

신품종 고추 24종의 phytochemicals 분석 및 생리활성 비교

황 영 · 소윤지 · 황정록 · 유경미¹ · 이기원² · 이용직³ · 황인경*
서울대학교 식품영양학과 · 생활과학연구소, ¹숭의여자대학교 식품영양학과,
²서울대학교 농업생명과학대학 바이오모듈레이션 전공, ³(주)하나종묘

Comparative Studies on Phytochemicals and Bioactive Activities in 24 New Varieties of Red Pepper

Ying Huang, Yun-Ji So, Jeong Rok Hwang, Kyung-Mi Yoo¹, Ki-Won Lee², Yong-Jik Lee³, and In Kyeong Hwang*

Department of Food and Nutrition · Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

¹Department of Food and Nutrition, Soong Eui Women's College

²WCU Biomodulation Major, Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University

³Hana Seed Co., Ltd.

Abstract This study aimed to investigate the activities of phytochemical and bioactive components from 24 new varieties of red pepper obtained by crossbreeding different Korean red pepper lines. The ASTA (American Spice Trade Association) color values ranged from 116.69 to 249.83 and the total carotenoid content ranged from 3.19 to 6.11 mg/g dried red pepper. The free sugar content ranged from 43.41 to 199.54 mg/g, and the fructose content was found to be higher than the glucose content. The ascorbic acid, total polyphenol, and flavonoid contents were found to be 8.08-11.53 mg/g, 7.93-14.26 mg gallic acid/g, and 4.24-10.07 mg quercetin/g dried pepper, respectively. Overall, the total polyphenol contents of the new varieties were found to be higher than the average content of Korean red peppers. The total capsaicinoid content in the new varieties varied widely from 0.42 to 237.87 mg/100 g dried pepper. The pepper-methanol extract antioxidant activities of 'variety 2, 4, 8, 9' were higher than others. A high correlation was observed between the antioxidant activities and the polyphenol contents ($r=0.804$, $r=0.701$).

Keywords: phytochemical, bioactive components, new varieties of red pepper, antioxidant activity

서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 식물로 화려한 색과 독특한 매운맛을 가지고 있으며 세계적으로 많이 소비되고 있는 향신료 중에 하나이다. 특히 고추는 김치, 고추장 등의 주요 식재료로써, 오래전부터 한국 음식의 맛을 내는 중요한 양념 채소로 자리 잡고 있다(1,2).

고추의 가장 중요한 특성 중 하나는 독특한 매운맛을 가지고 있는 것이다. 고추의 매운맛은 capsaicinoid계 물질에 기인한 것으로 알려져 있으며, 5개 동족체 중에 capsaicin과 dihydrocapsaicin이 매운맛을 내는 주된 성분으로 알려져 있다(3,4). 고추의 매운맛 성분 함량은 종과 재배 지역 및 환경, 건조 방법에 따라서 차이가 발생하나, 가공 및 저장 조건에 대해서는 비교적 안정적이다(5,6). Capsaicinoids는 음식의 풍미를 향상시키고 식욕을 촉진할 뿐만 아니라 항산화, 항암, 당뇨병성 신경성증, 관절염, 신경통 및 피부건선 치료 등 다양한 생리활성 효과가 있음이 보고되고 있다(7,8).

Carotenoid계 색소는 자연에 널리 분포되어 있는 색소로써, 고추가 붉은 색을 나타내는데 크게 관여한다. 자연계에는 약 400가지의 서로 다른 carotenoid들이 확인되고 있다(9). Capsanthin과 capsorubin등 일부 색소는 유일하게 *Capsicum* 종에만 존재하는 것으로 알려져 있으며, 고추는 이외에 zeaxanthin, lutein, β -carotene, β -cryptoxanthin 등 노란색 계열의 carotenoid 색소들도 함유하고 있다(10,11).

고추는 여러 유기산, 유리당, 유리 아미노산을 함유하고 있으며, 항산화 및 항암 활성 등의 생리 활성 효과가 있다고 알려진 비타민 C와 페놀성 화합물을 함유하고 있다(1,11,12). 비타민 C는 대표적인 수용성 비타민 및 항산화 성분으로써 암 예방, 노화 예방, 철의 흡수를 도우며, 콜라겐의 합성과 뼈를 형성하는 데에 필요한 것으로 보고되고 있다(13,14). 고추는 비타민 C 함량이 높은 채소 중 하나로, 청고추보다는 홍고추로 숙성될수록 함량이 증가하며, 비타민 C가 색상의 안정성에 대해서도 영향을 미치는 것으로 보고되었다(11,15,16). 페놀성 화합물은 식물 2차 대사물질로 과일 및 야채류에 주로 배당체 형태로 널리 분포하고 있으며, 체내 항산화 효과, 항암 및 심혈관과 당뇨질환의 예방 및 완화, 뇌기능 장애, 백내장, 면역계 쇠퇴 등을 조절하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(17,18).

고추는 다양한 생리활성성분을 가지고 있으며, 항산화, 항암, 항염증 등의 효능이 밝혀지면서 그 소비가 증가되고 있는 추세이다. 한국의 고추 소비량은 건고추 기준으로 일 인당 4.0kg으로 세계 최고 수준이다. 하지만 고추의 수확 작업에 대한 기계화 기

*Corresponding author: In Kyeong Hwang, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
Tel: 82-2-880-5708
Fax: 82-2-882-5708
E-mail: ikhwang@snu.ac.kr
Received December 30, 2012; revised April 14, 2014;
accepted April 14, 2014

술이 널리 보급되지 않아 노동력이 많이 필요하므로, 농가 인구 고령화로 인한 노동력 부족으로 최근 몇 년간 생산량이 지속적으로 감소하고 있다. 이로 인해 한국산 고추의 공급량은 감소하고 있으나 수입 고추의 시장 공급량이 2011년 60%까지 증가하였고, 이 중 가격 경쟁력이 높은 중국산 고추가 총 수입량의 90% 이상을 차지하고 있다(19). 현재 협상중인 한-중 FTA가 체결되면 고추를 포함한 중국 농산물의 수입 확대는 불가피하다. 따라서 앞으로의 FTA 협상과 기능성 식품에 대한 필요 증가 등에 대비하여 소비자의 기호에 맞는 고품질의 다양한 국산 고추 신품종을 육성할 필요가 있으며, 이들의 특성을 평가할 필요가 있다. 새로 육성된 신품종을 활용하여 전통 고추장, 글로벌 고추장 소스를 개발하면 새로운 소비 창출과 고추 품종의 국제 경쟁력을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 서로 다른 계통의 고추를 교배하여 육성된 신품종 고추 24종을 이용해 색상, phytochemicals 성분 및 항산화 활성을 연구함으로써 신품종 고추의 품질 우수성을 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 전처리

본 연구에 사용한 고추는 서로 다른 한국산 고추를 교배하여 육성된 신품종으로, 태국 콘켄 지역에서 2012-2013년에 재배된 고추이다. 수확된 고추를 일광건조 후, 씨를 제거하여 분쇄한 다음, 250 µm 체를 통과한 시료를 분말 형태로 -80°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

추출

고추 시료 20 g에 80% 메탄올 200 mL를 넣고 교반기(Shaking incubator, SI-600R, Jeio Co., Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 25°C에서 12시간 동안 120 rpm으로 교반하여 생리활성물질을 추출하였다. 추출액은 여과지(Whatman, No. 1)로 거른 후, 남은 잔사는 동일한 방법으로 2회 반복 추출하여 총 600 mL의 메탄올 추출물을 얻었다. 추출물은 회전 진공농축기(Rotavapor, Buchi, Flawil, Germany)로 감압-농축하여 동결 건조한 후, 분말 형태로 -80°C에서 보관하면서 분석에 사용하였다.

