티노이드를 직접 합성하지 못하기 때문에 음식을 통해 섭취해야 한다. 특히, 토마토에서 붉은색을 나타내는 라이코펜은 강력한 항산화 활성을 지니고 있으며, 암 예방에도 탁월한 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Collins 등, 2022). 동물실험, 인체실험 및 역학조사에 따르면 토마토와 토마토 제품의 섭취는 전립선암, 유방암, 대장암 등 암세포의 성장, 전이, 침윤을 억제하여 암의 위험을 감소시키는 것으로 보고되고 있다(Giovannucci, 1999; Singh와 Goyal, 2008; Bhowmik 등, 2012; Marti 등, 2016; Collins 등, 2022). 또한, 라이코펜과 칼륨은 체내의 LDL 콜레스테롤의 산화와 나트륨 배출을 촉진함으로써 콜레스테롤 수치와 혈압을 낮추는 효과가 있다(Collins 등, 2022). 아울러 지방 대사작용을 비롯하여 동맥경화 억제, 모세혈관 강화, 조혈 기능, 혈당 상승 억제 등의 생리활성이 보고되고 있다(Yin 등, 2019; Kuhalskaya 등, 2020).

본 연구에서는 색이 다른 방울토마토 4종(빨강, 주황, 노란색 및 초록색)의 이화학적 품질특성, 카로티노이드를 비롯한 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정함으로써 방울토마토의 색깔에 따른 차이점을 탐색하여 토마토 소비를 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

Folin-Ciocalteu's phenol reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), gallic acid, catechin은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)는 Fluka(Heidelberg, Germany)에서 구입하였다. 그 외 시약들은 Sigma-Aldrich Chemical Co.와 Junsei chemical Co., Ltd.(Tokyo, Japan)에서 분석용 등급을 구입하여 사용하였다.

### 토마토 시료

색이 다른 4종(빨강, 주황, 노란색 및 초록색)의 방울토마토는 강원도 춘천의 농장에서 수확한 것을 직접 구입하여 사용하였다. 초록색 토마토는 미숙과로 수확 후 자연숙성에 의해 빨강, 주황 및 노란색의 고유 색상을 나타내기 전의 것을 실험에 사용하였다. 토마토는 흐르는 물에 깨끗이 세척한 후 물기를 제거한 후에 실험목적에 부합하도록 신선한 상태로 사용하거나  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동 후 동결건조기(FDU-

1200, EYELA Ltd., Co., Tokyo, Japan)에 넣어 건조하여 분쇄기(Hanil, Seoul, Korea)로 분말 형태로 만들어  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 일반성분 함량 측정

신선한 토마토에 함유된 수분, 조회분, 조지방 및 조단백질 함량은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였다. 수분은  $105^{\circ}\text{C}$ 로 맞춘 드라이오븐(EYELA)에서 건조하여 정량하였고, 조회분은  $600^{\circ}\text{C}$  회화로(Jeil, Seoul, Korea)에서 회화시켜 측정하였다. 조단백질은 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 semimicro-Kjeldahl법으로 분석하였고, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043, Foss Tecator)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였다.

### pH, 당도, 산도 및 당산비 측정

토마토의 pH, 당도 및 산도 측정을 위해 신선한 시료를 믹서기에 넣고 마쇄한 후에  $13,500\times g$ 에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 상등액을 얻었다. pH는 상등액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 당도는 상등액을 취하여 당도계(PR-201a, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 산도는 AOAC 방법(1995)에 따라 시료 추출액 10 mL에 pH meter 전극을 담그고 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는데 필요한 NaOH 양(mL)을 citric acid 함량으로 환산하여 나타내었다. 당산비는 당도를 산도로 나누어 계산하였다.

### 유리당 및 유기산 분석

동결건조시킨 토마토 분말 0.3 g에 증류수 30 mL를 첨가하여 vortex mixer로 혼합한 후에 실온에서 10분 동안 추출하고, 16,700 rpm에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)하여 얻은 상등액을 유리당과 유기산 분석에 사용하였다. 유리당은 High Performance Liquid Chromatography-Refractive Index Detector(HPLC-RID)(Dionex ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 시료는 10  $\mu\text{L}$ 를 주입하여 Sugar-pak (300 mm $\times$ 6.5 mm, Waters, Milford, MA, USA) 칼럼을 사용하였고 water를 이동상으로 하여 0.5 mL/min 유속으로  $70^{\circ}\text{C}$ 에서 35분간 분석하였다.

유기산은 HPLC-Diode Array Detector(DAD)(Agilent 1260 infinity, Agilent, Santa Clara, CA, USA)로 440 nm에서 분석하였다. 시료는 10  $\mu\text{L}$ 를 주입하고 Sodex RSpak KC-811 칼럼(300 mm $\times$ 8.0 mm, Showa Denko America, Inc., New York, NY, USA)을 사용하였고 3 mM perchloric acid 수용액을 이동상으로 하여 0.7 mL/min 유속으로  $80^{\circ}\text{C}$ 에서 35분간 분석하였다.

### 색도 측정

토마토의 표면색은 색도계(Chrome Meter CR-300, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도( $L^*$ , lightness), 적색도( $a^*$ , redness), 황색도( $b^*$ , yellowness)를 측정하였다. 색도 보정을 위해  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값이 각각 97.10, +0.24, +1.75인 백색 표준판을 사용하였다.

