

Comparative Analysis of Functional Components of Organic and Conventional Cultivated Fruit Vegetables Commercially Distributed in Korea

Min-Woo Lee¹, Jae-Eun Park¹, Eun-Jin Jang¹, Hong-Ju Son¹, Hyeon-cheol Park¹, Chang-Oh Hong¹, Sang-Beom Lee², Chang-Ki Shim², Beung-Goo Ko² and Keun-Ki Kim^{1*}

¹Department of Life Science & Environmental Biochemistry, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

²Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

Received August 28, 2017 / Revised September 19, 2017 / Accepted October 17, 2017

The contents of inorganic and functional components in the organic Cheongyang pepper, tomato, and strawberry were compared with those of the conventional produce. The analyzed functional components were total phenol, total flavonoid, vitamin C, vitamin E, β -carotene, and capsaicin in Cheongyang peppers; lycopene in tomatoes; and anthocyanin in strawberries. The analyzed inorganic components were total N, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, K, and P. The total phenol contents of Cheongyang peppers and tomatoes were 14% and 30% higher, respectively, in the organic vegetables than the conventional ones, whereas strawberries had 13% higher components than the conventional ones. The total flavonoid contents of the Cheongyang peppers and tomatoes were 11% and 29% higher, respectively, than in the conventional produce, but those of the strawberries were 100% higher than in conventional strawberries. Vitamins were mostly higher in organic cultivation products, but there was no significant difference. The β -carotene content was 22% higher in organic tomatoes, but conventional strawberries and peppers had more β -carotene than the organic types did. The contents of capsaicin and lycopene were no different between the various cultivations, while anthocyanin was higher in the conventional cultivation. Analysis of inorganic components did not differ between cultivation methods for peppers and tomatoes, and the total N, K, and P contents were higher by 20 - 28% in the conventional cultivation. The contents of K, Ca, Mg, and P were 16-29% higher in the conventional cultivation of strawberries. Depending on the crops, there were many syntheses of functional components in the organic cultivation. This was thought to be due to nutrients and environmental stress.

Key words : Conventional, fruit vegetables, functional components, inorganic components, organic

서 론

과채류는 열매를 식용으로 하는 채소를 통틀어 이르는 말로, 가지과의 가지, 고추, 토마토와 박과의 수박, 호박, 오이, 참외, 멜론 등이 있으며, 장미과의 딸기도 과채류로 본다. 고추 (*Capsicum annuum*)는 남미 아마존강 유역이 원산지인 가지과의 조미채소이며, 한국인의 식생활에 없어서는 안되는 중요한 채소이다[6]. 고추의 대표적 기능성 성분은 매운 맛을 내는 capsaicinoid로 capsaicin과 dihydrocapsaicin이 주요 성분이며, 항산화활성[39], 항균활성[8], 항암활성[22], 콜레스테롤저하활성[18], 항비만활성[36]을 나타낸다. 그 외에도 polyphenol, flavonoid 및 vitamin C를 비롯한 vitamin류가 함유되어 있다. 청양고추는 특유의 강한 매운 맛으로 우리나라의 대표

적인 매운 고추로 재배되고 있다. 청양고추의 특색 있는 감칠맛과 매운 맛을 살린 조미료와 첨가제의 연구도 이루어지고 있다[13]. 토마토(*Solanum lycopersicum*)는 가지과 작물로 열대에서는 다년생이지만 온대지역에서는 일년생 작물로 재배된다. 토마토는 carotene, vitamin C, flavonoid가 다량 함유되어 있고, vitamin A, B1, B2, B3, B6, K와 같은 vitamin류와 다양한 미네랄도 함유하고 있어 건강식품으로 잘 알려져 있다[19]. 토마토의 lycopene 성분은 붉은색을 띠게 하는 carotenoid류로 항산화 활성이 높고[29], 각종 암에 항암효과가 있으며[12], 호르몬 작용이나 면역계열, 심혈관계 질환에도 효능이 있다고 알려져 있다[19]. 토마토는 특유의 산미와 단맛으로 각종 요리의 재료로 사용되고 있으며, 식품첨가물로 이용하기 위한 연구도 진행 중이다[21]. 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 주로 겨울철 시설하우스에서 재배되는 과채류로, 2000년 이전에는 '레드펠' 및 '아기히메' 등의 일본품종이 국내에서 주로 재배되었으나, 딸기품종 육성사업 결과 현재 국내에서 재배되는 딸기는 대부분 '설향(*Fragaria ananassa* var. 'Seolhyang')' 등의 국산품종으로 대체되었다[7]. 딸기는 새콤하고 달콤한 맛과 향으로 남녀노소에게 인기가 좋으며, anthocyanin의 함량이 높아 항산화활성, 항암활성, 항염증활성 및 인슐린 분비 조절에

*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5543, Fax : +82-55-350-5549

E-mail : kkkim@pusan.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도 효과가 있다고 알려져 있다[10, 40].

유기농산물 매장과 유기농산물 취급 업체의 증가로 소비자 들은 유기농산물과 쉽게 접할 수 있게 되었고, 관행농산물과 가시적인 품질 비교도 가능해졌다. 농산물의 품질을 가늠하는 척도는 보통 색도, 경도, 중량, 당도, 산가 등의 측정을 통해 이루어졌지만[20], 최근에 식품으로 건강을 유지하고 증진시키 고자 하는 욕구가 커지면서 농산물의 품질평가에서 기능성 성분 또한 관심을 받게 되었다. 기능성 성분은 재배지와 재배 방법 및 재배환경에 따라 달라질 것으로 보여진다. 유기재배 법과 관행재배법으로 재배한 농산물의 기능성 성분의 함량에 대한 연구에서는 vitamin C와 일부 무기성분들에 대해서 유기 농산물에 많이 함유되어 있다고 보고되고 있지만[4, 15, 33, 37], 차이를 인정하기 어렵다는 연구보고들 또한 적지 않다[29, 34, 35]. 그 외에도 기능성 성분 들은 유통과정 중에 자외선, 대기, 열 등의 산화조건에 노출되면서 변화가 발생하게 되고 [24, 31], 유통과정이 길어질수록 이 상황은 더 가속화 되기 때문에, 유통과정을 최소화 하고, 수확 시기와 수확 후 처리, 포장재의 종류 등을 통하여 농산물의 품질을 유지하기 위한 노력을 하고 있다[17, 25].

