

## 원산지별 건고추 분말의 미생물학적 및 이화학적 품질특성에 대한 electron beam 조사처리의 효과

이혜진 · 김귀란 · 박기환<sup>1</sup> · 김정숙<sup>2</sup> · 권중호\*

경북대학교 식품공학부, <sup>1</sup>중앙대학교 식품공학부 · 기후변화사업단, <sup>2</sup>계명문화대학교 식품영양조리학부

### Effect of Electron Beam Irradiation on Microbiological and Physicochemical Properties of Dried Red Pepper Powders of Different Origin

Hye-Jin Lee, Gui-Ran Kim, Ki-Hwan Park<sup>1</sup>, Jeong-Sook Kim<sup>2</sup>, and Joong-Ho Kwon\*

School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University

<sup>1</sup>School of Food Science & Technology and Research Group on Food Safety Control against Climate Change, Chung-Ang University

<sup>2</sup>Department of Food, Nutrition & Cookery, Keimyung College University

**Abstract** The effects of electron beam (e-beam) irradiation at up to 10 kGy on the microbiological and physicochemical properties of dried red pepper powders were studied. Samples from Korea, China, and Vietnam were included in this study. In untreated samples, the total number of microbes, such as total aerobic bacteria, yeasts and molds, was in the range of  $10^6$ - $10^7$  CFU/g. E-beam irradiation at 5 kGy reduced the microbial load by 2-4 log cycles, thus improving the hygienic quality of the samples. Moisture and pH of the samples were unchanged after e-beam irradiation. Reducing sugar content decreased at 1 kGy, followed by a gradual increase at higher radiation doses. At 5 kGy, no significant changes in the content of capsaicinoids were observed between the irradiated and control samples, while a 10 kGy dose led to a significant decrease. The content of pigments did not exhibit apparent changes with increasing dose of irradiation.

**Keywords:** dried red pepper, origins, electron beam, capsaicinoids, pigment

## 서 론

고추(*Capsicum annum* L.)는 가지과에 속하는 채소로 김치, 고추장 등 여러 식품의 기본 재료로 많이 이용되며 한국인의 식생활에서 빼놓을 수 없는 주요 향신료이다(1,2). 건고추는 홍고추를 수확한 후 건조과정을 거쳐 분말화되어 고춧가루의 형태로 많이 소비되며, 국민 1인당 연간 약 2.5 kg이 소비되고 있다(3,4). 특히 건고추의 수출량은 2003년 7,607톤에서 2013년 3,083톤으로 약 절반정도 감소한 반면, 그 수입량은 2003년 61,305톤에서 2013년 173,316톤으로 약 2.8배 정도 증가하였으며, 이는 국내 공급량의 약 30-40%에 해당되며, 주요 수입국으로는 중국>베트남>인도 순으로 나타났다(5). 2000년 이전 수입산 건고추는 일반 소비지로의 유통이 제한적이었으나, 최근 들어 유통범위가 확대되어 국내 시장점유율이 지속적으로 높아지고 있다(6).

고춧가루의 품질은 원산지, 품종, 재배환경에 의해 달라지며(7), 이와 같은 요인은 고추의 색과 맛에 영향을 미친다. 고추의 주요 맛은 매운 맛을 내는 capsaicinoid로, 이 중 주요 성분으로는 capsaicin과 dihydrocapsaicin으로 구성되어있고(8), 이 외에도 비타

민 C, 유리당, 유기산 등에 의해 맛이 좌우되며, 색은 붉은색 색소인 capsanthin을 주성분으로  $\beta$ -carotene, cryptoxanthin 등이 포함되어 있다(9). 그러나 고추는 건조, 분쇄 및 유통·저장 등의 가공과정 중에 미생물의 오염 가능성이 매우 높아 상품가치 및 식품위생상 문제가 지적되고 있다(10). 따라서 국내 현행 식품공전에서는 고춧가루의 미생물 관리 기준으로 하위도 계수장치에 의한 곰팡이 양성비율을 20% 이하 및 대장균군 10 CFU/g으로 규정하고 있다(11). 한편 건고추와 같은 향신료는 저장·유통 중 해충이나 곰팡이 및 병원성 미생물 등의 발생이 우려되어 이를 방지하기 위한 살균·살충법으로 ethylene oxide, ethylene dibromide 등의 훈증 및 적외선 처리가 사용되어 왔으나, 훈증제의 경우 잠재적 독성으로 인한 안전성 문제가 대두되면서 국제적으로 사용이 금지 되고 있는 추세이며, 적외선의 경우 표면살균으로 인한 살균효과가 낮은 것이 단점으로 지적되고 있다(12,13).

식품조사(food irradiation)는 감마선, 전자빔 또는 X선 등으로 식품에 오염된 미생물이나 해충을 사멸시키고 생체 식품의 생장을 지연시킬 수 있는 효과적인 저장 기술로 식품의 품질 변화를 최소화 하면서 살균효과 우수한 기술로 잘 알려져 있다(14). 조사식품의 안전성은 관련 국제기구(FAO/IAEA/WHO)에 의해 공식 인정되었고, 조사식품의 Codex 일반 규격이 채택됨으로써 방사선 조사기술은 58개국에서 200여 종 식품에 허용되어 있다(15-17). 우리나라 식품공전에 따르면 2009년에 26개 품목에 감마선 조사가 허용되어 있고, 2012년에 건조향신료 등의 품목에 대한 전자빔 조사가 허가되었다(11).

