

## 육성계통에 따른 고추의 생리활성 평가

정미리<sup>1</sup> · 황 영<sup>2</sup> · 김혜영<sup>3</sup> · 조명철<sup>4</sup> · 황인국<sup>2</sup> · 유선미<sup>2</sup> · 정현상<sup>1</sup> · 이준수<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과, <sup>2</sup>농촌진흥청 농식품자원부

<sup>3</sup>용인대학교 식품영양학과, <sup>4</sup>농촌진흥청 원예작물부

## Evaluation of Biological Activity in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Breeding Lines

Miri Jung<sup>1</sup>, Young Hwang<sup>2</sup>, Hae Young Kim<sup>3</sup>, Myeong Cheoul Cho<sup>4</sup>, In Guk Hwang<sup>2</sup>,  
Seon Mi Yoo<sup>2</sup>, Heon-Sang Jeong<sup>1</sup>, and Junsoo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

<sup>2</sup>Korean Food & Culture Division, RDA, Gyeonggi 441-853, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Yong In University, Gyeonggi 449-714, Korea

<sup>4</sup>National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Gyeonggi 441-440, Korea

### Abstract

The purpose of this study was to determine the capsaicinoid and antioxidant compounds and to evaluate the biological activity of 40 different pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines. Capsaicinoid and ascorbic acid content were measured with HPLC. Total polyphenolic and flavonoid contents and antioxidant activity were measured with spectrophotometric methods. The antiproliferative qualities of the samples against human breast tumor cells (MCF7) were assessed with a MTT assay. The nitric oxide content in the culture media was measured to evaluate the anti-inflammatory qualities of the samples using Raw264.7 macrophages. The capsaicinoid, ascorbic acid, polyphenolic and flavonoid content of the 40 pepper breeding lines were 0.1~204.2 mg/100 g (dry weight basis, DWB), 279.1~1695.5 mg/g (DWB), 2.6~10.2 mg/g (DWB), and 1.4~5.7 mg/g (DWB), respectively. The highest antioxidant, antiproliferative, and anti-inflammatory qualities were found in breeding line numbers 2500, 3201, and 3232, respectively. This study provides basic information useful to plant breeders and biotechnologists who are planning to breed pepper genotypes with high phytochemical content.

**Key words:** pepper, breeding line, capsaicinoid, antioxidant activity, anti-inflammatory activity

### 서 론

생활수준의 향상으로 인해 식품의 영양학적 측면에서 생체방어, 질병의 예방 및 피부노화 억제 등의 건강 기능성에 대한 관심이 증가되고 있다. 인간의 질병 및 노화는 대사과정 중 발생하는 산화반응에 기인하며, 이런 과정에서 생성되는 라디칼은 체내 지질, 단백질, 핵산과 같은 체내 주요 물질의 손상을 유발하며 체내에서는 유해한 라디칼을 제거하기 위해 여러 효소적, 비효소적 반응이 진행된다(1). 이런 상황에서 식품뿐 아니라 생체 내 산화억제기능을 가지는 화합물이 크게 주목받고 있다(2). 우리가 일반적으로 섭취하는 식물성 식품에는 유해한 자유 라디칼 제거 효과가 뛰어난 여러 가지 천연 항산화제들이 존재한다. 항산화제는 산화에 의해서 일어나는 식품의 냄새나 풍미의 변화, 유지의 산패, 그리고 식품의 변색을 방지하거나 지연시킬 수 있는 기능을 가진 화합물을 총칭하는 것으로 ascorbic acid, carotenoid, flavo-

noid, polyphenol 등이 대표적 천연 항산화 물질로 알려져 있으며 이들 성분에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(3,4).

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 식물로 한국의 음식문화를 대표하는 김치와 고추장 등에 주원료로 이용되는 향신료이다. 이처럼 고추가 주로 매운맛을 내는 향신료로 사용되어졌지만 최근 웰빙(well-being)이 하나의 중요한 문화적 패턴으로 떠오르면서 고추의 생리활성 성분과 그 활성에 관한 관심이 높아지고 있다. 고추에는 일반적으로 capsaicinoids, ascorbic acid, carotenoids, polyphenols, flavonoids 등의 다양한 생리활성 물질이 존재하는 것으로 알려져 있다(5-7). 고추의 대표적 매운맛 성분인 capsaicin은 항근작용, 통증완화 효과, 항암효과 및 항비만 효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다(8). Ascorbic acid는 고추에 100 g당 약 220 mg으로 사과보다 50배, 귤보다는 2~3배 이상 높게 함유되어 있는 대표적 항산화제로 소장에서 철분의 흡수를 도우며 면역증진에 관계하는 것으로 보고되어 있

\*Corresponding author. E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2566, Fax: 82-43-271-4412

다(9). 식물성 식품에 존재하는 대표적 항산화 물질인 polyphenol과 flavonoid는 항암효과, 체내 세포막 지질과산화 억제 효과뿐만 아니라 nitric oxide(NO), superoxide(O<sup>2-</sup>) 등과 같은 유리 라디칼을 제거하는 능력이 우수한 것으로 알려져 있다(10).

