

## 파프리카 상품과 및 비상품과의 항산화 활성 및 카로티노이드 함량 비교

윤승리<sup>1\*</sup> · 김진현<sup>2</sup> · 신민주<sup>2</sup> · 정호정<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 연구사,

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 연구관

## Comparison of Antioxidant Activities and Carotenoid Contents Between Marketable and Unmarketable Sweet Pepper Fruits

Seungri Yoon<sup>1\*</sup>, Jin Hyun Kim<sup>2</sup>, Minju Shin<sup>2</sup>, and Ho Jeong Jeong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RDA Research Associate, Protected Horticulture Researcher Institute, NIHHS, Haman 52054, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Protected Horticulture Researcher Institute, NIHHS, Haman 52054, Korea

<sup>3</sup>Senior Researcher, Protected Horticulture Researcher Institute, NIHHS, Haman 52054, Korea

**Abstract.** Postharvest quality of sweet pepper fruits was mainly defined as external appearance, i.e., shape, fruit weight and surface color. These quality traits tend to involve esthetic appeal, it disregards gustatory properties and nutritional value. However, comparative studies according to the marketability of sweet pepper fruits are insufficient. This study was carried out to compare the physicochemical components, antioxidant activity and carotenoid contents of marketable and unmarketable sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Physicochemical components (proximate composition, minerals and total phenolic contents) and antioxidant activities using various methods were investigated. The proximate composition values (%) of marketable and unmarketable fruits were: moisture (90.28 and 90.29), ash (0.74 and 0.26), crude protein (0.67 and 0.72), crude lipid (0.38 and 0.32). There were no significant differences in antioxidant activity, while total phenolic content was higher in marketable fruit. Carotenoids contents were  $29.3 \pm 2.6$  and  $31.9 \pm 2.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in marketable and unmarketable fruits respectively, and identified  $\beta$ -carotene, violaxanthin, neoxanthin, and zeaxanthin. Lutein and capsacin were not detected. In this study, potential value of unmarketable sweet pepper fruit could be identified to be applied as a food ingredient and functional food material.

**Additional key words:** bioactive compound, blossom-end rot, marketable fruit yield, paprika, secondary metabolite

### 서 론

파프리카는 현재 재배면적(739ha, 2021년)과 생산량(82,997 ton, 2021년)이 꾸준히 증가하는 우리나라의 수출유망작물이다(KATI, 2021). 파프리카 과실은 다양한 색상으로 존재하는데, 그 중 적색 파프리카는 전체 생산의 약 40%를 차지하며, 당 함량이 높아 단맛이 높고, 비타민, 카로티노이드, 플라보노이드 및 토코페롤과 같은 식물유래 생리활성물질을 함유하여 각종 암이나 심혈관계 질환을 예방하는 것으로 알려져 있다(Deli 등, 2001; Jeong 등, 2006; Park 등, 2017).

국내에서 파프리카는 연중 생산되며 재배 시기에 따라 여름 작형과 겨울 작형으로 구분되며, 재배 환경이 열악한 늦봄부터 수확 및 과실 품질이 저하된다. 봄철 최대 생산기의 파프리카

재배 농가에서는 수확량이 많아지면서 적절한 적과 및 착과 조절 등의 관리 작업이 부진한 관계로 비상품과의 비율이 수확량의 10% 이상을 차지하기도 한다. 특히 여름철 고온기에는 온실내 복사열로 인하여 내부 온도가 35°C 이상 높아지기 때문에 적정 온도 관리가 매우 어렵다(Yeo 등, 2021). 이에 따라 화분활력이 감소하고, 정상 착과가 진행되지 못하여 착과율과 과실품질이 불량해지며, 일소과 및 배꼽썩음과 등 비상품과의 비율이 증가한다(Dodd 등, 2000; Lee 등, 2008). 비상품과의 경우, 과형의 크기와 모양, 표면의 색상과 상처, 꼭지의 형태에 이르기까지 외적 품질로 인해 시장 가격에 영향을 많이 받으며. 상품과에 해당하는 A품과 비교하여, B품은 약 70%, C품은 약 50%의 가격을 받는 실정이다(market.jinju.go.kr).

시설재배 단지의 증가와 더불어 연중 재배에 따른 잉여농산물의 활용 방안은 지속적으로 논의되어 왔다. Lee 등(2009)은 시설 재배에서 약 10-20% 가까이 발생되며, 가축 사료나 퇴

\*Corresponding author: ysl2848@korea.kr

Received September 30, 2022; Revised October 18, 2022;

Accepted October 18, 2022

비로 버려지는 비상품과 오이를 활용하여 목용용 화장품을 개발한 바 있다. Kim과 Kim(2013)은 비상품과 방울토마토를 시럽제조 재료로 활용하여 농가 소득 향상을 도모하고자 하였다. 또한 mouse의 피부암과 전위암에서 강한 항암작용을 나타내는 비상품과 양파를 이용하여 가공품을 제조함으로써 환경오염 방지와 부산물로서 가능성을 제시한 연구도 진행된 바 있다(Lee 등, 2000). 그러나 파프리카 과실의 상품성에 따른 영양성, 항산화능 및 카로티노이드 조성 차이에 대한 연구는 미진하며, 비상품과를 이용한 가공 식품 개발 연구도 부족한 상황이다. 과거에는 시각적 선호도가 농산물 선택의 중요한 지표로 작용했지만, 최근에는 고물가로 인하여 저렴한 가격의 ‘못난이과일 및 채소’를 선택하는 방식으로 소비 트렌드가 변화하고 있다.