색도 측정

고추 시료의 색도를 색차계(CM-3500D, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시료의 색도는 Hunter's color value L (명도), a (적색도), b (황색도)값으로 나타내었으며, 이때의 표준 백판은 L=95.79, a=-0.17, b=-0.20이었다.

ASTA (American Spice Trade Association) 색상값 측정

고추의 ASTA 색상값은 ASTA-20.1방법(20)으로 측정하였다. 고추 시료 0.1 g을 아세트산 100 mL를 가하여 교반기를 이용하여 암실에서 16시간 동안 120 rpm으로 교반하여 색소성분을 추출하였다. 추출액의 상층액을 취하여 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 460 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값을 아래 식에 대입하여 ASTA 색상값을 계산하였다.

$$\text{ASTA 색상값} = \frac{\text{Absorbance} \times 16.4 \times I_f}{\text{Sample weight (g)}}$$

I_f : Instrument correction factor

총 carotenoid 함량 측정

고추 시료 0.01 g에 벤젠 10 mL를 가하고 교반기를 이용하여 25°C에서 1시간 동안 120 rpm으로 교반하며 추출하였다. 추출액의 흡광도를 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys Co., Ltd.)를 사용하여 483 nm에서 측정하였고 Mecasys Co., Ltd.의 specific extinction coefficient ($E_{1\text{cm}}^{1\%}$)인 2072를 계수로 이용하여 아래의 식에 의해 계산하였다(21).

$$\begin{aligned} \text{Carotenoid (mg/g dried weight)} \\ = \frac{\text{Absorbance} \times \text{Volume (mL)} \times 1000}{E_{1\text{cm}}^{1\%}} \end{aligned}$$

유리당 함량 측정

고추의 유리당 함량은 Kim 등(22)의 방법에 따라 측정하였으며, 고추 시료 2 g에 80% 에탄올 40 mL를 가하여 vortex mixer로 2분간 추출한 후 상층액을 0.45 µm PVDF filter로 거른 후 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. 분석조건은 HPLC (PU-980, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용, 컬럼은 carbohydrate analysis column (3.9×300 mm, 10 µm, Waters Co., Milford, MA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 acetonitrile:water (87:13)을 흘려주었다. 유속은 1.2 mL/min이었으며, 시료를 20 µL 주입하여 peak검출은 RI detector로 분석하였다. 표준물질은 fructose, glucose를 사용하였으며, 유리당 함량은 fructose, glucose의 합으로 산출하였으며, 건조중량의 g 당 mg 함량으로 나타내었다.

Ascorbic acid 함량 측정

Ascorbic acid 함량은 식품공전(23)의 방법에 따라 측정하였으며, 고추 시료 0.5 g에 동량의 10% 메타인산 0.5 mL를 가하여 10분간 현탁시킨 후, 5% 메타인산 9.5 mL를 넣어 총 10 mL로 정용하였다. 이를 vortex mixer로 1분간 잘 혼합하고 20분간 방치하여 ascorbic acid를 추출하였다. 이후, 210×g에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액을 취해 HPLC용 0.2 µm syringe filter로 여과하여 HPLC용 분석시료로 사용하였다. 컬럼은 µ-Bondapak C18 (3.9×300 mm, 10 µm, Waters Co., Milford, MA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 acetonitrile:0.05 M KH_2PO_4 (40:60)을 흘려주었다. 유속은 1.0 mL/min이었으며, 시료를 10 µL 주입하여 254 nm 파장에서 측정하였다. 표준물질은 L-ascorbic acid를 사용하였으며, 건조중량의 g 당 mg 함량으로 나타내었다.

총 polyphenol 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(24)을 변형하여 분석하였다. 동결건조 된 고추 메탄올 추출물을 메탄올에 녹여 5 mg/mL 농도로 만들었다. 녹인 시료 120 µL에 증류수 600 µL를 가한 다음, 2 N Folin-Ciocalteu reagent (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 600 µL를 넣은 후 교반하였다. 이 용액에 30% Na_2CO_3 용액 1800 µL와 증류수 480 µL를 가한 다음 상온에서 2시간 동안 반응시켜 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys Co., Ltd.)를 이용하여 765 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 사용하였으며, 추출 수율을 고려하여 고추 건조중량 g 당 mg gallic acid equivalent (GAE)로 환산하여 표시하였다.

총 flavonoid 함량

총 flavonoid 함량은 Menichini의 방법(25)을 참고하여 분석하였다. 동결건조 된 고추 메탄올 추출물을 메탄올에 녹여 5 mg/

mL 농도로 만들었다. 녹인 시료 400 µL에 증류수 1600 µL를 가한 후 교반하였다. 5% NaNO₂ 120 µL를 가하고 교반한 후 실온에 5분 동안 방치하였다. 이후 10% AlCl₃ 120 µL를 넣고 교반한 후 실온에 6분 동안 방치한 다음, 1 M NaOH를 800 µL 가하고 바로 3차 증류수 960 µL를 가하여 희석한 다음 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys Co., Ltd., Daejeon, Korea)로 510 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 사용하였으며, 추출 수율을 고려하여 고추 건조중량 g 당 mg quercetin equivalents (QE)로 환산하여 표시하였다.

Capsaicinoids 함량

Capsaicinoids 함량은 Attuquayefio와 Buckle의 방법(26)을 변형하여 분석하였다. 동결건조 된 고추 메탄올 추출물 1 g에 acetonitrile 10 mL를 가한 다음, 1분간 교반하였다. 상층액을 0.2 µm syringe filter로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. 컬럼은 X Terra RP C18 (4.6×250 nm, 5 µm, Waters Co., Milford, MA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 methanol:water (70:30)을 흘려주었다. 유속은 1.0 mL/min이었으며, 시료를 20 µL 주입하여 280 nm 파장에서 측정하였다. 표준물질은 capsaicin, dihydrocapsaicin을 사용하였으며, 건조중량 100 g 당 mg 함량으로 나타내었다.

항산화 활성능

DPPH 자유기 소거 활성능

DPPH 자유기 소거 활성능은 Brand Williams 등(27)의 방법에 따라 측정하였다. 동결건조 된 고추 메탄올 추출물을 메탄올에 녹여 1, 3, 5 mg/mL 농도로 만들었다. 농도별로 녹인 고추 메탄올 추출물 200 µL에 0.2 mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma Chemical Co.) 용액 800 µL를 가하여 실온에 암소에서 30 분 동안 반응시킨 후, 분광광도계(SpectraMax 190, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 이를 아래 계산식 (1)에 대입하여 DPPH 자유기 소거 활성능을 계산하였다. 양성 대조군으로 L-ascorbic acid (농도 0, 20, 40, 60, 80 ppm)를 사용하여 표준 검량 곡선 $y=0.011x-0.0178$ (x: L-ascorbic acid 농도; y: 추출물 비첨가구에 대비 흡광도 감소한 수치)을 작성하였고 계산식 (2)을 이용하여 자유기 소거 활성능을 vitamin C equivalent antioxidant activity (mg VCEAC/g dried weight)로 환산하여 나타내었다(28).