### 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

동결건조시킨 토마토 분말에 20배의 95% 에탄올을 첨가하여 vortex mixer로 혼합한 후에 40°C에서 10분 동안 초음파 수조(Powersonic 400, Hwashin Tech Co., Ltd., Seoul, Korea)에 넣고 추출한 후, 16,700 rpm에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)하여 상등액을 얻었다. 상등액을 적절한 농도로 희석한 후 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 분석을 위한 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 시료 용액 0.5 mL와 2 N Folin 시약 0.5 mL를 혼합하여 3분간 실온에서 반응시킨 후, 2% sodium carbonate 1.5 mL를 첨가하여 표면을 호일로 감싼 후에 2시간 동안 암소에서 반응시켰다. 반응물은 microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd., San Jose, CA, USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총 폴리페놀 함량을 gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량은 시료 추출액 1 mL와 2% aluminium chloride methanolic solution 1 mL를 혼합하여 실온에서 15분 동안 반응시킨 후에 430 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 quercetin의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총 플라보노이드 함량을 quercetin equivalent(QE)로 표시하였다.

### 카로티노이드 함량 분석

동결건조하여 분말화된 시료 100 mg을 glass-tube(125 × 15 mm)에 취한 후에 BHT(100 mg/L)가 첨가된 ethyl acetate 3 mL를 넣고 1분 동안 vortexer로 혼합하면서 시료 중에 함유된 카로티노이드를 추출하였다. 6,000 rpm에서 5분 동안 원심분리한 후에 상등액(ethyl acetate 층)을 취하여 깨끗한 glass tube에 옮긴 후에 토마토 추출물에 다시 ethyl acetate 2 mL를 첨가하여 1분 동안 vortexer로 혼합하면서 카로티노이드를 추출하였다. 추출물의 붉은 색이 거의 없어질 때까지 이 과정을 3회 반복한 후에 모인 ethyl acetate 층을 진공농축기로 농축하였다. 농축이 끝난 시험관에 diethyl ether 0.25 mL와 HPLC 이동상[methanol/acetonitrile/tetrahydrofuran(THF), 50:45:5, v/v/v] 0.75 mL를 넣어 농축된 물질을 완전히 녹인 후 syringe filter(PTFE, 0.45 µm)로 여과 후 시료 중에 함유된 카로티노이드 성분을 HPLC로 분석하였다. 카로티노이드는 HPLC

**Table 1.** The HPLC condition for carotenoid and carotenoid isomer analysis

HPLC	Shimadzu HPLC
Column	C <sub>18</sub> Novapak (3.9 × 150 mm, 5 µm)
Mobile phase	Methanol : Acetonitrile : THF (50:45:5, v/v/v)
Flow rate	1 mL/min
Injection volume	10 µL
Column temperature	25°C
Detector	Shimadzu Programmable Multiwavelength Detector, SPD-M20A (@ 480 nm)

(Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였고, Methanol : Acetonitrile : THF(50:45:5, v/v/v)를 이동상으로 하였다. 분석용 칼럼은 C<sub>18</sub> Novapak(3.9 × 150 mm, 5 µm)을 사용하여 1 mL/min의 유속으로 분석하였다. Table 1에 명시된 조건으로 HPLC를 이용하여 카로티노이드를 분석하였다.

### 항산화 활성 측정

토마토의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성(Cheung 등, 2003), ABTS 라디칼 소거 활성(Re 등, 1999) 및 환원력(Oyaizu, 1986)으로 측정하였다. 항산화 활성 측정을 위한 토마토 추출액은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석에서 서술한 방법으로 추출하였고, 토마토 추출액은 300 µg/mL의 농도로 희석하여 항산화 활성을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성은 토마토 추출액 100 µL와 0.2 mM DPPH 용액 100 µL를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하였다. 토마토 추출액의 DPPH 라디칼 소거 활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거 활성은 7.0 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 실험 24시간 전에 암소에서 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 735 nm에서 흡광도 값이 0.73 ± 0.03이 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 토마토 추출액 100 µL와 흡광도를 맞춘 ABTS 용액 100 µL를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후에 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 토마토 추출액의 ABTS 라디칼 소거 활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

환원력은 토마토 추출액 1 mL에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6)과 1%의 potassium ferricyanide 1 mL를 순서대로 첨가하여 50°C의 항온수조에서 20분간 반응시켰다. 반응이 종료된 후에 10% TCA 용액을 1 mL 넣어 13,500 × g에서 15분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)한 후에 상등액을 얻었다. 상등액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각각 1 mL씩 차례로 첨가하고 혼합한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하여 얻은 값을 환원력으로 나타냈다.

**Table 2.** Proximate contents of cherry tomatoes according to different color

Color of tomatoes	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat
Red	92.38±0.86 <sup>a</sup>	0.51±0.03 <sup>ab</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>
Orange	92.61±0.07 <sup>a</sup>	0.51±0.01 <sup>ab</sup>	0.16±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.03 <sup>a</sup>
Yellow	92.89±0.04 <sup>a</sup>	0.47±0.03 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>
Green	93.34±0.31 <sup>a</sup>	0.57±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different superscripts (a,b) within the same column are significantly different at  $P<0.05$ .

### 통계분석

실험 결과에 대한 통계학적 분석은 R-Studio (Version 3.5.1, Boston, MA, USA)를 이용한 분산분석을 실시하였고, 결과의 유의적 차이는 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로  $P<0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 함량

색깔이 다른 방울토마토의 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 수분은 92.38~93.34%로 방울토마토 색에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 조회분은 0.47~0.57%까지 나타났으며, 초록색 토마토에서 0.57%로 가장 높았고, 노란색 토마토가 0.47%로 가장 낮았다. 조단백질과 조지방은 각각 0.14~0.16% 및 0.04~0.06%로 토마토 색에 따른 통계적으로 유의성 있는 차이는 관찰되지 않았다.