재배방법에 따른 인증농산물과 일반농산물의 품질 비교평 가 보고서가 다양한 기관에서 인증농산물의 안전성과 우수성 에 대한 주요내용으로 보고하고 있다. 본 연구에서는 소비자 구매단계의 유기과채류와 관행과채류들을 무작위로 구매하여 일반성분과 무기성분 및 기능성성분을 비교해보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 주요 과채류는 소비자 구매 단계의 유기농산 물과 관행농산물을 구매하여 일반성분과 기능성성분의 함량 을 비교하고자 하였다. 과채류는 대형마트, 백화점, 유기농산 물 전문매장, 인터넷 등에서 구입하였으며, 고추와 토마토는 유기와 관행농산물 각 10농가의 생산물을 구입하였고, 딸기는 각 5농가 생산물을 구입하여 사용하였다. 구입한 재료는 동결 건조한 뒤 분쇄하여 냉동고에 보존하면서 실험에 사용하였다.

시약 및 기기

실험에 사용된 시약은 folin-ciocalteu's reagent (Merk, Dramstadt, Germany), Na_2CO_3 (Junsei, Tokyo, Japan), AlCl_3 (Fluka, St. Louis, MO, USA), CH_3COOK (Junsei, Tokyo, Japan), meta-phosphoric acid (Yakuri, Kyoto, Japan), pyrogallol (Yakuri, Kyoto, Japan)이며, 실험에 사용된 모든 표준 품 L-ascorbic acid, α -tocopherol, β -carotene, quercetin, gallic acid는 Sigma 사의 제품(St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

실험에 사용된 분석기기로 high performance liquid chromatography (HPLC)는 vitamin C, vitamin E, β -carotene,

capsaicin 분석을 위해 사용하였으며, HPLC 장치는 Waters 600 series pump와 waters 486 tunable absorbance detector를 사용하였다. Column은 sunfire[®] C₁₈ 5 μm (4.6x250 mm)을 사 용하였으며, 용매는 H₂O, methanol (MeOH)와 ethanol (EtOH), acetonitrile (ACN), ethyl acetate (EtOAc)로 sigma사의 HPLC grade를 사용하였다. Total phenol과 total flavonoid, lycopen e과 anthocyanin 함량분석은 UV-Vis spectrophotometer (Optizen 3220UV, Korea)를 사용하였다.

Total phenol 분석

Total phenol 함량 분석은 Folin-denis 법을 이용하여 분석 하였다[11, 25]. 동결건조물 1 g을 MeOH 20 ml로 3회 반복 추출하여 농축한 것을 3 ml MeOH로 희수하여 실험에 사용하 였다. 추출물 100 μl 에 증류수 1.8 ml와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μl 를 첨가하고, 2% Na_2CO_3 용액 2 ml를 넣은 다음 상온에서 30분간 반응시킨 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Total flavonoid 함량 분석

Total flavonoid 함량 분석은 AlCl_3 비색법을 이용하여 측정 하였다[24]. 과채류 MeOH 추출물 200 μl 에 10% AlCl_3 100 μl 와 1 M CH_3COOK 100 μl 를 첨가하고 H₂O 3.5 ml를 가한 후 40 분간 상온 암소에서 반응시킨 다음 415 nm에서 흡광도 를 측정하였다.

Vitamin C 분석

Vitamin C 함량 분석방법은 Kim 등의 방법을 참고하였다 [19]. 동결건조물 0.1 g에 5% meta-phosphoric acid 10 ml를 가한 뒤 밀봉하여 상온에서 10분간 초음파 추출 하고, 30 분간 진탕하여 2차로 추출하였다. 추출물을 8,000 rpm에서 3분간 원심분리 후 상등액을 취하여 0.2 μm filter로 여과한 뒤 HPLC 로 분석하였으며, 이동상은 0.05 M KH_2PO_4 :ACN (9:1, v/v)로 분당 0.5 ml로 흘러주면서 254 nm에서 분석하였다.

Vitamin E 분석

Vitamin E 함량 분석은 Lee 등의 방법을 일부 변형하여 수 행하였다[23]. 동결건조 시료 0.5 g에 50% pyrogallol EtOH 용액 10 ml를 가하여 10분간 초음파 추출한 다음 60% KOH 8 ml를 가하여 70 $^\circ\text{C}$ 에서 1시간 동안 검화시켰다. 검화물을 0.01% BHT가 함유된 추출용매 (hexane:ethyl acetate (85:15, v/v))로 3회 반복추출한 후 추출용매 층을 회수하여 농축한 뒤 ethyl acetate 3 ml에 녹여내어 0.2 μm filter로 여과한 다음 HPLC로 분석하였다. Detector 파장은 280 nm, 이동상은 EtOAc:MeOH (30:70, v/v) 혼합용매로 유속 0.8 ml/min으로 분석하였다.

β-carotene 분석

β-carotene 함량 분석은 Lee 등[23]의 방법을 참고하여 수행하였다. 동결건조 시료 0.5 g에 50% pyrogallol EtOH 용액 10 ml를 가하여 10분간 초음파 추출한 다음 60% KOH 8 ml를 가하여 70°C에서 1시간 동안 검화시켰다. 검화물을 0.01% BHT가 함유된 추출용매(hexane:EtOAc (85:15, v/v))로 3회 반복추출한 후 추출용매 층을 회수하여 농축한 뒤 ethyl acetate 3 ml에 녹여내어 0.2 μm filter로 여과한 다음 HPLC로 분석하였다. Detector 파장은 460 nm, 이동상 용매는 EtOAc:MeOH (30:70, v/v) 혼합용매로 유속 1.0 ml/min으로 분석하였다.

Capsaicin 분석

고추의 기능성성분인 capsaicin 함량을 분석은 Chung 등의 방법을 참고하여 수행하였다[9]. 고추 동결건조 분말 1 g에 ethanol 10 ml를 가한 뒤 밀봉 하여 1시간 동안 진탕추출 하였다. 상등액을 일정량 취해서 0.2 μm filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. HPLC 이동상은 H₂O와 ACN을 2:8로 하여, 유속은 0.5 ml/min, 검출파장은 280 nm에서 측정하였다.

