

## 고추 에탄올 추출물의 항산화 효과 및 생리활성에 관한 연구

김현중 · 홍충의 · 남미현 · 하영민 · 이광원<sup>†</sup>

고려대학교 생명과학대학 식품공학부

### Antioxidant and Physiological Activities of *Capsicum annuum* Ethanol Extracts

Hun-Joong Kim, Chung-Oui Hong, Mi-Hyun Nam, Young-Min Ha, and Kwang-Won Lee<sup>†</sup>

Division of Food Bioscience & Technology, College of Life Sciences & Biotechnology,  
Korea University, Seoul 136-703, Korea

#### Abstract

The goal of this study is to determine the activities of antioxidants and antiglycation from the extracts of various *Capsicum annuum* (known as pepper) ethanolic extract (CAE). We tested the extracts of *Capsicum annuum* seeds and pericarps using 70% ethanol. The CAE showed antioxidant activities in a 2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation assay, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical-scavenging assay, ferric-reducing antioxidant power assay, total flavonoid content, and total polyphenol content. Also, the physiological activities of CAE on glycation inhibition activities, anti- $\alpha$ -glucosidase activities, and tyrosinase activities were measured. As a result, green and red *Capsicum annuum* seeds show higher levels of antioxidant activities. In addition, the physiological activities are also more effective in the seeds than in the plant pericarps. A radar chart proves that antioxidants and physiological activities are more effective coming from the seeds. And the red *Capsicum annuum* seeds are more effective than the green ones.

**Key words:** pepper (*Capsicum annuum*), antioxidant, glycation,  $\alpha$ -glucosidase, tyrosinase

#### 서 론

최근 과학의 발달, 소득 수준의 향상, 식생활의 변화 등으로 건강에 대한 관심이 점차 증가하는 추세이며, 또한 well-being life에 대한 관심이 높아지면서 사람들의 의식이 변화하고 있다. 그리하여 음식의 섭취는 단순한 욕구 충족을 넘어 생체의 항상성 유지 및 생리 조절 작용에 이르기까지 다양한 기능을 하게 되었다. 체내 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)의 증가에 의해서 생성되는 각종 산화생성물들은 DNA를 손상시키거나 암을 유발하며, 인간의 노화와도 관계가 있는 것으로 알려져 있다(1). 또한 자외선 등과 같은 외부자극이 반복되면서 ROS를 발생시키고, 다양한 사이토카인의 생성이 촉진되어 여러 가지 신호전달 체계를 활성화 시킴으로써 노화가 일어나게 된다(2). 특히 산화스트레스는 간 기능 저하 등 만성적 질병을 일으키는 원인으로, 이를 억제하거나 치유하기 위해 식품으로부터 유래하는 생리활성 물질들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 연구들은 활성산소종의 제거, 자외선 차단, 항산화제 첨가 등과 같은 방법을 통해 이루어지고 있으며, 이들 항 성인병 효과를 갖는 새로운 기능성식품의 소재 개발에 대한 관심은 유럽, 일본 등 선진국에서 크게 일어나고 있다(3). 가장 널리

이용되고 있는 방법은 항산화제를 직접 유지에 첨가하는 것이다. 항산화 효과가 뛰어나다고 알려진 BHA(butylated hydroxy anisole), BHT(butylated hydroxyl toluene) 등의 합성 항산화제들은 항산화 효과는 뛰어나나 일정 수준 이상 섭취 시 안전성과 유해성 여부에 문제가 제기되고 있어(4) 천연 항산화제들이 관심의 대상이 되고 있다. 근래에 식품분야에서 항산화제는 산화 억제 혹은 생리활성의 지연기능이 생체 내에서도 발현될 수 있음이 알려지면서 여러 가지 생리적 장애를 억제하는데 관여하는 것으로 알려져 있다(5). 체내에서 정상적인 혈당 수준의 경우 미토콘드리아를 통하여 에너지가 생성되거나 비정상적으로 높은 혈당치에서는 ROS가 생성된다. 또한 혈당의 증가로 인하여 당의 카보닐기와 DNA, 단백질, 지질 등의 아미노기와의 결합으로 최종당화산물(advanced glycation end-products, AGEs)이 생성되어 ROS 생성을 더욱 촉진시킨다. 한편 멜라닌생성 과정 또한 일련의 산화과정이므로, 높은 항산화력을 가진 물질은 멜라닌 생성 억제 효과 또한 높을 것으로 추정될 수 있다.