따라서 본 연구에서는 파프리카 시설 재배 중 발생하는 비상품과의 영양성과 생리활성을 조사 평가하여 비상품과의 가치를 구명하고, 잉여농산물로서의 부가가치를 제고하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 재배 조건

본 실험에 사용된 과실은 경상남도 함안군 범수면에 위치한 연동형 플라스틱 비닐온실(35.2°N, 128.3°E)에서 재배된 파프리카(*Capsicum annuum* L. cv. Gina)를 실험재료로 사용하였다. 육묘실에서 5주간 재배한 파프리카를 네덜란드 파프리카 배양액(EC 2.0dS·m<sup>-1</sup>)으로 포수한 코이어 배지(10 × 15 × 10cm)에 5주씩 정식하였으며, 온실 내 재식밀도는 3.7 주·m<sup>-2</sup>였다. 온실 내부 온도는 주간 28°C, 야간 18°C로 유지해 주었으며, 천창 개폐 및 온수파이프를 이용한 난방으로 내부 온도를 제어하였다. 작기 중 온실 내부의 일평균온도는 21.7°C, 상대습도는 60%였다. 관수는 일사량 및 작물의 크기에 따라 급액량을 조절하여 공급하였으며, 정식부터 착과기에는 EC 2.5dS·m<sup>-1</sup>, 1그룹 착과 이후에는 EC 3.0dS·m<sup>-1</sup>에서 3.5dS·m<sup>-1</sup>까지 양액 농도를 점진적으로 증가시켜 점적관수

방식으로 공급하였다.

### 2. 과실 특성 조사

과실 조사 항목은 과실의 생체중, 건물중, 과고, 과폭, 당도를 측정하였으며, 과실 수확은 90% 이상 착색된 과실을 매 3일마다 수행하여 과실의 생체중은 수확 직후 측정하였다. 자연 순환식 건조기(HB503LF, Hanbaek Sci., Bucheon, Korea)를 통해 80°C에서 과실 건물중은 120시간 건조 후 측정하였다. 수확한 과실은 국내 선별 기준에 따라 2L(250g 이상), L(200 - 249g), M(150 - 199g), SM(130 - 149g), S(100 - 129g)를 상품과로, 그리고 2S(100g 미만), 배꼽썩음과, 기형과, 선침과, 소형과 등을 비상품과로 분류하였다(Fig. 1)(Ha 등, 2012). 본 실험의 처리구로서 평균 과중이 180g 이상으로 외부 상처가 없으며, 과형이 좋은 형태인 것을 상품과로, 시장 가격 책정 시 등급의 판정을 받는 배꼽썩음과와 기형과를 비상품과로 선정하였다(Fig. 1B, C). 과실의 당도는 수확한 과실의 과피를 파쇄하여 즙을 낸 후 휴대용 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

### 3. 일반 성분 및 무기물 분석

파프리카의 일반 성분 및 무기물은 수확 직후 신선 상태의 시료를 사용하였으며, 수분 함량은 105°C 상압가열 건조법, 회분은 550°C 직접회화법, 조지방은 soxhlet 추출법 및 조단백질 함량은 semimicro-Kjeldahl법으로 각각 분석하였다. 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 회분, 조지방 및 조단백질 함량을 제외한 값으로 산출하였다.

무기물은 마쇄한 파프리카 1g에 진한 황산과 질산 시약을 각각 10mL씩 혼합하여 가열교반기 상에서 시료를 완전히 분해시켰다. 이를 3차 증류수로 50mL이 되도록 희석하여 유도 결합 플라즈마-분광광도계(ICP, Optima 3300 DV, Perkin-Elmer Co., Melville, NY, USA)로 분석하였다.

### 4. 총 페놀 정량

총 페놀 함량은 파프리카 동결건조 분말을 80% 메탄올로

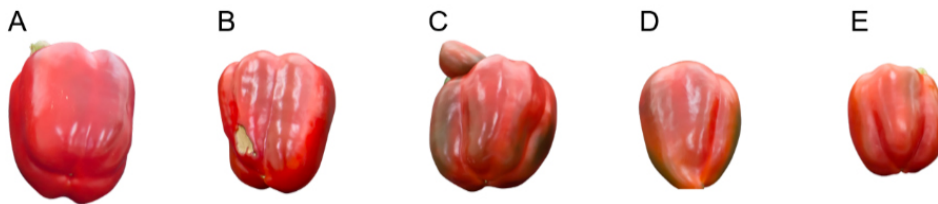


Fig. 1. Marketable sweet pepper fruit (A) and unmarketable fruits: blossom-end rot in sweet pepper fruit (B), misshapen fruit “Wings” (C), misshapen fruit “pointed shape” (D), and extra small sized fruit (E).

