

## 감마선과 훈증처리가 저장 중 건고추의 미생물 생육, 과피 색도 및 흡광 특성에 미치는 영향

김병근 · Tusneem Kausar · 김동호<sup>1</sup> · 권중호<sup>†</sup>  
경북대학교 식품공학과, <sup>1</sup>한국원자력연구소 방사선식품생명공학연구팀

## Effects of Gamma-Irradiation and Fumigation on Microbial Growth, Color and Absorption Properties of Dried Red Pepper during Storage

Byeong-Keun Kim, Tusneem Kausar, Dong-Ho Kim<sup>1</sup> and Joong-Ho Kwon<sup>†</sup>  
Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea  
<sup>1</sup>Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-600, Korea

### Abstract

Comparative effects between commercial fumigation (methyl bromide/MeBr, phosphine gas/PH<sub>3</sub>) and gamma irradiation (5, 10 kGy) on dried red pepper were investigated in terms of its microbiological quality, moisture content, Hunter's colors, and UV-visible spectra during storage for 8 months at room temperature. The non-treated control samples showed total aerobic bacteria as  $4.8 \times 10^5$  CFU/g in powdered state and  $1.8 \times 10^2$  CFU/g in whole red pepper. While yeasts and molds were  $1.7 \times 10^5$  CFU/g in powdered pepper and  $5.0 \times 10^2$  CFU/g in whole pepper, respectively. The effect of chemical fumigants on microbial decontamination was negligible, whereas irradiation at 5 kGy was proven to reduce the microbial populations by 2 to 3 log cycles that could improve the hygienic quality of powdered pepper. Moisture content of the samples showed no noticeable changes resulting from irradiation or fumigation. Immediately after treatments, irradiation or fumigation reduced Hunter's lightness (L), redness (a), and yellowness (b) of the samples ( $p < 0.05$ ), but there was no difference in color parameters between the control and all treated groups after 4 months of storage. It was found that storage period was more influential than irradiation or fumigation to changes in moisture and color of dried red pepper and its powder.

**Key words** : dried red pepper, irradiation, fumigation, microbial quality, Hunter's color

### 서 론

고추의 소비는 풋고추 형태의 이용과 고추장의 원료 및 붉은 고추를 건조 분쇄시켜 양념용으로 대부분 사용하고 있다. 국내의 주요 고추 생산지는 경상도, 전라도, 충청도 등 3곳이며, 재배된 고추의 저장 또는 유통은 건조과정을 거치거나 풋고추의 형태로 이뤄진다. 일반적으로 풋고추의 건조 과정은 농가 단위로 행해지므로 위생적인 세척과정이 배제되는 경우가 많다. 고추의 대표적 소비형태인 고춧가루의 품질은 품종, 재배 환경과 건조, 저장, 분쇄 등 가공

조건에 의해 좌우된다(1,2). 고춧가루의 경우 2005년 이후 HACCP 제도가 적용될 것으로 전망되지만(3), 원재료의 오염에 대한 대책 마련이 요구되고 있다. 건고추를 비롯한 건조식품의 검역 및 위생화 방법으로는 훈증법이 일반적이다. 살균·살충 효과가 뛰어난 ethylene oxide의 사용이 금지된 이후 methyl bromide (MeBr), aluminum phosphide (AIP, phosphine, PH<sub>3</sub>) 등 몇몇 훈증제가 사용되고 있지만 환경공해, 처리효과, 처리식품의 품질 등의 측면에서 사용에 제한이 따르고 있다(4). 미국 환경보호국(EPA)에서는 MeBr에 대해 2001년부터 사용 금지를 입법 예고한 바 있다(5). 그러나 2004년 말 현재에도 품목별로 부분적인 사용이 허가되고 있으며, 국제적으로는 점차 사용이 불가능하게 될 전망이다(4,6). 이에 대한 대안의 하나로써 방사선 조사기술

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail : jhkwon@knu.ac.kr  
Phone : 82-53-950-5775, 82-53-950-6772

(food irradiation)은 국제기구(WHO/FAO/IAEA)에 의해 안전성과 기술적 타당성이 인정되어 50여 개국이 사용을 허가하고 있으므로(7-9) 본 기술을 활용하기 위한 다양한 적용연구가 적극적으로 요구되고 있다.