한편, 우리나라 음식의 양념재료로 널리 다양하게 사용되는 홍고추와 풋고추는 고추씨를 추출하여 고추기름으로 사용하고, 건조한 과육부분으로 고춧가루를 만들어 사용하며 과육과 씨를 함께 생으로 섭취하기도 한다. 고추의 개화 후

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: kwangwon@korea.ac.kr  
Phone: 82-2-3290-3027, Fax: 82-2-953-0737

10~15일 지난 끝이 착색되기 전까지가 풋고추이며 개화 후 40~45일 정도 후 붉은색으로 착색된 것을 홍고추라고 한다. 품종에 따라서 적색을 띄지 않는 것도 있으며 고추는 일반적으로 익을수록 비타민 C와 capsanthin이 증가한다. 고추의 경우 capsanthin, ascorbic acid, capsorubin, cryptocapsin 뿐만 아니라, quercetin, luteolin, capsaicinoids와 같은 phenolic 화합물을 다량 함유하고 있어 높은 항산화력을 가지고 있다고 보고되었다(6,7). 본 연구의 목적은 이러한 고추의 과육과 씨 부분의 항산화 활성 및 생리활성 능력을 확인하여 기능성식품의 소재로 적합한지 확인하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에서 사용한 고추(*Capsicum annuum*)는 전라남도 영암에서 2010년 1월에 수확한 것을 서울 양재 하나로 마트에서 구입하여 수돗물로 깨끗이 수세한 후 과육부와 씨로 나누고 과육 부분은 동결건조가 용이하도록 4~5등분하여 동결건조 하였다. 부위별 시료는 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 70% 에탄올로 3시간 동안 2회 환류 추출하고 여과지(Whatman No. 42, Whatman International Ltd, Maidstone, England)를 이용하여 여과하였다. 여액은 원심분리(7,000 rpm, 30 min, 4°C)하여 침전물을 완전히 제거 후 감압농축하여 동결건조 하였다.

### 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(8)을 일부 수정하였으며, 96 well plate에 각 시료 추출액 50 µL에, 25 µL의 Folin-Ciocalteu reagent를 첨가한 후 125 µL 20% sodium carbonate solution을 첨가하였다. 이후 40분간 암실에서 방치한 다음 spectrophotometer(V-530, Jasco Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 725 nm 파장으로 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였으며, gallic acid 검량선과 비교하여 총 폴리페놀 함량(µg/mg)을 구하였다(9).

### 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드의 함량은 각 추출액 100 µL에 aluminium(III) chloride hexahydrate 0.2 g를 10 mL 에탄올에 녹인 2% AlCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O 용액을 100 µL 가하고 섞은 후 5분간 방치한 후 430 nm 파장으로 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 quercetin dehydrate를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 플라보노이드 함량을 구하였다.

### DPPH radical 소거활성 측정

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거 작용은 DPPH의 환원성을 이용한 전자 공여능(EDA, electron donation ability)으로 측정하였다(10). 에탄올에 녹인 700 µM DPPH reagent 100 µL에 각 추출액을 농도별로(5, 2.5, 1.25, 0.625 mg/mL) 100 µL를 넣고 섞은 다음 어두운 곳에서 30분

간 방치한 후 515 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료 별 SC<sub>50</sub>(scavenging capacity 50%)은 DPPH의 농도가 50% 감소하는데 필요한 시료의 농도로 하였다.

### ABTS radical 소거활성 측정

2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거활성의 측정은 ABTS cation decolorization assay에 의하여 시행하였다(11). 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 최종농도로 혼합하여 37°C의 암소에서 12~16시간 동안 방치하여 ABTS·을 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.70(±0.02)이 되도록 희석하였다. 이 용액 160 µL에 추출액 농도 별(5, 2.5, 1.25, 0.625 mg/mL) 20 µL를 넣은 후 6분 후 750 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료 별 SC<sub>50</sub>은 ABTS의 농도가 50% 감소하는데 필요한 시료의 농도로 하였다.

### FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정

Benzie와 Strain에 의한 방법(12)을 일부 수정하였으며 300 mM acetate buffer와 40 mM HCl에 녹인 10 mM 농도의 tripyridyltriazine(TPTZ)와 20 mM iron(III) chloride hexahydrate(FeCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O)를 10:1:1의 비율로 혼합한 FRAP reagent를 만들었다. 각 추출액 1 mg/mL 농도에 6 µL와 FRAP reagent 180 µL를 넣어 혼합한 것을 37°C에서 5분간 방치한 후 593 nm 파장에서 흡광도를 측정하고 표준곡선은 FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O를 사용하였다.