토마토는 수분이 많은 과채류 중 하나로, 선행연구에서도 토마토 생과의 수분은 토마토 품종, 크기, 색깔 등에 따라 다르며 약 85.10~95.20%의 수분을 갖는 것으로 보고되고 있다(Yoon 등, 1999; Park 등, 2015; Kang 등, 2018). 일반 토마토에 비해 방울토마토는 수분함량이 적고 고형분 함량이 높은 것으로 알려져 있다. 매우 미량의 단백질과 지방이 존재하며 약 3% 전후의 탄수화물이 포도당과 과당의 형태로 함유된 것으로 알려져 있다(Agius 등, 2018).

### 토마토의 pH, 당도, 산도 및 당산비 측정

색이 다른 방울토마토의 pH, 당도 및 산도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 토마토 pH를 측정한 결과, 토마토의 색에 따라 차이를 보였다. 초록색 토마토가 pH 4.14로 가장 낮았고, 주황색 토마토는 pH 4.36으로 가장 높은 값을 보였

다. 빨간색과 노란색 토마토의 pH는 각각 4.22 및 4.31로 나타났다. 색이 다른 토마토의 적정 산도를 측정한 결과, 초록색 토마토에서 0.42로 가장 높은 값을 나타냈고, 노란색 토마토에서 0.34로 가장 낮은 값을 보였다. 식품의 pH와 산도는 식품 분석에서 상호 보완적으로 측정하는데 pH는 특정 식품에서 자라는 미생물의 능력을 평가하는 데 중요하지만, 적정 산도는 식품의 유기산이 풍미에 미치는 영향을 pH보다 더 정확하게 예측하는 것으로 알려져 있다(Guzel-Seydim 등, 2000; Marconi 등, 2007).

당도는 빨간색 토마토의 당도가 7.5°Brix로 가장 높았고, 주황색(7.4°Brix), 노란색(6.8°Brix) 토마토의 순으로 당도가 낮아졌고, 초록색 토마토는 5.8°Brix로 가장 낮은 당도 값을 보였다.

당산비는 생과실에 함유된 당에 대한 산 함량의 비율로, 과실의 품질에 영향을 주는 중용한 지표로 일반적으로 당산비 값이 클수록 단맛과 신맛이 어우러져 기호도가 높다(Yang 등, 2012). 빨간색, 주황색 및 노란색 토마토의 당산비는 각각 19.23, 20.56 및 20.00으로 높은 수치를 나타낸 반면, 성숙도가 낮은 초록색 토마토의 당산비는 13.81로 낮게 나타나 빨강, 주황 및 노란색 토마토에 비해 단맛과 신맛의 조화된 맛이 부족함을 알 수 있었다.

### 유리당 및 유기산 분석

색이 다른 방울토마토에 함유된 유리당과 유기산 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 토마토에는 glucose와 fructose의 유리당을 확인하였다. 빨간색 토마토에는 건조분말 100 g당 glucose와 fructose가 각각 27.98 mg 및 32.07 mg 들어있었으며, 총 유리당 함량은 60.05 mg으로 가장 높은 수치를 나타냈고 그 뒤를 이어 주황색, 노란색 및 초록색 토마토의 순이었다. Agius 등(2018)은 HPLC 분석을 통해 토마토에는 포도당과 과당이 함유되어 있음을 확

**Table 3.** pH, sugar contents, total acidity, and ratio of sugar contents to total acidity of cherry tomatoes according to different color

Color of tomatoes	pH	Sugar content (SC) (°Brix)	Total acidity (TA)	SC/TA ratio
Red	4.22±0.00 <sup>c</sup>	7.5±0.00 <sup>a</sup>	0.39±0.02 <sup>b</sup>	19.23±0.01 <sup>a</sup>
Orange	4.36±0.01 <sup>a</sup>	7.4±0.00 <sup>b</sup>	0.36±0.01 <sup>c</sup>	20.56±0.01 <sup>a</sup>
Yellow	4.31±0.01 <sup>b</sup>	6.8±0.00 <sup>c</sup>	0.34±0.00 <sup>c</sup>	20.00±0.00 <sup>a</sup>
Green	4.14±0.00 <sup>d</sup>	5.8±0.00 <sup>d</sup>	0.42±0.00 <sup>a</sup>	13.81±0.00 <sup>c</sup>

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different superscripts (a-d) within the same column are significantly different at  $P<0.05$ .

**Table 4.** Free sugar and organic acid contents of cherry tomatoes according to different color

Color of tomatoes	Free sugars (mg/100 g)			Organic acids (mg/100 g)		
	Glucose	Fructose	Total	Citric acid	Malic acid	Total
Red	27.98±0.25 <sup>a</sup>	32.07±0.54 <sup>a</sup>	60.05±0.29 <sup>a</sup>	3.42±0.02 <sup>c</sup>	1.56±0.01 <sup>b</sup>	4.97±0.01 <sup>b</sup>
Orange	27.88±0.28 <sup>a</sup>	30.58±0.39 <sup>b</sup>	58.46±0.67 <sup>b</sup>	4.65±0.06 <sup>b</sup>	1.73±0.01 <sup>a</sup>	6.38±0.08 <sup>ab</sup>
Yellow	26.02±0.46 <sup>b</sup>	29.36±0.82 <sup>c</sup>	55.37±0.92 <sup>c</sup>	5.18±0.05 <sup>a</sup>	1.75±0.04 <sup>a</sup>	6.93±0.09 <sup>a</sup>
Green	25.23±0.52 <sup>c</sup>	28.55±0.75 <sup>d</sup>	53.77±1.06 <sup>d</sup>	5.13±0.06 <sup>a</sup>	1.72±0.16 <sup>a</sup>	6.85±0.22 <sup>a</sup>

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different superscripts (a-d) within the same column are significantly different at  $P<0.05$ .