본 연구에서는 건고추 및 그 가공품의 검역처리와 위생적 품질보증을 위한 일련의 연구를 수행하면서, 건조 통고추와 이로부터 제조된 고추에 혼입된 미생물의 생육과 외피의 색도에 대한 감마선과 훈증 처리의 영향을 저장 중 비교하여 새로운 대체기술의 개발에 필요한 기초 자료를 얻고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 저장

본 실험에 사용된 건고추(*Capsicum annum* L.) 시료는 2003년산을 산지에서 구입하였으며, 부위별 시료는 통고추(whole)와 이를 고추방앗간에서 분말화한 시료(powder)를 훈증 및 감마선 처리한 다음 폴리에틸렌 필름(0.08 mm)에 밀봉하여 실온 압소(18±12℃)에 8개월간 저장하면서 실험 직전 분쇄하거나 부위별로 분리하여 실험을 실시하였다.

### 감마선 조사 및 훈증 처리

포장된 건고추 시료의 감마선 조사는 <sup>60</sup>Co 감마선 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)에서 국내 식품공전(3)에 허용된 선량 범위인 5 및 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter (5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다(±5.4%). 한편 현행 훈증처리에 사용되고 있는 MeBr과 PH<sub>3</sub> 처리는 부산광역시 소재 K방역(주)에 의뢰하여 상업적인 조건으로 실시하였다. 즉, MeBr의 경우 컨테이너 훈증시설에서 27℃의 온도로 단위 약량은 15 g/m<sup>3</sup>으로 하여 48시간 처리하였으며, PH<sub>3</sub>는 천막훈증시설에서 27℃, 단위 약량 3 g/m<sup>3</sup>에서 96시간 동안 처리하여 무처리군 및 감마선 처리군과 동일한 포장조건으로 하여 실온 압소에 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 미생물 생육시험

감마선 조사된 고추시료와 훈증 처리된 고추 시료의 미생물 검사는 상업적으로 유통되는 형태인 통고추와 고춧가루를 대상으로 총세균, 효모/곰팡이 및 대장균군으로 구분하여 살균된 증류수에 10배 희석하여 사용하였다. 이때 통고추는 실험 직전 살균된 가위로써 통고추를 미세하게 절단하여 고춧가루 시료와 동일한 양을 취하여 3회 반복으로 실시하여 CFU (colony forming unit)/g로 계수하였다.

시료에 혼입된 호기성 총세균은 APHA 표준방법(10)에 따라 plate count agar (Difco, Lab)를 사용하여 37℃에서 1~2일간 배양한 후 CFU/g로 계수하였다. 효모 및 곰팡이

는 chloramphenicol로 pH를 3.5로 조절된 potato dextrose agar (Difco, Lab)를 사용하여 평판법(10)으로 30℃에서 3~4일간 배양한 후 CFU/g로 계수 하였으며 대장균군은 desoxycholate agar (Difco, Lab)를 사용하여 pour plate method(10)에 의하여 37℃에서 1~2일간 배양한 후 적색의 집락을 CFU/g으로 계수하였다.

### 수분 측정

감마선과 훈증 처리된 건고추 시료의 수분함량 측정은 시료의 주요 부위별 함량 변화를 알아보기 위하여 통고추, 과육, 씨 그리고 고추 방앗간에서 분말화한 고춧가루로 구분하여 시료 약 2 g을 취하고 infrared moisture determination balance (Kett, FD-240, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복하여 측정하였다.

