

## Ethylene Oxide 처리와 Gamma 선 조사가 건조 농산물의 품질에 미치는 영향

조한옥 · 권중호 · 변명우 · 양재승 · 김영재

한국에너지연구소 식품조사연구실

### Effects of Ethylene Oxide Fumigation and Gamma Irradiation on the Quality of Dried Agricultural Products

Han-Ok Cho, Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun, Jae-Seung Yang and Young-Jae Kim

Division of Food Irradiation, Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul 131, Korea

**ABSTRACT**-Gamma irradiation as a new physical treatment was applied to comparative researches with a conventional chemical fumigant on the microbiological and physicochemical qualities of selected agricultural products such as powdered hot pepper soybean paste, oyster mushroom powder, carrot flake, and raw sesame. The microorganisms contaminated in the sample, including total bacteria, thermophiles, acid tolerant bacteria, fungi, osmophilic molds and coliforms were sterilized with irradiation doses of 7-10 kGy, while ethylene oxide (E.O) fumigation proved insufficient for the destruction of them. An optimum dose of irradiation was less detrimental than E.O. fumigation to the physicochemical properties of the sample. Sensory evaluation after three months of storage at room temperatures showed that the overall acceptability of irradiated sample was higher than that of the nontreated control as well as E.O. fumigated samples.

**Keywords** □ Ethylene oxide, Gamma irradiation, Agricultural products, Total bacteria, Thermophiles, Acid tolerant bacteria, Fungi, Osmophilic molds, Coliform group

가공식품의 수요 및 다양화가 요구됨에 따라 식품공업과 식품소비 패턴은 많은 변화를 가져오게 되었으며, 우수한 품질의 가공식품을 생산하기 위해서는 많은 기술적인 요소가 뒷받침되어야 한다. 특히 가공식품의 대량생산에 따른 원료품질의 일정화와 위생적인 원료의 연중 안정공급은 식품공업의 가장 필수적인 요건이 되며, 이에따라 가공원료의 위생적 상태는 가공식품의 품질과 유통 및

저장 과정에서의 제품 안정성에 직접적인 영향을 미치게 된다.

저자 등<sup>1,2)</sup>은 가공식품의 부원료로 첨가되고 있는 주요 향신료의 미생물 살균방법으로서 放射線照射의 우수성을 확인한 바 있고 이미 선진국에서 사용이 점차 금지되고 있는<sup>3,4)</sup> 화학훈증제의 문제점을 검토한 바 있다.

식품에 대한 방사선의 이용은 지난 35년간의 연구 결과를 바탕으로 그 안전성과 경제성이 국제기관(FAO/IAEA/WHO)에 의해 공인된 바 있어 현재 32개국에서 73개 식품군, 227종의 照射食品

Received for publication 4 November 1986  
accepted 4 December 1986  
Reprint requests; Dr. H.O. Cho at the above address

이 산업화 되었거나 특수목적(우주식품, 환자용 무균식등)에 이용되고 있다<sup>5)</sup>. 또한 미국 FDA 에서는 1986년 4월 18일 신선 과채류의 생장 및 숙도 지연과 해충 구제를 위해서 1 kGy (1 joule/kg, 100 krad), 향신료와 건조 야채류의 살균을 목적으로 30 kGy 까지의 방사선 조사를 허가함에 따라<sup>6)</sup> 식품조사의 국제적인 실용화에 큰 희망을 주게 되었다.

따라서 본 연구는 수확, 건조, 가공 및 저장중에 미생물의 오염이 높을 것으로 예상될 뿐만 아니라 현재 살균을 위해 화학 훈증제가 주로 이용되고 있음을 감안하여, 국내에서 생산 및 소비량이 비교적 많은 몇가지 농산 건조가공품을 대상으로 새로운 방법인 방사선 조사와 현행 살균방법인 ethylene oxide 훈증처리가 각 시료의 오염 미생물에 대한 살균효과와 품질에 관련된 이화학적 특성에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

## 재료 및 방법

**시료**—본 실험에 사용된 시료는 고추장 분말, 느타리버섯 분말, 당근 flake, 참깨 등으로서 Y 식품(주)과 H 식품(주)로부터 1986년 3월에 구입한 뒤 polyethylene bag에 100~200 g 단위로 포장하여 실험에 사용하였다.

**살균처리 및 저장**—시료의 ethylene oxide (E.O) 훈증처리는 전문업체(T 가스화학(주))에 의뢰하여 실시하였다. 이 때 처리조건은 시료의 포장을 개봉하여 E.O와 CO<sub>2</sub>를 30:70(w/w)의 혼합비로 50~55°C의 온도와 30~35%의 상대습도, 0.6~1.0 kg/cm<sup>2</sup> G의 가스압력 및 1.77 kg/m<sup>3</sup>의 가스밀도로 8 시간 동안 살균처리한 뒤 수 회 탈기하여 무균실내에서 재포장하였다. 포장시료의 방사선 처리는 Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 시간당 400 Gy의 선량율로 3, 5, 7 및 10 kGy를 조사시킨 다음 대조시료 및 E.O.처리시료와 함께 실온에 3 개월 동안 저장하면서 실험에 사용하였다.