$$(1) \text{ DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

- A: 추출물 첨가구의 흡광도
- B: 추출물 비첨가구의 흡광도

(2) vitamin C equivalent antioxidant activity (mg VCEAC/g dried weight)

$$= \frac{\left[\frac{y + 0.0178}{0.011}\right]}{C} \times D$$

- y: 추출물 비첨가구의 흡광도-추출물 첨가구의 흡광도
- C: 추출물의 농도
- D: 추출물의 추출 수율

ABTS 자유기 소거 활성능

ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 자유

기 소거 활성능은 Kim 등(28)의 방법을 참고하여 측정하였다. PBS (100 mM potassium phosphate buffer, pH 7.4)에 각각의 녹인 1.0 mM AAPH와 2.5 mM ABTS (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 1:1로 섞어 70°C 항온수조에서 1시간 정도 반응시켜 ABTS 자유기를 생성시켰다. 이후, 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys Co., Ltd.)를 이용하여 734 nm 파장에 흡광도 값이 0.65±0.02가 되도록 조절하였다. 동결건조 된 고추 메탄올 추출물을 메탄올에 녹여 1, 2, 3 mg/mL 농도로 만들었다. 농도별로 녹인 고추 메탄올 추출물 20 µL에 ABTS 용액 980 µL를 넣어 37°C 항온 수조에서 10분간 반응시킨 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이를 아래 계산식 (1)에 대입하여 ABTS 자유기 소거 활성능을 계산하였다. 양성 대조군으로 L-ascorbic acid (농도 0, 50, 100, 150, 200 ppm)를 사용하여 표준 검량 곡선 $y=0.0031x-0.0047$ (x: L-ascorbic acid 농도; y: 추출물 비첨가구에 대비 흡광도 감소한 수치)을 작성하였고 계산식(2)을 이용하여 고추의 ABTS 자유기 소거 활성능을 vitamin C equivalent antioxidant activity (mg VCEAC/g dried weight)로 환산하여 나타내었다 (28).

$$(1) \text{ ABTS radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

- A: 추출물 첨가구의 흡광도
- B: 추출물 비첨가구의 흡광도

(2) vitamin C equivalent antioxidant activity (mg VCEAC/g dried weight)

$$= \frac{\left[\frac{y + 0.0047}{0.0031}\right]}{C} \times D$$

- y: 추출물 비첨가구의 흡광도-추출물 첨가구의 흡광도
- C: 추출물의 농도
- D: 추출물의 추출 수율

통계처리

본 연구 결과의 통계처리는 IBM SPSS Statistics (Ver. 21.0) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 또한 고추에 함유한 phytochemicals 성분과 항산화 활성 간의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson's correlation analysis를 실시하였다.

결과 및 고찰

색도 및 ASTA 색상값

고추의 표면색상은 소비자가 제품을 선택하는데 중요한 요소로써 고추의 화려한 붉은 색은 주로 지용성 색소인 carotenoid류 물질에 의하여 나타내는 것으로 알려져 있다(10,11).

색차계로 측정된 고추의 Hunter's Lab 색도는 Table 1에서 보는 바와 같다. 고추 색의 밝기를 나타내는 L값은 33.42-38.72, 적색도를 나타내는 a값은 31.63-36.02, 황색도를 나타내는 b값은 16.93-20.02의 범위로 측정되었으며, 품종 간 차이가 크지 않았다. 고추의 붉은색 품질을 평가하고자 a×L값을 이용하였으며, 이 값이 700 이상이면 밝은 적색으로 분류할 수 있는 것으로 알려져 있다(29). 이번 실험에서 측정된 a×L값은 1109-1357로 나타났으므로 모든 품종이 밝은 적색으로 평가되었다. 선행연구의 결과에 의하면 Hwang와 Chung(30)은 고추의 L값은 31.6-36.6, a값은

Table 1. Hunter's color values and ASTA color values of acetone extract from new varieties of red pepper

Samples	Hunter's color values				ASTA ²⁾
	L ¹⁾	a	b	a×L	
1	36.46±0.58	31.63±0.45	18.41±0.12	1152.95±11.35	165.95±1.73
2	36.72±0.17	34.41±0.20	18.67±0.08	1263.36±8.82	196.59±3.36
3	35.26±0.17	34.53±0.17	19.05±0.07	1217.30±7.60	195.80±1.85
4	34.98±0.25	32.99±0.03	17.84±0.12	1153.76±7.29	201.31±3.42
5	36.76±0.26	34.64±0.38	19.61±0.11	1273.03±18.55	150.75±1.85
6	34.97±0.20	34.65±0.31	18.09±0.04	1211.56±5.17	249.83±2.51
7	35.46±0.42	35.05±0.05	18.25±0.50	1242.69±13.36	193.09±3.14
8	36.03±1.08	34.23±0.24	18.64±0.80	1232.93±29.83	175.04±3.43
9	37.73±0.26	35.99±0.08	19.86±0.03	1357.43±12.32	186.84±3.80
10	36.97±0.54	33.06±0.09	18.83±0.30	1221.89±20.40	174.62±2.01
11	36.48±0.23	33.57±0.18	19.01±0.08	1224.33±9.20	136.16±1.66
12	36.54±1.06	33.47±0.15	19.62±0.02	1222.49±30.68	146.11±3.43
13	34.15±0.07	32.47±0.21	17.31±0.09	1108.69±7.22	172.47±1.67
14	36.10±0.36	34.85±0.17	19.06±0.09	1257.87±16.64	190.86±3.45
15	37.47±0.38	34.64±0.63	19.87±0.07	1297.69±12.66	137.71±1.79
16	36.86±0.12	33.39±0.26	19.21±0.06	1230.78±13.43	143.48±1.62
17	38.72±1.19	33.46±0.14	20.02±0.75	1295.41±34.41	116.69±3.07
18	36.97±0.29	34.66±0.12	19.38±0.08	1281.06±7.70	132.31±2.54
19	33.42±0.61	33.63±0.46	16.93±0.21	1123.70±26.09	216.01±3.36
20	33.70±0.28	33.73±0.17	17.14±0.10	1136.56±5.94	206.49±3.34
21	36.34±0.20	34.41±1.13	18.60±0.08	1250.33±40.70	165.75±3.29
22	37.15±0.10	34.30±0.09	18.92±0.09	1274.07±5.73	194.69±3.31
23	37.61±0.03	31.98±0.75	19.34±0.06	1202.55±28.19	141.81±2.07
24	36.05±0.07	36.02±0.21	19.22±0.05	1298.45±5.23	177.07±3.33
Min-Max	33.42-38.72	31.63-36.02	16.93-20.02	1093.58-1371.03	116.69-249.83
Mean±SD ³⁾	36.20±1.29	33.99±1.10	18.79±0.85	1230.45±62.42	173.64±31.45

All results are expressed as mean±standard deviation for nine replicates

¹⁾Hunter L=lightness, a=redness, b=yellowness

²⁾American Spice Trade Assiation Value

³⁾Mean±SD: mean±standard deviation

28.9-34.6으로 보고하여 a×L값은 913-1266으로 추정할 수 있으며, Hwang 등(31)은 재배지역별 청양고추의 색도 측정에 L값 35.75-43.42, a값 28.89-37.12인 것으로 보고하여, a×L값은 1033-1612으로 추정되었다. 또한 Park(12)은 86종 고추의 색도 측정 결과 L값은 25.67-32.19, a 값은 31.11-40.33, a×L값은 799-1250으로 보고하여, 본 연구의 결과는 선행연구와 비슷한 범위를 보였으며 신품종 고추는 색도에 있어서 상품성이 있는 것으로 판단되었다.

ASTA 색상값은 미국양념협회에서 공인한 붉은색 색소측정방법으로 고추원료나 색소 추출물의 함량을 표시하는 지표로서 미국 등 많은 나라에서 고추와 파프리카 등의 색상을 평가하는 객관적 단위로 사용되고 있으며 ASTA 수치가 높을수록 고추 품질이 우수하다고 보고되어 있다. 미국의 규격은 ASTA 색상값 70 이상을 유효 적색도로 보고, 70-160인 경우에 5-6단계로 품질 분류하고 있으며, 헝가리의 규격은 ASTA 색상값 120 이상을 Extra, Delicate, Noble sweet, 65이하를 Rose로 표현하고 있다(1,32). 그러나 한국의 식품공전 규격이나 한국산업표준(KS)규격 등에는 색상에 대한 규격은 설정되어 있지 않다.