### 기계적 색도 및 흡광스펙트럼 측정

감마선 및 훈증 처리된 통고추의 저장에 따른 과피 표면의 기계적 색도의 변화는 color/color difference meter (Minolta, model CR-200, Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's color value (L, a, b, ΔE)를 측정하였다. 이때 표준백판의 L, a 및 b 값은 각각 97.79, -0.38, 2.05 이었다. 한편 처리 직후 건고추 과피로부터 제조된 분말 1 g에 증류수 80 mL를 가하여 상온에서 3시간 동안 추출(200 rpm)한 추출물의 흡광 스펙트럼을 UV-visible spectrophotometer (Shimadzu Co., UV-1601, Tokyo, Japan)를 사용하여 200~800 nm에서 측정하여 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물 오염 및 살균효과

감마선 조사와 훈증 처리된 건고추 시료의 살균 효과를 확인하고자 미생물학적 품질을 총 세균, 효모와 곰팡이 및 대장균군으로 구분하여 조사하였다. 실험에 사용된 시료의 총 세균의 농도와 처리조건에 따른 살균특성은 통고추와 분말고추로 구분하여 Fig. 1에 나타내었다. 무처리 시료의 총세균수는 분말고추 4.8×10<sup>5</sup> CFU/g, 통고추 1.8×10<sup>2</sup> CFU/g 수준으로 고춧가루의 높은 미생물 농도는 건고추의 분쇄 시 대부분 오염되는 것으로 나타났다. 그리고 감마선 조사 시료의 경우 5 kGy 조사 시 대조군에 비해 2 log cycles 정도 감균되었으며, 10 kGy 조사군에서는 검출한계 이하 (≤10 CFU/g 이하)로 나타났다. 또한 MeBr 및 PH<sub>3</sub> 훈증처리군에서는 대조군과 차이가 관찰 되지 않았고 저장 8개월 동안 큰 변화가 없이 일정한 수준의 총세균 농도를 나타내었다. 무처리 통고추의 경우는 실온 저장 4개월부터 세균의 농도가 증가되어 저장 8개월에는 10<sup>4</sup> CFU/g 이상의 농도로 증가되었다.

효모 및 곰팡이는 Fig. 2에서와 같이 분말고추 1.7×10<sup>5</sup>

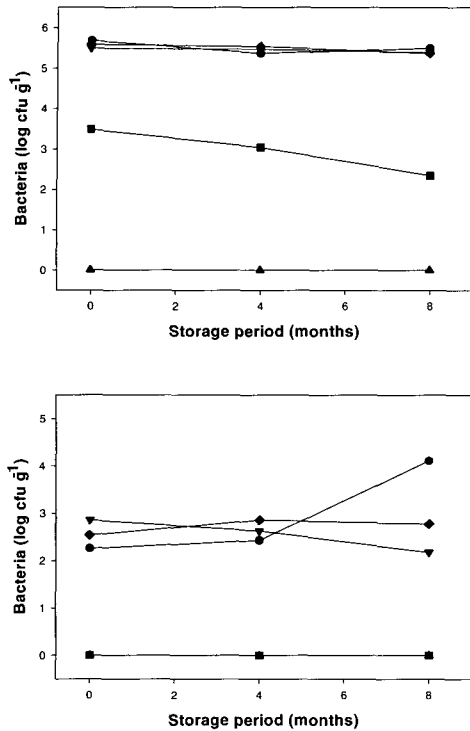


Fig. 1. Comparative effects of gamma irradiation and fumigation on bacterial populations in *Capsicum annum* L (above: powder, below: whole).