추출한 추출액 1mL에 0.5mL의 Folin-ciocalteu 시약 및 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1mL를 차례로 혼합하고 실온의 암실에서 60분간 반응시켰다. 이를 시료 무침가구를 대조로 하여 분광광도계(U-2900, HITACHI, Tokyo, Japan)를 사용하여 700nm에서 흡광도를 측정하였다(Gutfinger, 1981). 총 페놀 함량은 갈산(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 표준품으로 하여 시료와 동일하게 작성한 검량선으로부터 계산하였다.

### 5. 항산화 활성 측정

파프리카의 상품과 및 비상품과에 대한 항산화 활성 비교는 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 라디칼 소거활성과 ferric-reducing antioxidant potential(FRAP)에 의한 환원력으로 각각 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 DPPH 용액(5mg/100mL)과 파프리카의 80% 메탄올 추출액을 동량으로 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM ABTS 용액에 potassium persulfate가 2.4mM이 되도록 용해한 후 4°C의 암실에서 12 - 16시간 동안 반응시키고, 이를 415nm에서 흡광도가 1.5 - 1.6이 되도록 증류수로 희석하여 ABTS 기질용액을 제조하였다. 이 기질용액 150μL에 파프리카 추출액 75μL를 혼합하여 실온에서 5분간 반응시켜 415nm에서 흡광도를 측정하였다(Re 등, 1999). 각각의 라디칼 소거활성(%)은  $[1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무침가구의 흡광도})] \times 100$ 로 계산하였다.

FRAP법에 의한 환원력은 먼저, pH 3.6의 300mM acetate 완충용액, 10mM TPTZ-40mM HCl 용액, 20mM ferric chloride를 각각 10:1:1(v/v/v)로 혼합한 후 37°C의 수욕상에서 5분간 반응시킨 FRAP 기질용액을 제조하였다. 파프리카 추출액 40μL, 증류수 40μL, 상기의 FRAP 기질용액 100μL를 차례로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시켜 593nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 시료의 환원력은 표준품으로써 FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 수행하여 얻은 검량선에 따라 계산하였다(Benzie와 Strain, 1996).

### 6. 카로티노이드 정량

카로티노이드 분석에 사용한 표준품은 네오잔틴, 비올라잔틴, 제아잔틴, 루테인, β-카로틴 이며, ChromaDex(Irvine, CA, USA)에서 구입하였다. 카로티노이드 분석을 위해 추출 및 전처리에 사용한 시약은 Junsei Chemical(Tokyo, Japan)에서 구입하였다. 파프리카는 수세 후 씨와 태좌를 제거한 과육만 동결 건조 후 분쇄하여 사용하였다. 색상별 파프리카에

서 카로티노이드 추출은 (Kim 등, 2016)의 방법을 이용하였다. 동결건조 파프리카 분말 1g을 acetone 10mL 암실에서 12시간 교반 후 1차 추출하고 3,200rpm에서 10분간 원심분리 후 상층액을 회수한 뒤 침전물에 acetone 10mL를 추가하여 2차 추출하였다. 원심분리 후 1, 2차 액을 30°C에서 감압농축하여 농축물을 methyl t-butyl ether(MTBE) 1mL에 녹인 후 0.45μm 필터로 여과하여 메탄올로 희석하여 분석을 수행하였다.

카로티노이드 분석은 Prateek 등(2015)의 방법을 변형하였으며, 컬럼은 PRONTOSIL C18-SH(4.6 × 250mm, 5μm, Bischoff, Leonberg, Germany)이 장착된 HPLC-1260 infinity II(HPLC system, Agilent, CA, USA)를 사용하였다. 분석용매는 이동상 A(Acetonitrile/Water, 10/90, v/v)와 이동상 B(MTBE/Methanol, 4/6, v/v)를 이용하여 분석하였으며, 농도구배조건은 다음과 같았다: 0min, 0% B; 5min, 10% B; 45min, 90% B; 47min, 0% B; 55min, 0%. 유속은 1mL/min, 주입 용량은 10μL, UV 검출기 파장은 450nm, 컬럼 오븐 온도는 30°C 조건에서 분석하였다.

### 7. 통계 분석

실험결과는 R package(R 4.2.1, Foundation, Vienna, Austria)를 이용하였으며, 평균 ± 표준편차로 산출하였으며, 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 하여  $p < 0.05$ 의 유의수준에서 Duncan's multiple range tests로 사후검정을 하였다. 과실 조사의 경우  $p < 0.05$ 의 유의수준에서 Student t-test를 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 과실 품질 및 일반성분 함량

과실의 평균 생체중은 비상품과에 비해 상품과가 약 67% 높게 나타났으나, 과실 건물중, 과고, 과폭, 당도는 상품과와 비상품과 간에 통계적 유의성을 보이지 않았다(Table 1). 수분 함량은 상품과 및 비상품과 간에 차이가 없었다(Table 2). 회분 함량은 상품과에서 비상품과에 비해 약 2.8배 이상으로 많아 유의적인 차이를 보였다. 조단백질 및 탄수화물의 함량은 비상품과에서 많았으며, 조지방 함량은 상품과에서 많은 함량이었으나, 이들 성분에서 파프리카 품질에 따른 유의적인 차이는 없었다.