Lycopene 분석

토마토의 대표적인 기능성성분인 lycopene 함량분석은 Alda 등[1]의 방법을 일부 수정하여 수행하였다. 동결건조 시료 1 g을 추출 용매 (Hexane:EtOH:Acetone (2:1:1, v/v)) 25 ml에 추출한 뒤 증류수 10 ml를 가하여 vortexing 하였다. 이 혼합물에서 비극성 용매층을 회수하여 472 nm에서 흡광도를 측정 한 뒤 그 값을 이용하여 lycopene 함량으로 산출하였다.

Lycopene contents(μg/g) =

A = Absorbance

v = Solvent volume

W = sample weight(g)

extinction coefficient = 3,450

Anthocyanin 분석

딸기의 기능성성분으로 anthocyanin 분석을 실시하였으며, anthocyanin 함량분석은 Prior 등[28]과 Wrolstad [37]의 방법을 일부 수정하여 사용하였다. Anthocyanin은 pH에 따라서 색이 달라지기 때문에 동결건조 딸기의 MeOH extract를 sodium citrate buffer (pH 4.5)와 sodium chloride buffer (pH 1)에 녹인 후 510 nm, 700 nm에서 흡광도 측정하고, 그 값의 차이를 전환계수로 환산하여 anthocyanin 함량을 계산한다.

Anthocyanin contents(μg/g) =

A = Absorbance

extinction coefficient = 29,600

standard molecular weight = 445

Total N 분석

Total N 함량을 분석하기 위해 Lee 등의 방법으로 실험을 수행하였다[23]. 건조시료 0.2 g과 Conc. H₂SO₄ 5 ml를 넣고 block digest에서 390°C로 6시간 동안 분해 후 여과하여 증류수 100 ml로 부피정량 하였다. 여과액 중 10ml를 킬달증류한 다음 증류물을 2% boric acid와 혼합지시약(Bromocresol green 0.5 g, methyl red 0.1 g, 95% EtOH 100 ml)에 반응시킨 후 0.005 N H₂SO₄로 적정하여 질소량을 계산하였다.

Zn, Fe, Ca, Na, Mg, K 분석

Zn, Fe, Ca, Na, Mg, K 함량 분석은 Lee 등의 방법을 참고하여 수행하였다[23]. 건조시료 0.2 g과 H₂SO₄ 5 ml를 넣고 block digest에서 370°C로 6시간 가열하여 분해하였다. 분해액을 filter paper로 여과하여 증류수로 100 ml 부피정량 후 ICP-MS로 분석하였다.

P 분석

P 함량 분석은 Zn 등의 분석을 위해 사용한 분해액을 사용하였으며, Lee 등의 방법을 참고하였다[23]. Ammonium molybdate 25 g/400 ml H₂O (A 용액)과 ammonium meta vanadate 1.25 g / 300 ml H₂O로 용해한 다음 250 ml Conc. HNO₃를 혼합한 뒤 냉각시킨 액(B 용액)을 혼합하여 증류수로 부피를 1 l로 맞추어 vanadate 용액을 만들었다. Vanadate 용액과 분해액을 1:1(v/v)로 섞은 후 37°C water bath에서 30분간 반응시킨 후 spectrophotometer를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

관행재배와 유기재배 과채류의 성분함량에 대한 통계분석은 Statistix 9 (student edition of statistix 9 ver 9.0) 프로그램을 사용하였다. 관행재배와 유기재배의 성분함량 차이를 비교하기 위하여, 분석된 함량은 ANOVA 검증을 이용하여 분석 후 p<0.05 수준에서 최소유의차검정(LSD)을 실시하였다.

결과 및 고찰

Total phenol 함량

유기재배 청양고추에서는 total phenol 함량이 3.99 mg/g으로 나타났고, 관행재배 청양고추에서는 3.50 mg/g으로 유기재배 고추에서 약 14% 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다(Fig. 1). 토마토의 total phenol함량은 유기재배 토마토에서 2.44 mg/g으로 나타났고, 관행재배에서는 1.87 mg/g으로 유기재배 토마토에서 약 30% 유의적으로 높게 나타났다. 딸기의 경우는 유기재배에서 71.00 mg/g으로 나타났고, 관행재배에서는 79.90 mg/g으로 관행재배에서 유의적으로 13% 높은 함량을 나타냈다. Total phenol 함량은 유기재배 고추와

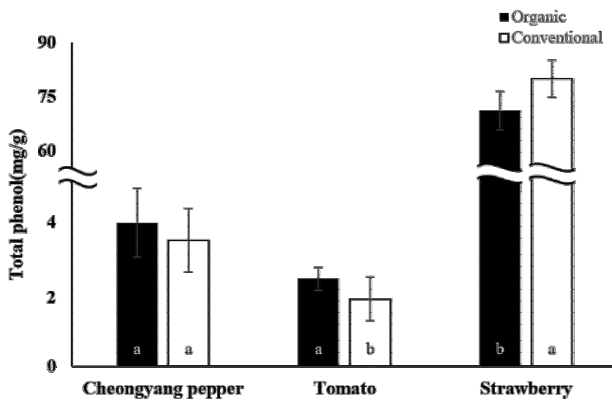


Fig. 1. Total phenol contents of fruit vegetables grown organic and conventional conditions. *a-b represent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

토마토에서 높게 나타났고, 딸기는 관행재배에서 더 높은 함량을 나타냈다. 페놀성 화합물들은 항산화활성 등 다양한 생리활성 관련물질로서 유기재배 고추와 토마토는 관행재배 보다 유의적으로 높은 함량을 보여 기능성이 우수할 가능성을 시사한다.

Total flavonoid 함량

청양고추의 flavonoid 함량은 유기재배에서 1.70 mg/g, 관행재배에서 1.53 mg/g으로 유기재배 청양고추에서 11% 더 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며, 토마토는 유기재배 1.23 mg/g, 관행재배 0.95 mg/g으로 유기재배 토마토에서 약 29% 더 높게 나타났다(Fig. 2). 딸기의 경우에는 유기재배에서 1.01 mg/g, 관행재배에서 2.09 mg/g으로 관행재배에서 약 106% 더 높게 나타났다.