●-● : Control, ■-■ : 5 kGy, ▲-▲ : 10 kGy,  
▼-▼ : MeBr, ◆-◆ : PH<sub>3</sub>

CFU/g, 통고추 5.0×10<sup>1</sup> CFU/g 수준으로 통고추에 비해 분말고추가 높은 오염농도를 나타내었다. 오염도가 높은 분말고추에서 처리군 별 미생물 농도는 저장 초기 5 및 10 kGy 감마선 조사군은 대조군에 비해 2~5 log cycles 감소되었으며, 8개월 저장 중에도 미생물의 증식은 확인되지 않았다. 그러나 훈증 처리군에서는 총세균과 유사한 패턴으로 대조군의 미생물 농도와 거의 차이가 없는 것으로 나타나 MeBr 및 PH<sub>3</sub> 훈증은 미생물의 살균효과가 거의 없음을 알 수 있었다. 그리고 본 실험에 사용된 건고추 시료에서는 대장균군은 검출되지 않았다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이 고춧가루는 제품의 특성상 미생물의 오염 가능성이 높으므로 살균 처리가 필수적으로 요구되며, 화학 훈증제는 살균효과는 뛰어나지만 살균효과가 분명하지 않아 방사선 조사 방법이 효과적인 대안으로 기대되어진다(3,6). 이러한 결과는 통고추 역시 동일하게 나타났으며 건고추의 경우에는 5 kGy 범위의 감마선 조사는 검역해충의 사멸은 물론 미생물학적 품질향상에도 매우 효과적인 것으로 나타났다. 그리고 실온에서 8개월 동안 저장된 시료의 미생물 생육 상태의 변화에서는 통고추의 비조사 시료를 제외한 모든 시료에서 미생물의 증식이 일어나지 않았으며, 저장 초기에 비해 약간의 감소 현상이 나타났다. 이 같은 결과는

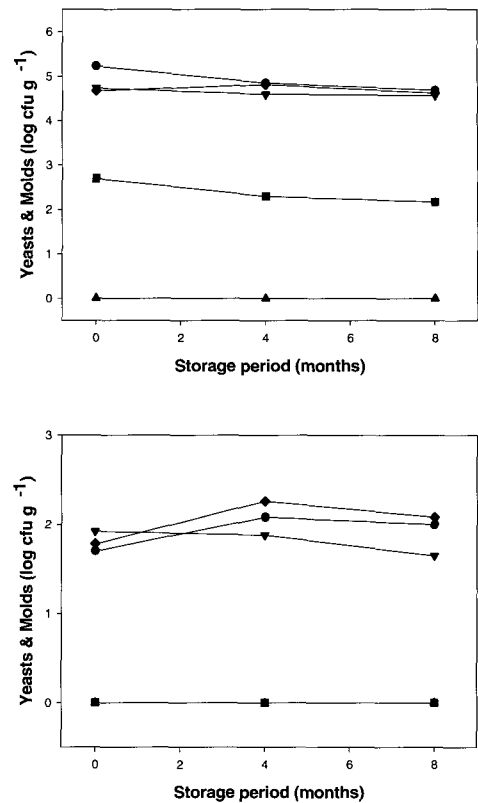


Fig. 2. Comparative effects of gamma irradiation and fumigation on yeasts & molds populations in *Capsicum annum* L (above: powder, below: whole).

●-● : Control, ■-■ : 5 kGy, ▲-▲ : 10 kGy,  
▼-▼ : MeBr, ◆-◆ : PH<sub>3</sub>

변 등(11)과 이 등(12)의 연구에서처럼 시료 자체의 낮은 수분활성도와 포장에 주요 원인으로 사료되어진다.

**수분함량 변화**

감마선 조사와 훈증 처리된 건고추의 형태 및 부위별 수분 함량 변화를 측정하였다. Fig. 3에서와 같이 통고추 16.80%, 분말고추 17.28%로 분말고추의 수분 함량이 다소 높게 측정되었으며, 이는 분쇄 과정에서 흡수에 의한 증가로 사료된다. 이는 식품공전상의 수분기준인 15% 이하보다 다소 높은 값으로써 시료의 저장 중 변색 등 품질변화에 영향을 줄 수 있을 것으로 여겨진다. 이들에 대한 감마선, MeBr 및 PH<sub>3</sub> 처리 결과, 통고추 16.55~16.95% 및 분말고추 17.52~17.79% 범위로서 처리 방법이 시료의 수분 함량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 한편, 고추 부위에 따른 수분함량 측정 결과, 과육 16.43%, 씨 7.74%로 확인되어 과피에 비해 씨의 수분 함량이 낮게 나타났으며, 처리 후 결과에서는 과육 14.44%~16.68%, 씨 7.73~7.93% 범위로 확인되어 처리 직후의 수분 함량 차이는 크지 않았다.