인하였고, 숙성하지 않은 초록색 토마토에서는 포도당이 주요 당류이며 숙성하여 붉은색으로 변함에 따라 포도당보다는 과당의 함량이 높아짐에 따라 총 당류 함량이 약 4%까지 증가하는 것으로 보고(Yelle 등, 1998; Agius 등, 2018)하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

초록색 토마토에는 다른 색의 토마토에 비해 유리당이 적게 함유되어 있었으며, 이는 다른 색깔의 토마토와 비교하여 초록색 토마토의 당도가 가장 낮은 것과 일치한 결과를 보였다. 토마토의 유기산을 분석한 결과 citric acid와 malic acid를 확인하였고, 초록색과 노란색 토마토가 건조 분말 100 g당 citric acid와 malic acid 함량이 가장 높았고, 총 유기산 함량도 6.93 mg 및 6.85 mg으로 빨간색이나 주황색 토마토에 비해 높게 나타났다. 빨간색 토마토에는 citric acid와 malic acid가 각각 3.42 mg 및 1.56 mg으로 다른 색 토마토에 비해 유기산이 적게 함유되어 있었다. 과일과 채소에 들어있는 유기산은 생화학적인 과정, 미생물의 활동 등을 통해 생성되고, 식품의 품질과 영양가를 유지하는 데 있어 중요한 역할을 한다(Marconi 등, 2007). 토마토의 향미, 풍미, 질감과 같은 관능적인 특성은 품질을 결정하는 중요한 요인이며(Baldwin 등, 2015), 특히 유기산과 유기산의 유도체들은 품종, 숙성도, 저장 및 가공 조건 등에 따라 달라진다(Bhowmik 등, 2012; Ayuso-Yuste 등, 2022). 토마토에 함유된 당류와 유기산은 가용성 고형분의 대부분을 차지하고(Tigist 등, 2013; Agius 등, 2018), 토마토의 품질과 단맛, 신맛, 풍미에 직접적으로 영향을 미친다(Stevens, 1972). 토마토의 총 고형분 함량은 색이 진하고 숙성이 잘 될수록 증가하는 것으로 알려져 있다(Salunkhe 등, 1974; Kishore 등, 2011). 토마토의 주요 유기산은 citric acid, malic acid, glutamic acid이고, citric acid 함량이 가장 많은 것으로 알려져 있다(Marconi 등, 2007; Missio 등, 2015). Agius 등(2018)은 토마토에는 citric acid, malic acid와 같은 유기산이 함유되어 있으며, 성숙하지 않은 초록색 토마토에서는 유기산이 다량 함유되어 있으나 숙성되어 감에 따라 malic acid가 거의 사라지며 citric acid 함량도 감소하는 것을 확인하였다. 토마토의 저장 기간이 길어질수록 pH 값이 증가하고 산도가 감소하고 특히 산도, citric acid 및 malic acid 함량이 감소하여 pH가 증가하는 것으로 보고되고 있다(Tigist 등, 2013).

**Table 5.** Changes in Hunter's color value of cherry tomatoes according to different color

Color of tomatoes	L*	a*	b*
Red	34.89±1.84 <sup>d</sup>	17.16±0.32 <sup>a</sup>	16.69±0.69 <sup>d</sup>
Orange	44.53±0.41 <sup>b</sup>	8.98±0.40 <sup>b</sup>	33.28±1.01 <sup>b</sup>
Yellow	47.57±0.51 <sup>a</sup>	3.48±0.27 <sup>c</sup>	37.39±1.29 <sup>a</sup>
Green	41.08±0.47 <sup>c</sup>	-10.66±0.31 <sup>d</sup>	22.99±0.40 <sup>c</sup>

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different superscripts (a-d) within the same column are significantly different at  $P<0.05$ .