### 최종당화산물(AGEs) 생성 억제활성 측정

최종당화산물의 단백질 교차결합 부분 일부는 형광을 띄어 반응물의 생성 정도를 형광도로 측정할 수 있으며(13) 반응물 mixture는 McPherson 등의 방법(14)을 일부 수정하여 Table 1과 같이 제조하였다. (A)는 glycolaldehyde를 첨가하지 않아 당화반응이 진행되지 않은 음성 대조군이며, (B)는 당화산물이 생성되는 대조군으로, (C)는 추출물 및 저해제(5 mM aminoguanidine) 처리군으로, (D)는 형광도 간섭을 배제하기 위한 시료의 단독 처리군으로 제조하였다. 각 처리군은 37°C에서 5일간 반응시키고 최종당화산물의 생

Table 1. Reaction mixture in inhibitory activity assay of AGEs formation

	Control (A)	Glycation (B)	Sample (C)	Blank of sample (D)
Distilled water	•	•	•	•
10 mM BSA <sup>1)</sup>	•	•	•	•
Phosphate buffer (pH 7.4)	•	•	•	•
1 mM DTPA <sup>2)</sup>	•	•	•	•
0.02% Sodium azide	•	•	•	•
10 mM Glycolaldehyde		•	•	•
Sample or inhibitor <sup>3)</sup>			•	

<sup>1)</sup>Bovine serum albumin.

<sup>2)</sup>Diethylen triamine pentaacetic acid.

<sup>3)</sup>Inhibitor is 5 mM aminoguanidine.

성 확인은 형광도를 측정하여 확인하였으며(VICTOR3™, PerkinElmer, Boston, MA, USA), excitation 370 nm와 emission 440 nm의 파장에서 측정하였다.

#### alpha-glucosidase 억제활성 측정

소장에서 이당류를 단당류로 분해하는 효소인  $\alpha$ -glucosidase의 활성이 증가하게 되면 혈중의 포도당 농도가 증가하게 된다(15). 고추 추출물의  $\alpha$ -glucosidase 억제 활성을 측정하기 위해서  $\alpha$ -glucosidase 효소액은 rat intestinal acetone powder(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0)에 현탁하여 4°C 13,000 rpm에서 1시간 동안 원심분리 한 후 상층액을 사용하였다. 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0) 200  $\mu$ L, DMSO에 녹인 5 mg/mL 농도의 각 추출액 10  $\mu$ L, 효소액 50  $\mu$ L, 2 mM p-nitrophenyl  $\alpha$ -D-glucopyranoside(pNPG, in potassium phosphate buffer, pH 6.9)를 250  $\mu$ L 첨가하였다. 음성 대조군으로는 DMSO를 사용하였고, 양성 대조군으로는 acarbose를 사용하였다.

#### Tyrosinase 억제활성

Tyrosinase 활성 저해능의 측정은 Wong과 Pawelek(16)의 방법에 따라 측정하였으며, 효소활성의 측정은 10 mg/mL 농도의 추출물 15  $\mu$ L, 50 mM sodium phosphate buffer(pH 6.5), 10 mM L-DOPA 용액과 tyrosinase 효소액을 가하고 10분간 37°C, O<sub>2</sub> 배양기에서 반응시키고 한편 tyrosinase를 첨가하지 않은 무첨가군을 포함하여 475 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 비교하였다. 양성 대조군으로는 코직산을 사용하였으며 tyrosinase에 대한 효소 활성 억제능은 반응 전후의 흡광도 값의 변화율로 계산하였다.