Total phenol과 total flavonoid는 대표적인 작물의 기능성 성분으로, 관행재배와 유기재배 농산물의 기능성 성분 함량

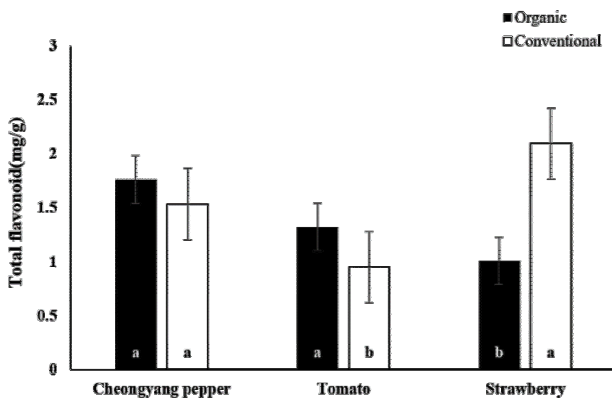


Fig. 2. Total flavonoid contents of fruit vegetables grown organic and conventional conditions. *a-b represent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

비교 연구에서도 많이 분석되는 성분이지만, 그 함량의 차이에 관해서는 작물과 연구자에 따라 다른 결과들을 보고하고 있다. 매리언베리, 딸기, 옥수수의 비교 분석[2], 복숭아와 배에서의 비교분석[4], 토마토의 total phenol과 total flavonoid 함량 비교 연구에서[33] 유기농산물에서 두 성분 모두 함량이 높게 나타났다. Bunea 등의 보고에 따르면 유기재배 포도의 total phenol 함량이 유의적으로 높게 나타났으나, 품종에 따라서는 관행재배 포도에서 높은 함량을 보이는 것도 있었다[3]. 그리고 Soltøft 등의 연구에서는 양파의 flavonoid 성분과 당근과 감자의 phenol 성분을 분석한 결과, 유기재배와 관행재배 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다[30]. Treutter에 의하면 재배작물이 병해충과 같은 스트레스에 대한 노출이 많아지면 방어기작으로 phenol과 flavonoid 등의 2차대사산물이 많이 형성된다고 하였다[32].

Vitamin C 함량

청양고추의 vitamin C 함량은 유기재배에서 7.16 mg/g, 관행재배에서 6.76 mg/g로 유기재배 청양고추에서 약 6% 높은 함량이 나타났으며, 토마토는 유기재배에서 2.17 mg/g, 관행재배에서 2.09 mg/g으로 유기재배 토마토에서 약 4% 높게 나타났고, 딸기의 경우 유기재배에서 7.10 mg/g, 관행재배에서 6.71 mg/g으로 유기재배 딸기에서 vitamin C 함량이 6% 높게 나타났다(Fig. 3). 과채류의 vitamin C 함량을 비교분석 결과, 유기재배 과채류에서 다소 높게 나타났으나 통계적인 유의성은 없었다. 유기재배와 관행재배농산물의 vitamin C 함량의 비교연구에서도 total phenol과 total flavonoid와 마찬가지로 작물과 연구자에 따라 다른 결과를 보고하고 있다. 복숭아와 배[4], chinese mustard, chinese kale, 상추, 시금치, swamp cabbage [15], 브로콜리[38]의 vitamin C 함량의 비교 분석에서는 유기재배 농산물에서 다소 높은 함량을 나타냈다. 반면 Warman 등은 당근과 양배추를 3년간 유기조건으로 재

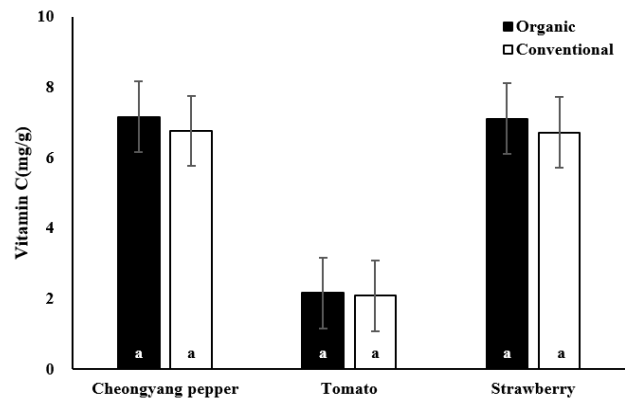


Fig. 3. Vitamin C contents of fruit vegetables grown organic and conventional conditions. *a represent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

배하면서 vitamin C의 함량을 비교한 결과, 당근에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 양배추의 경우 3년차에서 오히려 관행재배 군에 더 높은 vitamin C 함량을 나타냈다[34]. Warman 등은 sweet corn을 3년간 지속적으로 재배법에 따른 vitamin C 함량을 비교했고[35], Chassy 등은 다양한 품종의 토마토를 대상으로 flavonoid류와 total phenol 및 vitamin C의 함량을 분석한 결과 매년 유기재배와 관행재배간의 함량의 차이가 유의적이지 않았다[5].

Vitamin E 함량

Vitamin E의 함량은 유기재배 청양고추에서 169.60 µg/g, 관행재배에서 159.63 µg/g으로 유기재배 청양고추에서 약 6% 높은 함량을 나타냈으며, 토마토는 유기재배가 117.51 µg/g이고, 관행재배가 133.06 µg/g으로 관행재배 토마토에서 약 13% 높게 나타났고, 딸기는 유기재배가 59.94 µg/g, 관행재배가 55.38 µg/g으로 유기재배 딸기에서 약 8% 높은 함량을 나타냈다(Fig. 4). Vitamin E 함량은 청양고추와 딸기의 유기재배에서 높게 나타났고, 토마토는 관행재배에서 다소 높게 나타났지만 재배방법 간에 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. Vitamin E의 함량 비교연구 또한 연구자에 따라 차이를 나타내고 있는데, Carbonaro 등의 연구에서는 유기재배 배와 관행재배 배의 vitamin E 함량을 조사한 결과 유기재배 배에서 더 높은 함량을 나타냈으나[4], Lombardi-Boccia 등의 유기재배와 관행재배 자두의 비교연구에서는 관행재배 자두의 vitamin E 함량이 유기재배 자두보다 더 높게 나타났다[26].