이처럼 고추의 다양한 생리작용이 밝혀지면서 국내·외 고추 소비가 증가하는 추세이고 그 소비 형태와 기호성이 다양해지고 있다. 따라서 소비자의 요구에 부응하는 다양한 고추 품종 육성의 필요성 증가로 우수한 색상과 다양한 기능성을 가진 고추 품종 개량 연구가 지속적으로 진행되어왔다(11, 12). 그러나 국내 고추의 육성계통이나 품종별 기능성 성분 분석과 생리활성을 평가한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 육성계통에 따른 고추 40여종의 기능성 성분 분석 및 생리활성을 평가하였으며 이를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 실험에 사용된 고추는 제일종묘에서 재배하여 수확하였으며 재배관리는 표준재배에 준하여 관리하였다. 수확된 시료는 분석을 위해 고추의 꼭지 제거 후 과피를 2~3등분 절단하여 동결건조 하였으며 분쇄기를 이용하여 균질화한 뒤 -70°C에 보관하면서 capsaicinoid, ascorbic acid 함량 분석과 항산화 활성 측정을 위한 추출물 제조에 사용하였다. 항산화 활성 측정에 사용된 ABTS(2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonic acid)) 및 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)와 항산화 성분 측정에 이용된 (±)-catechin, gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, L-ascorbic acid 및 그 밖에 사용된 시약은 Sigma사(St. Louis, MO, USA) 제품을 구입하여 사용하였다. Capsaicinoids 측정에 이용된 표준물질은 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 혼합물로 Fluka사(St. Louis, MO, USA) 제품을 구입하여 사용하였다. 암세포 증식억제 및 항염증 활성 측정에 사용된 fetal bovine serum(FBS), RPMI 1640, DMEM 배지는 Gibco BL(Grand Island, NY, USA) 제품을 구입하여 사용하였다. 유방암세포주(MCF7)와 대식세포주(Raw264.7 macrophage cell)는 모두 한국세포주은행에서 구입하여 사용하였다.

### 생리활성 측정을 위한 고추 추출물의 제조

동결건조 된 고추 시료 5 g에 methanol 100 mL을 가한 뒤 상온에서 24시간 교반하여 활성 물질을 추출하였다. 추출 후 고형분은 Toyo No. 2 여과지를 이용하여 분리하였고 상정액은 감압농축기(EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하여 40 °C 이하에서 감압농축 하여 용매를 완전히 제거하였다. 농축 잔사는 methanol 및 DMSO에 100 mg/mL의 농도로 재용해 하였으며 -20°C에서 보관하면서 항산화성분, 항산화활성, 암세포증식 억제활성 및 항염증활성 측정에 사용하였다.

### Capsaicinoid 함량

Capsaicin 및 dihydrocapsaicin 함량은 Jeon과 Lee(13)의 방법을 이용하여 분석하였다. 동결 건조된 고추시료 1 g을 methanol 50 mL과 혼합하여 homogenizer(Ultra-Turrax T25, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany)로 2분간 교반하였다. 균질화 후 여과지 Toyo No.2 여과지를 이용하여 여과 후 methanol 100 mL로 정용하였다. 이 추출물을 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC(Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 capsaicinoid를 정량 분석하였다. 분석 칼럼은 Luna 5µ C18(2) 100Å column(5 µm, 4.6×250 mm)을 사용하였으며 형광검출기를 이용하여(Exλ=280 nm, Emλ=320 nm) 두 이성체를 검출하였다. 이동상은 acetonitrile : water : glacial acetic acid(60:39:1, v/v/v)로 유속은 1.0 mL/min이었으며 시료의 일회 주입량은 20 µL이었다.

### Ascorbic acid 함량

Ascorbic acid 함량은 Wang 등(14)의 방법을 변형하여 실행하였다. 건조된 시료 0.2 g에 3% metaphosphoric acid 용액 50 mL을 가하고 homogenizer로 2분간 균질화 시킨 후 3% metaphosphoric acid 100 mL로 정용하였다. 이 용액을 원심분리한 뒤(12,000 rpm, 2분) 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC에 주입하였다. 분석 칼럼은 CrestPak C18S(5 µm, 4.6×150 mm)을 사용하였고 유속은 0.8 mL/min이었으며 이동상은 water : trifluoroacetic acid (99:1, v/v)를 사용하였다. 시료의 주입량은 20 µL였으며 UV detector를 사용하여 254 nm에서 ascorbic acid를 정량하였다.

### Polyphenol 함량

총 polyphenol의 함량은 Velioglu 등(15)의 방법에 의해 측정하였다. 고추 methanol 추출물 100 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액 2 mL을 가하고 3분 방치 후 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용하였다.