**미생물 검사**—중온성 호기성 전세균은 APHA 표준방법<sup>7)</sup>에 따라 TGY agar를 사용하여 30°C에서 배양하였고, 중온 호기성 포자균은 시료 현탁액 10 ml를 살균된 시험관에 옮겨 80°C의 수욕상

에서 10분간 가열처리하여 냉각시킨 다음 TGY agar를 사용, 상기와 동일한 방법으로 측정하였으며, 산저항성 세균은 tomato juice agar (Difco, Lab.)를 사용하여 plate method로 계수하였다<sup>8)</sup>. Fungi는 MYG-chloramphenicol agar를, 내심투압성 곰팡이는 15%-NaCl-malt agar를 사용하여 30°C에서 3~5일간 배양한 후 계수하였고<sup>9)</sup>, 대장균군은 desoxycholate agar (Difco, Lab.)를 사용한 plate method로 37°C에서 1~2일간 배양하여 형성된 집락을 계수하였다<sup>10)</sup>.

**Capsanthin의 정량**—고추의 적색소인 capsanthin의 함량은 Chen & Gutmanis의 방법<sup>11)</sup>에 따라 acetone 용해성 색소를 추출하여 470 nm에서 최대 흡광치를 측정하였다.

**환원당의 정량**—시료의 환원당 함량은 Somogyi 변법<sup>12)</sup>에 의하여 측정된 다음 glucose의 양으로 나타내었다.

**아미노산의 정량**—느타리버섯 분말의 총 아미노산의 함량은 6 N HCl으로 15lb, 121°C에서 3 시간 동안 가수분해 시킨 뒤 아미노산 자동분석기 (Hitachi model 835)에 의해 분석하였다.

**무기질의 정량**—느타리버섯 분말 일정량을 습식법<sup>13)</sup>에 따라 전처리 한 뒤 원자흡광분석기 (Instrumental Lab. Inc. model 457)를 사용하여 Na, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe를 각각 분석하였다.

**TBA가 측정**—시료의 지방질 성분의 산패도를 알아보는 방법으로서 thiobarbituric acid value를 Turner 등의 방법<sup>14)</sup>에 준하여 측정하였다.

**pH 측정**—시료의 pH 측정은 분말로된 시료 5g에 탈이온수 25 ml를 가하여 혼화한 뒤 원심분리 (International equip. Co. model B-20)하여 상등액을 pH meter (Corning model 5)로서 3회 반복 측정하였다.

**색도 측정**—시료의 색도는 살균처리된 분말 자체를 사용하여 저장 직후와 실온에서 3 개월 저장후에 color & color difference meter (Model ND-1001 DP)에 의해 명도(L 값), 적색도(a 값), 황색도(b 값) 및 색차(ΔE)를 각각 측정하였다.

**관능검사**—고추장 및 느타리버섯 분말의 대조시료, 5 kGy, 10 kGy 조사구 및 E.O. 처리구를 대상으로 저장 3 개월 후 각 시료 고유의 풍미와 외

**Table 1. Distribution of microorganisms in dried agricultural products.**

Products	Count/g sample					
	MTC <sup>a</sup>	MAS <sup>a</sup>	ATB <sup>a</sup>	FC <sup>a</sup>	OSM <sup>a</sup>	Coli <sup>a</sup>
Hot pepper soybean paste powder	1.5 × 10 <sup>6</sup>	1.4 × 10 <sup>6</sup>	8.8 × 10 <sup>5</sup>	1.2 × 10 <sup>3</sup>	1.0 × 10 <sup>3</sup>	4.0 × 10 <sup>3</sup>
Oyster mushroom powder	9.1 × 10 <sup>5</sup>	2.5 × 10 <sup>4</sup>	2.2 × 10 <sup>5</sup>	9.0 × 10 <sup>2</sup>	5.0 × 10 <sup>2</sup>	2.7 × 10 <sup>5</sup>
Carrot flake	4.6 × 10 <sup>3</sup>	1.3 × 10 <sup>3</sup>	8.4 × 10 <sup>2</sup>	4.0 × 10 <sup>2</sup>	-	-
Raw sesame	1.0 × 10 <sup>6</sup>	1.8 × 10 <sup>4</sup>	2.6 × 10 <sup>5</sup>	1.5 × 10 <sup>4</sup>	9.7 × 10 <sup>3</sup>	1.4 × 10 <sup>4</sup>

MTC: Mesophilic total count  
 ATB: Acid tolerant bacteria  
 OSM: Osmophilic molds

MAS: Mesophilic aerobic spores  
 FC: Fungi  
 Coli: Coliform group

관에 대한 전반적인 기호성을 순위시험법<sup>15)</sup>에 따라 8 명의 검사원에 의해 관능시험한 다음 검사 결과를 분산 분석과 Duncan의 다범위 검정에 의해 유의성을 검정하였다.