빨강 파프리카의 신선 상태에서 수분 함량은 약 91%로 상품성에 따른 차이는 없었으며, 회분 함량은 0.4%, 조지방 함량은 0.1 - 0.3%, 조단백질은 0.7 - 0.9% 수준이었다는 보고(Ryu 등, 2021)가 있는데, 파프리카의 회분, 조단백질 및 조지

**Table 1.** The fruit quality relevant parameters including average fresh and dry weight, length and width, and total soluble solid (TSS) of marketable and unmarketable sweet pepper fruits.

Treatment	Average fruit fresh weight (g)	Average fruit dry weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	TSS (°Brix)
Marketable	184.5 ± 23.3 <sup>z</sup>	13.8 ± 3.1	81.3 ± 10.6	81.6 ± 5.9	7.4 ± 0.8
Unmarketable	110.6 ± 36.7	11.1 ± 1.9	76.9 ± 13.2	74.6 ± 8.7	7.7 ± 0.5
Significance	***	ns	ns	ns	ns

<sup>z</sup>All values are mean ± SD (n = 3).

The asterisk indicates significant differences via Student's t-test, \**p* < 0. 05; \*\**p* < 0. 01; \*\*\**p* < 0. 001 ns, non-significant.

**Table 2.** Proximate composition of marketable and unmarketable sweet pepper fruits.

Proximate composition (%)	Marketable fruits	Unmarketable fruits
Moisture	90.2 ± 0.1 <sup>z</sup>	90.2 ± 0.1
Ash	0.74 ± 0.1*	0.26 ± 0.05
Crude protein	0.67 ± 0.02	0.72 ± 0.02
Crude lipids	0.38 ± 0.18	0.32 ± 0.11
Carbohydrate <sup>y</sup>	7.94 ± 0.26	8.43 ± 0.31

<sup>z</sup>All values are mean ± SD (n = 3).

<sup>y</sup>Carbohydrate = 100 - (moisture + ash + crude protein + crude lipids).

\*Significant differences via Student's t-test, *p* < 0.05.

**Table 3.** Mineral contents of marketable and unmarketable sweet pepper fruits.

Mineral contents (mg/100g)	Marketable fruits	Unmarketable fruits
Ca	167.98 ± 3.42 <sup>z</sup>	148.16 ± 0.69
Mg	55.11 ± 1.67	55.38 ± 0.94
Fe	1.65 ± 0.05	1.59 ± 0.01
Zn	3.97 ± 3.97	3.93 ± 0.05
K	439.52 ± 7.98	339.79 ± 1.62
Na	14.04 ± 0.59	18.54 ± 0.19
P	10.98 ± 0.17	11.92 ± 0.04
Total	693.24 ± 13.39*	579.31 ± 0.68

<sup>z</sup>All values are mean ±SD (n = 3).

\*Significant differences via Student's t-test, *p* < 0. 05.

방 함량은 1% 미만으로 상품성에 따른 현저한 차이는 없으므로 생각된다.

## 2. 무기물 함량

파프리카의 무기물 함량을 상품과 및 비상품과에 대해 비교한 결과 총 7종의 무기물이 검출되었으며, 무기물 총량은 상품과와 비상품과 각각 693.24 ± 13.39mg/100g, 579.31 ± 0.68mg/100g이었으며, 상품과에서 유의적으로 높았다(Table 3). 칼륨과 칼슘 순으로 함량이 많았고, 해당 무기물은 상품과에서 높은 함량을 보였다. 그 외의 무기물은 100mg/100g<sup>-1</sup> 미만의

수준으로, 마그네슘, 철분, 아연 및 인은 시료 간에 비슷한 수준이었으며, 나트륨은 비상품과에서 높은 함량을 나타냈다.

무기물은 인체 성분 중 약 4% 정도이나 외부에서 식품으로 반드시 섭취되어야 하는 영양소로서, 칼륨은 체내 나트륨의 배설과 이노작용 촉진에 관여하는 것으로 알려져 있다(Hwang 등, 1997). 칼슘은 인체 무기물 중 가장 많은 함량으로 존재하며 뼈와 치아를 구성하는 중요한 영양소로 알려져 있다(Bac 과 Cho, 2008). 이러한 무기물의 함량이 외관의 상품성이 낮은 비상품과 파프리카에서 상품과에 비해 크게 낮지 않은 것은 비상품과 파프리카를 생과 이외의 다른 용도로 활용할 가치가

있을 것으로 추정된다.

### 3. 총 페놀 함량 및 항산화 활성

총 페놀 함량은 상품과에서  $39.02 \pm 0.89 \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 비상품과에서  $29.41 \pm 3.28 \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 상품과에서 유의적으로 높은 수준이었다(Fig. 2). 항산화 활성은 파프리카의 80% 메탄올 추출액( $50 - 1,000 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )을 사용하여 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과 FRAP법에 의한 환원력을 측정하였다. 추출액의 농도가 증가됨에 따라 항산화 활성은 유의적으로 증가되는 경향이였다. DPPH 라디칼 소거활성은  $1000 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 농도에서 66.09 - 70.11%의 라디칼 소거활성을 보였으나, 시료 간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. ABTS 라디칼 소거활성은  $1,000 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 농도에서 63.43 - 74.01%로 DPPH 라디칼 소거활성보다는 높은 항산화 활성을 보였다. 더욱이  $100 - 1,000 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 농도에서 상품과는 비상품과에 비해 ABTS 라디칼 소거활성이 유의적으로 높았다. 환원력도 라디칼 소거활성과 마찬가지로 상품과에서 비상품과에 비해 높은 활성이였으며, 특히  $500 - 1,000 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  농도에서는 시료 간에 유의적인 차이를 보였다.