이번 연구에 측정된 ASTA 색상값은 116.69-249.83 범위의 값으로 평균값은 173.64이었다. 24품종 가운데 '품종 4, 6, 19, 20'의 ASTA 색상값은 200이 넘었으며 색상이 매우 우수한 것으로 나타났다. Kim(11)은 한국산 고추 47종의 ASTA 색상값 측정 결과, 64.55-124.07 범위의 값을 보였고 평균값은 96.53인 것으로 보

고하였다. Park(12)은 한국에서 재배된 지역별 고추의 ASTA 색상값을 측정한 결과, 영양지역에 재배된 고추의 ASTA 색상값이 84.87-161.62의 범위, 평균값은 128.20인 것으로 보고하였다. 선행 연구결과와 비교했을 때, 이번 실험에 사용한 신품종 고추의 색상이 기존의 한국 품종보다 우수한 것을 확인할 수 있었다.

총 carotenoid 함량

고추의 총 carotenoid 함량은 capsanthin을 기준으로 계산하였다. 측정 결과는 Table 2에 제시한 바와 같이 3.19-6.11 mg/g dried weight의 수치를 나타냈으며, 평균값은 4.52 mg/g dried weight으로 나타났다. Kim(11) 한국산 고추의 총 carotenoid 함량은 2.31-4.10 mg/g dried weight의 범위의 값으로, 평균값은 3.34 mg/g dried weight로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 측정된 신품종 고추의 carotenoid 함량은 선행연구에서 발표한 함량에 비해 높은 것으로 나타났다. 총 carotenoid 함량은 품종 간 차이가 컸으며 '품종 5, 11, 12, 15, 17, 18, 23'은 4.00 mg/g dried weight 이하로 낮게 측정되었고 '품종 6, 7, 19, 20, 22'는 5.00 mg/g dried weight 이상으로 다른 품종에 비해 높게 측정되었다.

고추류에서 색소의 함량은 종 또는 수확시기에 따라 차이가 보이는 것으로 보고되었으며, 수확 후 색상의 유지는 초기에는 종과 성숙도에 영향을 많이 받으며, 건조제품을 저장하는 동안에는 보관 온도, 공기나 빛에 대한 노출 등의 요소에 의해 크게 영향

Table 2. Contents of total carotenoid, free sugar, ascorbic acid, total polyphenol, and total flavonoid in new varieties of red pepper

Samples	Total carotenoid (mg/g dried weight)	Fructose (mg/g dried weight)	Glucose (mg/g dried weight)	Fructose+Glucose (mg/g dried weight)	Ascorbic acid (mg/g dried weight)	Total polyphenol (mg gallic acid/g dried weight)	Total flavonoid (mg quercetin/g dried weight)
1	4.25±0.24	98.43±2.57	97.10±2.69	195.54±5.14	9.94±0.28	12.17±0.82	6.12±0.15
2	4.91±0.81	29.98±0.22	13.32±1.12	43.31±1.08	9.76±0.11	12.47±0.31	7.96±0.36
3	5.09±0.20	62.68±1.23	38.01±2.07	100.70±2.53	9.54±0.01	10.63±0.59	5.44±0.31
4	4.89±0.08	40.50±1.31	19.92±0.10	60.41±1.38	11.53±0.10	12.63±0.73	8.26±0.33
5	3.55±0.06	93.85±0.70	76.87±0.83	170.72±0.13	9.26±0.10	12.43±0.41	5.49±0.37
6	6.11±0.38	58.98±1.15	37.77±2.00	96.75±2.32	9.16±0.37	10.34±0.02	7.39±0.17
7	5.49±0.09	77.78±0.22	73.13±3.23	150.92±3.43	9.53±0.28	12.61±0.43	8.13±0.85
8	4.40±0.21	74.47±1.15	57.85±3.40	132.32±2.90	9.67±27	13.77±0.44	8.80±0.18
9	4.86±0.08	38.51±1.03	21.92±0.13	60.43±0.98	8.58±0.10	14.26±0.08	7.59±0.52
10	4.61±0.07	49.94±0.06	24.63±2.30	74.57±2.27	9.35±0.07	9.82±0.22	4.81±0.33
11	3.55±0.16	99.54±0.47	76.32±3.35	175.86±3.76	10.00±0.04	11.88±0.35	5.32±0.07
12	3.70±0.11	62.46±1.93	35.22±0.94	97.68±2.88	10.03±0.08	11.24±0.37	6.43±0.19
13	4.62±0.24	61.86±0.27	37.25±1.09	99.11±1.03	8.93±0.21	11.32±0.45	5.40±0.31
14	4.55±0.01	62.25±3.89	41.06±2.88	103.32±6.76	8.93±0.16	10.54±0.27	4.99±0.06
15	3.80±0.08	95.14±1.00	79.12±1.07	174.25±2.06	8.94±0.05	9.01±0.53	4.24±0.14
16	4.16±0.05	95.30±1.11	93.30±1.34	188.60±1.46	8.14±0.03	9.14±0.49	5.31±0.32
17	3.19±0.11	60.04±2.01	34.69±1.15	94.73±2.31	8.64±0.05	10.25±0.67	6.36±0.27
18	3.63±0.14	68.51±1.05	58.53±2.84	127.04±3.76	9.21±0.06	7.93±0.23	5.02±0.08
19	5.96±0.19	84.67±1.21	69.33±1.11	154.01±0.17	8.41±0.11	9.27±0.09	7.00±0.02
20	5.02±0.06	84.30±1.09	71.69±0.07	155.98±1.03	9.33±0.04	11.94±0.41	8.83±0.06
21	4.11±0.08	63.68±0.25	40.46±0.99	104.15±0.75	8.76±0.02	12.21±0.16	9.57±0.32
22	5.61±0.21	46.55±1.21	23.94±1.96	70.50±1.06	9.92±0.22	10.70±0.22	10.07±0.32
23	3.71±0.07	44.02±0.11	27.35±1.21	71.38±1.29	10.94±0.02	10.44±0.57	7.86±0.18
24	4.65±0.07	77.20±1.61	63.22±1.09	140.42±1.84	8.08±0.09	8.05±0.24	6.66±0.04
Min-Max	3.19-6.11	22.98-99.54	13.32-97.10	43.41-195.54	8.08-11.53	7.93-14.26	4.24-10.07
Mean±SD ¹⁾	4.52±0.79	67.94±20.39	50.50±24.66	118.44±44.67	9.36±0.81	11.04±1.67	6.79±1.64

All results are expressed as mean±standard deviation for three replicates

¹⁾Mean±SD: mean±standard deviation

을 받는 것으로 알려져 있다(1,11). 본 연구의 결과가 선행연구에 보고된 수치와 차이가 나타난 것은 품종 간 차이뿐만 아니라 수확시기와 건조, 저장조건이 다르기 때문으로 생각된다. 또한 본 실험에 사용한 시료 간에 색소의 차이를 보인 결과는 재배와 건조 및 저장 조건은 동일하여 품종의 차이가 가장 크게 관여한 것으로 사료된다.

유리당 함량

고추에 포함되어 있는 유리당의 종류로는 fructose, glucose, sucrose, maltose 등이 있다. 이 중에서도 fructose, glucose의 함량이 월등히 높다고 보고되어 있으며, sucrose와 maltose는 미량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(33,34). 고추에서 측정된 유리당 함량은 Table 2에 나타내었다. 측정 결과, 신품종 고추의 fructose 함량은 22.98-99.54 mg/g dried weight, 평균값 67.94 mg/g dried weight, glucose 함량은 13.32-97.10 mg/g dried weight, 평균값 50.50 mg/g dried weight로 측정되었으며, fructose의 함량이 더 높은 것으로 확인되었다. 유리당 함량은 glucose와 fructose 함량을 합쳐 계산하였으며, ‘품종 1’이 195.54 mg/g dried weight로 가장 높게 측정되었으며, ‘품종 2’은 43.41 mg/g dried weight로 가장 적은 유리당을 함유하는 것으로 나타났으며, 품종 간 차이가 크게 나타났다. 고추의 유리당 함량은 품종 간의 형질적 차이와 건조 저장 시 분해, 산화, 갈변 등의 차이에 따라 발생하는 것으로 보

고되었으나(35,36), 본 시료에 사용한 신품종 고추의 경우, 재배, 건조 및 저장 조건이 동일했으므로 유리당 함량 차이는 품종간의 차이에 비롯된 것으로 생각된다.