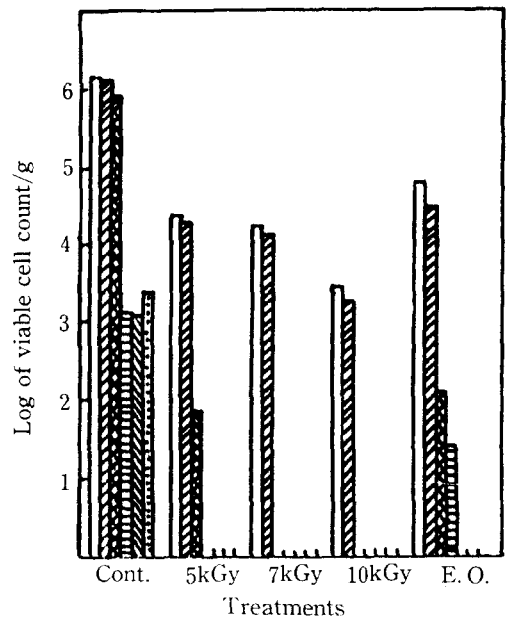
**결과 및 고찰**

**시료의 미생물 오염도**—본 실험에 사용된 4 가지 농산 건조가공품의 미생물의 분포와 오염정도는 Table 1과 같다. 당근 flake와 느타리버섯 분말에 비해 고추장 분말과 참깨는 중온성 전세균이 시료 1g당 1.0~1.5 × 10<sup>6</sup>으로 매우 높은 수준이었고, 내열성 및 내산성 세균은 g당 10<sup>4</sup>~10<sup>6</sup>, 곰팡이 특히 내삼투압성 곰팡이가 g당 10<sup>3</sup> 이상으로 높게 오염되어 있었으며 대장균군은 당근 flake를 제외한 나머지 시료에서 g당 10<sup>3</sup>~10<sup>5</sup>정도의 오염도를 나타내어 수확, 건조, 가공시 비위생적인 환경조건이었음을 알 수 있었다. 특히 고추장 분말의 경우 내열성 포자균과 산저항성 세균이 높게 검출된것(10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup>/g)은 메주분말의 혼합에 의해 포자를 형성하는 Bacillus 속의 존재가 그 원인으로 생각되며, 이들이 통조림이나 육가공 제품에 부원료로 사용될 경우에는 많은 문제점을 야기시킬 수 있겠다<sup>16)</sup>.

이상과 같이 미생물의 오염이 10<sup>6</sup>/g 이상인 가공부원료를 제품의 0.1~1.0% 정도만 사용하더라도 이들 부원료에서 발생될 수 있는 최종제품의 미생물 수준은 10<sup>5</sup>/g 이상이 되므로<sup>16)</sup> 가공식품의 위생적 생산과 영양적 특성 및 기호성을 유지시키

기 위해서는 가공원료의 효과적인 살균처리가 바람직하다고 본다.

**미생물 살균효과 비교**—Fig.1, 2와 Table 2는 물리적인 살균방법으로 알려진 감마선 조사와 화학 훈증제인 E.O. 가스처리에 따른 시료에 오염된 미생물의 살균효과를 비교한 것이며, Fig.3는 본 실험



**Fig.1. Comparative effects of ethylene oxide (E.O.) and gamma irradiation on the microflora of hot pepper soybean paste powder.**

Legend:  
 □ Mesophilic total count, ▨ Mesophilic aerobic spores, ▩ Acid tolerant bacteria, ▤ Fungi, ▥ Osmophilic mold, ▦ Coliforms

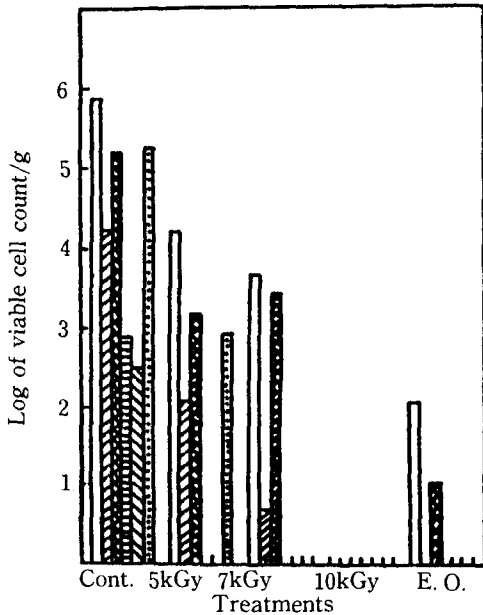


Fig.2. Comparative effects of ethylene oxide(E. O.) and gamma irradiation on the microflora of oyster mushroom powder.