#### 통계처리

본 실험의 결과는 3회 반복 측정한 평균값을 이용하였다. 모든 측정항목은 평균±표준편차로 나타냈었다. 통계처리는 Sigma Stat 3.5(Systat Software Inc., Point Richmond, CA, USA)를 이용하여 수행하였으며, 실험 군 간의 비교분석은 one way ANOVA를 이용하여 분석 후 p<0.05, 0.001에서 Student-Newman-Keuls Method를 이용하여 유의성 검증을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 phosphomolybdate와 phenolic 물질이 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 것으로, 각 추출물의 총 폴리페놀 함량 측정 결과 홍고추 씨, 풋고추 씨, 홍고추 과육, 풋고추 과육 순으로서 풋고추보다 홍고추, 과육보다 씨의 높은 폴리페놀 함량을 나타내었다(Table 2). 이와 같은 결과는 *Longan pericarp*의 부위별 폴리페놀을 추출하여 그 함량을 측정한 결과 과육부위에 비하여 적게는 10배, 많게는 30배 이상 많은 폴리페놀을 함유하고 있다는 연구와 일치하는 결과이다(17). 종자에서 높은 활성이 나타나는 것은 다른 연구결과에서도 뒷받침되는데 Brazilian mango(Uba) 종자와 과육의 폴리페놀 함량을 측정한 결과 종자에서 과육에 비해 약 4.6배 높은 폴리페놀 함량을 가지고 있는 연구와도 같은 결과를 나타내었다(18). 기존에 폴리페놀 화합물은 체내로 흡수되어 항산화 효과가 있는 것으로 보고되고 있을 뿐 아니라(19), 녹차, 우롱차 내의 폴리페놀은 항균 효과 또한 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(20). 따라서 고추의 높은 폴리페놀 함량은 뛰어난 항산화 및 항균 효과를 기대할 수 있을 것이라 기대된다.

### 총 플라보노이드 함량

각 시료별 농도는 5 mg/mL로 하여 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과(Table 2), 풋고추 과육 11.08±0.3  $\mu$ g QE (quercetin equivalents)/kg DM, 홍고추 과육 8.71±0.1  $\mu$ g QE/kg DM, 풋고추 씨 7.06±0.4  $\mu$ g QE/kg DM, 홍고추 씨 5.18±0.4  $\mu$ g QE/kg DM으로 플라보노이드를 함유하고 있었다. 이는 동일한 고추 품종인 bell peppers(*Capsicum annuum* L.)에서 초록색, 빨간색, 노란색의 색깔 별 과육에서 플라보노이드의 일종인 루테올린의 함량을 HPLC로 정량 분석한 결과 각각 1.36±0.05 mg/100 g, 0.44±0.01 mg/100 g, 0.34±0.01 mg/100 g으로 초록색 상태의 고추에서 가장 높은 함량이 나온 것과 일치하는 결과라 할 수 있으며(21), 종자에서 높은 함량을 나타낸 결과는 앞서 종자의 폴리페놀 함량이 높은 것과 동일한 결과이다.

### 자유라디칼 소거활성

DPPH는 환원력이 있는 물질과 만나면 전자를 내어주어 DPPH의 라디칼이 소거되어 특유의 보라색이 노란색을 띠

Table 2. ABTS SC50, DPPH SC50, FRAP, flavonoid, and total polyphenol of 70% ethanol extracts from flesh, seed of *Capsicum annuum*

	Red flesh	Red seed	Green flesh	Green seed
ABTS SC <sub>50</sub> ( $\mu$ g DM/mL)	8,252±50 <sup>a</sup>	3,710±200 <sup>b</sup>	7,908±197 <sup>a</sup>	3,354±76 <sup>b</sup>
DPPH SC <sub>50</sub> ( $\mu$ g DM/mL)	4,747±653 <sup>a</sup>	1,935±162 <sup>b</sup>	4,878±965 <sup>a</sup>	2,348±422 <sup>b</sup>
FRAP (mM FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O/g/DM)	122±4 <sup>b</sup>	255±13 <sup>a</sup>	97±1 <sup>a</sup>	251±14 <sup>a</sup>
Flavonoids (g QE/kg DM)	8.71±0.1 <sup>b</sup>	5.18±0.4 <sup>d</sup>	11.08±0.3 <sup>a</sup>	7.06±0.4 <sup>c</sup>
Total polyphenols (g GAE/kg DM)	111.89±3.4 <sup>c</sup>	157.35±7.2 <sup>a</sup>	80.18±1.6 <sup>d</sup>	139.26±1.1 <sup>b</sup>

ABTS, DPPH, FRAP, flavonoids and total polyphenol contents in extracts. Each value is mean±standard deviation of three replicate experiments. Each sample was dry material (DM). Different letters indicate difference (p<0.001).

게 하는 원리이다(22). 각 고추 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 양성 대조군으로 사용한 추출물의 SC<sub>50</sub>값은 홍고추 씨, 풋고추 씨, 홍고추 과육, 풋고추 과육 순으로 홍고추 씨에서 가장 높은 DPPH 라디칼 소거능을 가지고 있는 것으로 나타났다. 한편, ABTS의 양이온 라디칼의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 특유의 청록색이 탈색되는데 이를 흡광도 값으로 나타내어 소거활성을 측정하였다.