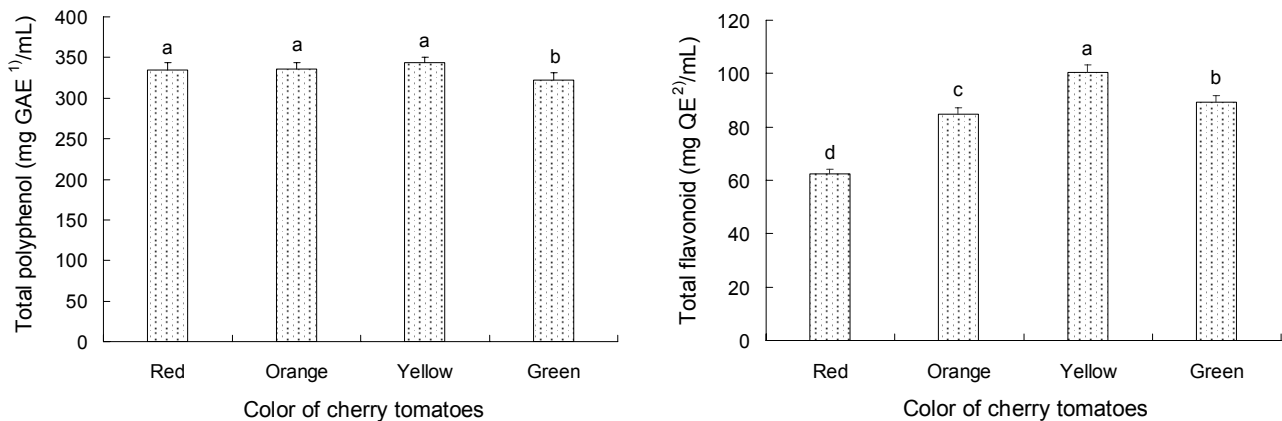
### 색도 측정

색이 다른 방울토마토의 색도는 Table 5와 같다. 밝기를 나타내는 명도(L\*) 값은 노란색> 주황색> 초록색> 빨간색의 순으로 나타났다. 노란색 토마토의 명도는 47.57로 가장 높았고, 빨간색 토마토는 34.89로 가장 낮은 값을 보였다. 적색도를 나타내는 a\*값은 빨간 토마토에서 17.16으로 가장 높은 값을 보여 적색도가 높음을 확인하였고, 초록색 토마토에서는 -10.66으로 음의 값을 나타내 녹색도가 짙음을 확인하였다. 주황색과 노란색 토마토의 적색도 값은 각각 8.98 및 3.48을 나타냈다. 적색도는 토마토에 함유된 붉은색 색소인 라이코펜과 주황색 색소인 베타카로틴에 의한 것으로, 라이코펜 함량이 높은 붉은색 토마토의 적색도가 가장 높은 것으로 사료된다. 황색도(b\*)는 노란색 토마토에서 37.39로 가장 높았고, 그 뒤를 이어 주황색> 초록색> 빨간색 토마토의 순으로 낮아졌으며 빨간색 토마토의 황색도는 16.69로 가장 낮은 값을 나타냈다. 이상의 결과를 통해 방울토마토 색에 따라 함유된 고유의 색소에 따라 명도, 적색도 및 황색도에 차이가 있음을 확인하였다.

### 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

방울토마토 색에 따른 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 총 폴리페놀 함량은 322.54~344.19 µg GAE/g으로 색에 따라 큰 차이를 보이지는 않았고 노란색 토마토에서 344.19 µg GAE/g으로 비교적 높았으며 초록색 토마토에서 322.54 µg GAE/g으로 가장 낮은 값을 보였다.

색깔이 다른 방울토마토의 총 플라보노이드 함량은 62.37~100.49 µg QE/g으로 토마토 색깔에 따라 큰 차이를 보였다. 노란색 방울토마토에서 100.49 µg QE/g으로 가장 높았



**Fig. 1.** Total polyphenol and total flavonoid contents of cherry tomatoes according to different color. Different letters (a-c) above bars are significant differences at  $P < 0.05$ . <sup>1</sup>GAE=gallic acid equivalent. <sup>2</sup>QE=quercetin equivalent.

고 빨간색 토마토에서 62.37로 가장 낮은 값을 보였다. 노란색 방울토마토는 빨간색에 비해 약 1.61배나 더 많은 총 플라보노이드를 함유한 것으로 나타났다. 주황색과 초록색 방울토마토의 총 플라보노이드 함량은 각각 84.62  $\mu\text{g QE/g}$  및 89.33.78  $\mu\text{g QE/g}$ 의 총 플라보노이드를 함유한 것으로 나타났다.

토마토에 함유된 카로티노이드, 비타민 C, 페놀화합물 등은 산화를 억제하는 것으로 알려져 있으며, 이들 항산화 물질은 토마토 품종, 유전적 특성, 숙성도 및 재배 조건 등에 따라 다르다(Leonardi 등, 2000). Kim과 Ahn(2014)은 LC/MS/MS 분석을 통해 국내에서 재배된 토마토로부터 caffeic acid, caffeic acid-hexose isomer, 3-caffeoylquinic acid, quercetin-trisaccharide, quercetin-3-rutinoside, naringenin chalcone 등의 10여 종의 폴리페놀 화합물을 검출하였고, 이들 중 생리활성이 밝혀진 화합물이 다수 있음을 확인하였다. Choi와 Ahn(2014)은 국내산 방울토마토로부터 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정된 결과 건조중량 1 g당 각각 12.28 mg과 3.89 mg의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드가 함유되어 있음을 확인하였고, Na 등(2013)은 국내의 각 지역에서 생산된 신선한 일반토마토 100 g당 각각 19.43~32.44 mg, 6.56~10.93 mg의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드가 함유되어 있다고 보고하여 토마토에는 시료 간의 차이가 있으나 폴리페놀 및 플라보노이드 물질을 함유하고 있음을 확인하였다. 또한, 방울토마토와 일반토마토의 폴리페놀 함량은 유사하였으나 플라보노이드 함량은 일반토마토에 비해 방울토마토에서 약 4~6배 높음을 확인하였다(Choi와 Ahn, 2014). 페놀화합물들은 병원체와 포식자에 대항하여 식물체를 보호하는 역할을 하므로 식물의 가장 바깥 부분에 축적되는 경향이 있다(Al-Wandawi 등, 1985). Toor와 Savage(2005)는 토마토를 껍질, 과육, 씨의 3개 부위로 나누어 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정하였는데, 토마토의 껍질 부위에서 가장 많은 폴리페놀 및 플라보노이드 화합물이 포함되어 있었고 그 뒤를 이어

과육과 씨의 순으로 나타났다.