따라서 본 연구에서는 위생적 품질 개선이 요구되는 수입 건고추를 대상으로 고춧가루를 제조한 다음 전자빔 조사에 따른 미

\*Corresponding author: Joong-Ho Kwon, School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea  
Tel: 82-53-950-5775  
Fax: 82-53-950-6772  
E-mail: jhkwon@knu.ac.kr  
Received August 14, 2014; revised December 17, 2014;  
accepted December 18, 2014

생물학적 및 이화학적 품질 특성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 건고추는 원산지별(중국산, 베트남산, 국산)로 각 1종씩 대형마트에서 구입하였으며, 실험에 사용하기 위하여 꼭지를 완전히 제거한 후 분쇄기(Grinder, FM-909TC, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄하여 20 mesh 체에 통과시킨 후 polyethylene (PE) film에 100-150 g 단위로 포장하여 -18°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 전자빔 조사

시료의 전자빔 조사는 electron beam accelerator (ELV-4, 2.5 MeV, EB-Tech., Daejeon, Korea)를 이용하여 국내 식품공전에 허용 범위인 시간당 일정한 선량률로 0-10 kGy의 총 흡수량을 얻도록 하였으며, 이 때 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter (5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다.

### 미생물 분석

시료의 미생물 분석은 호기성 총 세균, 효모 및 곰팡이, 대장균군에 대해 측정하였다. 먼저 호기성 총 세균은 America Public Health Association (APHA) 표준방법(18)에 따라 plate count agar (Difco Lab, Sparks, MD, USA)를 사용하여 35°C에서 24-48시간 배양한 후 집락을 계수하였으며, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco Lab, Sparks, MD, USA)를 사용하여 30°C에서 3-4일간 배양한 후 계수하였다. 대장균군은 desoxycholate agar (Difco Lab, Sparks, MD, USA)를 사용하여 35°C에서 24-48시간 배양한 후 생성된 적색의 집락을 계수하였다.

### 수분, pH 및 환원당 함량 측정

전자빔 처리된 건고추 시료의 수분함량 측정은 시료 약 1 g을 취하여 infrared moisture determination balance (FD-240, Kett, Tokyo, Japan)를 이용하여 5회 반복하여 측정하였다. pH 측정은 시료 5 g에 pH를 7로 맞춘 증류수 45 mL를 가하고 상온에서 3시간 추출(150 rpm)한 후 Whatman No. 41로 여과하여 pH meter (ORION 3-Star, Thermo electron corporation, San Jose, CA, USA)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다. 환원당 함량은 DNS 법(19)에 따라 시료 1 mL에 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 시약 1 mL를 가하여 가열한 후 증류수 4 mL를 가하여 분광광도계 (Optizen 2120 UV, Mecasys, Daejeon, Korea)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였고, 이 때 표준곡선은 glucose를 사용하였다.

### Capsaicinoids 함량 측정

Vincent 등(20)의 방법에 따라 시료 4 g을 50 mL 시험관에 넣고 acetonitrile 20 mL를 가한 뒤 vortex mixer로 2분간 교반하여 추출하였다. 추출액 1 mL에 증류수 9 mL를 가하고 잘 섞은 후, 미리 acetonitrile 5 mL로 활성화시킨 C18 Sep-Pak (Waters, Milford, MA, USA)에 통과시켜 capsaicinoids를 Sep-Pak에 흡착시켰다. 그리고 Sep-Pak에 acetonitrile 1 mL를 통과시켜 흡착된 capsaicinoids는 HPLC (DE-1260, Agilent Technology, Waldbronn, Germany, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 정량하였다. Column은  $\mu$ -Bondapak C18 (Waters, 3.9×300 mm, 10  $\mu$ m, Ireland)를 사용하였으며 capsaicin 표준품(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)과 dihydrocapsaicin 표준품(Sigma-Aldrich, St. Louis)으로 검량선을 작성하여

그 함량을 산출하였다. Capsaicinoids는 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 합으로 하였다.

### 색도 측정

전자빔 조사된 건고추의 기계적 색도 변화를 측정하기 위해서 색차계(Color and difference meter, Chromameter CR-200, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하였고, Hunter's color value에 의한 명도(lightness, L), 적색도(redness, a) 및 황색도(yellowness, b)를 5회 반복 측정하였다.

### 수용성 색소 측정

전자빔 처리된 건고추의 수용성 색소 측정은 시료 1 g에 증류수 80 mL를 첨가하여 상온에서 3시간 추출(150 rpm)한 후 8000 rpm에서 20분간 원심분리를 실시하였다. 상층액을 회수하여 100 mL로 정용 후 UV-visible spectrophotometer (UV-160 PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### Capsanthin 함량 측정

고추의 붉은 색택을 나타내는 capsanthin 분석은 Rosebrook 등(21)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.1 g을 취하여 100 mL의 삼각플라스크에 넣고 50 mL acetone을 첨가한 후 상온의 암소에서 30분간 추출과정(Compact shaking incubator, JSSI-C, JS Reseach Inc., Gongju, Korea)을 거친 다음 Whatman No. 41로 여과하여 잔사에 10 mL acetone을 첨가하였다. 잔사에 동일한 조작을 3회 반복하여 부피를 100 mL로 정용 후 UV-visible spectrophotometer를 사용하여 460 nm에서 acetone을 blank로 하여 흡광도를 측정하였다.

### ASTA value 측정

American Spice Trade Association (ASTA) value는 시료 0.1 g에 acetone 100 mL에 넣고 16시간 동안 암실에 방치한 후 Whatman No. 41로 여과한 후 460 nm에서 흡광도를 측정한 후 다음 식에 의해 ASTA color 값을 계산하였다(22).

$$\text{ASTA color 값} = \text{추출물의 흡광도} \times 16.4 / \text{sample 무게(g, 건물)}$$

### 통계처리

결과는 3회 반복하여 평균과 표준편차로 나타내었고, Statistical Analysis System (version 8.0, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA) 및 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다(23).