β-carotene 함량

β-carotene의 함량은 유기재배 청양고추에서 549.40 µg/g, 관행재배에서 631.76 µg/g으로 관행재배 청양고추의 β-carotene 함량이 약 15% 더 높았으며, 토마토는 유기재배가 716.49 µg/g, 관행재배가 586.51 µg/g으로 유기재배 토마토에서 약

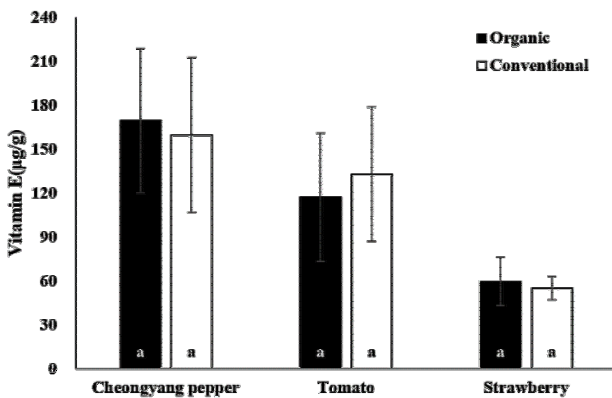


Fig. 4. Vitamin E contents of fruit vegetables grown organic and conventional conditions. *arepresent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

22% 높은 함량을 나타냈고, 딸기는 유기재배에서 31.48 µg/g, 관행재배에서 40.60 µg/g으로, 관행재배 딸기에서 약 29% β-carotene함량이 높게 나타났다(Fig. 5). β-carotene함량은 토마토를 제외한 청양고추와 딸기 관행재배에서 높은 함량을 나타내는 차이는 있었으나 유의적인 차이가 없었으며, 재배법 보다 작물에 따른 차이가 더 크게 나타났다. Soltøft 등의 유기재배와 관행재배 당근의 carotenoid 비교연구에서 2년차 수확 당근에서 lutein, α-carotene 그리고 β-carotene 함량이 유기재배에서 좀 더 높은 경향이 있었으나 큰 차이는 나타나지 않았다[30].

Capsaicin 함량

Capsaicin은 고추 매운맛의 주성분으로 품질평가와 고추의 기능성 성분으로 분석이 되고 있다. 유기재배 청양고추의 cap-

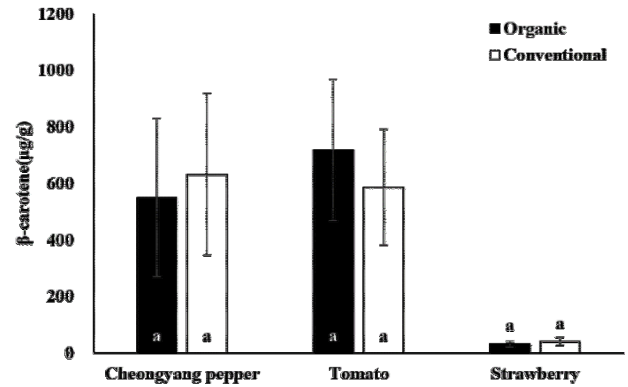


Fig. 5. β-carotene contents of fruit vegetables grown organic and conventional conditions. *arepresent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

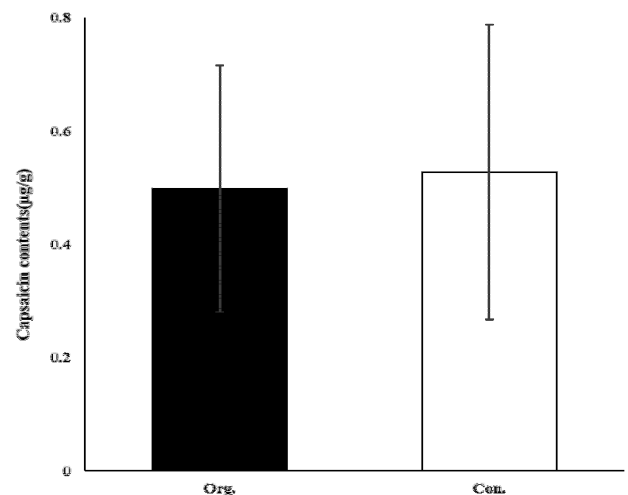


Fig. 6. Capsaicin contents of cheongyang pepper grown organic and conventional conditions. *arepresent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

saicin 함량은 0.50 mg/g, 관행재배는 0.53 mg/g으로 관행재배 청양고추에서 약 6% 더 높게 나타났다(Fig. 6). 본 연구에서는 유통 중인 유기 고추와 관행 고추의 capsaicin 함량은 유의적인 차이가 없었다. 재배지역이나 품종에 따른 capsaicin 함량에 관한 연구보고는 있으나[14, 16], 유기재배와 관행재배 간의 capsaicin 함량 비교연구는 보고된 것이 없어 통계자료로 활용이 가능할 것이다.

Lycopene 함량

Lycopene은 항산화활성[30], 전립선암 등에 대한 항암활성[12], 심혈관질환 예방 및 혈당저하 효과[19]를 나타내는 기능성물질로 토마토에 많이 함유되어 있다. Lycopene은 토마토 색소 중 80~90%를 차지하는 토마토 색상결정의 주요 색소성분으로[1] 토마토에서 색소성분만을 추출하여, 472nm 흡광도를 측정하여 전환계수로 lycopene 함량을 계산하게 된다. 유기재배 토마토의 lycopene 함량은 136.11 µg/g, 관행재배 토마토는 138.98 µg/g으로 관행재배에서 2% 더 높게 나타났으나 유의적인 차이가 없었다(Fig. 7). 토마토의 lycopene 함량의 차이는 재배방법에 의해서는 큰 차이를 보이지 않고 품종에 따라 다소 lycopene 함량에 차이를 보인다[5].