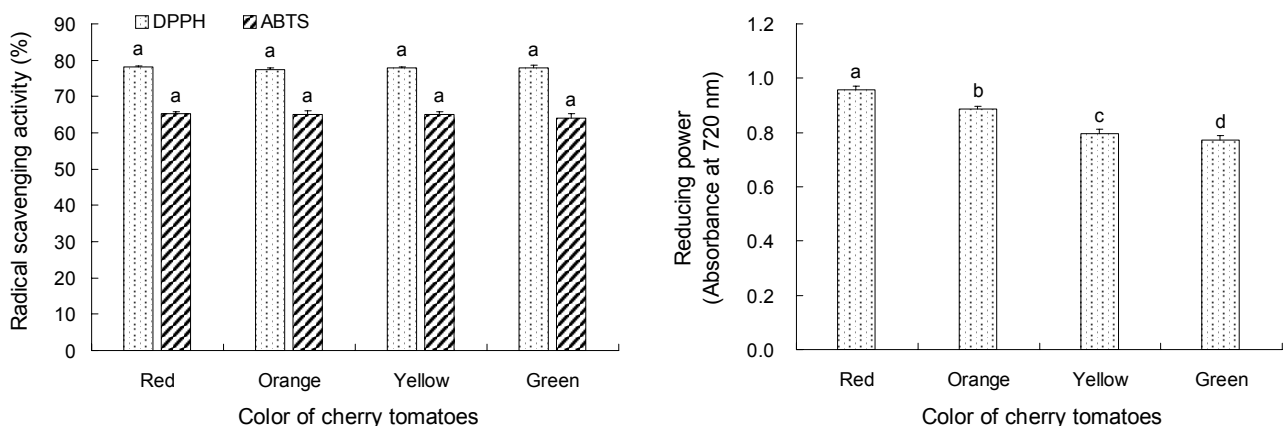
#### 카로티노이드 함량 분석

색깔이 다른 방울토마토 추출물로부터 카로티노이드 함량을 HPLC로 분석하여 루테인, 라이코펜 및 베타카로틴을 확인하였고, 이들의 머무름 시간은 각각 1.51, 4.59 및 7.48 분으로 나타났다. 토마토 색상에 따른 카로티노이드 함량은 Table 6에 나타냈으며, 개별적인 카로티노이드는 토마토 색깔에 따라 차이를 보였다. 루테인은 빨간색 토마토에서 1.13  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았고, 초록색 토마토에서 0.48  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮게 나타났다. 라이코펜은 빨간색 토마토에서 112.11  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았고, 그 뒤를 이어 주황색, 노란색 및 초록색 토마토 순으로 나타났다. 초록색 토마토의 라이코펜 함량은 4.75  $\mu\text{g/g}$ 으로 빨간색 토마토에 비해 라이코펜이 거의 함유되어 있지 않은 것을 확인하였다. 베타카로틴은 주황색 토마토에서 195.50  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았고 그 뒤를 이어 빨간색, 노란색 토마토로 나타났으며, 초록색 토마토에서는 19.36  $\mu\text{g/g}$ 으로 다른 색깔들의 토마토에 비해 가장 낮은 베타카로틴 함량을 나타냈다. Kim 등(2015)은 4종류의 토마토(일반토마토, 방울토마토, 빨간색 및 주황색 대추방울 토마토)로부터 카로티노이드를 분석하였고, 토마토에 함유되어 전체 카로티노이드 중에서 라이코펜이 90% 이상을 차지하고 그 뒤를 이어 루테인(약 4%)과 베타카로틴(약 3%)

**Table 6.** Carotenoid contents of cherry tomatoes according to different color

Color of tomatoes	Carotenoids ( $\mu\text{g/g}$ dry weight)		
	Lutein	Lycopene	$\beta$ -Carotene
Red	1.13 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	112.11 $\pm$ 2.46 <sup>a</sup>	103.13 $\pm$ 5.38 <sup>b</sup>
Orange	0.58 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	41.67 $\pm$ 2.36 <sup>b</sup>	195.50 $\pm$ 16.42 <sup>a</sup>
Yellow	0.56 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	28.79 $\pm$ 1.81 <sup>c</sup>	60.49 $\pm$ 2.96 <sup>c</sup>
Green	0.48 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	4.75 $\pm$ 0.27 <sup>d</sup>	19.36 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>

Data were the mean $\pm$ SD of triplicate experiment. Means with the different superscripts (a-d) within the same column are significantly different at  $P < 0.05$ .



**Fig. 2.** Antioxidant activity of cherry tomatoes according to different color. Different letters (a-d) above bars are significant differences at  $P < 0.05$ .

의 순으로 나타남을 확인하였다. 라이코펜은 빨간색 대추 방울토마토에서 건조중량 kg당 626.2 mg으로 가장 높았고, 그 뒤를 이어 일반토마토(433.0 mg), 방울토마토(422.6 mg) 및 주황색 대추방울토마토(87.4 mg/kg dry wt.)의 순으로 나타나 빨간색이 짙을수록 라이코펜 함량이 높음을 확인한 본 연구 결과와 일치하는 결과를 보였다.