## 결과 및 고찰

### 미생물 농도

고추 및 고추는 가공 및 유통과정 중 미생물 오염에 의한 위생학적 문제가 제시되고 있어 살균처리가 요구된다(24). 식품조사는 식품의 품질변화를 최소화하며, 친환경적인 살균기술로 대두되고 있다. 따라서 원산지별 분쇄된 고추의 전자빔 처리에 의한 호기성 총 세균, 대장균군, 효모 및 곰팡이의 살균효과를 Table 1에 나타내었다. 비조사시료의 경우 호기성 총 세균은  $2.95 \times 10^6 - 1.84 \times 10^7$  CFU/g, 효모 및 곰팡이는  $2.37 \times 10^6 - 1.67 \times 10^7$  CFU/g으로 나타나 미생물 오염도가 높은 것으로 나타났으며, 원산지에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이 대장균군은 식품의 오염

**Table 1. Microbiological qualities of electron-beam irradiated red pepper powders of different origin (CFU/g)**

Origin	Kind of microbes	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
China	Total aerobic counts	1.84×10 <sup>7</sup>	1.69×10 <sup>7</sup>	5.00×10 <sup>4</sup>	6.20×10 <sup>2</sup>
	Yeasts & molds	1.67×10 <sup>7</sup>	1.02×10 <sup>7</sup>	1.53×10 <sup>4</sup>	2.50×10 <sup>2</sup>
	Coliforms	- <sup>1)</sup>	-	-	-
Vietnam	Total aerobic counts	1.14×10 <sup>7</sup>	2.57×10 <sup>6</sup>	6.30×10 <sup>4</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
	Yeasts & molds	3.00×10 <sup>6</sup>	7.50×10 <sup>5</sup>	9.88×10 <sup>3</sup>	8.30×10 <sup>2</sup>
	Coliforms	7.00×10 <sup>1</sup>	-	-	-
Korea	Total aerobic counts	2.95×10 <sup>6</sup>	1.95×10 <sup>6</sup>	2.29×10 <sup>4</sup>	2.00×10 <sup>2</sup>
	Yeasts & molds	2.37×10 <sup>6</sup>	1.26×10 <sup>6</sup>	1.20×10 <sup>4</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>
	Coliforms	-	-	-	-

<sup>1)</sup>values are means (n=4); -: negative.

**Table 2. pH, moisture and reducing sugar contents of electron-beam irradiated red pepper powders of different origin**

Origin	Properties	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
China	pH	4.72±0.02 <sup>c1)</sup>	4.81±0.01 <sup>b</sup>	4.85±0.03 <sup>a</sup>	4.87±0.01 <sup>a</sup>
	Moisture (%)	5.62±0.02 <sup>b</sup>	6.41±0.17 <sup>a</sup>	6.53±0.14 <sup>a</sup>	6.68±0.24 <sup>a</sup>
	Reducing sugar (mg/100 mg)	248.56±0.20 <sup>b</sup>	262.17±1.77 <sup>a</sup>	231.47±1.96 <sup>c</sup>	230.36±0.00 <sup>c</sup>
Vietnam	pH	5.20±0.00 <sup>b</sup>	5.23±0.01 <sup>a</sup>	5.13±0.02 <sup>d</sup>	5.18±0.01 <sup>c</sup>
	Moisture (%)	3.82±0.18 <sup>a</sup>	3.94±0.06 <sup>a</sup>	3.80±0.11 <sup>a</sup>	3.84±0.04 <sup>a</sup>
	Reducing sugar (mg/100 mg)	121.75±1.57 <sup>ab</sup>	123.42±1.57 <sup>a</sup>	118.97±1.18 <sup>b</sup>	114.39±0.59 <sup>c</sup>
Korea	pH	4.94±0.01 <sup>a</sup>	4.95±0.01 <sup>a</sup>	4.94±0.01 <sup>a</sup>	4.90±0.01 <sup>b</sup>
	Moisture (%)	9.37±0.03 <sup>a</sup>	9.38±0.33 <sup>a</sup>	9.37±0.14 <sup>a</sup>	9.44±0.34 <sup>a</sup>
	Reducing sugar (mg/100 mg)	287.31±3.14 <sup>c</sup>	303.97±0.39 <sup>a</sup>	297.58±1.96 <sup>b</sup>	297.17±1.77 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

<sup>a-c</sup>Values with different small letters within the row are significantly different at p<0.05 based on Duncan's multiple range test.

지표균으로서 가공 유통 과정 중 위생 상태를 알 수 있는 매우 중요한 지표(25), 베트남산에서 약 1 log CFU/g으로 나타났으나, 중국 및 국내산에서는 검출되지 않았다. 그러나 조사시료의 경우 1 kGy의 낮은 선량에서는 호기성 총 세균은 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup> CFU/g, 효모 및 곰팡이는 약 10<sup>5</sup>-10<sup>7</sup> CFU/g으로 약 1 log cycle 정도 감균시킴으로서 살균효과가 미미하였으나, 5 kGy 이상의 조사 시료에서는 약 10<sup>2</sup>-10<sup>4</sup> CFU/g으로 나타나 위생적으로 적합한 수준인 10<sup>4</sup> CFU/g 이하로 나타남으로써(26) 전자빔에 의한 효과적인 살균효과를 확인할 수 있었다. 이 때 조사선량에 의한 호기성 총 세균의 R<sup>2</sup>값은 중국산, 베트남산 및 국내산에 관계없이 약 0.983-0.997로 높게 나타남으로써 조사에 의한 살균효과가 높음을 알 수 있었다. 또한 베트남산에서만 검출된 대장균의 경우 1 kGy 이상의 조사선량에서는 검출되지 않았다. Kim 등(27)의 보고에 따르면 훈증 처리군에서는 총 세균과 유사한 패턴으로 대조군의 미생물 농도와 거의 차이가 없는 것으로 나타나 MeBr 및 pH3 훈증은 미생물의 살균효과가 없음을 나타내었고, 건고추에 5 kGy 감마선 조사 시 미생물학적 품질향상에 매우 효과적인 것으로 보고하여 전자빔 조사 시 살균효과와 유사한 것으로 나타났다. 이상의 실험결과로 볼 때 고춧가루의 미생물학적 품질 유지를 위한 살균목적으로 5 kGy 선량의 전자빔 조사처리가 효과적일 것으로 판단된다.