Anthocyanin 함량

Anthocyanin은 flavonoid의 일종으로 밝은 빨간색에서 보라색의 색깔을 띠는 색소성분으로 베리류의 품질평가와 기능성성분으로 많이 분석을 한다[8]. 베리류의 anthocyanin 주요성분은 cyanidin-3-O-galactoside, cyanidin-3-O-arabinoside, cyanidin-3-O-arabinoside, cyanidin-3-O-xyloside로[37] 항산화활성과 혈관질환 예방, 항암활성, 세포내 산화물 제거 효과가

있다[10, 40]. Anthocyanin류의 색소는 pH에 따라서 색이 달라지므로 pH 1과 pH 4.5의 buffer로 흡광도를 측정하고, 전환계수로 환산하게 된다[37]. 딸기의 anthocyanin 함량은 Fig. 8에 나타났다. 유기 딸기의 anthocyanin 함량은 1.09 mg/g였고, 관행 딸기는 1.26 mg/g으로 관행재배에서 약 16% 더 높은 함량을 나타냈으나 통계적인 유의성은 없었다(Fig. 8). 일반적으로 유기재배의 경우 관행재배보다 영양분과 병해충의 스트레스가 많아 2차 대사산물의 합성이 많아질 것이라 예측이 되지만, 유기재배에서도 친환경농자재로 병해충 및 영양관리 등 스트레스관리가 잘된다면, 2차 대사산물 합성이 많지 않을 수 있다. 시설하우스 재배에서는 노지재배보다 스트레스 관리가 용이하여 재배법에 따른 2차 대사산물의 함량에 큰 차이가 없을 가능성이 있고, 껌의 기능성 성분을 분석한 이전 논문에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았다[24].

유기재배와 관행재배 과채류의 무기성분 분석

청양고추의 무기성분 분석 결과 유기 청양고추의 total N 함량이 12.98 mg/g으로 관행 청양고추보다 약 6% 높게 나타났으며, Na의 함량은 관행 청양고추가 0.28 mg/g으로 유기 청양고추보다 약 12% 높게 나타났(Table 1). 토마토의 무기성분 중 관행 토마토의 total N, K, P 함량은 34.22 mg/g, 25.80 mg/g, 3.08 mg/g으로 유기 토마토의 28.02 mg/g, 21.23 mg/g, 2.40 mg/g보다 각각 22%, 22%, 28% 높게 나타났으며, 유기 토마토의 Na 함량은 0.43 mg/g으로 관행 토마토의 0.31 mg/g보다 약 40% 높게 나타났다. 딸기의 무기성분은 total N 함량은 유기재배와 관행재배 간의 차이가 크게 나지 않았으며, K와 P 함량은 관행재배 딸기에서 12.43 mg/g, 3.76 mg/g으로 유기재배 딸기의 10.67 mg/g, 2.92 mg/g보다 각각 16%,

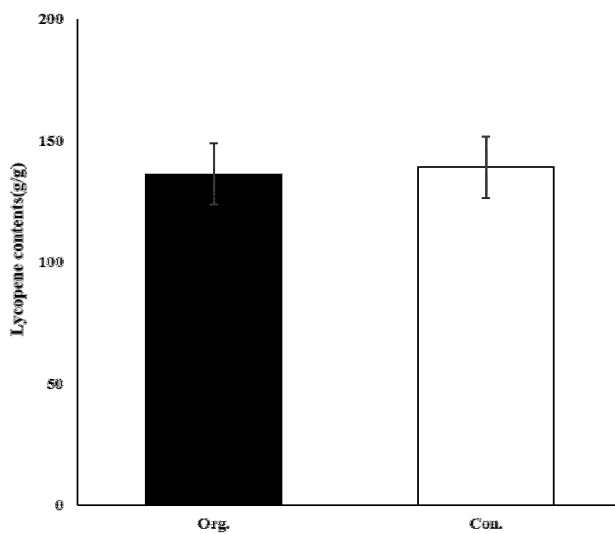


Fig. 7. Lycopene contents of tomato grown organic and conventional conditions. *arepresent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

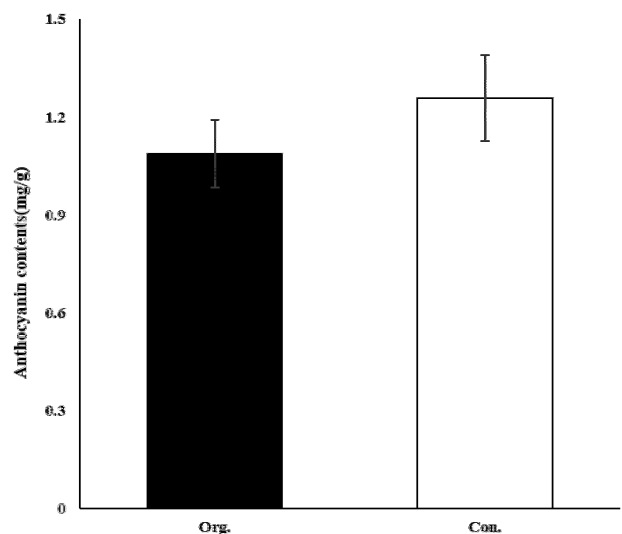


Fig. 8. Anthocyanin contents of strawberry grown organic and conventional conditions. *arepresent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

Table 1. Inorganic components in fruit vegetables grown organic and conventional conditions (mg/g dry weight)

		Total N	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	P
Cheongyang pepper	Org.*	12.98 ^a	19.21 ^a	0.80 ^a	1.17 ^a	0.25 ^b	0.10 ^a	0.07 ^a	5.52 ^a
	Con.*	12.27 ^b	19.85 ^a	0.80 ^a	1.20 ^a	0.28 ^a	0.09 ^a	0.07 ^a	5.10 ^a
Tomato	Org.	28.02 ^b	21.13 ^b	1.01 ^a	0.86 ^a	0.43 ^a	0.08 ^a	0.05 ^a	2.40 ^b
	Con.	34.22 ^a	25.80 ^a	0.93 ^a	0.92 ^a	0.31 ^a	0.09 ^a	0.05 ^a	3.08 ^a
Strawberry	Org.	6.06 ^a	10.67 ^b	1.29 ^a	0.85 ^b	0.24 ^a	0.07 ^a	0.06 ^a	2.92 ^b
	Con.	6.05 ^a	12.43 ^a	1.49 ^a	1.02 ^a	0.26 ^a	0.08 ^a	0.06 ^a	3.76 ^a

*a-brepresent significant differences ($p < 0.05$) between organic and conventional conditions by LSD.

*Org.: Organic, Con.: Conventional.