각 추출물의 SC<sub>50</sub>값은 풋고추 씨, 홍고추 씨, 풋고추 과육, 홍고추 과육 순으로서 풋고추 씨에서 가장 높은 항산화 효과를 가지고 있었으며 홍고추도 과육보다는 씨에서 높은 항산화 효과를 가지고 있었다(Table 2).

이러한 결과는 폴리페놀, 플라보노이드 함량과 관계가 있다고 여겨진다. 이전의 연구결과에 따르면 식물 내 폴리페놀과 플라보노이드 함량에 따른 항산화 능력을 비교했을 때 폴리페놀, 플라보노이드 함량이 높을수록 높은 항산화 활성을 가지고 있던 것으로 보고된 바 있다(23,24).

#### 환원력 측정

항산화 효과를 측정하는 방법 중 하나로 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyltriazine(Fe<sup>3+</sup>-TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyltriazine(Fe<sup>2+</sup>-TPTZ)으로 환원되는 것을 이용하여 측정하는 것으로 시료 별 1 mg/mL의 환원력은 홍고추 씨, 풋고추 씨, 홍고추 과육, 풋고추 과육 순으로써 홍고추 씨에서 가장 높은 항산화력을 가지고 있었다(Table 2).

이는 longan, lycheem red rose grape, mango, duck pear, water melon, persimmon 등에서 과육 및 과피와 비교하여 종자의 FRAP value가 가장 높게 나타난 것과 동일한 결과라고 할 수 있다(25). 또한, 높은 FRAP value는 앞서 언급한 자유라디칼 소거능과도 깊은 연관성을 가지고 있는 것으로 기존 연구결과 알려져 있으며(26), 이는 곧 DPPH 및 ABTS 자유라디칼 소거능 효과가 상대적으로 뛰어난 홍고추 및 풋고추가 높은 환원력을 가지는 것을 뒷받침해 주는 결과라고 할 수 있다.

#### 최종당화산물(AGEs) 생성 억제활성

포도당은 체내에서 해당과정을 통해 포도당보다 반응성이 높은 카보닐 화합물로 전환되며, glyceraldehyde와 같은 카보닐 화합물에 의해 만들어진 AGEs가 포도당에 의해 만들어진 AGEs보다 더 큰 세포독성을 유발한다고 알려져 있다(27). 본 실험에서는 포도당 대신 glycolaldehyde를 이용하여 고추의 최종당화산물 생성 억제 효능을 확인하였다. 대조군으로는 최종당화산물의 생성 억제 효과가 입증된 aminoguanidine(AG)을 사용하였으며 AG의 아미노 말단은 Amadori 화합물의 카보닐기와 반응하여 단백질간 교차결합을 억제한다고 알려져 있다(28). 실험결과 양성 대조군으로 사용한 5 mM AG는 28.97%의 억제효과가 나타났으며 시료별 500 µg/mL 농도에서 홍고추 씨가 31.45%, 풋고추

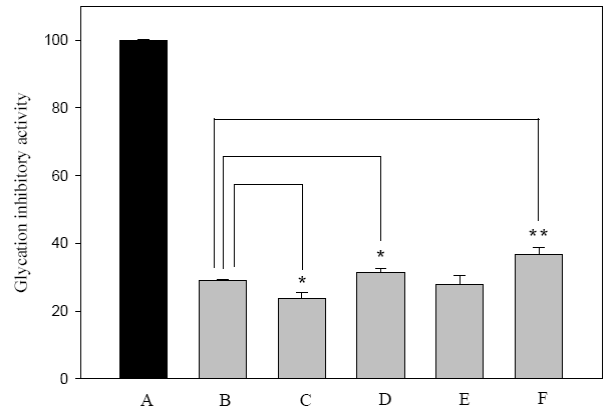


Fig. 1. Glycation inhibitory activity of the sample extract (final concentration 500 µg/mL) from *Capsicum annuum*. A, control; B, aminoguanidine 5 mM; C, red flesh; D, red seed; E, green flesh; F, green seed.

씨 36.01% 풋고추 과육 27.89%, 홍고추 과육 23.75%로 저해 활성을 보여주었다(Fig. 1).