**수분, pH 및 환원당**

현행 식품공전에 명시된 고춧가루의 규격 중 수분함량은 15%

이하로 규정하고 있다(11). 고춧가루의 수분함량은 미생물의 생육에 밀접한 관계를 가지고 제품의 품질에도 큰 영향을 준다. 따라서 원산지를 달리한 각 시료의 전자빔 조사선량에 따른 수분함량과 pH를 알아보았으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 그 결과, 분쇄된 고추의 수분함량은 중국산의 경우 5.62-6.68%, 베트남산 3.80-3.94%, 국내산 9.37-9.44%로 원산지에 따라 차이를 나타내었으나, 비조사 및 조사 시료 모두 15% 이내의 수분함량을 나타냄으로써 식품공전상의 기준규격에 적합한 것으로 나타났다. 전자빔 조사선량에 따른 고추의 수분함량 변화는 국내산 및 베트남산의 경우 조사선량에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 중국산의 경우 비조사 시료에 비해 조사시료에서 수분함량이 다소 높게 나타남으로써 유의적인 차이를 나타내었다. 전자빔 조사처리 된 고추의 pH의 변화는 평균 4.98로 중국산과 국내산의 경우 각각 4.72-4.87, 4.90-4.95으로 유사한 값을 나타내었으나, 베트남산은 5.13-5.23으로 원산지에 따른 차이를 나타내었다. 이는 중국 및 국내의 경우 고추의 재배환경이 유사하나, 베트남의 경우 고온다습한 지역적 특성으로 인하여 재배환경이 두 나라와 차이를 나타냄에 따라 고추의 물성적 특성이 달라진 것으로 사료된다. 전자빔 조사선량에 따른 고추의 pH 변화는 조사선량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Kwon 등(28)의 감마선에 의해 살균 처리된 혼합조미료의 pH 값이 10 kGy 이하의 조사선량에서는 거의 변화되지 않으며, Kim 등(29)은 방사선 조사된 고춧가루도 제조된 무생체의 pH값이 변화가 거의 나타나지 않는다고 보고함에 따라 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

**Table 3. Capsaicinoid content and CAP/DHCAP<sup>1)</sup> of electron-beam irradiated red pepper powders of different origin (mg%)**

Origin	Properties	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
China	Capsaicin	13.40±0.28 <sup>2)</sup>	13.36±0.37 <sup>a</sup>	11.73±0.23 <sup>b</sup>	11.59±0.00 <sup>b</sup>
	Dihydrocapsaicin	7.59±0.04 <sup>a</sup>	6.82±0.27 <sup>b</sup>	6.62±0.321 <sup>b</sup>	5.73±0.33 <sup>c</sup>
	Capsaicinoid	20.99±0.24 <sup>a</sup>	20.18±0.11 <sup>b</sup>	18.36±0.09 <sup>c</sup>	17.33±0.33 <sup>d</sup>
	CAP/DHCAP	1.77±0.05 <sup>a</sup>	1.96±0.13 <sup>a</sup>	1.77±0.12 <sup>a</sup>	2.02±0.12 <sup>a</sup>
Vietnam	Capsaicin	112.17±0.42 <sup>a</sup>	112.14±0.86 <sup>a</sup>	111.30±1.15 <sup>ab</sup>	110.59±1.21 <sup>b</sup>
	Dihydrocapsaicin	102.19±0.40 <sup>a</sup>	102.13±0.52 <sup>a</sup>	102.52±0.41 <sup>a</sup>	100.11±1.23 <sup>b</sup>
	Capsaicinoid	214.36±0.02 <sup>a</sup>	214.27±0.34 <sup>a</sup>	213.82±0.80 <sup>a</sup>	210.70±0.02 <sup>b</sup>
	CAP/DHCAP	1.09±0.02 <sup>a</sup>	1.09±0.69 <sup>a</sup>	1.09±0.78 <sup>b</sup>	1.11±0.02 <sup>a</sup>
Korea	Capsaicin	5.12±0.17 <sup>a</sup>	4.48±0.05 <sup>b</sup>	3.45±0.19 <sup>c</sup>	3.25±0.14 <sup>c</sup>
	Dihydrocapsaicin	4.65±0.00 <sup>a</sup>	3.28±0.04 <sup>b</sup>	2.50±0.25 <sup>c</sup>	2.35±0.04 <sup>c</sup>
	Capsaicinoid	9.79±0.15 <sup>a</sup>	7.77±0.01 <sup>b</sup>	5.95±0.06 <sup>c</sup>	5.61±0.11 <sup>c</sup>
	CAP/DHCAP	1.10±0.04 <sup>a</sup>	1.37±0.03 <sup>a</sup>	1.39±0.21 <sup>a</sup>	1.38±0.08 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Capsaicin/dihydrocapsaicin

<sup>2)</sup>Mean±SD (*n*=3).

<sup>a-c</sup>Values with different small letters within the row are significantly different at *p*<0.05 based on Duncan's multiple range test.

전자빔 조사처리 고추의 환원당 함량은 중국산은 230.36-262.17 mg%, 베트남산은 114.39-123.42 mg%, 국내산의 경우 287.31-303.97 mg%로 국내산에서 가장 높게 나타났으나, 선량간에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Catellperez 등(30) 과 Lee 등(31)이 보고한 전자빔 조사된 멜론 및 감마선 조사된 살구가 조사에 의해 환원당의 함량에 영향을 미치지 않는다는 보고와 유사한 결과를 나타냈다.