29% 높게 나타났다. 모든 과채류에서 Fe와 Zn, Ca은 유기재배와 관행재배 간의 큰 차이를 나타내지 않았고, Mg는 관행 딸기에서 20% 높게, Na는 유기 청양고추에서 12% 높게 나타났으나, 토마토에서는 큰 차이가 나타나지 않았다.

유기농산물은 화학농업자재와 무기농업자재들을 사용하지 않고 재배하여 환경과 생태계에 부하를 최소화하고, 안전한 농산물을 소비자에게 공급하는 것에 목적을 두고 있다. 소비자도 안전한 농산물을 가족에게 공급하여 건강을 지키고, 더불어 환경오염도 줄이는 것에 기여하고자 높은 가격을 지불하면서 유기농산물을 구입한다. 유기농산물이 유통시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 품질과 기능성 및 새로운 유통구조가 구축되어야 한다. 농산물 구매 후 분석을 위한 전처리 과정까지 저온보존과 상온보존에 따라 vitamin류나 β -carotenoid의 함량에 차이를 보여 시료의 저온 관리가 필요할 것으로 본다. 본 연구의 목적은 유기농산물과 관행농산물의 기능성 성분 등의 함량에 관심이 높아 소비자 구매단계에 있는 유기재배 과채류와 관행재배 과채류를 구입하여 일반성분과 기능성 성분 및 무기성분을 비교 조사하는 것이었다. 작물의 품종간 성분함량 차이나 특이 농자재 사용에 따라 발생하는 성분의 차이는 재배이력 파악이 힘들어 비교분석에는 한계가 있었다. 농산물의 위해요소 감소와 기능성 성분 함량을 높일 수 있는 재배방법과 품종개발 및 유통시스템을 구축해 안전하고 기능성이 높은 농산물을 소비자에게 공급할 연구는 계속 이루어져야 하며, 본 연구결과는 유기농산물과 관행농산물의 일반영양 성분과 기능성 성분의 함량을 비교 판단하는 빅데이터 자료 구축에 활용되었으면 한다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01082705 2016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

1. Alda, L. M., Gogoșă, I., Bordean, D., Gergen, I., Alda, S., Moldovan, C. and Niță, L. 2009. Lycopene content of toma-

atoes and tomato products. *J. Agroalim. Proc. Technol.* **15**, 540-542.

2. Asami, D. K., Hong, Y. J., Barrett, D. M. and Mitchell, A. E. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 1237-1241.

3. Bunea, C., Pop, N., Babeș, A. C., Matea, C., Dulf, F. V. and Bunea, A. 2012. Carotenoids, total polyphenols and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera*) cultivated in organic and conventional systems. *Chem. Cent. J.* **6**, 1-9.

4. Carbonaro, M., Mattera, M., Nicoli, S., Bergamo, P. and Cappelloni, M. 2002. Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (peach, *Prunus persica* L., and pear, *Pyrus communis* L.). *J. Agric. Food Chem.* **50**, 5458-5462.

5. Chassy, A. W., Bui, L., Renaud, E. N., Van Horn, M. and Mitchell, A. E. 2006. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *J. Agric. Food Chem.* **54**, 8244-8252.

6. Cho, Y. S., Cho, M. C. and Suh, H. D. 2000. Current status and projects of national hot pepper industry in Korea. *J. Kor. Capsicum Res. Coop.* **6**, 1-27.

7. Choi, H. G., Kang, N. J., Moon, B. Y., Kwon, J. K., Rho, I. R., Park, K. S. and Lee, S. Y. 2013. Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Kor. J. Hortic. Sci. Tech.* **31**, 194-202.

8. Choi, S. H., Suh, B. S., Kozukue, E., Kozukue, N., Levin, C. E. and Friedman, M. 2006. Analysis of the contents of pungent compounds in fresh Korean red peppers and in pepper-containing food. *J. Agric. Food Chem.* **54**, 9024-9031.

9. Chung, B. S. and Kang, K. O. 1985. The Changes of capsaicin contents in fresh and processed red peppers. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **14**, 409-418.

10. Edirisinghe, I., Banaszewski, K., Cappozzo, J., Sandhya, K., Ellis, C. L., Tadapaneni, R., Kappagoda C. T. and Burton-Freeman, B. M. 2011. Strawberry anthocyanin and its association with postprandial inflammation and insulin. *British J. Nutr.* **106**, 913-922.