#### 항산화 활성 측정

색깔이 다른 방울토마토의 항산화 활성을 알아보기 위해 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 환원력을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 방울토마토의 DPPH 라디칼 소거 활성은 77.39~78.07%로 색에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 방울토마토의 ABTS 라디칼 소거 활성은 64.08~65.24%로 DPPH 라디칼 소거 활성과 유사하게 토마토 색에 따른 차이는 나타나지 않았다. 720 nm에서의 흡광도로 측정한 환원력은 초록색 토마토에서 0.7726으로 가장 낮은 값을 보였고, 빨간색 토마토에서 0.9557로 가장 높은 수치를 나타냈다 ( $P < 0.05$ ). 노란색과 주황색 토마토의 환원력은 각각 0.7953 및 0.8869로 초록색 토마토보다 1.03 및 1.15배 높았다( $P < 0.05$ ). 이상의 결과를 통해 환원력으로 측정한 항산화 활성은 빨간색 토마토에서 가장 높고, 주황색, 노란색 및 초록색 토마토의 순으로 높음을 확인하였다.

선행연구에서 토마토 추출물은 50~500 µg/mL 농도에서 DPPH와 ABTS 라디칼 생성을 각각 5.35~73.13% 및 9.42~67.04%까지 억제했다고 보고되어 있다(Choi와 Ahn, 2014). 이는 토마토에 함유된 폴리페놀, 플라보노이드 및 카로티노이드의 강력한 항산화 활성에 기인한 것으로 토마토 추출물의 농도에 비례하여 항산화 활성이 증가하였다. 본 연구에서도 각기 다른 색상을 지닌 방울토마토 추출물은 색깔에 따라 주요 생리활성 물질의 함량에는 차이를 보였으나 항산화 활성에는 큰 차이가 없음을 확인하였다. 항산화 활성은 폴리페놀, 플라보노이드 및 카로티노이드 함량에 비례하여 높은 것을 확인하였다. 또한, 생리활성 물질은 토마

토 과육보다는 껍질 쪽에 많이 함유되어 있으며, 토마토 부위별로 항산화 활성을 측정한 결과 껍질의 항산화 활성이 가장 높았고, 과육과 씨의 순으로 항산화 활성이 높게 나타났다(Toor와 Savage, 2005).

#### 요 약

본 연구에서는 색깔이 다른 방울토마토 4종(빨간, 주황, 노란색 및 초록색)의 품질특성, 생리활성 물질 함량 및 항산화 활성을 측정하였다. 색깔에 따른 방울토마토의 수분, 조단백 및 조지방 함량은 각각 92.38~93.34%, 0.14~0.16% 및 0.04~0.06%로 색깔에 따른 차이가 없었으며, 조회분은 초록색 토마토에서 0.57%로 가장 높았고 노란색에서 0.47%로 가장 낮게 나타났다. 당도는 빨간색 토마토가 7.50°Brix로 가장 높았고 초록색 토마토는 5.80°Brix로 가장 낮았다. pH는 주황색 토마토가 pH 4.36으로 가장 높았고 초록색 토마토가 pH 4.14로 가장 낮았다. 산도는 초록색 토마토가 0.42로 가장 높았고 노랑색 토마토가 0.34로 가장 낮았다. 명도(L\*)는 노란색 토마토에서 47.57로 가장 높았고 빨간색 토마토에서 34.89로 가장 낮았다. 적색도(a\*)는 빨간색 토마토가 17.16로 가장 높았고 황색도(b\*)는 노란색 토마토가 37.39로 다른 색상의 토마토에 비해 가장 높은 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 322.54~344.19 µg GAE/g으로 노란색 토마토에서 비교적 높았고 초록색 토마토에서 낮은 값을 보였다. 총 플라보노이드 함량은 62.37~100.49 µg QE/g으로 토마토 색깔에 따라 큰 차이를 보였는데, 노란색 방울토마토에서 100.49 µg QE/g으로 가장 높았고 빨간색 토마토에서 62.37 µg QE/g으로 가장 낮은 값을 보였다. 토마토에 함유된 카로티노이드를 측정한 결과, 빨간색과 주황색 토마토에서는 각각 라이코펜과 β-카로틴 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 항산화 활성은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 각각 77.39~78.07% 및 64.08~65.24%로 토마토의 색깔에 따라 큰 차이를 보이지 않고 높은 활성을 보