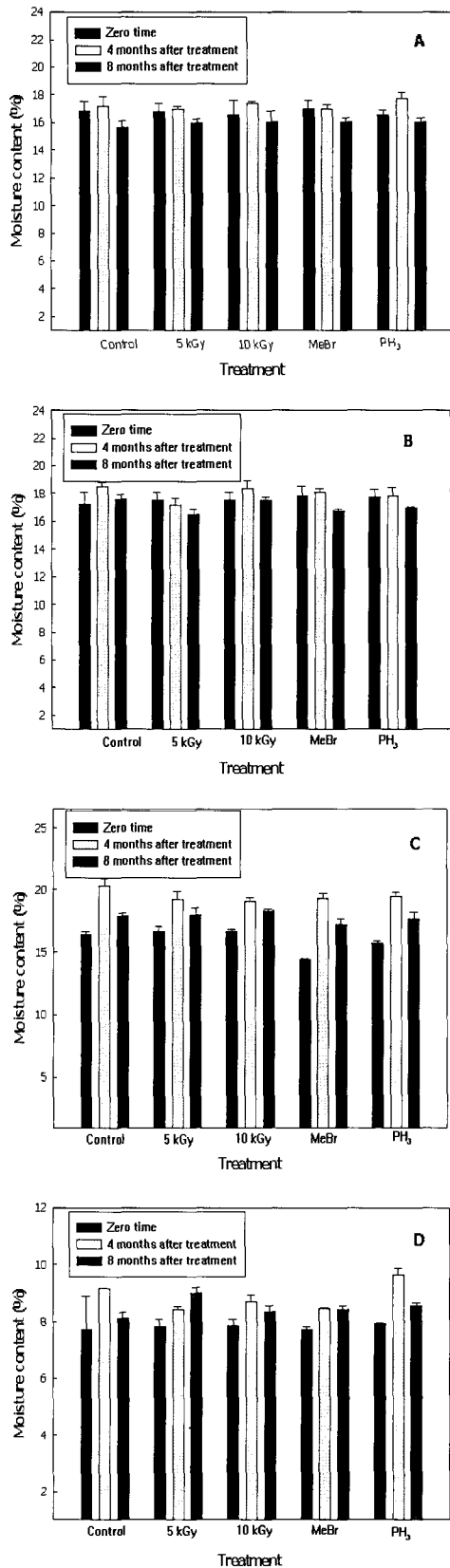


Fig. 3. Comparative effects of gamma irradiation and fumigation on moisture content in *Capsicum annum* L. (A : whole, B : powder, C : pericarp, D : seed).

저장 기간에 따른 수분 함량에서 4개월 후 통고추는 16.96~17.72%, 분말고추는 17.16~18.53%, 씨는 8.42~9.64%로써, 각각 0.04~1.15%, 0.07~1.25%, 0.59~1.71% 정도 수분이 증가하는 경향을 보였다. 또한 과피의 경우에는 2.45~4.90%로 다른 시료에 비해 많은 증가치를 나타내었다. 건고추는 저장고의 환경 조건에 따라 흡·탈습현상과 해충 및 곰팡이 발생이 용이하여 품질 열화가 쉽게 일어난다. 저장 8개월 이후의 수분 함량은 통고추 15.62~16.08%, 분말고추 16.76~17.63%, 과피 17.21~18.30%, 씨 8.14~9.00%로써, 4개월 저장보다 수분 함량이 다소 감소하는 경향을 보였으며, 처리구별 수분 함량의 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다. 이상의 수분함량 변화에서는 감마선이나 훈증처리보다는 저장기간에 따른 변화가 큰 것을 확인할 수 있었으며, 이는 변 등(11)의 보고와 일치하였다.