### Capsaicinoids 함량

고추의 대표적인 매운맛 성분은 capsaicinoid로, Ku 등(32)은 고추의 매운맛은 capsaicinoid의 함량과 상관성이 있는 것으로 보고하였다. Todd 등(33)에 의하면 고춧가루의 매운맛 성분은 capsaicin을 100으로 볼 때, dihydrocapsaicin 63, nordihydrocapsaicin 11, homocapsaicin 5, homodihydrocapsaicin 3으로 보고하였고, Suzuki 등(34)은 고추에 함유되어 있는 천연 capsaicinoid계 함유량과 매운맛의 강도에 대한 조사를 하였으며, 그 결과, 고추의 capsaicin 함량은 약 46-77%, dihydrocapsaicin 함량은 21-40%, nordihydrocapsaicin은 2-12%, homocapsaicin 1-2%, norcapsaicin 0.5%로 보고하여 이 중 capsaicin 및 dihydrocapsaicin의 함량이 고추의 매운맛에 큰 영향을 준다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 전자빔 조사된 고추의 capsaicinoid 함량을 알아보기 위하여 매운맛 성분으로 알려진 capsaicinoid계 화합물 중 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 분석하였다(Table 3). Capsaicin 함량은 중국산은 11.59-13.40 mg%이, 베트남산은 110.59-112.17 mg%로 가장 높은 값으로 나타났으나, 국내산은 3.25-5.12 mg%로 가장 낮은 값을 나타내었다. Dihydrocapsaicin 함량의 경우 중국산은 5.73-7.59 mg%, 베트남산은 100.11-102.19 mg%, 국내산의 경우 2.35-4.65 mg%로 대체적으로 capsaicin함량보다 낮은 것으로 나타났다. Capsaicinoid 함량은 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 합으로, 중국산은 평균 19.21 mg%, 베트남산은 214.36 mg%, 국내산은 7.28 mg%로 나타났다. 원산지별 고추의 전자빔 조사선량에 의한 capsaicinoid류의 함량을 살펴보면, 중국산, 베트남산 및 국내산의 경우 선량이 증가할수록 그 함량이 다소 감소하였다.

또한 capsaicin/dihydrocapsaicin의 비율은 중국산 1.77-2.02, 베트남산은 1.09-1.11, 국내산은 1.10-1.39로 김치제조용 고춧가루의 매

운맛 특성에 대해 연구한 Ku 등(32)의 0.97-2.12범위와 국내산 고춧가루의 품질을 비교한 Choi 등(35)의 1.26-2.23의 범위와 유사하게 나타났으나, 조사선량간 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

KS 규격(36)에서는 매운맛을 내는 원료인 capsaicin의 함량에 따라 5단계로 구분하고 있으며, capsaicin함량이 15 mg% 미만이면 순한 맛, 15-30 mg%는 덜 매운맛, 30-50 mg%는 보통 매운맛, 50-100 mg%는 매운 맛, 100 mg% 이상은 매우 매운맛으로 구분하였다. 따라서 capsaicin 함량이 3.25-13.40 mg%인 중국산 및 국산 고추는 KS 규격에 의해 순한 맛에 포함되고, capsaicin의 함량이 110.28 mg% 이상 나타난 베트남산 고추는 아주 매운맛으로 나타났다. 본 연구에 사용된 고추의 매운맛은 같은 품종이라도 재배지역 및 환경에 따라 차이가 나고, 남쪽지역으로 갈수록 매운맛이 커진다고 보고되었다(37).

### 색도

고추 및 고춧가루의 색은 외관적 품질을 결정하는데 있어서 중요한 지표로 사용될 수 있음에 따라 전자빔 조사처리에 따른 원산지별 고춧가루의 품질 변화의 척도로 색도변화를 살펴보았으며, 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 원산지에 따른 고추의 L(명도) 값 및 b(황색도) 값은 중국산이 47.25 및 16.65, 국산이 47.56 및 16.44로 유사한 값을 나타내었으나, 베트남의 경우 L 값이 53.45, b 값이 28.39로 중국산 및 국산시료와의 유의적인 차이를 나타내었다. 또한 a(적색도) 값은 19.24-21.60으로 원산지에 따른 차이가 나타나지 않았다. 원산지별 전자빔 조사처리된 고추의 색도 비교 결과, L 값은 중국산이 47.32-47.58, 베트남산이 53.50-53.76, 국내산이 47.06-47.26으로 비조사시료 및 조사시료간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, a 값 또한 조사선량간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 b 값의 경우 중국산이 17.68-17.92, 베트남산이 28.41-31.24, 국내산이 16.83-18.14로 조사선량이 증가함에 따라 황색도가 증가하였으며, 비조사 시료와 조사시료간의 유의적인 차이를 나타내었으며, 10 kGy의 조사선량에서 확연한 차이를 나타내었다. Kim 등(27)은 감마선 처리된 건 고추의 L 값은 조사선량에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, b 값은 선량이 높아짐에 따라 증가한다고 보고함에 따라 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