### Flavonoid 함량

Flavonoid의 함량은 Jia 등(16)의 방법에 의해 측정하였다. 각 추출액 250 µL에 증류수 1.25 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 용액 75 µL를 각각 가하였다. 10분 뒤 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 용액을 150 µL를 가하고 5분 방치하였다. 위의 반응 액에 1 M의 NaOH 500 µL와 증류수 275 µL를 가한 후 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 (±)-catechin을 사용하였다.

### DPPH 라디칼을 제거력 측정

DPPH 라디칼 제거능은 Kim 등(17)의 방법을 변형하여 실행하였다. DPPH 용액(0.2 mM) 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 520 nm에서 정확히 30분 후에 측정하였으며 표준물질로서 Trolox<sup>®</sup>를 동량 첨가하였다. DPPH 라디칼 제거능은 Trolox<sup>®</sup>를 이용하여 표준곡선을 작성한

후 시료의 항산화력(TEAC, Trolox<sup>®</sup> equivalent antioxidant capacity)을 계산하였다.

#### ABTS 라디칼을 이용한 항산화력 측정

ABTS 라디칼 제거능은 Re 등(18)의 방법에 의해서 측정하였다. ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소 방치하여 ABTS<sup>·+</sup>을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 1.5가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=1.6 \times 10^4 \text{ mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 methanol로 희석하였다. 희석된 ABTS<sup>·+</sup>용액 1 mL에 추출액 50  $\mu\text{L}$ 를 가하여 흡광도 값의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 AEAC(ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)로 나타내었다.

#### 환원력 측정

고추 methanol 추출물의 환원력은 Mau 등(19)의 방법에 의해 측정하였다. 추출물 250  $\mu\text{L}$ 에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250  $\mu\text{L}$ , 1% potassium ferricyanide( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) 250  $\mu\text{L}$ 를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ , w/v) 250  $\mu\text{L}$ 를 가하였다. 위 반응액을 10,000 rpm에서 2분간 원심분리 한 뒤 상정액 500  $\mu\text{L}$ 와 증류수 500  $\mu\text{L}$ 를 혼합하고, 0.1% ferric chloride( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 100  $\mu\text{L}$ 를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다.

#### 유방암 세포주 증식억제 활성 측정

유방암 세포주(MCF7)에 대한 고추 methanol 추출물의 증식억제 효과는 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-

diphenyltetrazolium bromide) 시약을 이용하여 측정하였다(20). 암세포는 10% FBS, penicillin(100 units/mL), streptomycin(50  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )을 첨가한 RPMI 1640 배지를 사용하여 37°C, 5%  $\text{CO}_2$  조건에서 배양하였다. 배양된 암세포는 trypsin-EDTA(1 mM) 용액을 첨가하여 T-flask 바닥으로부터 cell을 완전히 분리하여 RPMI 배지에 재 용해하였다. 세포의 농도가  $2 \times 10^4$  cells/mL이 되도록 cell 용액의 농도를 조정하였고 추출물은 0.2  $\mu\text{m}$  membrane filter로 멸균여과한 뒤 MTT 방법에 사용하였다. 시료의 농도는 250  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이었으며 대조구에는 시료를 용해한 용매인 DMSO(dimethyl sulfoxide)를 첨가하였으며 DMSO에 의한 독성은 나타나지 않았다.

#### 항염증 활성 측정

Raw264.7 세포를 96 well plate에  $1.5 \times 10^5$  cells/well이 되도록 seeding하여 250  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도의 시료를 처리한 뒤 1시간 후에 LPS 1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 을 첨가하여 18시간 배양하면서 세포 내 염증 매개 물질인 NO의 생성을 유도하였다(21). 18시간 뒤 각 well의 상층액 150  $\mu\text{L}$ 를 취하여 Griess 시약 20  $\mu\text{L}$ 와 반응시킨 뒤 30분 후 반응액의 흡광도 값을 microplate reader를 이용하여 548 nm에서 측정하였다. Nitrite의 농도는 sodium nitrite를 사용하여 얻은 표준 직선과 비교하여 산출하였다.