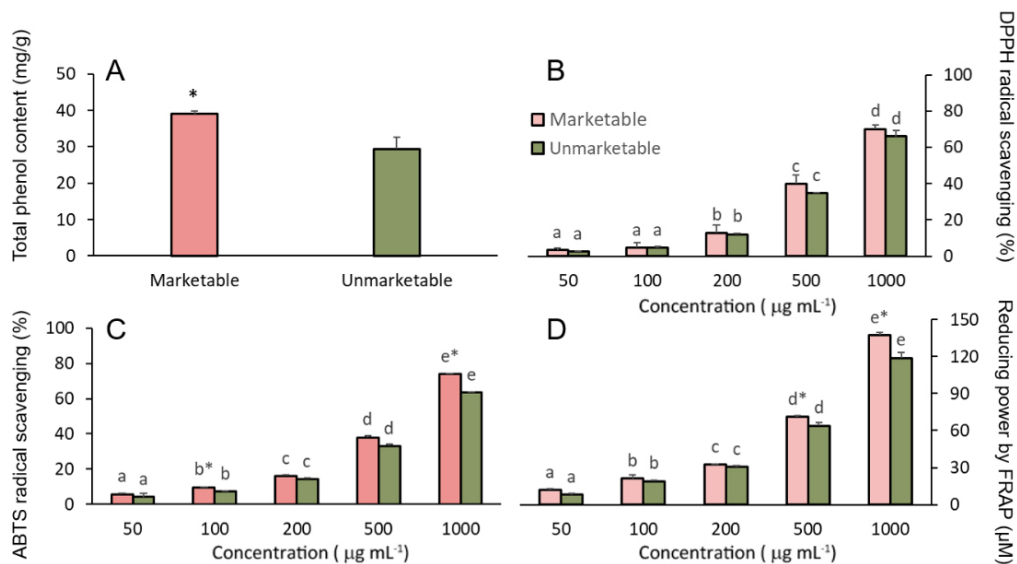
발효과정을 통해 총 페놀 함량 및 유리 라디칼의 소거활성이 향상되었으며, 특히 적색과 녹색 파프리카의 비교 시 적색 파프리카에서 그 효능이 더 우수하여, 미생물을 이용한 파프리카 발효물이 화장품 소재로도 활용가능하다는 연구가 보고된 바 있다(Bae 등, 2018).

파프리카의 색상별로 다양한 조리과정 중 비타민 C의 함량 변화를 측정한 연구에서 적색의 파프리카는 신선 상태에 비해 조리 후 비타민 C의 함량이 유의적으로 증가되었으나, 노랑 및 주황색의 파프리카는 데치는 과정 이후 비타민 C의 함량의 유의적으로 감소되었다는 보고가 있다(Kim 등, 2018). 따라서 비상품과의 적색 파프리카는 신선 상태로 소비하는 것보다 가공용으로 이용할 경우 영양소의 손실이나 기능적 활성의 변화가 적어 이용가치가 더 클 것으로 생각된다.

### 4. 카로티노이드 함량의 비교

파프리카에서 상품성에 따른 카로티노이드 분석결과, 검출된 카로티노이드는 4종이 분석되었다(Fig. 3, Table 4). 적색 지나 품종에서는 네오잔틴, 비올라잔틴, 제아잔틴,  $\beta$ -카로틴이 검출되었으며, 루테인은 검출되지 않았다. Kim 등(2011b)은 선행 연구에서 녹색 파프리카와 황색 파프리카에는 루테인이 유사하게 높은 함량을 보고 하였으며, 파프리카의 잎의 루테인 함량이 녹색 파프리카보다 약 15배나 높은 것을 확인하였다.

상품과 및 비상품과의 조성을 비교한 결과,  $\beta$ -카로틴이 각각  $17.71 \pm 1.1$ 과  $21.65 \pm 1.8 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 상품과 및 비상품과에 따른 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.  $\beta$ -카로틴을 포함한 주요 활성성분이라 예상되는 카로티노이드의 함량은 각각  $29.3 \pm 2.6$ 과  $31.9 \pm 2.9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었으며, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