색도 및 흡광특성 변화

통고추의 감마선 및 훈증처리가 기계적 색도에 미치는 영향을 확인하기 위해 건조 통고추를 대상으로 저장기간(0, 4, 8 개월)별로 과피의 색도를 측정하였다(Table 1). 저장 초 무처리 시료의 명도(L)는 33.08, 적색도(a)는 14.23, 황색도(b)는 6.67의 수준으로 나타났으며, 명도(L)는 10 kGy 조사군과 MeBr 처리군이 낮은(p<0.05) 값을 보였다. 건고추 과피의 적색도(a)는 모든 처리군에서 유의적으로 감소되었는데 5 kGy 조사군이 가장 변화가 작았다. 그러나 저장 4개월 이후에는 무처리군과 처리군 간에는 유의적이 차이가 없었으며, 저장 8개월에는 대조군에 비해 처리군에서

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation and fumigation on Hunter's color value of dried whole red pepper

Hunter parameter	Storage period (month)	Treatment				
		Control	5 kGy	10 kGy	MeBr	PH <sub>3</sub>
L <sup>1)</sup>	0	33.08 <sup>ab,y</sup>	33.67 <sup>ax</sup>	32.26 <sup>by</sup>	32.24 <sup>by</sup>	33.69 <sup>ay</sup>
	4	34.59 <sup>ab,x</sup>	33.70 <sup>bx</sup>	34.80 <sup>ab,x</sup>	35.22 <sup>bx</sup>	35.31 <sup>ax</sup>
	8	31.26 <sup>az</sup>	32.31 <sup>ay</sup>	31.81 <sup>ay</sup>	31.83 <sup>ay</sup>	31.45 <sup>az</sup>
a <sup>2)</sup>	0	14.23 <sup>ax</sup>	12.53 <sup>bx</sup>	11.18 <sup>cx</sup>	11.49 <sup>cy</sup>	11.62 <sup>cx</sup>
	4	12.25 <sup>ay</sup>	11.96 <sup>ax</sup>	12.41 <sup>bx</sup>	14.19 <sup>ax</sup>	12.49 <sup>bx</sup>
	8	5.55 <sup>az</sup>	6.31 <sup>ay</sup>	6.40 <sup>ay</sup>	6.16 <sup>az</sup>	7.18 <sup>ay</sup>
b <sup>3)</sup>	0	6.67 <sup>ax</sup>	5.32 <sup>bx</sup>	5.22 <sup>bx</sup>	5.55 <sup>bx</sup>	5.20 <sup>bx</sup>
	4	5.13 <sup>ay</sup>	5.15 <sup>ax</sup>	4.95 <sup>ax</sup>	6.60 <sup>ax</sup>	5.44 <sup>ax</sup>
	8	1.98 <sup>az</sup>	2.52 <sup>ay</sup>	2.24 <sup>ay</sup>	2.10 <sup>ay</sup>	2.59 <sup>ay</sup>
ΔE <sup>4)</sup>	0	0.00	2.25	3.47	3.08	3.05
	4	0.00	0.94	0.32	2.51	0.82
	8	0.00	1.40	1.05	0.84	1.75

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

<sup>2)</sup>Degree of redness (red +100 ↔ -80 green).

<sup>3)</sup>Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue).

<sup>4)</sup>Overall color difference  $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$

<sup>a-x</sup>Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different (p<0.05).

<sup>y-z</sup>Mean scores within a column followed by the same superscript are not significantly different (p<0.05).