## 결과 및 고찰

#### 고추의 capsaicinoid 및 ascorbic acid 함량

고추의 매운맛을 나타내는 주요 성분은 지용성 물질인

Table 1. Contents of capsaicinoids and ascorbic acid in pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines

BL <sup>1)</sup>	Capsaicinoids <sup>2)</sup>		Ascorbic acid <sup>3)</sup>	BL	Capsaicinoids		Ascorbic acid
	Capsaicin	Dihydrocapsaicin			Capsaicin	Dihydrocapsaicin	
1270	7.5±0.5	6.5±0.6	1037.9±6.3	3201	86.8±5.8	49.7±3.6	279.1±7.1
1368	141.9±4.8	93.2±0.3	607.7±5.9	3212	22.0±0.3	10.6±0.2	518.4±111.8
1382	47.6±5.1	17.7±2.2	382.3±4.1	3213	35.9±1.0	13.4±9.0	680.2±9.5
2147	9.7±0.0	5.1±0.1	339.7±4.1	3216	42.1±0.8	18.7±0.5	368.4±36.7
2401	61.4±1.8	40.7±0.9	528.1±14.2	3232	0.3±0.2	0.0±0.0	1117.1±36.2
2404	109.5±2.5	42.9±0.8	388.9±20.4	3233	3.3±0.0	1.5±0.0	310.9±21.2
2413	19.0±1.6	14.3±1.0	570.4±19.1	4021	7.6±0.3	10.1±0.0	666.9±28.7
2427	0.0±0.0	0.1±0.0	939.9±45.5	4423	149.1±6.4	55.1±2.6	425.1±5.4
2458	16.0±0.0	12.3±0.1	671.8±27.4	4438	14.5±0.9	9.0±0.5	967±30.6
2469	33.7±1.3	32.8±1.1	498.5±10.0	5312	10.2±0.4	6.1±0.0	762.3±39.8
2476	0.3±0.1	0.1±0.1	1092.4±2.7	5314	13.1±0.3	6.1±0.2	575.3±6.6
2486	0.0±0.0	0.0±0.0	946.9±41.1	5316	7.9±0.1	4.3±0.2	960.5±31.4
2500	1.7±1.9	2.3±2.9	514.7±27.5	5317	0.4±0.0	0.2±0.1	1056.5±36.4
2505	0.5±0.1	0.2±0.1	531.8±77.2	5322	0.5±0.6	0.3±0.4	841.4±7.5
2509	0.0±0.0	0.0±0.0	623.4±28.9	5326	0.2±0.1	0.0±0.0	919.9±20.3
2514	0.3±0.2	0.1±0.1	575.7±2.0	1762-1	47.8±1.1	16.9±0.4	997.3±32.2
2519	0.2±0.1	0.0±0.0	652.4±19.3	2408-1	0.2±0.1	0.1±0.0	480.7±72.0
2524	1.5±0.9	0.9±0.5	1695.5±105.6	2412-1	17.3±0.0	19.9±0.1	632.3±81.3
2528	0.1±0.1	0.0±0.0	735.2±29.1	3205-1	30.6±0.0	19.6±0.7	824.5±7.2
2561	0.5±0.1	0.2±0.0	409.6±82.1	5185-1	0.2±0.2	0.0±0.0	1302.9±0.6

<sup>1)</sup>Breeding line number.

<sup>2)</sup>Mean of duplicate determinations expressed as mg/100 g sample as dry weight basis.

<sup>3)</sup>Mean of duplicate determinations expressed as mg/100 g sample as dry weight basis.

capsaicin과 dihydrocapsaicin에 기인한다고 보고되고 있다 (22). 고추의 매운 맛 정도에 따라 식품 소재로의 활용도가 다양하므로 우선 검토해야하는 품질 특성은 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량 분석으로 생각된다. 본 연구에서 40 개 육성계통 고추의 capsaicinoid 함량을 분석한 결과 capsaicin은 0.0에서 149.1 mg/100 g(건물중), dihydrocapsaicin은 0.0에서 93.2 mg/100 g으로 나타났다(Table 1). Kim 등 (23)은 한국산 고춧가루 47종의 capsaicinoid 함량을 10.5에서 250.9 mg/100 g 수준으로 본 실험과 유사한 수치를 보고

하였다. 하지만 Park 등(24)은 시판 고춧가루의 capsaicin 함량을 3.0에서 33 mg/100 g의 범위로 본 연구에 비하여 비교적 낮은 분석치를 보고하였다. 본 연구에서 분석한 육성계통 고추시료 중 breeding line No. 4423은 capsaicin 함량이 149.1 mg/100 g으로 가장 높게 분석되었으며 breeding line No. 2486이 0.0 mg/100 g으로 capsaicinoid를 미량 함유하는 것으로 나타났다. Ascorbic acid는 고추의 대표적인 수용성 비타민 및 항산화 성분으로 본 연구에서 분석한 결과 279.1에서 1695.5 mg/100 g(건물중)으로 넓은 분포 범위를

Table 2. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts obtained from the pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines