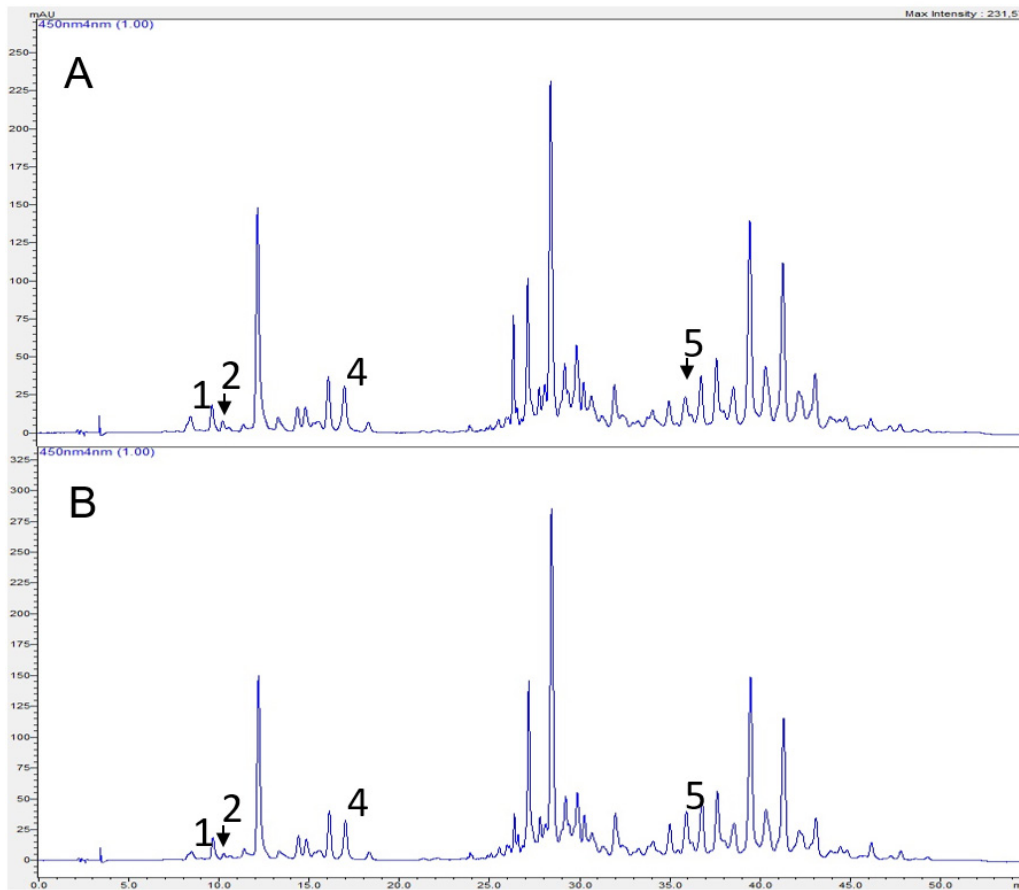


**Fig. 2.** Total phenols content (A), DPPH (B), ABTS (C), and FRAP (D) in 80% methanol extract of marketable and unmarketable sweet pepper fruits. All values are mean  $\pm$  SD (n = 3). \*Data are significantly different in marketable and unmarketable sweet pepper fruits at  $p < 0.05$  by Student t-test. <sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

일반적으로 파프리카는 과실이 성숙되어감에 따라 그 색이 변화하는 것으로 잘 알려져 있으며, 그 변화하는 색상에 따라 함유하고 있는 카로티노이드의 종류와 함량이 달라진다(Deli 등, 1996; Kim 등, 2011a; Kim 등, 2011b). 또한 파프리카에서 색상별 카로티노이드 함량을 비교 분석한 이전 연구에서도 녹색과보다 적색과의 카로티노이드 함량이 6배 많았다는 보고가 있다(Simonne 등, 1997). β-카로틴은 눈 건강과 암 예방 효과(Colditz 등, 1987; Craft와 Wise, 1993), 제아잔틴은 노

인성 황반변증과 초기 동맥경화 예방 효과(Seddon 등, 1994; Dwyer 등, 2001), 네오잔틴은 전립선암 세포의 세포 사멸 유도 등(Kotake-Nara 등, 2005) 카로티노이드의 가치 및 효능이 보고되면서, 건강기능식품으로서 관심을 받고 있다. 각 카로티노이드의 기능적 특징을 미루어볼 때, 파프리카 비상품과 과실은 상품과와 마찬가지로 좋은 기능성 식품이 될 것으로 판단된다.

또한 파프리카즙을 첨가한 증편의 품질특성(Jung 등, 2004),



**Fig. 3.** Chromatograms of carotenoids extracted from marketable sweet pepper fruits (A), and unmarketable sweet pepper fruits (B). 1: Neoxanthin; 2: Violaxanthin; 4: Zeaxanthin; 5: β-carotene.

**Table 4.** Carotenoid compositions of marketable and unmarketable sweet pepper fruits.

Fruit marketability	Carotenoid ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )					Total
	Neoxanthin	Violaxanthin	Lutein	Zeaxanthin	β-Carotene	
Marketable	184.5 ± 23.3 <sup>z</sup>	1.17 ± 0.25	ND	6.46 ± 0.93	17.7 ± 1.1	29.3 ± 2.6
Unmarketable	110.6 ± 36.7	1.77 ± 0.21	ND	6.39 ± 0.55	21.6 ± 1.8	31.9 ± 2.9
Significance	***	**	ns	ns	***	ns

<sup>z</sup>All values are mean ± SD (n = 3).

\*Significant differences *via* Student's t-test, \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; ns, non-significant; ND: not detected.

파프리카와 매실추출액을 첨가한 돈육 등의 품질 특성(Oh 등, 2007), 파프리카분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질 특성(Jeong 등, 2007) 등 가공에 관한 연구가 보고된 바 있어, 본 연구의 결과는 건강 가공 식품의 식소재로서 비상품과의 가치를 구명하는 데 도움이 될 것이다.