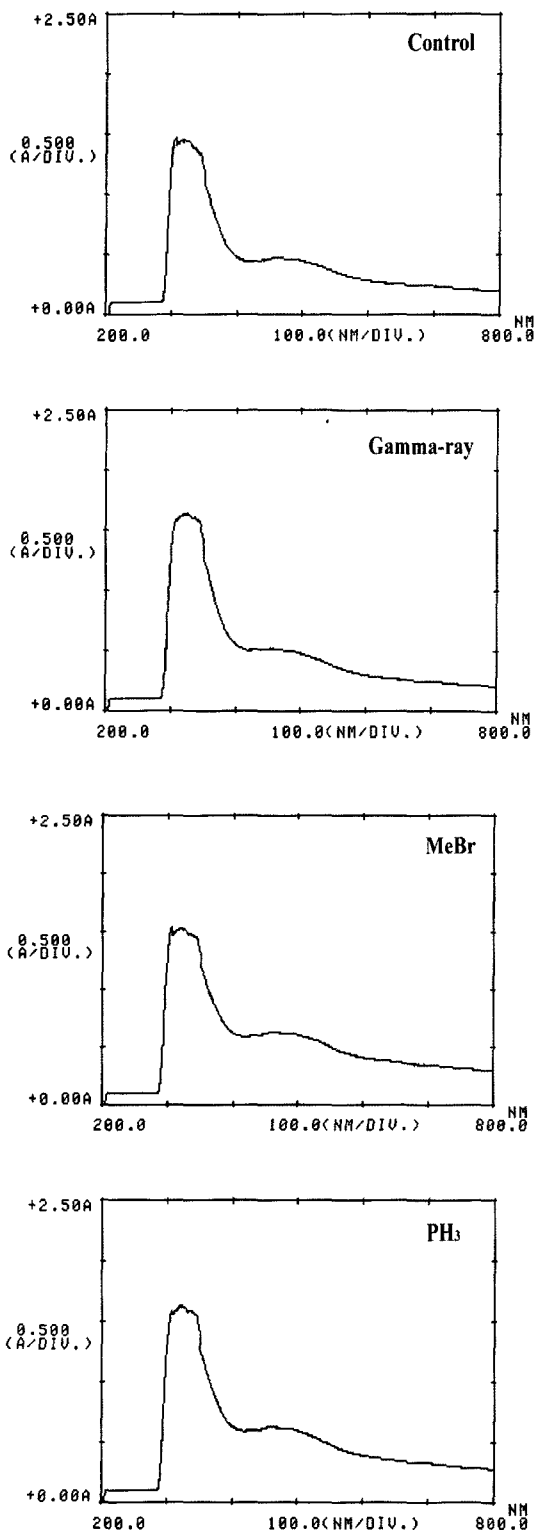


Fig. 4. Comparative effect of gamma irradiation and fumigation on UV-Vis absorption spectra of red pepper pericarp.

더 높은 적색도를 보였다. 이 같은 결과는 감마선 조사에 의한 건고추의 형태별, 온도별 저장연구에서도 보고된 바

있다(11). 그리고 시료의 황색도(b)는 적색도와 아주 유사한 경향을 보이면서 전반적으로 시료의 적색도와 황색도는 감마선과 훈증처리에 의해 다소 낮아졌으나 저장 중에는 대조군에 비해 우수한 색도를 보여주었다. 전반적인 색차( $\Delta E$ )를 살펴보면 처리직후에는 10 kGy>MeBr>PH<sub>3</sub>>5 kGy의 순으로 무처리 대조군과의 차이가 크게 나타났다(2.25~3.47). 이는 NBS (National Bureau of Standards)(13)기준으로 느끼는 정도(noticeable, 1.5~3.0)에서 눈에 띄는 정도(appreciable, 3.0~6.0)의 감각적 색차를 보였다. 그리고 저장 4개월 및 8개월 이후에는 대조군에 비해 조금(slight, 0.5~1.5)에서 느끼는 정도(noticeable, 1.5~3.0)의 감각적 색차를 보였다. 한편 건고추의 과피 추출물의 UV-vis 흡광스펙트럼(200~800 nm)의 측정에서는 Fig. 4에서와 같이 처리군 간에 거의 차이가 나타나지 않아 감마선 조사와 훈증처리는 건고추 시료에서 흡광물질의 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 추정할 수 있었다. 이 같은 결과는 백삼 및 홍삼분말에서 10 kGy의 방사선 조사는 시료 추출물의 흡광패턴에 영향이 없었다는 보고(14)를 잘 뒷받침해 주었다.