**Table 4. Hunter's color value of electron-beam irradiated red pepper powders of different origin**

Origin	Parameter <sup>1)</sup>	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
China	L	47.25±0.11 <sup>a2)</sup>	47.32±0.99 <sup>a</sup>	47.42±0.64 <sup>a</sup>	47.58±1.09 <sup>a</sup>
	a	21.60±0.42 <sup>a</sup>	21.46±0.29 <sup>a</sup>	22.14±0.59 <sup>a</sup>	21.46±0.29 <sup>a</sup>
	b	16.65±0.18 <sup>b</sup>	17.68±0.27 <sup>a</sup>	17.86±0.07 <sup>a</sup>	17.92±0.14 <sup>a</sup>
	E	0.00±0.00 <sup>b</sup>	1.45±0.18 <sup>ab</sup>	1.73±0.40 <sup>ab</sup>	2.73±1.64 <sup>a</sup>
Vietnam	L	53.45±0.07 <sup>a</sup>	53.76±0.65 <sup>a</sup>	53.95±0.26 <sup>a</sup>	53.50±0.97 <sup>a</sup>
	a	21.63±0.03 <sup>a</sup>	21.81±0.45 <sup>a</sup>	21.63±0.39 <sup>a</sup>	21.74±0.62 <sup>a</sup>
	b	28.39±0.08 <sup>b</sup>	28.41±1.39 <sup>b</sup>	29.39±0.73 <sup>b</sup>	31.24±1.11 <sup>a</sup>
	E	0.00±0.00 <sup>c</sup>	1.33±0.24 <sup>b</sup>	1.23±0.73 <sup>b</sup>	3.09±0.99 <sup>a</sup>
Korea	L	47.56±0.04 <sup>a</sup>	47.06±0.17 <sup>a</sup>	47.19±0.36 <sup>a</sup>	47.26±0.97 <sup>a</sup>
	a	19.24±0.11 <sup>a</sup>	19.76±0.44 <sup>a</sup>	19.40±0.35 <sup>a</sup>	19.63±0.76 <sup>a</sup>
	b	16.44±0.05 <sup>b</sup>	16.83±0.16 <sup>b</sup>	17.01±0.54 <sup>ab</sup>	18.14±1.07 <sup>a</sup>
	E	0.00±0.00 <sup>c</sup>	0.93±0.13 <sup>b</sup>	0.96±0.20 <sup>b</sup>	2.16±0.92 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>L: Degree of lightness (white +100↔0 black).

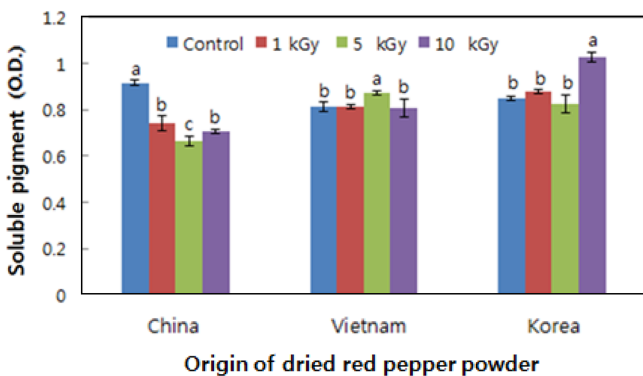
a: Degree of redness (red +100↔ -80 green).

b: Degree of yellowness (yellow +70↔ -80 blue).

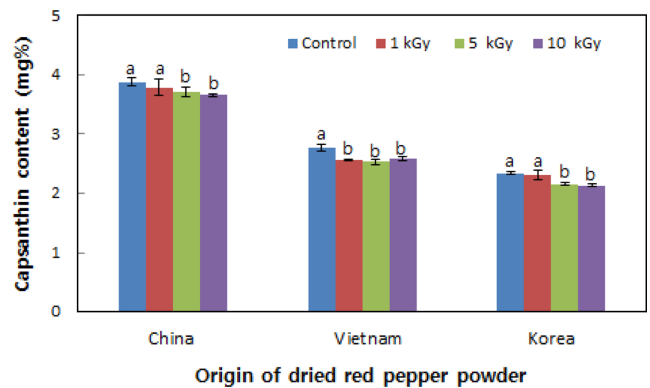
ΔE: Overall color difference ( $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ ).

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=5).

<sup>a-c</sup>Values with different small letters within the row are significantly different at p<0.05 based on Duncan's multiple range test.



**Fig. 1. Soluble pigment of electron-beam irradiated red pepper powders of different origin.** <sup>a-c</sup>Values with different small letters within the histogram are significantly different at p<0.05 based on Duncan's multiple range test.



**Fig. 2. Capsanthin content of electron-beam irradiated red pepper powders of different origin.** <sup>a,b</sup>Values with different small letters within the histogram are significantly different at p<0.05 based on Duncan's multiple range test.

**수용성 색소 함량**

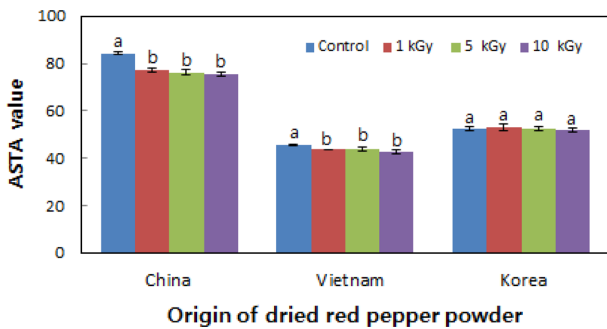
식품의 갈색화 반응(browning reaction)은 식품을 가공 및 저장하는 동안에 광범위하게 일어나는 현상으로 이로 인하여 식품의 외관, 향미 및 영양가의 변화를 초래하게 된다(38). Park 등(39)에 의하면 건고추의 상품성 판단의 지표는 고추의 고유성분인 capsanthin 함량보다 수용성 색소의 평가가 상품성 평가에서 더 높은 유의성을 가진다고 보고하였다.

본 연구에서는 원산지 및 전자빔 조사선량에 따른 고추의 수용성 색소변화를 살펴보았으며, 그 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 원산지에 따른 고추의 수용성 색소함량은 중국산 0.914, 베트남산 0.812, 국산 0.850으로 약 0.8-0.9 사이로 확인되었다. 그러나 조사선량에 따른 수용성 함량은 중국산 0.667-0.742, 베트남산 0.808-873, 국내산이 0.825-1.029로 나타났으며, 조사선량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

**Capsanthin 함량**

Jeong 등(25)은 고춧가루의 색을 결정하는 주요 색소로 적색의 capsanthin, 황색의 β-carotenoid 및 capsorubin 등이 있으며, 이것 중 capsanthin의 함량에 의해 고춧가루의 주 색상과 품질이 결정된다고 보고하였다. 따라서 전자빔 조사가 원산지별 고추의 capsanthin 함량에 미치는 영향에 대해 살펴보았으며, 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

원산지별 비교사 고추의 capsanthin의 함량은 2.34-3.88 mg%로 중국산 고추에서 그 함량이 가장 높게 나타났으며, 국내산에서 가장 낮게 나타났다. 조사선량에 따른 capsanthin 함량은 중국산 및 국내산 고추의 경우 각각 3.79-3.66 mg% 및 2.31-2.13 mg%로 선량이 증가할수록 다소 감소하였으나, 베트남산의 capsanthin 함량은 2.57-2.58 mg% 및 선량의 증가에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않음에 따라 원산지에 따른 차이를 나타내었다. Chen 등



**Fig. 3. ASTA value of electron-beam irradiated red pepper of different origin.** <sup>a,b</sup>Values with different small letters within the histogram are significantly different at  $p < 0.05$  based on Duncan's multiple range test.