#### Alpha-glucosidase 억제활성

소장 내 존재하는 α-1,4 및 α-1,6 glucoside 결합을 가수분해하는 효소인 α-glucosidase의 활성을 측정하였다. 추출물 중 풋고추 과육이 60.91%, 홍고추 씨가 54.46%, 홍고추 과육이 42.82%, 풋고추 씨가 38.25%의 억제율을 나타내었다. 양성 대조군으로 10 mM의 acarbose가 49.89%의 억제활성을 나타내었으며 풋고추 과육과 홍고추 씨가 양성 대조군보다 높은 수치를 보여 혈중 포도당 농도의 증가를 억제할 수 있는 효과가 높은 것으로 나타났다(Fig. 2).

#### Tyrosinase 억제활성

Tyrosinase는 멜라닌 생성의 초기과정에서 L-tyrosine으로부터 L-3,4-DOPA(dihydroxy-phenylalanin)를 생성시키고 다시 L-dopaquinone으로 전이시키는 연속된 산화 및 중합반응을 촉매한다. 이에 따라 tyrosinase의 활성이 줄어들수록 피부 색소 침착의 원인인 melanin의 합성이 저해되기

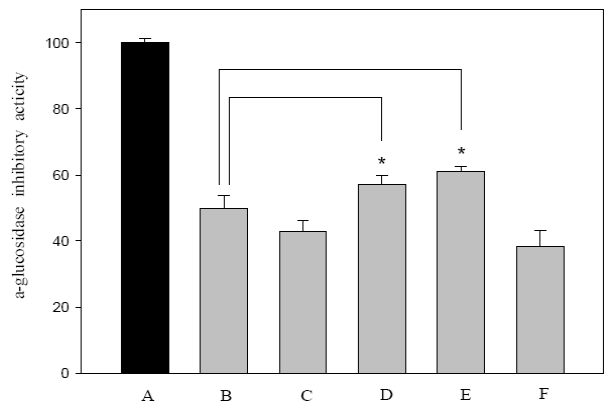


Fig. 2. α-glucosidase inhibitory activity of the sample extract (final concentration 1,000 µg/mL) from *Capsicum*. A, control; B, acarbose 0.06 mM; C, red flesh; D, red seed; E, green flesh; F, green seed. \*p<0.05 vs B.

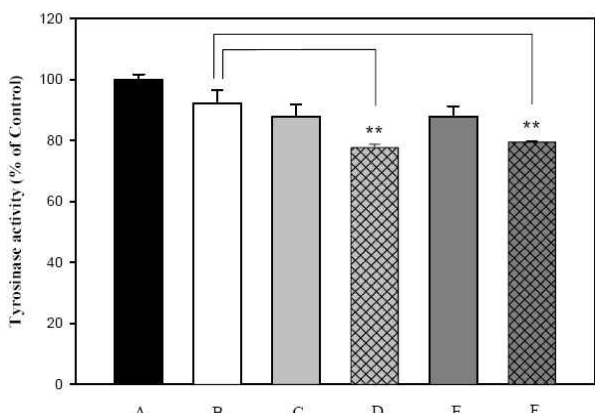


Fig. 3. Tyrosinase activity of the sample extract (final concentration 1000 µg/mL) from *Capsicum annuum*. A, control; B, kojic acid 100 µg/mL; C, red flesh; D, red seed; E, green flesh; F, green seed. \*\*p<0.001 vs B.

때문에 미백효과를 가질 수 있다. Tyrosinase 활성을 확인한 결과 각 추출물 1 mg/mL의 농도에서 홍고추 씨 22.41%, 풋고추 씨 20.65%, 홍고추 및 풋고추 과육은 12%로 나타났다(Fig. 3). 표준물질로 사용한 kojic acid는 100 µg/mL의 농도에서 7%의 저해율을 나타냈다. Tyrosinase 억제활성은 씨 부분이 과육보다 높음을 나타내었다. 멜라닌 합성 경로는 일련의 산화반응으로 항산화 효과가 있는 물질은 미백효과를 가질 가능성이 높은 것으로 보고되어 왔다(29,30). 이는 앞서 ABTS, DPPH, FRAP 실험과 연결되는 결과로 항산화 활성이 높은 종자 추출물, 그중 홍고추 종자 추출물이 높은 미백활성을 가지는 것은 이와 같은 연구 결과와 연관 있다고 볼 수 있다.