Ascorbic acid 함량

HPLC로 분석한 신품종 고추의 ascorbic acid 함량은 Table 2에 나타내었다. 분석 결과 ascorbic acid 함량은 8.08 mg/g dried weight에서 11.53 mg/g dried weight까지 품종별로 다양한 수치를 나타내었다. 평균값은 9.36 mg/g dried weight이었으며 분석시료 중 ‘품종 4, 11, 12, 23’의 ascorbic acid 함량은 10 mg/g dried weight이상으로 다른 품종에 비해 높게 측정되었다. Jung 등(37)은 고추의 ascorbic acid 함량은 2.79 mg/g dry weight basis에서 16.96 mg/g dry weight basis까지 분포하는 것으로 보고하였다. 또한 Park(12)의 연구에서는 1.64-8.14 mg/g dry weight basis으로 매우 넓은 분포 범위를 보였다. 본 연구의 실험 결과는 선행연구와 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이는 품종 간의 변이 및 재배 조건, 저장 조건, 특히 건조 조건에 차이에서 비롯된 것으로 생각된다. Ascorbic acid 함량이 많은 것으로 알려진 유자의 경우 4.28-5.83 mg/g dried weight이었으며(38), 감귤 껍질의 ascorbic acid는 4.60, 오렌지 껍질은 2.27 mg/g dried weight의 함량을 나타내는 것으로 보고되어(39), 고추의 ascorbic acid 함량이 이런 식물보다 높은 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. Contents of capsaicinoids in new varieties of red pepper

Samples	CAP ¹⁾ (mg/100g dried weight)	DHC ²⁾ (mg/100g dried weight)	Total ³⁾ (mg/100g dried weight)	CAP/ DHC ⁴⁾
1	25.30±0.78	21.61±0.81	46.91±1.30	1.17
2	78.87±2.29	52.70±1.99	131.56±4.28	1.50
3	12.24±0.25	12.23±0.88	24.46±1.04	1.00
4	83.44±3.40	66.51±1.59	149.94±4.99	1.25
5	2.70±0.15	2.79±0.01	5.49±0.14	0.97
6	14.72±0.38	11.41±0.40	26.13±0.77	1.29
7	20.89±0.21	17.45±0.08	38.34±0.11	1.20
8	125.22±3.01	112.66±1.58	237.87±4.60	1.11
9	62.15±2.49	40.82±2.93	101.35±3.63	1.52
10	5.69±0.30	5.50±0.23	11.19±0.53	1.04
11	5.80±0.37	4.58±0.04	10.38±0.35	1.27
12	21.36±0.65	14.27±0.12	35.62±0.64	1.50
13	12.81±0.85	11.14±0.91	24.44±1.30	1.15
14	0.42±0.02	ND	0.42±0.02	-
15	4.27±0.34	4.22±0.37	8.49±0.69	1.01
16	4.95±0.41	3.93±0.39	9.05±0.04	1.26
17	59.96±1.92	45.02±0.21	104.97±1.70	1.33
18	3.19±0.18	3.21±0.14	6.39±0.07	0.99
19	21.10±2.31	16.69±3.14	39.24±4.96	1.26
20	63.46±1.28	43.63±1.47	107.09±2.72	1.45
21	112.98±4.99	68.11±0.16	181.08±5.16	1.66
22	70.33±1.34	49.62±0.98	119.95±2.32	1.42
23	39.36±0.83	35.96±1.70	75.31±2.54	1.09
24	1.08±0.14	2.23±0.06	3.31±0.08	0.48
Min-Max	0.42-125.22	0-112.66	0.42-237.87	0.97-1.66

All results are expressed as mean±standard deviation for three replicates and ND means not detected.

¹⁾CAP: Capsaicin

²⁾DHC: Dihydrocapsaicin

³⁾Total: Capsaicin+Dihydrocapsaicin

⁴⁾CAP/DHC=Capsaicin: Dihydrocapsaicin

총 polyphenol 함량 및 총 flavonoid 함량

Polyphenol과 flavonoid는 자연계에 널리 분포하여 곡물, 야채, 과일 등 일상 식품에 상당량 들어있다. Polyphenol과 flavonoid는 자유 라디칼 소거제, 양이온의 킬레이터로 작용하여 항암, 항균, 동맥경화 예방 등의 생리활성 외에도 상당한 항산화 효과를 발휘하는 것으로 보고되고 있다(18,40). 고추의 총 polyphenol 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 mg gallic acid equivalent/g dried weight로 나타내었다. 측정된 결과는 Table 2에 명시한 바와 같이 7.93-14.26 mg GAE/g dried weight수준이었으며, 평균값

은 11.04 mg GAE/g dried weight으로 나타났다. Jung 등(37)의 연구에서는 한국산 고추 메탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 2.60-10.20 mg GAE/g dry weight basis, 평균값은 5.10 mg GAE/g dry weight basis으로 보고하였으며, Yoon 등(41)의 연구에서 재배방식에 따른 고추 메탄올 추출물은 5.52-8.78 mg GAE/g dried weight의 polyphenol을 함유하는 것으로 나타났다. Jeon(1)은 *capsicum annum*에 대한 연구에서 polyphenol 함량이 0.80-2.63 mg GAE/g dried weight의 범위로 다양하게 분포함을 보였다. 여러 선행연구에서는 한국산 고추 품종의 polyphenol 함량이 대부분 10 mg GAE/g dried weight 이하인 것으로 보고하였으며, 이에 따라 본 실험에 사용한 신품종 고추가 더 많은 polyphenol을 함유하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 고추의 수분함량이 83% 내외로 함유하는 것을 고려할 때 본 실험에 사용한 고추의 polyphenol 함량은 대부분 1 mg GAE/g (생시료) 이상으로 측정되었다. Bahorun 등(42)이 각종 채소에 대해 polyphenol 함량을 측정된 결과, 양파는 1.01, 브로콜리는 0.82, 토마토는 0.35, 당근은 0.13, 양배추는 0.13 mg/g (생시료)이었다. Kim 등(43)은 시중에서 유통되고 있는 과일 및 채소류 29 종에 대한 polyphenol 함량을 측정된 결과, 생강은 0.70, 체리는 0.95, 자두는 1.06 mg GAE/g (생시료)의 총 polyphenol 함량을 가진 것으로 보고하였다. 또한 Palacios 등(44)은 양송이 버섯, 느타리 버섯, 그물 버섯 등 8가지 버섯에 대한 연구에서 총 polyphenol 함량이 가장 높은 버섯이 그물 버섯이라 하였고, 그 함량이 5.50 mg GAE/g dried weight이라고 보고하였다. 따라서 이러한 작물들에 비하여 이번 실험에 사용한 고추가 더 많은 polyphenol을 함유하는 것을 알 수 있었다.

총 flavonoid 함량은 quercetin을 표준물질로 사용하여 mg quercetin equivalent/g dried weight로 나타내었다. 그 결과 4.24-10.07 mg QE/g dried weight의 범위의 값으로 품종 간 함량 차이가 크게 나타났다. Lee(45)의 새싹 채소의 총 flavonoid 연구에서 양배추는 4.45 mg/g dried weight, 브로콜리는 3.34 mg/g dried weight, 무는 3.73 mg/g dried weight, 정향은 2.80 mg/g dried weight의 총 flavonoid를 함유하는 것으로 보고되었으며, 이들 식물에 비해 고추의 flavonoid 함량이 더 많은 것으로 나타났다.