## 적 요

파프리카는 최근 카로티노이드, 비타민C, E, 페놀화합물과 같은 다양한 식물 유래 생리활성물질 등의 효능이 보고되면서 영양성이 풍부한 식품으로서 각광받고 있다. 수확 후 파프리카 과실의 품질은 모양, 과중, 과피의 색상, 꼭지의 형태 등의 외관상 특징에 의해 주로 결정된다. 이러한 점에서 파프리카 비상품과는 미각적 특성과 영양학적 가치가 고려되지 않은 채 상품과의 50 - 70% 가격을 받거나 폐기된다. 본 연구는 파프리카 상품과 및 비상품과의 외적 품질, 일반 성분, 무기물, 항산화능 및 카로티노이드의 조성을 비교하기 위하여 수행되었다. 상품성에 따른 과실의 외적 품질 및 일반 성분은 평균 과중을 제외하고 유의한 차이가 없었다. 무기물 함량과 총페놀은 상품과에서 유의하게 높게 나타났다. 항산화능의 경우, DPPH 라디칼 소거활성은 시료 간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. ABTS 라디칼 소거활성은 더욱이 100과 1,000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  농도에서, 환원력은 500과 1,000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 에서 상품과가 비상품과에 비해 높은 활성을 보였으나 그 외 농도에서는 유의적인 차이가 없었다.  $\beta$ -카로틴을 포함한 주요 활성성분이라 예상되는 카로티노이드의 함량은 상품과와 비상품과에서 각각  $29.3 \pm 2.6$ 과  $31.9 \pm 2.9\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 이었으며, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 실험 결과, 파프리카 과실은 외관상 품질에 따른 영양성, 항산화능 및 카로티노이드 조성 차이가 미미하거나 없는 것으로 확인된 바, 파프리카 비상품과 과실은 건강 가공식품의 소재로서 상품과 못지 않은 가치를 지닌 것으로 판단된다.

**추가주제어:** 배꼽씩음과, 상품과 수확량, 생리활성물질, 2차 대사산물, 파프리카

## Literature Cited

- Bae S.J., M.H. Song, J.Y. Oh, J.T. Bae, J.H. Kim, and G.S. Lee 2018, Development of cosmetic ingredient by fermented paprika juice. *J Soc Cosmet Sci* 44:117-124. (in Korean) doi:10.15230/SCSK.2018.44.2.117
- Bae Y.K., and M.S. Cho 2008, Analysis of hair tissue mineral contents according to body mass index. *Korean J Food Nutr* 21:256-262. (in Korean)
- Benzie I.F.F., and J.J. Strain 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76. doi:10.1006/abio.1996.0292
- Blois M.S. 1958, Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200.
- Colditz G.A. 1987,  $\beta$ -Carotene and cancer. In Quebedeaux B, Horticulture and human health: Contributions of fruits and vegetables. Bliss FA (eds). ASHS Symposium Series No. 1, Prentice-Hall, NJ, USA, pp 150-159.
- Craft N.E., and S.A. Wise 1993, Individual carotenoid content of SRM 1548 total diet and influence of storage temperature, lyophilization, and irradiation on dietary carotenoids. *J Agric Food Chem* 41:208-213. doi:10.1021/jf00026a012
- Deli J., P. Molnar., Z. Matus, and G. Toth 2001, Carotenoid composition in the fruits of red paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme rubrum*) during ripening: Biosynthesis of carotenoids in red paprika. *J Agric Food Chem* 49: 1517-1523. doi:10.1021/jf000958d
- Deli J., Z. Matus, and G. Toth 1996, Carotenoid composition in the fruits of *Capsicum annuum* cv. Szentesi Kosszarvu during ripening. *J Agric Food Chem* 44:711-716. doi:10.1021/jf950354n
- Dodd I.C., J. He, C.G.N. Turnbull, S.K. Lee and C. Critchley 2000, The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annuum* L. *J Exp Bot* 51:239-248. doi:10.1093/jexbot/51.343.239
- Dwyer J.H., M. Navab, K.M. Dwyer, K. Hassan, P. Sun, A. Shircore, S. Hama-Levy, G. Hough, X. Wang, T. Drake, C.N. Merz, and A.M. Fogelman 2001, Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: The Los Angeles atherosclerosis study. *Circulation* 103:2922-2927. doi:10.1161/01.CIR.103.24.2922
- Gutfinger T. 1981, Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58:966-968. doi:10.1007/BF02659771
- Ha J.B., C.S. Kim, H.Y. Kang, Y.S. Kang, S.J. Hwang, H.S. Mun, and C.G. An 2012, Effect of shading methods on growth and fruit quality of paprika in summer season. *J Bio-Env Con* 21:419-427. (in Korean)
- Hwang J.B., M.O. Yang, and H.K. Shin 1997, Survey for approximate composition and mineral content of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 29:671-679. (in Korean)
- Jeong C.H., J.H. Kim, J.R. Cho, C.G. Ahn, and K.H. Shim 2007, Quality characteristics of sponge cake upon addition paprika powder. *Korean J Food Preserv* 14:281-287. (in Korean)
- Jeong C.H., W.H. Ko, J.R. Cho, C.G. Ahn, and K.H. Shim 2006, Chemical components of Korean paprika according to cultivars. *Korean J Food Preserv* 13:43-49. (in Korean)
- Jung J.Y., M.H. Choi, J.H. Hwang, and H.J. Chung 2004, Quality characteristics of Jeung-Pyun prepared with paprika juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:869-874.
- Kim G.P., I.K. Kang, Y.S. Hwang, K.I. Park, Y.M. Choi, and