BL <sup>1)</sup>	Antioxidant compounds		Antioxidant activities		
	Polyphenolics <sup>2)</sup>	Flavonoids <sup>3)</sup>	DPPH radical scavenging activity <sup>4)</sup>	ABTS radical scavenging activity <sup>5)</sup>	Reducing power <sup>6)</sup>
1270	6.3±0.5	3.1±1.0	16.9±1.7	17.0±0.5	0.82±0.0
1368	7.3±1.4	3.5±0.6	18.4±1.0	21.1±0.4	1.03±0.1
1382	6.0±0.4	3.9±0.5	14.7±1.5	18.2±0.2	1.02±0.1
2147	6.8±0.2	3.4±0.1	18.2±1.7	16.3±0.4	0.80±0.1
2401	8.1±1.5	5.4±1.1	18.6±0.3	24.0±0.5	1.14±0.0
2404	6.7±0.9	5.4±1.2	17.2±1.3	21.4±0.3	1.11±0.0
2413	5.4±0.5	3.3±0.5	13.6±2.0	14.4±0.4	0.76±0.0
2427	5.3±0.4	2.5±0.2	17.3±0.8	15.5±0.2	0.75±0.1
2458	5.9±0.2	4.1±0.5	14.4±1.0	16.3±1.2	0.90±0.1
2469	10.2±1.7	4.8±0.5	28.5±0.5	26.5±0.6	1.36±0.1
2476	4.7±1.0	2.2±0.4	13.9±0.5	11.7±0.5	0.49±0.0
2486	4.4±0.3	1.4±0.4	12.1±1.6	10.1±0.5	0.57±0.0
2500	9.6±0.9	5.9±0.7	51.3±9.1	32.6±0.2	1.33±0.1
2505	5.1±0.7	2.3±0.5	14.2±2.4	12.9±0.1	0.73±0.0
2509	4.9±1.0	2.3±0.2	11.6±2.6	10.9±0.0	0.53±0.0
2514	8.0±0.2	2.7±0.3	24.1±1.3	19.7±0.3	0.86±0.1
2519	7.7±1.7	3.3±0.4	21.2±2.2	17.8±0.6	0.81±0.0
2524	3.9±0.3	1.5±0.7	14.7±2.4	12.0±0.4	0.56±0.0
2528	7.1±0.7	4.8±0.6	20.3±1.8	19.8±0.2	1.17±0.1
2561	6.6±1.7	2.8±0.2	15.9±2.3	15.5±0.5	0.82±0.0
3201	5.6±1.8	3.9±0.2	27.6±0.3	26.7±0.5	1.38±0.1
3212	3.1±0.3	1.9±0.3	12.9±1.1	13.3±0.2	0.76±0.0
3213	3.7±0.8	2.6±0.8	17.8±1.7	18.7±0.5	0.91±0.0
3216	4.4±1.3	2.7±0.9	19.0±2.8	21.8±0.1	1.20±0.0
3232	4.3±0.9	1.6±0.5	24.7±2.2	20.5±0.6	0.88±0.0
3233	3.3±0.9	2.3±0.7	15.7±0.9	15.2±1.1	0.81±0.1
4021	4.2±1.0	2.6±0.5	20.6±2.0	18.7±0.4	1.02±0.0
4423	3.5±0.9	2.4±0.0	17.7±2.3	21.3±0.3	1.09±0.0
4438	3.5±1.3	2.3±1.1	15.2±3.2	15.6±0.0	0.78±0.0
5312	4.0±0.7	2.0±0.5	13.6±2.3	12.3±0.3	0.73±0.0
5314	4.6±1.2	2.4±0.2	17.8±1.4	15.7±0.4	0.89±0.1
5316	4.7±1.7	1.8±0.2	23.0±2.5	17.0±2.1	0.92±0.0
5317	3.5±0.4	1.5±0.1	18.4±0.9	15.0±0.7	0.60±0.0
5322	2.6±1.1	1.4±0.1	12.2±2.8	11.0±0.6	0.72±0.0
5326	2.8±0.9	1.6±1.1	10.4±2.9	10.3±0.6	0.53±0.0
1762-1	3.3±0.2	1.8±0.4	15.9±1.3	14.9±0.3	0.65±0.0
2408-1	3.9±1.7	1.5±0.5	16.6±2.5	14.4±0.2	0.73±0.0
2412-1	3.3±0.6	1.7±0.7	13.2±2.8	13.5±0.6	0.70±0.0
3205-1	4.8±0.8	2.7±1.3	22.7±0.5	22.3±0.6	1.03±0.0
5185-1	2.7±0.3	1.4±0.4	16.0±2.9	11.7±0.4	0.52±0.0

<sup>1)</sup>Breeding line number.

<sup>2)</sup>Mean of triplicate determinations expressed as mg gallic acid equivalents per 1 g of sample.

<sup>3)</sup>Mean of triplicate determinations expressed as mg (+)-catechin equivalents per 1 g of sample.

<sup>4)</sup>Mean of triplicate determination expressed as mg Trolox<sup>®</sup> equivalent per 1 g extract residue.

<sup>5)</sup>Mean of triplicate determination expressed as mg ascorbic acid equivalent per 1 g extract residue.

<sup>6)</sup>Mean of triplicate determination expressed as ferric reducing potential at 700 nm.