이와 같이 고추는 다른 식물에 비해서 높은 polyphenol 함량과 flavonoid 함량을 가지고 있는 것으로 나타나 다양한 생리활성 효과를 가질 것으로 기대되었다.

Capsaicinoids 함량

한국산 고추의 매운맛을 나타내는 주요 성분은 지용성 물질인 capsaicin과 dihydrocapsaicin에 기인한다고 보고되어 있으며, 매운맛 정도에 따라 식품 소재로의 활용도가 다양하다(3,4). 본 연구에서는 고추의 매운맛 성분을 알아보기 위해 capsaicin과 dihydro-

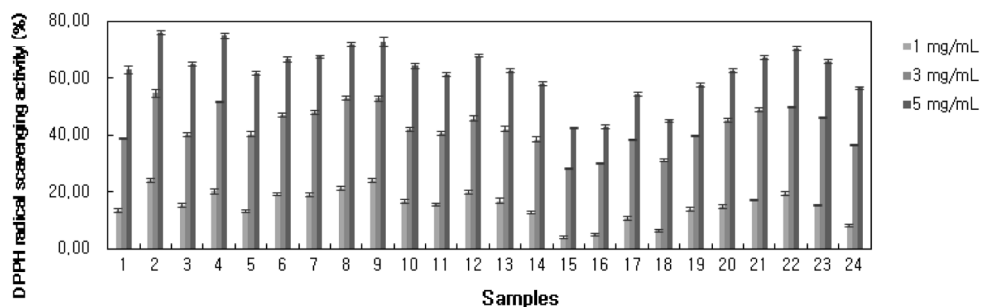


Fig. 1. DPPH radical scavenging activities of new varieties of red pepper methanol extracts. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

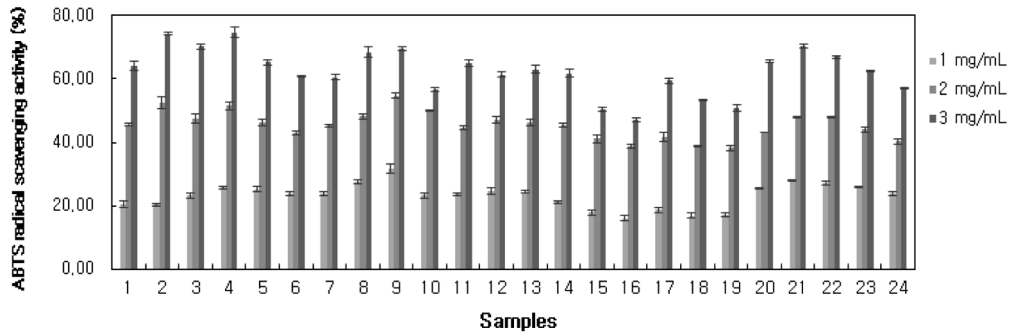


Fig. 2. ABTS radical scavenging activities of new varieties of red pepper methanol extracts. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

Table 4. EC₅₀ values and Vitamin C equivalent antioxidant capacity of new varieties of red pepper methanol extracts

Samples	EC 50 value ¹⁾ (mg/mL)		VCEAC ²⁾ (mg/g dried weight)	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
1	3.94±0.08	2.32±0.02	4.68±0.00	21.91±0.50
2	3.01±0.06	2.02±0.02	4.91±0.13	25.86±0.14
3	3.80±0.05	2.15±0.03	4.15±0.22	24.47±0.28
4	3.14±0.02	2.02±0.06	4.59±0.02	26.02±0.60
5	4.03±0.10	2.38±0.06	5.11±0.13	22.79±0.30
6	3.52±0.02	2.57±0.03	4.14±0.06	17.08±0.48
7	3.46±0.02	2.56±0.07	4.97±0.09	20.33±0.31
8	3.19±0.04	2.31±0.05	5.59±0.09	23.24±0.52
9	3.14±0.06	2.34±0.02	4.62±0.07	19.68±0.18
10	3.77±0.06	2.70±0.05	4.10±0.08	16.19±0.22
11	3.95±0.03	2.36±0.05	4.91±0.10	22.53±0.71
12	3.49±0.04	2.53±0.06	4.79±0.09	18.83±0.26
13	3.83±0.03	2.45±0.06	5.11±0.11	22.70±0.73
14	4.19±0.06	2.42±0.06	4.41±0.09	20.61±0.38
15	5.39±0.03	2.94±0.07	3.52±0.04	18.00±0.24
16	5.59±0.06	3.11±0.06	3.74±0.03	16.77±0.24
17	4.41±0.04	2.50±0.04	4.09±0.02	18.46±0.24
18	5.36±0.04	2.76±0.01	3.31±0.03	16.27±0.07
19	4.17±0.04	2.92±0.04	4.35±0.02	16.37±0.28
20	3.77±0.05	2.40±0.03	5.30±0.07	22.74±0.14
21	3.48±0.02	2.25±0.02	5.26±0.08	22.42±0.19
22	3.32±0.03	2.36±0.02	4.89±0.03	19.43±0.13
23	3.61±0.02	2.54±0.02	4.66±0.02	18.61±0.04
24	4.36±0.03	2.79±0.03	3.68±0.02	16.81±0.05
Min-Max	3.01-5.59	2.02-3.11	3.31-5.69	16.91-26.02
Mean±SD ³⁾	3.91±0.71	2.49±0.28	4.54±0.60	20.34±3.08

All results are expressed as mean (mean±standard deviation) for three replicates

¹⁾EC₅₀ value: Effective concentration to decrease concentration of DPPH or ABTS radical by 50%

²⁾VCEAC: vitamin C equivalent antioxidant capacity

³⁾Mean±SD: mean±standard deviation

capsaicin의 함량을 측정하였다.

24품종의 capsaicin 함량은 Table 3에 나타난 바와 같이, 0.42-125.22 mg/100 g dried weight의 분포를 보였고, dihydrocapsaicin 함량은 검출되지 않은 품종도 있었으며, 최대 112.66 mg/100 g dried weight의 함량을 가진 것으로 측정되어 두 물질 모두 상당

히 넓은 분포 범위를 보였다. 두 성분 함량의 합을 총 capsaicinoids로 나타내어 비교해 본 결과, ‘품종 8’은 237.87 mg/100 g dried weight로써, 가장 매운 것으로 나타난 반면에 ‘품종 14’의 capsaicinoids 함량은 0.42 mg/100 g dried weight로 24품종 중 가장 낮은 함량을 나타내었다. Capsaicin과 dihydrocapsaicin의 비율은 ‘품종 24’를 제외한 모든 품종에서 0.97-1.66로 나타나, Kim(11)의 연구에서 보고된 0.89-1.68과 유사한 결과를 보였다. 즉, 신품종 고추의 함유한 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 비율은 현재 재배되고 있는 한국 고추와 비슷한 수준이었다.

매운 맛에 대한 선호도는 국민의 식생활 문화 차이에 따라 크게 달라 일정한 기준을 설정하기에 어려움이 있다. 한국산업규격에는 고춧 가루의 capsaicin 및 dihydrocapsaicin 합한 함량 150 mg/kg 미만일 경우 순한 맛, 150 이상-300 mg/kg 미만일 경우 덜 매운맛, 300 이상-500 mg/kg 미만일 경우 보통 매운맛, 500 이상-1,000 mg/kg 미만일 경우 매운맛, 1000 mg/kg 이상일 경우 매우 매운맛으로 구분되었다(46). 또한 유럽의 주요 고추 생산국 헝가리는 순한 맛은 capsaicin 10 mg% 이하, 약간 매운 맛은 20 mg% 이하, 그 이상은 매운 맛으로 분류하고 있다(1). 한국산업규격을 기준으로 분류하면 본 연구에서 분석한 신품종 24 품종 중 ‘품종 5, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 24’은 순한 맛, ‘품종 3, 6, 13’은 덜 매운 맛, ‘품종 1, 7, 12, 19’은 보통 매운 맛, ‘품종 23’은 매운 맛, 나머지 ‘품종 2, 4, 8, 9, 17, 20, 21, 22’은 매우 매운 맛으로 분류되었다.