Mesophilic total count, 
  Mesophilic aerobic spores, 
  Acid tolerant bacteria, 
  Osmophilic mold, 
  Fungi, 
  Coliforms

험에 사용된 농산 건조가공품의 전생균에 대한 방사선 감수성을  $D_{10}$ 값(미생물을 90% 사멸시키는데 필요한 방사선량)으로 나타낸 그림이다.

먼저 고추장 분말은 초기 전세균이  $1.5 \times 10^6/g$ 이었으며 전세균에 대한 내열성 세균의 오염비는 93% 정도로 매우 높았다. 따라서  $D_{10}$ 값도 3.99 kGy로 모든 시료중에 가장 높게 나타났는데 이는 내열성 세균 즉 아포형성균의 높은 혼입으로 방사선에 대한 저항성이 증가된 것으로 생각된다. 살균효과 비교에서는  $10^3/g$  정도로 오염된 곰팡이(내삼투압성 곰팡이 포함)와 대장균군은 5 kGy의 감마선 조사로서 완전 사멸이 가능하였으나 E.O. 처리구에서는 대장균군을 제외한 다른 미생물의 살균은 불충분하였다.

Fig.2의 느타리버섯 분말의 경우에는 전세균이  $9.1 \times 10^5/g$ , 내열성 및 내산성 세균이  $10^4 \sim 10^5/g$ 이던 것이 7kGy 조사로서 2~3 log cycle 정도 감소되었고, 10kGy 조사구에서는 대부분 사멸되

었으며 이들의  $D_{10}$ 값은 3.19 kGy로 다소 높았다. 또한 대장균군과 곰팡이류는 7kGy의 감마선 조사로서 완전 사멸되었으며, E.O. 처리구에서는 전세균과 산저항성 세균의 살균이 불충분하였다.

한편 당근 flake는 Table 2에 나타난 바와같이 초기 미생물의 오염도가 낮아 5 kGy 조사와 E.O. 혼중처리로서 모든 미생물이 허용한계 이하로 나타났으며, 참깨 시료는 E.O. 처리로서 전세균과 내열성 세균의 사멸이 불충분하였으나 7~10 kGy의 감마선 조사는 곰팡이와 대장균군의 제거는 물론 전세균과 내열성 포자균의 감균 또는 살균이 가능한 것으로 나타났다. 또한 모든 시료는 저장 3개월 후에도 미생물 생육의 증감에는 유의적인 변화가 없었는데 이는 전반적으로 시료의 수분함량(6~9%)이 낮았기 때문으로 생각된다.

식품공업에 사용하고 있는 각종 분말식품(향신료 포함)의 국제적인 미생물 허용기준치는  $10^3/g$  이하로 규정되고 있으며, 본 실험에 사용된 각 시료의 최저 방사선 요구선량은 Table 3에 나타난 바와 같이 고추장 분말과 느타리버섯 분말 및 참깨

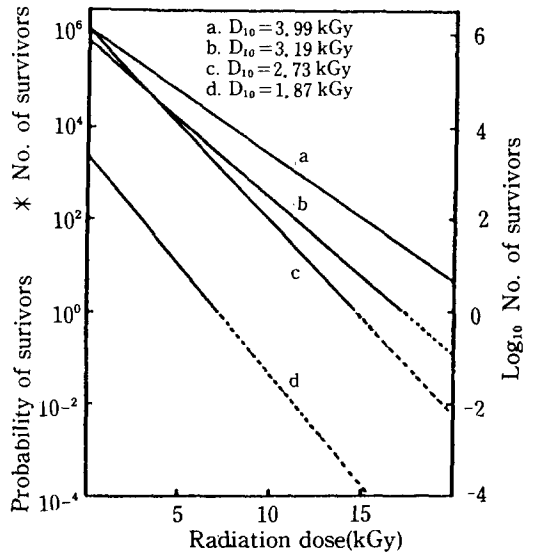


Fig.3. Idealized dose/log survival curve for a population of microorganisms of dried agricultural products.

a. Hot pepper soybean paste powder, b. Oyster mushroom powder, c. Raw sesame, d. Carrot flake

**Table 2. Comparative effect of ethylene oxide and gamma irradiation on microorganisms of dried agricultural products.**