보였다(Table 1). 선행 연구에 의하면 한국산 고추의 ascorbic acid 함량을 평균 84.07 mg/100 g(습물중) 수준으로 보고하였으며(25) 고추의 수분함량을 고려하여 본 연구결과 값(평균치: 710.7 mg/100 g)과 비교했을 때 비교적 유사한 값을 나타냄을 알 수 있었다. 하지만 Cho 등(26)은 같은 품종이라도 재배시기와 수확시기에 따라 capsaicinoid의 함량이 크게는 약 3.5배까지도 차이가 날 수 있음을 보고하였다.

#### 고추의 항산화 성분 및 활성

고추 추출물의 총 항산화력을 비교한 결과는 Table 2에 나타내었다. 총 polyphenol 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 mg/g sample(건물중)로 나타내었다. 고추 추출물의 polyphenol 함량은 2.6에서 10.2 mg/g 수준이었으며 평균 polyphenol 함량은 5.1 mg/g으로 나타났다. Turkmen 등(4)은 고추의 polyphenol 함량을 1344.8 mg/100 g(건물중)으로 본 연구결과의 평균치에 비해 다소 높은 값을 보고하였다. 하지만 Deepa 등(12)은 고추 10품종 polyphenol 함량을 약 190 mg/100 g(건물중)에서 1,100 mg/100 g(건물중)으로 본 연구 분석치와 상당히 유사한 값을 보고하였다. 총 flavonoid 함량은 1.4에서 5.9 mg/g sample(건물중) 수준이었으며 평균 flavonoid 함량은 2.8 mg/g이었다. 본 연구 결과 고추에 상당량의 polyphenol 및 flavonoid가 함유되어 만성질환 예방에 도움을 줄 것으로 생각된다. 식물체에 함유되어 있는 polyphenol 및 flavonoid는 체내 항산화효과 및 심혈관과 당뇨병의 예방 및 완화에 효과가 있는 것으로 보고되며 이는 분자 내 phenolic hydroxyl기가 효소 단백질과 같은 거대분

자들과 결합하는 성질 등에 의해 여러 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(27). 고추 methanol 추출물의 항산화활성은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 및 환원력을 각각 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 표준물질로 Trolox<sup>®</sup>를 사용하여 항산화력을 TEAC 값으로 산출하였으며 ABTS 라디칼 소거능은 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 항산화력을 AEAC 값으로 산출하였다. TEAC 값이 높게 측정된 breeding line No. 2500의 경우 고추 추출물 1 g 당 Trolox<sup>®</sup> 51.3 mg과 동일한 항산화력을 지니는 것으로 나타났다. 반면 breeding line No. 5326은 고추 추출물 1 g 당 Trolox<sup>®</sup> 10.4 mg과 동일한 항산화력을 지닌 것으로 연구에 이용된 breeding line 시료 중 가장 낮은 항산화력을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능 측정 결과 역시 breeding line No. 2500이 32.6 AEAC로 가장 높은 값을 나타내었다. 환원력은 수소공여능에 따라 나타나는 색의 차이를 흡광도로 나타낸 것으로 고추의 환원력을 측정할 결과 breeding line No. 3201이 1.38로 가장 높은 환원력을 나타내었으며 가장 높은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었던 breeding line No. 2500 역시 1.33으로 높은 환원력을 나타내었다. 상관분석결과 라디칼 소거능과 환원력 간에는 비교적 높은 상관성( $R^2=0.8530$ )이 나타남을 알 수 있었다. 높은 항산화력을 나타내었던 breeding line No. 2500의 경우 높은 polyphenol(9.6 mg/g)과 flavonoid(5.9 mg/g) 함량을 나타낸 반면 대표적인 항산화비타민인 ascorbic acid는 514.7 mg/100 g으로 다른 시료에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 따라서 고추의

Table 3. Antiproliferative and anti-inflammatory activity of pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding lines

BL <sup>1)</sup>	Antiproliferative activity <sup>2)</sup>	Ant-inflammatory activity <sup>3)</sup>	BL	Antiproliferative activity	Anti-inflammatory activity
1270	77.6±5.5	71.4±1.5	3201	84.5±1.9	68.3±2.9
1368	62.3±7.9	70.8±8.2	3212	43.2±2.9	63.2±9.0
1382	58.0±5.9	60.7±2.9	3213	51.0±2.9	64.5±8.5
2147	78.8±7.2	74.5±2.8	3216	52.0±6.7	74.5±5.8
2401	87.0±2.9	74.5±4.0	3232	65.7±7.9	75.2±5.7
2404	81.3±2.0	72.6±4.6	3233	60.2±7.7	73.2±3.3
2413	59.1±2.9	70.8±5.3	4021	74.1±5.8	70.1±2.9
2427	69.6±4.7	63.2±1.5	4423	54.3±2.9	74.5±7.2
2458	64.9±0.7	41.7±5.8	4438	48.3±8.8	54.4±9.8
2469	75.1±4.7	48.0±9.5	5312	25.5±4.4	56.9±3.9
2476	64.8±5.2	49.9±3.1	5314	65.5±2.2	68.9±6.7
2486	46.4±6.0	49.3±5.8	5316	51.5±5.8	65.7±5.0
2500	60.3±2.5	48.6±7.3	5317	42.4±6.6	62.5±2.9
2505	61.7±2.3	56.2±2.0	5322	41.4±11.4	58.2±1.9
2509	41.8±6.2	53.7±7.4	5326	53.3±4.4	67.6±9.5
2514	68.6±7.8	59.4±0.2	1762-1	55.1±5.5	58.2±5.4
2519	44.8±7.6	50.6±0.7	2408-1	45.7±3.3	65.7±1.9
2524	26.2±3.3	52.4±6.8	2412-1	51.8±5.7	68.5±4.0
2528	42.3±6.1	50.6±7.0	3205-1	57.4±7.6	65.7±3.3
2561	62.1±5.1	48.0±3.0	5185-1	49.7±2.9	43.9±1.3