항산화 활성

DPPH, ABTS 자유기 소거 활성능

활성산소는 세포를 공격하여 세포기능을 손상시킴으로써 산화적 스트레스를 유발하여 암, 염증, 노화 등의 질병을 초래하는 것으로 알려져 있다. 이에 대해 항산화 물질은 활성산소에 수소 또는 전자를 공여하기에 산화를 억제시키는 것으로 보고되어 있다(47). 특히 고추에는 이러한 항산화 물질이 많이 함유된 것으로 분석되어, 실제 항산화능을 측정하고자 하였다.

고추 추출물의 항산화 활성을 알아보기 위해 DPPH과 ABTS 자유기 소거 활성을 측정하였다. 측정결과는 Fig. 1과 2와 같다. DPPH 자유 라디칼 소거활성은 1-5 mg/mL의 농도범위에서 측정하였으며, 품종 간에 항산화능의 차이가 존재하였으나, ‘품종 15, 16, 17, 18’은 항산화 활성이 낮았고, ‘품종 2, 4, 8, 9’는 다른 품종에 비해 항산화 활성이 높았다. ABTS 자유 라디칼 소거활성은 1-3 mg/mL의 농도범위에서 측정하였으며, 항산화능은 품종에 따라 차이를 보였으며, 이는 DPPH과 유사한 경향을 나타내었다.

Table 4에 고추 추출물은 DPPH 라디칼 소거 활성보다 ABTS 자유 라디칼을 소거하는 능력이 더 높은 것으로 나타났다. VCEAC

Table 5. Correlation coefficient between the contents of phytochemical compounds and antioxidant effects by DPPH & ABTS assay

	Ascorbic acid	Total polyphenol	Total flavonoid	Total capsaicinoid	DPPH ¹⁾	ABTS ¹⁾
Ascorbic acid	1					
Total polyphenol	0.367**	1				
Total flavonoid	0.277*	0.466**	1			
Total capsaicinoid	0.285*	0.567**	0.806**	1		
DPPH ¹⁾	0.351**	0.804**	0.590**	0.589**	1	
ABTS ¹⁾	0.486**	0.701**	0.305*	0.495**	0.645**	1

¹⁾Data are expressed as mg Vitamin C equivalent antioxidant capacity/g dried weight.

*significantly different from the value at $p<0.05$, **significantly different from the value at $p<0.01$.

로 계산한 결과를 살펴보면, ABTS 측정법이 더 높은 항산화 활성을 보였다. 이와 같이 같은 시료임에도 측정방법에 있어서 차이가 생긴 이유는 항산화 활성을 측정하는 방법들 간에 라디칼을 소거하는 메커니즘이 다르기 때문으로 생각할 수 있다(28).

고추의 생리활성 성분과 항산화 활성과의 관계

고추의 생리활성성분(polyphenol, flavonoid, capsaicinoids, ascorbic acid)과 항산화 활성간의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson's correlation analysis를 실시하였으며, 결과는 Table 5에 나타내었다.

Polyphenol, flavonoid, capsaicinoid, ascorbic acid 함량은 DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거 활성과 양의 상관관계를 나타내었다($p<0.01$). 특히, 총 polyphenol 함량은 항산화 활성과 가장 높은 양의 상관성을 나타냈으며, 각각 $r=0.804$, $r=0.701$ 의 상관관계를 보였다($p<0.01$). 이를 통해 고추의 항산화 활성이 ascorbic acid보다 polyphenol에 의해 더 영향을 받는 것을 알 수 있었으며, 이는 Jung 등(37)의 육성계통에 따른 고추의 생리활성 연구결과와 일치하였다. 또한 대부분의 약용 식물이 모두 polyphenol 함량과 항산화 활성 간에 양의 상관관계를 나타내어, 식물체 내의 polyphenol 함량이 그들이 나타내는 항산화능과 밀접한 관련이 있다는 Kim 등(48)의 연구 결과는 본 연구의 결과와 유사하였다.

요 약

본 연구에서는 한국산 고추를 교배하여 육성된 신품종 고추 24 종류를 이용해 색도, ASTA 색상값을 측정하여 고추의 외적인 붉은색 품질을 분석하고, carotenoid의 함량을 측정하여 고추의 색상 특성을 연구하고자 하였습니다. 또한 phytochemicals 성분인 ascorbic acid, polyphenol, flavonoid 함량, capsaicinoids의 함량을 측정하였으며, 항산화 활성을 연구함으로써 신품종 고추의 특성을 분석하고, 신품종 고추 품질의 우수성을 탐색하고자 하였다.

색도를 측정된 결과는 품종 간 차이가 크지는 않았으며 기존의 국산 고추 품종과 비슷한 값을 나타내었다. ASTA 색상값은 116.69-249.83의 범위, 평균 173.64으로 나타나 선행연구에 비해 높게 측정되었다. 또한 carotenoid 함량이 3.19-6.11 mg/g dried weight의 분포를 보였으며, 평균값이 4.52 mg/g dried weight로 측정되어, Kim(11) 선행연구에서 발표한 함량에 비해 높았다.

고추의 유리당 함량은 품종 간에 차이가 크게 나타났으며, '품종 1'이 195.54 mg/g dried weight로 가장 높게 측정되었다.

고추의 ascorbic acid 함량은 8.08-11.53 mg/g dried weight로, 품종별로 다양한 수치를 나타내었다. 고추는 높은 polyphenol 함량과 flavonoid 함량을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 이로 인한 다양한 생리활성 효과를 가질 것으로 기대되었다. 또한 Capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량을 측정된 결과, 상당히 높은 분

포 범위를 보였으며, 한국산업규격을 기준으로 '품종 5, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 24'은 순한 맛, '품종 3, 6, 13'은 덜 매운 맛, '품종 1, 7, 12, 19'은 보통 매운 맛, '품종 23'은 매운 맛, 나머지 '품종 2, 4, 8, 9, 17, 20, 21, 22'은 매우 매운 맛으로 분류되었다. DPPH와 ABTS 자유기 소거활성은 모두 농도 증가함에 따라 항산화 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, '품종 2, 4, 8, 9'는 다른 품종에 비해 항산화 활성이 높았다.

이번 연구를 통해 신품종 고추 간의 색상, 생리활성 성분 함량 및 항산화능의 차이를 확인하였으며, 선행연구와의 비교를 통해 기존 품종에 비해 대체적으로 품질이 향상된 품종임을 검증하였다. 본 연구는 새로 육성된 신품종 고추의 품질 차이를 분석하고 생리활성성분의 우수성을 확인하는 기초 연구로써, 기능성 식품소재로서의 고추의 이용 가능성을 증진시킬 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업 분자육종연구단의 연구비 지원에 의하여 연구된 것으로 이에 감사드립니다 (No. PJ008187).