Products	Treatments								
	Control			Ethylene oxide <sup>a</sup>			Gamma irradiation <sup>b</sup>		
	Mesophilic total count	Mesophilic aerobic spores	Fungi	Mesophilic total count	Mesophilic aerobic spores	Fungi	Mesophilic total count	Mesophilic aerobic spores	Fungi
Hot pepper soybean paste powder	$1.5 \times 10^4$	$1.4 \times 10^4$	$1.2 \times 10^3$	$8.4 \times 10^4$	$5.0 \times 10^4$	$4.2 \times 10$	$5.0 \times 10^3$ ( $3.8 \times 10$ ) <sup>c</sup>	$3.0 \times 10$ ( $3.6 \times 10^4$ )	0 (0)
Oyster mushroom powder	$9.1 \times 10^4$	$2.5 \times 10^4$	$9.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	0	0	0 ( $3.0 \times 10^4$ )	0 ( $1.2 \times 10^2$ )	0 (0)
Carrot flake	$4.6 \times 10^2$	$1.3 \times 10^3$	$4.0 \times 10^2$	0	0	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Raw sesame	$1.0 \times 10^4$	$1.8 \times 10^4$	$1.5 \times 10^4$	$2.0 \times 10^3$	$1.0 \times 10^2$	0	0 ( $1.2 \times 10^4$ )	0 ( $5.0 \times 10$ )	0 (0)

<sup>a</sup> 30% ethylene oxide gas, 50°C, 0.8 kg/cm<sup>2</sup>G, 8 hrs.    <sup>b</sup> 10 kGy

<sup>c</sup> Number in parenthesis designates that of 5 kGy irradiation

시료는 10 kGy, 당근 flake는 3 kGy의 감마선 조사로서 미생물의 오염도를 허용 기준치 이하로 감균 또는 사멸시킬 수 있었다.

이상의 농산 건조가공식품의 미생물 살균에 대한 E.O. 훈증처리와 감마선 조사와의 살균효과를 비교 검토해 본 결과 현행 방법인 E.O. 가스처리는 미생물 오염도가 비교적 높은 ( $10^5 \sim 10^6$ /g) 시료

에 대해서는 살균효과가 불충분하였으나 7~10 kGy 정도의 감마선 조사는 시료에 오염된 각종 미생물을 효과적으로 감균 또는 살균시킬 수 있는 것

**Table 4. Comparative effects of ethylene oxide (E.O.) and gamma irradiation on the physicochemical quality of powdered hot pepper soybean paste during storage.**

Treatments	Storage period (month)	Capsanthin (O. D. at 470nm)	Reducing sugar (%)	TBA (MA mg/kg)	pH
Control	0	0.307	41.8	1.75	6.65
	3	0.298	41.3	3.29	6.43
5 kGy	0	0.302	42.4	1.76	6.64
	3	0.296	41.0	3.25	6.58
10kGy	0	0.298	42.5	1.86	6.66
	3	0.290	41.3	3.30	6.55
E.O.	0	0.298	41.6	1.84	6.70
	3	0.286	41.0	3.29	6.61

<sup>a</sup> The value is the mean of triplicate experiments and is expressed on the basis of dry weight

**Table 3. Minimum required dose of gamma radiation to reduce microorganisms below  $10^3$  per gram of dried agricultural products.**

Products	Irradiation dose (kGy)	
	Mesophilic total count	Mesophilic aerobic spores
Hot pepper soybean paste powder	10	10
Oyster mushroom powder	10	5
Carrot flake	3	3
Raw sesame	10	5

**Table 5. Comparative effects of ethylene oxide (E.O.) and gamma irradiation on the physicochemical quality of oyster mushroom powder during storage<sup>a</sup>.**

Treatments	Storage period (month)	Reducing sugar (%)	TBA (MA mg/kg)	pH
Control	0	2.65	3.19	6.90
	3	2.24	4.04	6.88
5 kGy	0	2.65	3.28	6.90
	3	2.23	3.85	6.87
10kGy	0	2.84	3.48	6.90
	3	2.28	4.06	6.88
E. O.	0	2.64	3.34	6.90
	3	2.18	4.12	6.89

<sup>a</sup>The value is the mean of triplicate experiments and is expressed on the basis of dry weight

으로 나타났다. 이와같은 결과는 Vajdi 등<sup>17)</sup>에 의한 수종의 향신료에 대한 ethylene oxide 처리와 감마선 조사(15kGy)의 살균효과 비교에서 감마선 조사시료는 전 미생물이 완전 사멸되었으나 E.O. 처리구는 전세균, 내열성 세균, 곰팡이 등의 살균이 불충분하였다는 결과와, 저자 등<sup>1,2)</sup>의 주요 향신료에 대한 비교연구 내용 및 분말식품 등<sup>18-20)</sup>에 대한 방사선 살균시 그 효과와 살균에 필요한 照射線量등에 잘 일치되었다.

**이화학적 특성변화**—본 실험에 사용된 4 가지 시료의 수분 함량은 9% 미만이었으며, 살균 처리에 따른 이화학적 특성의 조사는 고추장 분말과 느타리버섯 분말을 대상으로 검토하였다. Table 4 와 5 는 두 가지 시료를 살균처리한 후 실온에서 3 개월 동안 저장하였을 때 품질의 변화를 측정된 것이다.