<sup>1)</sup>Breeding line number.

<sup>2)</sup>Antiproliferative activity (%) of the methanol extracts obtained from different pepper breeding lines on MCF-7 cells (mean of triplicate determination).

<sup>3)</sup>Anti-inflammatory activity (%) of the methanol extracts obtained from different pepper breeding lines on nitric oxide production in lipopolysaccharide-stimulated Raw264.7 macrophages (mean of triplicate determination).

항산화력에는 ascorbic acid 함량보다는 polyphenol 화합물의 함량 변이가 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

고추의 항암 및 항염증 효과

고추 추출물의 유방암(MCF-7) 세포주에 대한 증식억제 활성은 Table 3에 나타내었다. 실험에 사용된 시료의 농도는 250 µg/mL로 하여 암세포에 대한 증식억제 활성을 검토하였다. 암세포 증식 억제율은 breeding line No. 3201이 80% 이상의 높은 증식억제 활성을 보였으나 breeding line No. 2524는 26.2%로 낮은 증식 억제율을 보였다. 최근 연구 결과에 의하면 고추에 함유되어 있는 capsaicin 함량이 증가할수록 유방암과 백혈병 세포주의 apoptosis가 증가되는 것이 보고되었다(28). 그러나 본 연구의 경우 암세포 항증식 활성과 capsaicinoid 함량 결과와의 상관분석결과 값이 매우 낮게 나타났( $R^2=0.1140$ ). 이는 추출물에 capsaicinoid 뿐만 아니라 다양한 polyphenol 및 기타 phytochemical이 존재하기 때문인 것으로 생각된다.

NO는 nitric oxide synthase에 의해 L-arginine으로부터 생성되는 무기 유리체로 면역반응, 세포독성, 신경전달 및 혈관이완 등 여러 가지 생물학적인 과정에 관여하는 것으로 알려져 있으며 농도에 따라 세포기능 유지에 중요한 역할을 하기도 하고 세포독성 및 염증을 유발하는 신호전달 물질로 알려져 있다(29). 본 연구에서는 마우스의 대식세포주인 Raw264.7 세포를 이용하여 고추 추출물의 항염증 활성을 측정하였으며 활성산소 중 하나이며 염증 유발에 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 NO 생성에 대한 고추 추출물의 효과를 알아보았다(Table 3). 연구 결과 대부분의 breeding line 고추 추출물(250 µg/mL)은 대조군인 LPS에 의해 유도된 NO 생성에 대해 약 50% 이상의 억제효과를 나타내었으며 breeding line No. 3232가 75.2%로 가장 높은 NO 생성 억제율을 나타내었다. 기존 문헌에 의하면 고추의 capsaicin은 항암 효과뿐 아니라 우수한 항염증 효과를 나타내는 것으로 보고되었다(8). 그러나 본 연구의 경우 항염증 활성과 capsaicinoid 함량 간에 낮은 상관성을 보였다( $R^2=0.1140$ ). 이러한 현상은 항암 활성과 마찬가지로 고추 추출물에 capsaicinoid 뿐만 아니라 다양한 polyphenol 및 기타 phytochemical이 존재하기 때문인 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 40여종의 육성계통 고추의 기능성 성분의 함량을 분석 및 활성 평가를 함으로써 우수 고추 품종 개발을 위한 database를 제공하고자 하였다. 연구 결과 capsaicinoid의 함량은 0.1에서 204.2 mg/100 g으로 나타났으며 ascorbic acid 함량은 279.1에서 1695.5 mg/100 g으로 넓은 분포 범위를 보였다. Polyphenol 함량은 2.6에서 10.2 mg/g 수준으로, flavonoid 함량은 1.4에서 5.7 mg/g 수준으로 나타났다. 항산화 활성 측정 결과는 육성계통 고추 breeding line No. 2500