References

1. Jeon SN. Characteristic of general chemical properties and flavor components in *Capsicum annuum* sp. peppers. PhD thesis, Chosun University, Gwangju, Korea (2009)
2. Yang EY, Cho MC, Lee WM, Kim S, Park DK, Yoon MK. RDA Interrobang Vol. 79: Preparation for the future of pepper industry. Rural Development Administration, Suwon, Korea (2012)
3. Chiang GH. HPLC analysis of capsaicins and simultaneous determination capsaicins and piperine by HPLC-ECD and UV. J. Food Sci. 51: 499-503 (1986)
4. Kawada T, Watanabe T, Katsura K, Takami H, Iwai K. Formation and metabolism of pungent principle of *capsicum* fruits. XV. Microdetermination of capsaicin by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. J. Chromatogr. 329: 99-105 (1985)
5. Topuz A, Dincer C, Ozdemir KS, Feng Hao, Kushad M. Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). Food Chem. 129: 860-865 (2011)
6. Choi OS, Ha BS. Changes in volatile components and capsaicin of oleoresin red pepper during cooking. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 23(2): 232-237 (1994)
7. Gang HM, Park HS, Kwon KR, Rhim TJ. A study on the comparison of antioxidant effects between hot pepper extract and capsaicin. J. Pharmacopuncture 11(1): 109-118 (2008)
8. Zhang WY, Li Wan Po A. The effectiveness of topically applied capsaicin. Eur. J. Clin. Pharmacol. 46: 517-522 (1994)
9. Davidek J, Velisek J, Pokorny J. Chemical Changes during Food

- Processing. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, NY, USA (1990)
10. Minguez-Mosquera MI, Jaren-Galan M, Garrido-Fernandez J. Color Quality in Paprika. *J. Agr. Food Chem.* 40: 2384-2388 (1992)
 11. Kim SA. Pigment compositions of Korean red pepper (*Capsicum annuum* L.) and pigment stability under drying and storage conditions. PhD thesis, Seoul National University, Seoul, Korea (2002)
 12. Park SM. Pungency Analysis of Red Pepper Powder Depending on Regions and Varieties and Effect of Drying Methods on its Quality. MS thesis, Chungbuk University, Cheongju, Korea (2011)
 13. Choi SH. Ascorbic acid of Korean pepper by cultivating season, region and cooking method. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 16(5): 578-584 (2006)
 14. Gropper SS, Smith JL, Groff JL. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Nelson Education, Ltd., Toronto, Canada (2009)
 15. Osuna-Garcia JA, Wall MM, Waddell CA. Endogenous Levels of Tocopherols and Ascorbic Acid during Fruit Ripening of New Mexican-Type Chile (*Capsicum annuum* L.) Cultivars. *J. Agr. Food Chem.* 46: 5093-5096 (1998)
 16. Gnayfeed MH, Daood HG, Biacs PA and Alcaraz CF. Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (paprika) as affected by ripening and genotype. *J. Sci. Food Agr.* 81: 1580-1585 (2001)
 17. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. Polyphenol: antioxidant and beyond. *Am. J. Clin. Nutr.* 81: 215s-217s (2005)
 18. Han HM. Change of antioxidant activity of wheat flour dough with the addition of phenolic compounds at the different baking process. MS thesis, Kemiyoung University, Daegu, Korea (2009)
 19. Kim SG, Noh HY, Park YG, Lee SM, Han EU. Supply and demand trend and perspectives of spicy vegetables. pp. 431-440. In: *Perspectives of Agriculture 2013*. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea (2013)
 20. ASTA. *Official Analytical Method of the American Spice Trade Association*. 2nd ed. method 20.1. American Seed Trade Association, VA, USA (1986)
 21. Davies BH. Part IV. Analysis Methods, Chapter 19. Carotenoid. Vol. 2, pp. 149-150. In: *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*. Goodried weightin T.W.(ed). Academic press, New York, USA (1976)
 22. Kim KS, Park JB, Kim SA. Quality characteristics of *kochujang* prepared with Korean Single-Harvested Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36(6): 759-765 (2007)
 23. MFDA. *Analytical Methods of Food Code*. Microingredient Analytical methods, Vitamin C. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea (2000)
 24. Zhuang YL, Chen L, Sun L, Cao JX. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *J. Funct. Foods* 4: 331-338 (2012)
 25. Menichini F, Tundis R, Bonesi M, Loizzo MR, Conforti F, Statti G, Cindio BD, Houghton PJ, Menichini F. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chem.* 114: 553-560 (2009)
 26. Affuquayefio, VK, Buckle KA. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in capsicum fruits and oleoresins. *J. Agr. Food Chem.* 35(5): 777-779 (1987)
 27. Brand-Williams W, Cuvelier, M.E, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol.* 28: 25-30 (1995)
 28. Kim DO, Lee LW, Lee HJ, Lee CY. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3713-3717 (2002)
 29. Ramakrishan TV, Francis FJ. Color and carotenoid changes in heated paprika. *J. Food Sci.* 38: 25-28 (1973)
 30. Hwang JM, Chung KM. Investigation of distribution and quality of dried red pepper (*Capsicum annuum* L.) in Andong market. *Hortic. Environment Biotechnol.* 39(6): 702-706 (1998)
 31. Hwang IG, Kim HY, Lee JS, Kim HR, Cho MC, Ko IB, Yoo SM. Quality characteristics of cheongyang pepper (*Capsicum annuum* L.) according to cultivation region. *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 40(9): 1340-1346 (2011)
 32. Jung JK. Monitoring and Management for Standard Quality of Red Pepper Powders in Daegu and Gyeongbuk Area. Gyeong-sangbuk-do Institute of Health and Environment, GyeongSang-bukdo, Korea (2007)
 33. Polacsek-racz M, Pauli MP, horvath G, Vamos-Vigyazo L. Enzymatic determination of sugar in red pepper. *Z. Lebensm Unters Forsch.* 172: 115-117 (1981)
 34. Lee JS, Kang KK, Hirata Y, Nou IS, Thanh VC. Comparative chemical composition among the varieties of Korean chill pepper. *Korean J. Plant Res.* 8(1): 17-26 (2005)
 35. Son SM, Lee JH, Oh MS. A comparative study of nutrients and taste components in Korean and imported red peppers. *Korean J. Nutr.* 28(1): 53-60 (1995)
 36. Choi SM, Jeon YS, Park KY. Comparison of quality of red pepper powders produced in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32(6): 1251-1257 (2000)
 37. Jung MR, Hwang Y, Kim HY, Cho MC, Hwang IG, Yoo SM, Jeong HS, Lee JS. Evaluation of biological activity in pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40(5): 642-648 (2011)
 38. Yoo KM. Antioxidant activity and chemopreventive effects on the induced prostate cancer of yuze(*Citrus junos*). PhD thesis, Seoul National University, Seoul, Korea (2004)
 39. Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, Total Polyphenol, Flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44(5): 540-544 (2012)
 40. Chu YH, Chang CL, Hsu HF. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J. Sci. Food Agr.* 80: 561-566 (2000)
 41. Yoon JM, Jun JJ, Lim SC, Hee Lee KH, Kim KT, Jeong HS, Lee JS. Changes in selected components and antioxidant and antiproliferative activity of peppers depending on cultivation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39(5): 731-736 (2010)
 42. Bahorun T, Luximon-Ramma A, Crozier A, Aruoma O. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *J. Sci. Food Agr.* 84: 1553-1561 (2004)
 43. Kim JY, Lee CR, Cho KH, Lee JH, Lee KT. Antioxidative and Lp-PLA2 inhibitory activities in 29 fruits and vegetables. *Korea J. Food Preserv.* 16(4): 512-517 (2009)
 44. Palacios I, Lozano M, Moro C, D' Arrigo M, Rostagno M.A, Martinez J.A, Garcia-Lafuente A, Guillamon E, Villares A. Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chem.* 128: 674-678 (2011)
 45. Lee CH. Antioxidant and antiproliferative activity of the methanol extracts from sprout vegetable. MS thesis, Chungbuk National University, Cheongju, Korea (2010)
 46. Korean Agency for Technology and Standards. Red Pepper Ground. KS H. 2157. Available from: http://www.standard.go.kr/CODE02/USER/0B/03/SerKS_View.asp?KS_NO=KSH2157&Olap-Code=STAU020202 Accessed Dec. 31, 2013.
 47. Lee JS, Choi HS. Properties and antioxidant activities of plant phenolics as free radical scavenger. *Life Sci.* 4(1): 11-18 (1994)
 48. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36(2): 333-338 (2004)