먼저 고추장 분말의 적색소인 capsanthin의 함량은 照射線量의 증가와 E.O. 처리로서 다소 감소되었으나 감소율은 매우 낮았으며, 3 개월 저장 후에는 전반적으로 색소의 함량은 감소되었으나 처리구간의 차이는 줄어들었다. 고추가루의 색소는 저장중 시료의 수분 함량과 저장 조건등 여러가지 요인에 의해 변화하거나 손실되며<sup>21)</sup>, 특히 본 시료는 분말 고추와 기타 부원료를 혼합 제조한 것

이기 때문에 건조, 가공 도중에 색소의 손실이 컸으리라 생각된다. 고추가루의 색소에 대한 방사선이나 훈증제 처리의 영향은 이미 보고된 바와 같이 비교적 미미하지만 살균선량의 감마선 조사는 E. O. 처리에 비해 보다 안정한 것으로 확인된 바 있다<sup>2)</sup>.

한편 두 시료의 환원당 함량은 살균처리와 저장기간의 경과에 따라 다소 증감하였으나 유의적인 변화는 없었다. 또한 살균처리와 저장중 시료의 산패와 품질의 변화를 알아보기 위하여 TBA 값과 pH를 측정해 본 결과 두 시료 모두 조사선량의 증가와 저장기간의 경과에 따라 TBA 값이 다

**Table 6. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O.) fumigation on the amino acid content of oyster mushroom powder<sup>a</sup>.**

Amino acid	Treatments			
	Control	5kGy <sup>b</sup>	10kGy	E. O. <sup>c</sup>
Aspartic acid	3.22	3.22	3.05	2.76
Threonine	1.09	1.08	1.02	0.82
Serine	1.54	1.48	1.44	1.12
Glutamic acid	4.83	4.80	4.54	3.74
Glycine	1.27	1.29	1.22	1.07
Alanine	1.63	1.76	1.68	1.37
Cysteine	0.19	-	-	-
Valine	1.26	1.25	1.21	0.99
Methionine	0.47	0.46	0.45	0.32
Isoleucine	3.49	3.47	3.38	2.96
Leucine	2.40	2.41	1.81	1.86
Tyrosine	0.46	0.45	0.41	0.34
Phenylalanine	2.55	2.52	2.39	2.03
Lysine	1.62	1.59	1.55	1.20
NH <sub>3</sub>	0.65	0.64	0.58	0.57
Histidine	0.40	0.39	0.37	0.15
Arginine	1.36	1.35	1.30	1.00
Total	28.43	28.16	26.40	22.30

<sup>a</sup>Total amino acid content is expressed as the percentage on the basis of dry weight

<sup>b</sup>The unit used to measure an absorbed dose of radiation and 1kGy is equivalent to 100 krad

<sup>c</sup>Treatment conditions are given in the text

소 높게 나타났으나 매우 낮은 값이므로 시료의 관능적 품질에 영향을 미칠 정도는 아니었으며, 특히 저장중 시료의 pH 값은 거의 일정하게 유지되었다.

Table 6은 느타리버섯 시료의 총 아미노산에 대한 E.O. 처리와 감마선 조사와의 영향을 비교한 것으로서 총 16종의 아미노산이 검토되었는데 처리구별 아미노산의 총 함량에 있어서는 대조구에 비해 10kGy 조사구는 약 7%, E.O. 처리구는 약 21% 정도 감소되었다. 이와 같은 결과는 E.O. 훈증처리시 품온의 상승과 또한 epoxides가 식품중의 수분이나 기타 화학성분과 반응하여 유해물질을 생성시킬 뿐 아니라 식품 고유의 풍미를 저하시킨다는 보고<sup>22)</sup>와 잘 일치되며, 특히 버섯의 정미

성분과 관련된 glutamic acid와 aspartic acid 등은 E.O. 처리에 비해 적정선량의 감마선 조사에 비교적 안정한 것으로 나타났다.

Table 7은 느타리버섯 시료의 무기질 성분에 대한 살균처리의 영향을 나타낸 것으로서 칼륨성분이 가장 높은 함량을 나타내었고 그 다음이 철분과 마그네슘의 순이었는데 10kGy 조사와 E.O. 처리로서 다소 변화하는듯 하였으나 유의적인 차이는 없었다.