(40)은 고춧가루에 10 kGy의 감마선 조사 시 capsanthin 함량은 유의적으로 변화하지 않으며, Byun 등(10)은 고춧가루에 감마선을 조사하여도 적색소의 함량 변화가 거의 없다고 보고함에 따라 본 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다. Osuna-garcia 등(41)은 방사선 조사된 파프리카의 저장 중 capsanthin 함량변화 연구에서 방사선 조사선량에 의한 영향보다 저장기간에 따른 요인이 더 큰 영향을 미친다고 보고하였다.

#### ASTA 값

미국향료무역조합(American Spice Trade Association)에서 분석하고 있는 ASTA 값은 국제사회에서 고춧가루의 붉은색을 표시하는 값으로써 고추의 품질 지표로 이용되며, 그 값이 90 이하면 1등급, 90-110까지는 2등급, 110 이상이면 3등급으로 표기를 하며, 등급이 높을수록 붉은 색소함량이 많은 것을 의미한다(42). 원산지별 건조고추의 전자빔 처리에 따른 ASTA value 변화를 살펴보면, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 비조사된 고추의 ASTA 값은 중국산 84.30, 베트남산 45.84, 국내산 52.48로 중국산에서 가장 높게 나타났으며, 베트남산에서 가장 낮게 나타났다. 전자빔 조사에 의한 ASTA 색소의 영향을 살펴보면, 조사시료의 경우 그 평균값이 중국산은 76.48, 베트남산 43.54로 비조사 시료에 비해 조사시료에서 다소 감소하였으나, 선량간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 국내산 고추의 경우 전자빔 조사 시료의 ASTA 값이 52.61로 비조사시료와 조사시료간의 유의적인 차이가 나타나지 않음에 따라 조사에 의한 영향보다 원산지에 따른 영향이 더 큰 것으로 확인되었다. 이러한 ASTA 값은 미국향료무역조합 규격에 의해 그 함량이 42.81-84.30으로 1등급으로 확인되었다. Ku 등(32)과 Choi 등(35)은 고춧가루의 품종 및 지역별에 따른 ASTA 값을 분석한 결과 47.3-183.4로 품종과 지역에 따라 차이를 나타낸다고 보고하였고, Lim 등(43)의 건조방법에 따른 건조고추의 ASTA 값이 126.68-156.77로 보고하였다. 따라서 ASTA 값은 전자빔 처리에 의한 영향보다 고추의 재배지역, 품종, 건조방법 등에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 확인되었다(6,43)

#### 요약

원산지별 건조고추(중국산, 베트남, 국산)의 전자빔 조사처리에 따른 품질변화를 알아보기 위해 미생물학적 및 이화학적 품질 특성을 확인하였다. 비조사처리 건조고추의 미생물 오염농도는 총 세균, 효모 및 곰팡이가  $10^6$ - $10^7$  CFU/g이 확인되었고, 대장균군은 베트

남산에서만  $10^3$  CFU/g이 확인되었다. 그러나 전자빔 조사처리에 의해 총 세균, 효모 및 곰팡이는 약 2-4 log cycle 정도 감소되었으며, 대장균군은 1 kGy 이상에서 검출되지 않았다. 또한 원산지에 따른 전자빔 조사처리 된 건조고추의 수분, pH는 조사선량에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 환원당 함량은 1 kGy에서 다소 증가하는 경향이 있으나 유의적인 차이는 미미한 것으로 나타났다. 고추의 주요 매운맛 성분인 capsacinoid 함량은 중국산(19.21 mg%), 베트남산(214.36 mg%), 국내산(7.28 mg%)으로 베트남산이 가장 높게 나타났으며, 조사선량이 증가할수록 그 함량은 감소하였다. 그러나 전자빔 조사처리 고추의 L 값 및 a 값은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, b 값은 조사선량이 증가할수록 증가하였으며, capsanthin 함량 및 ASTA values는 선량에 의한 영향보다 원산지에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 미생물을 효과적으로 살균하고 품질변화를 최소화하는 고추의 위생적 살균방법으로 전자빔 살균기술의 타당성을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2014년도 식품의약품안전처 용역연구개발과제의 연구개발비지원(10162기후식995)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### References

- Kang IH. Food Life History of Korean. Samyongsa, Seoul, Korea. p. 52 (2000)
- Govindarajan VS, Rajalakshmi D, Chand N. Capsicum-production, technology, chemistry and quality. Part IV. Evaluation of quality. Cr. Rev. Food Sci. Nutr. 25: 185-282 (1987)
- Choi OS. Emulsification stability of oleoresin red pepper and changes in antioxidant activity during thermal cooking. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 25: 104-109 (1996)
- Kim MH. Color development of whole red peppers during drying. Food Eng. Progress 1: 174-178 (1997)
- Korea Agro-Fisheries and Food Trad Corporation. AT KATI import and export statistics. Available from: <http://www.kati.net>. Accessed Dec. 15, 2013.
- Shin YK, Yoon JY, Kim BS. A review on the consumers' preference and marketing strategies of red pepper by the conjoint analysis. Korean J. Agric. Manag. Policy 36: 558-571 (2009)
- Choi SM, Jeon YS, Jung KO, Park KY. Antimutagenic effects of different kinds and parts of red pepper/powder. J. Korean Cancer Prev. 6: 108-115 (2001)
- Topuz A, Ozdemir F. Influences of gamma irradiation and storage on the capsacinoids of sun-dried and dehydrated paprika. Food Chem. 86: 509-515 (2004)
- Shin HH, Lee SR. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 293-300 (1991)
- Byun MW, Yook HS, Kwon JH, Kim JO. Improvement of hygienic quality long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 482-489 (1996)
- MFDS. Food Code. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea. pp. 5-21-6 - 5-21-7 (2013)
- UNEP. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. pp. 139-168 In: Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee (ISBN 92-807-1448-1). United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya (2007)
- Yoo JH, Kim BR, Choi NY, Lee SY. Efficacy of UV light against microorganism on foods. Safe Food 7: 26-34 (2012)
- Kwon JH, Byun MW, Cho HO. Effect of gamma irradiation on the sterilization of red pepper powder. J. Korean Food Sci. Nutr. 26: 188-192 (1984)