11. Folin, O. and Denis, W. 1912. On phosphotungstic-phospho-

- molybdc compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* **12**, 239-243.
12. Giovannucci, E. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: Review of the epidemiologic literature. *J. Natl. Cancer Inst.* **91**, 317-331.
 13. Hwang, I. G., Kim, H. Y., Hwang, Y., Jeong, H. S. and Yoo, S. M. 2011. Quality characteristics of wet noodles combined with cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 860-866.
 14. Hwang, I. G., Kim, H. Y., Lee, J. S., Kim, H. R., Cho, M. C., Ko, I. B. and Yoo, S. M. 2011. Quality characteristics of Cheongyang pepper (*Capsicum annuum* L.) according to cultivation region. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1340-1346.
 15. Ismail, A. and Fun, C. S. 2003. Determination of vitamin C, β -carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. *Malays. J. Nutr.* **9**, 31-39.
 16. Jung, M. R., Hwang, Y., Kim, H. Y., Jeong, H. S., Park, J. S., Park, D. B. and Lee, J. S. 2010. Analyses of capsaicinoids and ascorbic acid in pepper (*Capsicum annum* L.) breeding lines. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **39**, 1705-1709.
 17. Jung, S. H., Kang, J. H., Park, S. J., Sung, K. H. and Song, K. B. 2014. Quality changes in 'Elliot' blueberries and 'Sulhyang' strawberries packed with two different packaging materials during refrigerated storage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 901-908.
 18. Kempaiah, R. K., Manjunatha, H. and Srinivasan, K. 2005. Protective effect of dietary capsaicin on induced oxidation of low-density lipoprotein in rat. *Mol. Cell. Biochem.* **275**, 7-13.
 19. Kim, J. H., Gu, J. R., Kim, G. H., Choi, S. R. and Yang, J. Y. 2010. Effect of storage temperature on the quality of tomato. *Kor. J. Food Nutr.* **23**, 428-433.
 20. Kim, J. S., Shim, I. S., Kim, I. S. and Kim, M. J. 2010. Changes of cysteine, glutathione and ascorbic acid content in chinese cabbage, head lettuce and spinach by the growth stage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* **28**, 186-191.
 21. Kim, K., Kim, Y. S., Hong, M. and Yook, H. 2016. Quality characteristics of bagel added with tomato powder. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **45**, 360-365.
 22. Laviada, I. 2006. Induction of apoptosis in prostate tumor PC-3 cells and inhibition of xenograft prostate tumor growth by the vanilloid capsaicin. *Apoptosis* **11**, 89-99.
 23. Lee, M. W., Choi, E. B., Park, J. E., Kim, S. C., Lee, S. B., Sim, C. K., Lee, Y. B., Hong, C. O. and Kim, K. K. 2016. Analysis of functional components of the perilla leaves (*Perilla frutescens* var. japonica Hara) grown in organic and conventional conditions. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* **49**, 517-523.
 24. Lee, S. J., Shin, S. R. and Yoon, K. Y. 2013. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **45**, 422-427.
 25. Lin, J. Y. and Tang, C. Y. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chem.* **101**, 140-147.
 26. Lombardi-Boccia, G., Lucarini, M., Lanzi, S., Aguzzi, A. and Cappelloni, M. 2004. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. *J. Agric. Food Chem.* **52**, 90-94.
 27. Park, Y. H., Park, S. J., Han, G. J., Choe, J. S., Lee, J. Y. and Kang, M. S. 2012. Quality characteristics of pre-processed galic during storage according to storage temperature. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **47**, 994-1001.
 28. Prior, R. L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., Lischner, N., Ehlenfeldt, M., Kalt, W., Krewer, G. and Mainland, C. M. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.* **46**, 2686-2693.
 29. Søltøft, M., Bysted, A., Madsen, K. H., Mark, A. B., Bügel, S. G., Nielsen, J. and Knuthsen, P. 2011. Effects of organic and conventional growth systems on the content of carotenoids in carrot roots, and on intake and plasma status of carotenoids in humans. *J. Sci. Food Agric.* **91**, 767-775.
 30. Søltøft, M., Nielsen, J., Holst Laursen, K., Husted, S., Halekoh, U. and Knuthsen, P. 2010. Effects of organic and conventional growth systems on the content of flavonoids in onions and phenolic acids in carrots and potatoes. *J. Agric. Food Chem.* **58**, 10323-10329.
 31. Sun, S. H., Kim, S. J., Kim, G. C., Kim, H. R. and Yoon, K. S. 2011. Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **43**, 495-503.
 32. Treutter, D. 2001. Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. *Plant Growth Regul.* **34**, 71-89.
 33. Vinha, A. F., Barreira, S. V., Costa, A. S., Alves, R. C. and Oliveira, M. B. P. 2014. Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. *Food Chem. Toxicol.* **67**, 139-144.
 34. Warman, P. R. and Havard, K. A. 1997. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabbage. *Agric. Ecosyst. Environ.* **61**, 155-162.
 35. Warman, P. R. and Havard, K. A. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. *Agric. Ecosyst. Environ.* **68**, 207-216.
 36. Westerterp-Plantenga, M. S., Smeets, A. and Lejeune, M. P. 2005. Sensor and gastrointestinal satiety effects of capsaicin on food intake. *Int. J. Obes.* **29**, 682-688.
 37. Wrolstad, R. E. 1993. Color and pigment analyses in fruit products. pp. 1-20, Agricultural Experiment Station. Oregon State University.
 38. Wunderlich, S. M., Feldman, C., Kane, S. and Hazhin, T. 2008. Nutritional quality of organic, conventional, and seasonally grown broccoli using vitamin C as a marker. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **59**, 34-45.
 39. Yoon, J. M., Ji, J. J., Lim, S. C., Lee, K. H., Kim, H. T., Jeong, H. S. and Lee, J. S. 2010. Changes in selected components and antioxidant and antiproliferative activity of peppers depending on cultivation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **39**, 731-736.

40. Zafra-Stone, S., Yasmin, T., Bagchi, M., Chatterjee, A., Vinson, J. A. and Bagchi, D. 2007. Berry anthocyanins as

novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol. Nutr. Food Res.* **51**, 675-683.

초록 : 유통 중인 유기재배과채류와 관행재배과채류의 무기성분 및 기능성 성분 비교분석

이민우¹ · 박재은¹ · 장은진¹ · 손흥주¹ · 박현철¹ · 홍창오¹ · 이상범² · 심창기² · 고병구² · 김근기^{1*}
(¹부산대학교 생명환경화학과, ²국립농촌진흥청 농업과학원 유기농업과)

소비자 구매 단계의 유기재배 청양고추, 토마토, 딸기의 기능성 성분과 무기 성분을 관행재배 농산물과 비교하였다. Total phenol 함량은 유기재배 청양고추와 토마토가 관행재배 보다 각각 14%, 30% 높은 함량을 나타냈고, 딸기는 관행재배에서 13% 높게 나타났다. Total flavonoid 함량 또한 청양고추와 토마토가 관행재배보다 각각 11%와 29% 높게 나타났고, 딸기는 관행재배에서 2배 높게 나타났다. Vitamin C는 유기재배에서 높게 나타났으나 유의적이지는 않았다. β-carotene은 유기재배 토마토가 22% 높은 함량을 나타냈고, 고추와 딸기는 관행에서 각각 15%와 29% 높게 나타났다. 청양고추의 capsaicin과 토마토의 lycopene 함량은 재배환경에 따른 차이가 나지 않았으며, 딸기의 anthocyanin은 관행재배에서 높게 나타났다. 무기성분 분석결과 청양고추의 Total N, P, K는 재배환경에 큰 차이가 나타나지 않았고, 토마토는 관행재배에서 22~28% 높게 나타났다. 딸기의 K, Ca, Mg, P 함량은 관행재배에서 16~29% 높게 나타났다. 소비자 구매 단계의 유기재배 과채류와 관행재배 과채류의 일반성분과 무기성분 및 기능성성분 함량을 비교 분석한 결과, 성분에 따라서는 함량이 높게 나타났으나 개체간 변화가 크게 나타났다. 재배법에 따른 기능성 성분 등의 함량 비교는 생산지와 품종을 나누어 수년간 조사하여 빅데이터를 구축할 필요가 있을 것이다.