**색도 및 관능적 품질**—살균처리 직후와 실온에서 저장 3개월 후의 시료의 색도에 대한 살균방법의 영향을 비교한 결과는 Table 8과 같다. 전반적으로 조사선량의 증가와 특히 E.O. 처리에 따라 시료의 명도가 저하된 반면 적색도와 황색도는 증가

**Table 7. Comparative effects of ethylene oxide (E.O.) and gamma irradiation on the mineral content of oyster mushroom powder<sup>a</sup>.**

Treatments	Mineral content (mg/100g, dry wt.)						
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
Control	56.6	2854	49.0	158.0	1.48	631.8	34.0
10 kGy	56.4	2848	49.2	156.6	1.48	628.6	34.2
E. O	57.0	2831	48.9	154.8	1.47	624.4	33.8

<sup>a</sup> Minerals were analyzed with A.A. immediately after treatments and each value is the mean of triplicate experiments

**Table 8. Comparative effects of ethylene oxide (E.O.) and gamma irradiation on the color of hot pepper soybean paste and oyster mushroom powder<sup>a</sup>.**

Treatments	Lightness (L)		Redness (a)		Yellowness (b)		Color difference ( $\Delta E$ )	
	Paste	Mushroom	Paste	Mushroom	Paste	Mushroom	Paste	Mushroom
Control	54.0 (49.9) <sup>b</sup>	75.5 (68.5)	22.6 (19.5)	4.1 (5.0)	25.4 (23.7)	(16.4) (17.3)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
5 kGy	55.4 (50.4)	75.6 (69.7)	19.9 (18.4)	4.1 (4.5)	25.0 (23.7)	16.3 (16.7)	3.0 (1.2)	0.1 (1.3)
10kGy	55.6 (49.6)	75.1 (70.5)	19.8 (17.8)	4.6 (4.1)	25.5 (22.9)	17.3 (17.1)	3.1 (1.8)	1.0 (2.1)
E. O	50.6 (46.6)	74.1 (69.4)	22.2 (19.6)	4.7 (4.6)	24.5 (23.0)	17.8 (17.1)	3.6 (3.3)	2.0 (0.9)

<sup>a</sup> Sample was stored at room temperature

<sup>b</sup> Number in parenthesis designates the value of three months of storage

**Table 9. The results of sensory evaluation for the overall acceptability of dried agricultural products treated with ethylene oxide (E.O.) and gamma radiations.**

Products	F value <sup>b</sup>	Sample mean <sup>c</sup>			
		5 kGy	10kGy	Control	E. O.
Hot pepper s soybean paste powder	3.43	0.61	0.08	-0.26	-0.42
Oyster mushroom powder	2.05	0.52	0	-0.17	-0.35
		(no significance)			

<sup>a</sup> Sensory test was performed by the ranking difference analysis with a panel of eight members after three months of storage, putting emphasis on the flavor and appearance of the products

<sup>b</sup> F value must exceed 2.95 to be significant at the 5% level and it must exceed 4.57 to be significant at the 1% level.

<sup>c</sup> A common underline in the row means that 5 kGy irradiated group is significantly different from the control and E.O. treated groups in overall acceptability at the 5% level from the Duncan's multiple range test

되어 버섯분말의 경우에는 육안적으로도 시료의 색택이 어두운 느낌을 주었으며, 저장 3 개월 후에는 처리구간의 차이는 다소 줄어들었다. 이와 같은 결과는 마늘, 양파, 생강등 여러가지 분말 향신료에서도 확인된 바 있다<sup>1)</sup>. 또한 Table 9는 살균처리후 실온에서 3 개월 동안 저장된 고추장 분말 및 느타리버섯 분말의 대조시료와 5 kGy, 10

kGy 및 E.O. 처리구를 대상으로 하여 순위시험법에 의한 전반적인 기호성(풍미, 색택등)을 평가해 본 결과이다. 두 시료 모두 전반적인 기호도의 순위는 감마선 조사구, 대조구, E.O. 처리구의 순이었으며, 순위 결과를 무작위 독립변수(1.03, 0.30, -0.30, -1.03)로 환산하여 분산 분석을 실시한 결과 느타리버섯 분말은 처리구간에 유의성이 인정되지 않았으나 고추장 분말의 경우에는 5% 수준에서 유의성이 인정되어 Duncan의 다범위 검정을 실시해 본 결과 5kGy 조사구는 대조시료 및 E.O. 처리된 시료와 유의적인 차이를 나타내었고, 조사구간에는 유의성이 인정되지 않아 전반적인 기호도에서 5~10kGy의 감마선 조사시료는 E.O. 처리 및 대조시료 보다 우수함을 확인하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 현행의 ethylene oxide 처리는 미생물의 살균효과가 불충분할 뿐만 아니라 이화학적 품질에 대한 영향도 큰 것으로 나타났다. 본 실험에서 살균선량으로 확인된 10 kGy 정도의 감마선 조사는 시료의 이화학적 특성과 관능적 품질에 비교적 안전하였으며 특히 10 kGy의 조사선량은 1981년 국제기관(FAO/IAEA/WHO)에서 이미 그 안전성을 인정한 바 있다. 따라서 국내에서도 이와 같은 새로운 기술을 우리 실정에 적합하게 개발 이용한다면 농산 건조가공품의 살균, 살충은 물론 다양한 식품의 위생적인 생산과 품질개선 및 저장성 향상에 크게 기여하게 될 것이다.