였으나, 환원력의 경우는 빨간색 토마토에서 가장 높았고 초록색 토마토에서 가장 낮은 값을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 한국연구재단 기본연구지원사업(과제번호 2021 R1F1A1060605)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 그 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Agius C, von Tucher S, Poppenberger B, Rozhon W. Quantification of sugars and organic acids in tomato fruits. *MethodsX*. 2018. 5:537-550.
- Al-Wandawi H, Abdul-Rahman M, Al-Shaikhly K. Tomato processing wastes as essential raw materials source. *J Agric Food Chem*. 1985. 33:804-807.
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Washington, DC, USA. 1995. p 1-26.
- Ayuso-Yuste MC, González-Cebrino F, Lozano-Ruiz M, Fernández-León AM, Bernalte-García MJ. Influence of ripening stage on quality parameters of five traditional tomato varieties grown under organic conditions. *Horticulturae*. 2022. 8:313. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040313>
- Baldwin EA, Scott JW, Bai J. Sensory and chemical flavor analyses of tomato genotypes grown in Florida during three different growing seasons in multiple years. *J Amer Soc Hort Sci*. 2015. 140:490-503.
- Bhowmik D, Kumar KPS, Paswan S, Srivastava S. Tomato-A natural medicine and its health benefits. *J Pharmacogn Phytochem*. 2012. 1:33-43.
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem*. 2003. 81:249-255.
- Choi SH, Ahn JB. Functional properties of the lycopene cultivar of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Korean J Culinary Res*. 2014. 20(6):115-127.
- Collins EJ, Bowyer C, Tsouza A, Chopra M. Tomatoes: An extensive review of the associated health impacts of tomatoes and factors that can affect their cultivation. *Biology*. 2022. 11:239. <https://doi.org/10.3390/biology11020239>
- Gill NS, Kaur L. Economics of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) cultivation. *J Pharmacogn Phytochem*. 2019. 8:880-881.
- Giovannucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: Review of the epidemiologic literature. *J Natl Cancer Inst*. 1999. 91:317-331.
- Gómez-Prieto MS, Caja MM, Herraiz M, Santa-María G. Supercritical fluid extraction of all-trans-lycopene from tomato. *J Agric Food Chem*. 2003. 51:3-7.
- Guzel-Seydim Z, Seydim AC, Greene AK. Organic acids and volatile flavor components evolved during refrigerated storage of kefir. *J Dairy Sci*. 2000. 83:275-277.
- Kamiloglu S, Boyacioglu D, Capanoglu E. The effect of food processing on bioavailability of tomato antioxidants. *J Berry Res*. 2013. 3:65-77.
- Kang EJ, Park YJ, Park SS, Lee JK. Comparative study on physicochemical properties of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) prepared using hot-air and combined drying. *Korean J Food Sci Technol*. 2018. 50:339-343.
- Kim HK, Chun JH, Kim SJ. Method development and analysis of carotenoid compositions in various tomatoes. *Korean J Environ Agric*. 2015. 34:196-203.
- Kim HR, Ahn JB. Analysis of free amino acids and polyphenol compounds from lycopene variety of cherry tomatoes. *Korean J Culinary Res*. 2014. 20(3):37-49.
- Kishore K, Pathak KA, Shukla R, Bharali R. Effect of storage temperature on physico-chemical and sensory attributes of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *J Food Sci Technol*. 2011. 48:484-488.
- Kuhalskaya A, Ahchige MW, de Souza LP, Vallarino J, Brozman Y, Alseekh S. Network analysis provides insight into tomato lipid metabolism. *Metabolites*. 2020. 10:152. <https://doi.org/10.3390/metabo10040152>
- Leonardi C, Ambrosino P, Esposito F, Fogliano V. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *J Agric Food Chem*. 2000. 48:4723-4727.
- Marconi O, Floridi S, Montanari L. Organic acids profile in tomato juice by HPLC with UV detection. *J Food Qual*. 2007. 30:253-266.
- Marti R, Roselló S, Cebolla-Cornejo J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers*. 2016. 8:58. <https://doi.org/10.3390/cancers8060058>
- Missio JC, Renau RM, Artigas FC, Cornejo JC. Sugar-and-acid profile of Penjar tomatoes and its evolution during storage. *Sci Agric*. 2015. 72:314-321.
- Na HS, Kim JY, Yun SH, Park HJ, Choi GC, Yang SI, et al. Phytochemical contents of agricultural products cultivated by region. *Korean J Food Preserv*. 2013. 20:451-458.
- Oyaizu M. Studies on product of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*. 1986. 44:307-315.
- Park NY, Lee SP, Roh KS. Biochemical characterization of lectin isolated from cherry tomato fruit. *J Life Sci*. 2007. 17:254-259.
- Park YS, Gweon HJ, Sim KH. Quality characteristics of low-sodium tomato *Jangajii* according to storage time by cultivars. *J East Asian Soc Diet Life*. 2015. 25:460-473.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med*. 1999. 26:1231-1237.
- Salunkhe DK, Jadhav SJ, Yu MH. Quality and nutritional composition of tomato fruit as influenced by certain biochemical and physiological changes. *Plant Food Hum Nutr*. 1974. 24: 85-113.
- Singh P, Goyal GK. Dietary lycopene: Its properties and anti-carcinogenic effects. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2008. 7:255-270.
- Smith AF. The tomato in America: Early history, culture, and cookery. University of Illinois Press, Champaign, IL, USA. 1994. p 11-24.
- Stevens MA. Relationships between components contributing to quality variation among tomato lines. *J Am Soc Hort Sci*. 1972. 97:70-73.
- Tigist M, Workneh TS, Woldetsadik K. Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. *J Food Sci Technol*. 2013. 50:477-486.
- Toor RK, Savage GP. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Res Int*. 2005. 38:487-494.
- Vieira DAP, Caliar M, de Souza ERB, Soares Jr. MS. Methods for and pigments extration and determination of color in to-



- mato for processing cultivars. *Food Sci Technol (Campinas)*. 2020. 40:11-17.
- Willcox JK, Catignani GL, Lazarus S. Tomatoes and cardiovascular health. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2003. 43:1-18.
- Xu Q, Adyatni I, Reuhs B. Effect of processing methods on the quality of tomato products. *Food Nutr Sci*. 2018. 9:86-98.
- Yang J, Choi IS, Lee JH, Cho CW, Kim SS. Change of physicochemical properties and hesperidin contents of Jeju processing citrus fruits with the harvest date. *Korean J Food Preserv*. 2012. 19:652-658.
- Yelle S, Hewitt JD, Robinson NL, Damon S, Bennett AB. Sink metabolism in tomato fruit 1: III. Analysis of carbohydrate assimilation in a wild species. *Plant Physiol*. 1988. 87:737-740.
- Yin Y, Zheng Z, Jiang Z. Effects of lycopene on metabolism of glycolipid in type 2 diabetic rats. *Biomed Pharmacother*. 2019. 109:2070-2077.
- Yoon KY, Kim MH, Lee KH, Shin SR, Kim KS. Development and quality of dried cherry-tomatoes. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 1999. 28:1283-1287.