15. WHO. Wholesomeness of irradiated food. Report of joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series-659. World Health Organization, Geneva, Switzerland. p. 34 (1981)
16. FAO/WHO. Codex Alimentarius Commission. Codex Alimentarius Commission. Codex General Standard for Irradiated Food and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, Rome, Italy. p. 8 (1984)
17. IAEA. Clearance of Item by Name. Food Irradiation Newsletter. Vol. 20. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. pp. 44-47 (1996)
18. Harrigan WF, Mccane ME. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London, UK. pp. 25-146 (1976)
19. Luchsinger WW, Cornesky RA. Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. Anal. Biochem. 4: 346-347 (1962)
20. Vincent KA, Ken AB. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in *Capsicum* fruits oleoresins. J. Agr. Food Chem. 35: 777-779 (1987)
21. Rosebrook DD, Bolze CC, Barney JE. Improved method for determination of extractable color in *Capsicum* Spices. J. AOAC Int. 51: 637-643 (1968)
22. Hong SH. The future of red pepper powder industry in Korea. Food Ind. Nutr. 4: 45-49 (1999)
23. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Version 8.0, Cary, NC, USA (2001)
24. IAEA. Sangster DF. Radiation Chemistry in Food Preservation. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. pp. 7-17 (1983)
25. Jeong MS, Ahn JJ, Kashif A, Kim GR, Im JG, Kwon JH. Microbiological and physicochemical quality characterization of commercial red pepper powders. Korean J. Food Preserv. 28: 1-6 (2013)
26. Witkowaska AM, Hickey DK, Alonso-Gomez M, Wilkinson MG. The microbiological quality of commercial herb and spice preparations used in the formulation of a chicken supreme ready meal and microbial survival following a simulated industrial heating process. Food Control 22: 616-625 (2011)
27. Kim BK, Kwon Y, Noh J, Kim JS, Kim DH, Kwon JH. Effects of irradiation and fumigation on color and sensory properties in the parts of dried red pepper during storage. Korean J. Food Preserv. 11: 431-436 (2004)
28. Kwon JH, Byun MW, Cha BS, Yang JS, Cho HO. Improvement of hygienic quality of vegetable mixed condiments using gamma-irradiation. J. Food Hyg. Safety 233-239 (1988)
29. Kim SI, Park JN, Cho WJ, Song BS, Kim JH, Byun MW, Sohn HS, Lee JW. Microbiological and sensory qualities of *Musaengchae* (Radish Salad) with gamma-irradiated red pepper powders added prior to storage. Korean J. Food Preserv. 16: 160-165 (2009)
30. Castell-Perez E, Mereno M, Podriguez O, Moreira RG. Electron beam irradiation treatment of cantaloupes: Effect on product quality. Food Sci. Technol. Int. 10: 383-390 (2004)
31. Lee SA, Lee JO, Kim KH, Kwon JS, Kim HG, Byun MW, Lee JW, Yook HS. Influence gamma irradiated on microbial and physicochemical changes of apricot. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 767-774 (2008)
32. Ku KH, Kim NY, Park JB, Park WS. Characteristics of color and pungency in the red pepper for kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 231-237 (2001)
33. Todd PH, Beninger MG, Biftu T. Determination of pungency due to capsicum by gas-liquid chromatography. J. Food Sci. 42: 660-665 (1977)
34. Suzuki T, Iwai K. The Alkaloids: Chemistry and Pharmacology. Vol. XXIII. Academic Press, Orlando, Florida, USA. p. 228 (1984)
35. Choi SM, Jeon YS, Park KY. Comparison of quality of red pepper powders produced in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1251-1257 (2000)
36. Korean Standard Association. KS H2157:2013-red pepper ground, Seoul, Korea (2008)
37. Shin HH, Lee SR. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 296-300 (1991)
38. Lee SR, Shin HS. Modern Food Chemistry. Shinkwang Press, Seoul, Korea. p. 218 (1995)
39. Park MH, Kim HK, Park NH, Jo KS, Kim BS, Park HW, Kwon DJ, Lee DS. Study on Long-Term Storage Methods and Product Development of Spicy Vegetables. Research report 1-1026-0149. Korea Food Research Institute, Seongnam, Korea. p. 95 (1990)
40. Chen SL, Gutmanis F. Auto-oxidation of extractable color pigments in chili pepper with special reference to ethoxyquin treatment. J. Food Sci. 33: 274-279 (1968)
41. Osuna-garcia JA, Wall MM, Waddell CA. Natural antioxidants for preventing color loss in stored paprika. J. Food Sci. 62: 1017-1021 (1997)
42. de Guevaea RGL, Pardo-Gonzalez JE. Evolution of color during the ripening of selected varieties of paprika pepper (*Capsicum annum L.*). J. Agr. Food Chem. 44: 2049-2052 (1996)
43. Lim YL, Kyung Y, Jeong HS, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, Lee J. Effect of drying methods on quality of red pepper powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1315-1319 (2012)