은 다른 계통에 비해 가장 높은 DPPH와 ABTS 라디칼 제거능을 나타내었으며 polyphenol과 flavonoid 함량 및 환원력이 다른 육성계통에 비해 높은 값을 나타내었다. 항암 효과는 breeding line No. 3201이 암세포 증식 저해율 84.5%로 가장 높은 효과를 나타내었으며 항염증 효과는 breeding line No. 3232가 75.2%로 가장 높은 nitric oxide 생성 억제율을 확인하였다. 본 연구에서는 육성계통에 따른 고추의 기능성 성분을 분석하고 다양한 생리활성을 평가하여 우수 품종 개량을 위한 성분 및 활성 database로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호PJ0075242011)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Gutteridge JMC, Halliwell B. 1995. *Antioxidants in nutrition, health and disease*. Oxford University Press, New York, NY, USA. p 1-62.
- Ramarathnam N, Osawa T, Ochi H, Kawakishi S. 1995. The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends Food Sci* 6: 75-82.
- Navarro JM, Flores P, Garrido C, Martinez V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stage, as affected by salinity. *Food Chem* 96: 66-73.
- Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93: 713-718.
- Kim S, Kim KS, Park JB. 2006. Changes of various chemical components by the difference of the degree of ripening and harvesting factors in two single-harvested peppers (*Capsicum annuum* L.). *Korean J Food Sci Technol* 38: 615-620.
- Davis BH, Mathews S, Kirk JTO. 1970. The nature and biosynthesis of the carotenoids of different colour varieties of *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry* 9: 797-805.
- Materska M, Piacente S, Stochmal A, Pizza C, Olezek W, Peruka I. 2003. Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry* 63: 893-898.
- Surh YJ, Lee E, Lee JM. 1998. Chemoprotective properties of some pungent ingredients present in red pepper and ginger. *Mutat Res* 402: 259-267.
- Howard LR, Smith RT, Wagner AB, Villalon B, Burns EE. 1994. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) and processed jalapeños. *J Food Sci* 59: 362-365.
- Lampe JW. 2003. Spicing up a vegetarian diet: chemopreventive effects of phytochemicals. *Am J Clin Nutr* 78: 5795-5835.
- Topuz A, Ozdemir F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *J Food Compos Anal* 20: 596-602.
- Deepa N, Kaura C, Georgea B, Singhb B, Kapoor HC. 2007.

- Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *LWT* 40: 121-129.
13. Jeon G, Lee J. 2009. Comparison of extraction procedures for the determination of capsaicinoids. *Food Sci Biotechnol* 18: 121-129.
  14. Wang HF, Tsai YS, Lin ML, Ou AS. 2006. Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan. *Food Chem* 96: 648-653.
  15. Velioglu YS, Mazza G, Cao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruit, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117.
  16. Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
  17. Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J Agric Food Chem* 50: 3713-3717.
  18. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
  19. Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specially mushrooms. *Food Res Int* 35: 519-526.
  20. Mosmann T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Meth* 65: 55-63.
  21. Kim Y, Sung J, Sung M, Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2010. Involvement of heme oxygenase-1 in the anti-inflammatory activity of *Chrysanthemum boreale* Makino extracts on the expression of inducible nitric oxide synthase in RAW264.7 macrophages. *J Ethnopharmacol* 131: 550-554.
  22. Shin HH, Lee SR. 1991. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. *Korean J Food Sci Technol* 23: 296-300.
  23. Kim S, Park JH, Wang IK. 2002. Quality attributes of various varieties of Korean red pepper powders (*Capsicum annuum* L.) and color stability during sunlight exposure. *J Food Sci* 67: 2957-2961.
  24. Park JS, Kim MH, Yu RN. 1999. Approximative study of nutrients and intakes determined from capsaicin contents in powdered soups of Korean instant noodles and hot pepper. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 501-504.
  25. Choi SH. 2006. Ascorbic acid of Korean pepper by cultivating season, region and cooking method. *J East Asian Soc Diet Life* 16: 578-584.
  26. Cho BC, Park KW, Kang HM, Lee WM, Choe JS. 2004. Correlationship between climatic elements and internal characteristics of red pepper fruit in different growing periods. *J Bio-Env Con* 13: 67-72.
  27. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr* 81: 215-217.
  28. Dou D, Ahmad A, Yang H, Sarkar FH. 2011. Tumor cell growth inhibition is correlated with levels of capsaicin present in hot peppers. *Nutr Cancer* 63: 272-281.
  29. Lowenstein CJ, Alley EW, Raval P, Snowman AM, Snyder SH, Russell SW, Murphy WJ. 1993. Macrophage nitric oxide synthase gene: two upstream regions mediate induction by interferon gamma and lipopolysaccharide. *Proc Natl Acad Sci USA* 90: 9730-9734.

(2011년 3월 4일 접수; 2011년 4월 16일 채택)