- M.G. Choung 2018, Changes in water-soluble vitamin contents in response to different processing methods in various paprika cultivars. *Hortic Sci Technol* 36:766-775. (in Korean) doi:10.12972/kjhst.20180075
- Kim J.S., C.G. Ahn, J.S. Park, Y.P. Lim, and S. Kim 2016, Carotenoid profiling from 27 types of paprika (*Capsicum annuum* L.) with different colors, shapes, and cultivation methods. *Food Chem* 201:64-71. doi:10.1016/j.foodchem.2016.01.041
- Kim J.S., J. Ahn, S.J. Lee, B.K. Moon, T.Y. Ha, and S. Kim 2011a, Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (*Capsicum annuum* L., var. *special*) cultivated in Korea. *J Food Sci* 76:193-198. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01891.x
- Kim J.S., J. Ahn, T.Y. Ha, H.C. Rhee, and S. Kim 2011b, Comparison of phytochemical and antioxidant activity in different color stages and varieties of paprika harvested in Korea. *J Food Sci* 43:564-569. (in Korean) doi:10.9721/KJFST.2011.43.5.564
- Kim S.E., and Y.S. Kim 2013, Research of syrup manufacturing with non-marketable cherry tomato fruits. *J Agric Life Sci* 47:151-156. (in Korean)
- Korea Agricultural Trade Information (KATI) 2021, The state of sweet pepper industry in Korea. Available via <https://www.kati.net/product/basisInfo.do?lcdCode=MD147>
- Kotake-Nara E., A. Asai, and A. Nagao 2005, Neoxanthin and fucoxanthin induce apoptosis in PC-3 human prostate cancer cells. *Cancer Lett* 220:75-84. doi:10.1016/j.canlet.2004.07.048
- Lee B.S., M.W. Park, S.S. Yu, J.Y. Han, J.I. Choi, S.Y. Yang, and J.C. Park 2009, Development for application of cosmetics additive using by-products in cucumber grown. *Hort Sci Technol* 27 (suppl I): 95. (in Korean)
- Lee C.J., H.D. Kim, E.H. Chonung, J.K. Suh, C.W. Park, and Y.L. Ha 2000, Reduction effect of carcinogen-induced mouse epidermal and forestomach carcinogenesis by the extract of onion wastes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:525-530.
- Lee J.N., E.H. Lee, J.S. Im, W.B. Kim, and Y.R. Yeoung 2008, Fruit characteristics of high temperature period and economic analysis of summer paprika (*Capsicum annuum* L.) grown at different altitudes. *Hortic Sci Technol* 26:230-233. (in Korean)
- Oh J.S., J.N. Park, J.H. Kim, J.W. Lee, M.W. Byun, and S.S. Chun 2007, Quality characteristics of pork jerky added with *Capsicum annuum* L. and *Prunus mume* Sieb. et Zucc. extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:81-86. (in Korean) doi:10.3746/jkfn.2007.36.1.081
- Park Y., Y. Jo, and J.H. Kwon 2017, Effects of quarantine doses of e-beam irradiation on the physicochemical and sensory characteristics of paprika. *Korean J Food Sci Technol* 49:117-122. (in Korean) doi:10.9721/KJFST.2017.49.2.117
- Prateek G., S. Yellamaraju, and S. Rameshwar 2015, A rapid and sensitive method for determination of carotenoids in plant tissues by high performance liquid chromatography. *Plant Methods* 11:5. doi:10.1186/s13007-015-0051-0
- Re R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Riceevans 1999, Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Ryu A.R., M.C. Kang, J.S. Hong, J.H. Choi, Y.S. Choi, and H.D. Choi 2021, Nutritional components of colored paprika. *Food Life* 3:107-115. (in Korean) doi:10.5851/fl.2021.e10
- Seddon J.M., U.A. Ajani, R.D. Sperduto, R. Hiller, N. Blair, T.C. Burton, M.D. Farber, E.S. Gragoudas, J. Haller, D.T. Miller, L.A. Yannuzzi, and W. Willet 1994, Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. *J Am Med Assoc* 272:1413-1420. doi:10.1001/jama.1994.03520180037032
- Simonne A.H., E.H. Simonne, R.R. Eitenmiller, H.A. Mills, and N.R. Green 1997, Ascorbic acid and provitamin A contents in unusually colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *J Food Compos Anal* 10:299-311. doi:10.1006/jfca.1997.0544
- Yeo K.H., S.H. Park, I.H. Yu, H.J. Lee, S.H. Wi, M.C. Cho, W.M. Lee, and Y.C. Huh 2021, Cultivation demonstration of paprika (*Capsicum annuum* L.) cultivars using the large single-span plastic greenhouse to overcome high temperature in South Korea. *J Bio-Env Con* 30:429-440. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2021.30.4.429