앞 실험의 결과를 종합하여 홍고추, 풋고추의 과육과 씨 부분 항산화 능력 및 각종 생리활성을 부분별 가장 높은 활

성을 100%로 환산하여 분야별 분석결과 홍고추 씨, 풋고추 씨, 풋고추 과육, 홍고추 과육 순으로 높은 것으로 나타났다(Fig. 4). 따라서 섭취 선호도가 떨어져 부산물로 여겨져 왔던 홍고추 및 풋고추의 씨를 이용함으로써 항산화, 항당뇨, 미백 등의 생리활성 효과를 기대할 수 있으며 이는 앞으로의 연구에서 건강기능성 식품 소재로 이용할 가능성을 제시해 주고 있다.

### 요 약

고추(*Capsicum annuum*)의 항산화 효과 및 생리활성 측정을 통하여 기능성식품의 소재로 활용하기 위한 기초 연구를 진행하였다. 폴리페놀 함량은 과육보다는 씨에서 높게 나타났다. 그러나 플라보노이드 함량은 풋고추 과육에서 높은 함량을 보였다. DPPH radical 소거활성에서 SC<sub>50</sub>값은 홍고추 씨 1,935±162 µg DM/mL, ABTS radical 소거활성에서는 SC<sub>50</sub>값이 풋고추 씨 3,354±76 µg DM/mL로 과육에 비해 높았다. 최종당화산물(AGEs) 생성 억제활성은 풋고추와 홍고추 씨, 풋고추와 홍고추 과육 순으로, α-glucosidase 저해활성은 풋고추 과육, 홍고추 씨, 홍고추 과육, 풋고추 씨 순이었다. Tyrosinase 억제활성은 홍고추와 풋고추 씨, 홍고추와 풋고추 과육 순이었다. 종합해보면 기능성식품 소재로서 홍고추 씨 및 풋고추 씨가 과육보다 활용도가 높은 것으로 결론지을 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 고려대학교 CJ식품안전관의 장비 및 시설을 사용하여 연구되었으므로 이에 감사드립니다.

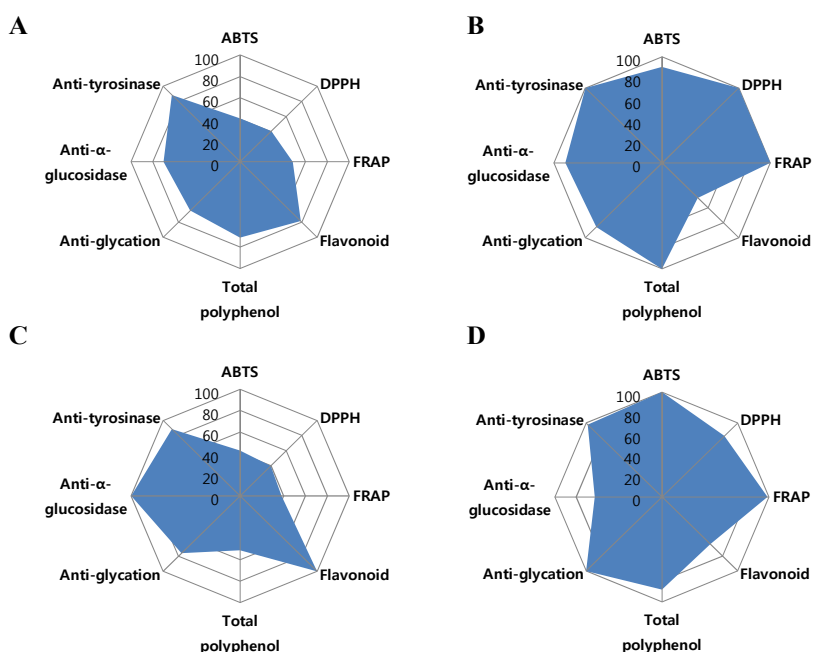


Fig. 4. Radar charts demonstrating characteristic features in the antioxidant and physiological properties of samples of *Capsicum annuum*<sup>1)</sup>. <sup>1)</sup>Scale expressed as the ratio when each value is compared with correspondingly maximum. A, red flesh; B, red seed; C, green flesh; D, green seed.