## 국문 요약

주요 농산 건조가공품에 오염된 미생물의 효과적인 살균법 개발을 목적으로, 현행방법인 ethylene oxide 훈증처리와 감마선 조사에 따른 미생물의 살균효과와 이화학적 품질에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

시료의 미생물 오염도는 고추장 분말, 참깨, 느타리버섯 분말, 당근 flake의 순이었으며, 전세균이  $4.6 \times 10^8/g \sim 1.5 \times 10^6/g$ , 내열성 세균이  $1.3 \times 10^3/g \sim 1.4 \times 10^6/g$ , 산저항성 세균이  $8.4 \times 10^2/g \sim 8.8 \times 10^5/g$ , 내삼투압성 곰팡이를 포함한 곰팡이류는  $4.0 \times 10^2/g \sim 1.5 \times 10^4/g$ , 대장균군은 당근 flake를 제외한 나머지 시료에서  $4.0 \times 10^3/g \sim 2.7 \times 10^5/g$  정도로 오염되어 있어 위생적인 살균처리가 요구되었다. 살균효과 실험에서는 대부분의 시료가 7~10kGy의 감마선 조사로서 모든 미생물의 사멸이 가능하였으나 ethylene oxide 처리구에서는 전반적으로 전세균과 내열성 포자균 및 곰팡이의 살균이 불충분하였다. Ethylene oxide 처리는 시료의 색소, 아미노산, 무기질, 색도등에 상당한 영향을 미쳤으나 적정선량의 감마선 조사는 이들에 대해 비교적 안전하였으며, 실온에서 3 개월 동안 저장된 시료의 전반적인 기호도는 감마선 조사구가 ethylene oxide 처리구나 대조구보다 우수하게 나타났다.



## 참고문헌

1. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W., Yang, J.S., Lee, J.W., and Kim, Y.J.: Radurization and radicidation of spices. Annual Research Report, KAERI/RR-480/85, p.111(1985).
2. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W., Kim, Y. J., and Yang, J.S.: Effects of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of ground red and black peppers. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 294(1986).
3. Wetzel, K., Huebner, G., and Baer, M.: Onion, spices and enzyme irradiation in the German Democratic Republic. IAEA/FAO International Symposium on Food Irradiation Processing, Washington, D.C., U.S.A., 4-8 March, p.13(1985).
4. Council on Radiation Applications(CRA): Info, September, p.1(1985).
5. IAEA: Updated list of clearances for irradiated foods in member states. Food Irradiation Newsletter, **9**, 29(1985).
6. 原子力産業新聞(日本): 第 1337号, 1986年 5月 29日号.
7. American public Health Association(APHA): Standard Method for the Examination of Dairy products. 14th ed., New York(1978).
8. Frazier, W.C., and Foster, E.M.: Laboratory Manual for Food Microbiology, 3rd ed., Burgess publishing Company, U.S.A.(1961).
9. Muhamad, L.J., Ito, H., Watanabe, H., and Tamura, N.: Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma-irradiation. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 347(1986).
10. 서울특별시 보건연구소: 병원 미생물 검사요원 교재, p.18(1976).
11. Chen, S.L., and Gutmanis, F.: Auto-oxidation of extractable color pigments in chili pepper with special reference to ethoxyquin treatment. *J. Food Sci.*, **33**, 274(1968).
12. 小林, 田淵: 日本農藝化學會誌, **28**, 171(1954).
13. Osborne, D.R., and Voogt, P.: The Analysis of Nutrients in Foods, Academic Press, New York, p.166(1981).
14. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M., and Olson, F.C.: Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technol.*, **8**, 326(1954).
15. Larmond, E.: Methods for Sensory Evaluation of Food, Canada Dépt. of Agriculture, Publication 1284, p.24(1973).
16. Josephson, E.S., and Peterson, M.S.: Preservation of Food by Ionizing Radiation, CRC Press Inc., U.S.A.(1982).
17. Vajdi, M., and Pereira, R.R.: Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, **38**, 893(1973).
18. IAEA: Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques, 2nd ed., Technical Report Series No.114, Vienna, p.43(1982).
19. Kwon, J.H., Byun, M.W., and Cho, H.O.: Sterilization of garlic powder by irradiation *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 139(1984).
20. Cho, H.O., Byun, M.W., Kwon, J.H., Lee, J. W., and Yang J.S.: Comparison of ethylene oxide(E.O.) and irradiation treatment on the sterilization of spices. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 283(1986).
21. Pruthi, J.S.: Species and Condiments, Academic Press, New York, p.309(1980).
22. Wesley, F., Rourke, B., and Darbshire, O.: The formation of persistent toxic chlorohydrins in foodstuffs by fumigation with ethylene oxide and with propylene oxide. *J. Food Sci.*, **30**, 1037(1965).