## 요 약

방사선 조사(5, 10 kGy)와 훈증처리(MeBr, PH<sub>3</sub>)된 건고추의 저장조건(실온, 4, 8개월)에 따른 미생물학적, 수분함량, 기계적 색도 및 흡광특성에 미치는 영향을 검토하였다. 처리군별 미생물 농도에서 무처리 시료의 총세균은 분말 고추  $4.8 \times 10^5$  CFU/g, 통고추  $1.8 \times 10^2$  CFU/g 수준이었고, 효모 및 곰팡이는 분말 고추  $1.7 \times 10^5$  CFU/g, 통고추  $5.0 \times 10^2$  CFU/g 수준으로 통고추에 비해 분말 고추가 높은 미생물 농도를 나타내었다. 그러나 대장균군은 모든 시료에서 검출되지 않았다. 특히, 화학 훈증제는 살균 효과가 거의 나타나지 않았으나 5 kGy 범위의 감마선 조사는 모든 미생물 농도를 2~3 log cycle 이상 감소시킬 수 있었다. 건고추의 수분함량은 감마선과 훈증처리에 의해 거의 변화되지 않았으나 저장조건의 영향이 크게 나타났다. 건고추 과육 추출물의 흡광특성은 처리군간에 차이가 없었다. 과피의 명도(L)는 처리직후 10 kGy 조사군과 MeBr 처리군에서 적색도(a)와 황색도(b)는 감마선과 훈증처리군에서 각각 낮은 ( $p < 0.05$ ) 값을 보였으나 저장 4개월 이후에는 무처리군과 처리군간에 유의적이 차이가 없었으며, 저장기간은 시료의 색도변화에 유의적인 영향을 나타내었다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Choi, S.M., Jeon, Y.S., Jung, K.O., and Park, K.Y. (2001) Antimutagenic effects of different kinds and parts of red pepper/powder. *J. Korean Asso. Can. Preven.*, 6, 108-115
2. Choi, S.M., Jeon, Y.S. and Park, K.Y. (2000) Comparison of quality of red pepper powders produced in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 32, 1251-1257
3. KFDA. (2004) The Korea Food and Drug Administration Homepage. [www.kfda.go.kr](http://www.kfda.go.kr)
4. UNEP. (1995) Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. In: Report of the methyl bromide technical options committee. ISBN 92-807-1448-1, Nairobi, Kenya. p.139-168
5. Noling, J.W. and Becker, J.O. (1994) The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl bromide. *J. Nematol.*, 26, 573-586.
6. Kwon, J.H., Chung, H.W. and Kwon, Y.J. (2000) Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. Paper presented at Symposium of the Korean Society of Postharvest Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance, Daejeon, 13 October., p.209-254
7. WHO. (1981) Wholesomeness of Irradiated Food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series 659., p.7-34
8. Codex Alimentarius Commission. (1984) Codex General Standard for Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods, CAC/ VOL, XV, FAO, Rome
9. IAEA. (2002) [www.iaea.org/icgfi](http://www.iaea.org/icgfi) International Atomic Energy Agency homepage.
10. Harrigan, W.F., Mccane, M.E. (1976) *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*. Academic press, London, p.25-146
11. Byun, M.W., Yook, H.S., Kwon, J.H. and Kim, J.O. (1996) Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 482-489
12. Lee, S.H., Lee, H.J. and Byun, M.W. (1997) Effects of ozone treatment and gamma irradiation on the microbial decontamination and physicochemical properties of red pepper powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 26, 462-467
13. Han, E. (1991) Numerical principle of food color (II). *Bull. Food Technol.*, 4, 41-44
14. Lee, M.K. (1997) Effect of electron-beam irradiation on microbial decontamination and quality attributes of ginseng powders. M.S. thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea

---

(접수 2004년 12월 13일, 채택 2005년 1월 21일)