## 문헌

1. Wolff SP, Jiang ZY, Hunt JV. 1991. Protein glycation and oxidative stress in diabetes mellitus and ageing. *Free Radic Biol Med* 10: 339-352.
2. Lee JN, Kim SW, Yoo YK, Lee GT, Lee KK. 2006. Anti-wrinkle effect of *Morinda citrifolia* (Noni) extracts. *J Soc Cosmet Scientists Korea* 32: 227-231.
3. Roberfroid MB. 2000. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *Am J Clin Nutr* 71: 1660s-1664s.
4. Branen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc* 52: 59-63.
5. Giese J. 1996. Antioxidants: tools for preventing lipid oxidation. *Food Technol-Chicago* 50: 73-81.
6. Howard LR, Smith RT, Wagner AB, Villalon B, Burns EE. 1994. Provitamin-a and ascorbic-acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapenos. *J Food Sci* 59: 362-365.
7. Lee Y, Howard LR, Villalon B. 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *J Food Sci* 60: 473-476.
8. Appel HM, Govenor HL, D'Ascenzo M, Siska E, Schultz JC. 2001. Limitations of Folin assays of foliar phenolics in ecological studies. *J Chem Ecol* 27: 761-778.
9. Maksimovic Z, Malencic D, Kovacevic N. 2005. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. *Bioresour Technol* 96: 873-877.
10. Wang KJ, Zhang YJ, Yang CR. 2005. Antioxidant phenolic compounds from rhizomes of *Polygonum paleaceum*. *J Ethnopharmacol* 96: 483-487.
11. 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.
12. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
13. Stephan ZF, Yurachek EC. 1993. Rapid fluorometric assay of LDL receptor activity by DiI-labeled LDL. *J Lipid Res* 34: 325-330.
14. McPherson JD, Shilton BH, Walton DJ. 1988. Role of fructose in glycation and cross-linking of proteins. *Biochemistry-US* 27: 1901-1907.
15. Puls W, Keup U, Krause HP, Thomas G, Hoffmeister F. 1977. Glucosidase inhibition. A new approach to the treatment of diabetes, obesity, and hyperlipoproteinaemia. *Naturwissenschaften* 64: 536-537.
16. Wong G, Pawelek J. 1973. Control of phenotypic expression of cultured melanoma cells by melanocyte stimulating hormones. *Nat New Biol* 241: 213-215.
17. Li QBA, He N, Wang ZY, Yang CX, Lu YH, Sun DH, Wang YP, Shao WY. 2009. Isolation and identification of polyphenolic compounds in *Longan pericarp*. *Sep Purif Technol* 70: 219-224.
18. Ribeiro SMR, Barbosa LCA, Queiroz JH, Knodler M, Schieber A. 2008. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chem* 110: 620-626.
19. Dragsted LO. 2003. Antioxidant actions of polyphenols in humans. *Int J Vitam Nutr Res* 73: 112-119.
20. Sasaki H, Matsumoto M, Tanaka T, Maeda M, Nakai M, Hamada S, Ooshima T. 2004. Antibacterial activity of polyphenol components in oolong tea extract against *Streptococcus mutans*. *Caries Res* 38: 2-8.
21. Hamauzu D, Za Y. 2003. Phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant properties of green, red and yellow bell peppers. *J Food Agric Environ* 1: 22-27.
22. Tseng TH, Kao ES, Chu CY, Chou FP, Lin Wu HW, Wang CJ. 1997. Protective effects of dried flower extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. against oxidative stress in rat primary hepatocytes. *Food Chem Toxicol* 35: 1159-1164.
23. Rice-Evans CA, Miller NJ, Bolwell PG, Bramley PM, Pridham JB. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic Res* 22: 375-383.
24. Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 13: 572-584.
25. Guo CJ, Yang JJ, Wei JY, Li YF, Xu J, Jiang YG. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutr Res* 23: 1719-1726.
26. Gogorcena Y, Cantin CM, Moreno MA. 2009. Evaluation of the antioxidant capacity, phenolic compounds, and vitamin C content of different peach and nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] breeding progenies. *J Agric Food Chem* 57: 4586-4592.
27. Sato T, Iwaki M, Shimogaito N, Wu X, Yamagishi S, Takeuchi M. 2006. TAGE (toxic AGEs) theory in diabetic complications. *Curr Mol Med* 6: 351-358.
28. Ahmed N. 2005. Advanced glycation endproducts-role in pathology of diabetic complications. *Diabetes Res Clin Pract* 67: 3-21.
29. Kubo I, Kinst-Hori I. 1999. Flavonols from saffron flower: Tyrosinase inhibitory activity and inhibition mechanism. *J Agric Food Chem* 47: 4121-4125.
30. Kim JA, Lee JM, Shin DB, Lee NH. 2004. The antioxidant activity and tyrosinase inhibitory activity of phloro-tannins in *Ecklonia cava*. *Food Sci Biotechnol* 13: 476-480.

(2011년 8월 25일 접수; 2012년 6월 11일 채택)