

## 감마선 및 Methyl Bromide 처리가 배 과실의 검역해충과 품질에 미치는 영향

권중호<sup>†</sup> · 강호진 · 조덕조 · 정현식 · 권용정\* · 변명우\*\* · 최성진\*\*\* · 최종욱

경북대학교 식품공학과 및 농산물가공저장유통기술연구소,  
\*경북대학교 농생물학과, \*\*한국원자력연구소, \*\*\*대구가톨릭대학교

### Effects of Gamma Radiation and Methyl Bromide Fumigation on Quarantine Pest and Quality of Asian Pears

Joong-Ho Kwon<sup>†</sup>, Ho-Jin Kang, Deokjo Jo, Hun-Sik Chung, Yong-Jung Kwon\*,  
Myung-Woo Byun\*\*, Seong-Jin Choi\*\*\* and Jong-Uck Choi

Dept. of Food Science and Technology, and Postharvest Technology Research Institute,  
Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

\*Dept. of Agricultural Biology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

\*\*Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-600, Korea

\*\*\*Catholic University of Daegu, Gyongsan 712-702, Korea

#### Abstract

As an alternative to methyl bromide (MeBr) fumigation for the control of quarantine pests of pears (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka), the effect of gamma irradiation (0.5~3 kGy) was comparatively investigated. Insects found in the pears were identified *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus ulmi* Koch, which were of quarantine importance. These insects were easily destroyed by MeBr even one day after fumigation. Whereas irradiation at 0.5~2 kGy was not enough to reach the mortality, even if 3 kGy showed the same mortality as MeBr after 17 days of treatment. Respiration of pears was stimulated by both increased doses of irradiation and MeBr fumigation. The rates of surface blackening and core browning were accelerated by MeBr rather than higher doses of irradiation. While the changes in flesh firmness and surface color were more apparent in irradiated samples at above 2 kGy than MeBr. There were negligible differences in the contents of titratable acidity, acetaldehyde and ethanol by the treatment conditions except for 3 kGy-irradiated group. Sensory evaluation showed that more than 1 kGy was the threshold to induce the significant changes in quality of pears.

**Key words:** pears, pests, methyl bromide, irradiation, quality

#### 서 론

동양배(*Pyrus pyrifolia*)는 서양배(*Pyrus communis*)에 비해 과즙이 풍부하고 당도가 높아 생식 및 가공 적성이 우수하므로 국가간 교역량이 증가될 가능성이 높은 품목이다. 최근 농산물의 교역이 증가됨에 따라 식물검역의 중요성이 크게 대두되고 있으며, 검역대상 해충이 존재할 경우 통관이 불허되거나 적절한 방제처리가 요구되고 있다(1).

현재 농산물의 검역대상 해충을 방제하기 위하여 널리 사용되고 있는 방법은 methyl bromide(MeBr) 훈증처리이다. 이는 해충방제효과는 우수하지만 과실의 생리적 장애를 유발(2)하거나 환경공해물질(3)로 판정되어 세계적으로 점차 사용이 금지되고 있다. 그 밖의 검역처리 방법으로는 phosphine 훈증(4,5), 열처리(6,7), 저온처리(8), 저농도 산소 및 고농도 이산화탄소 처리(9,10), 방사선 조사(11-14) 등이 제안

되었으나 효과점정 품목이 제한되고 처리효과가 품목에 따라 다양한 단점을 보이고 있다. 또한 처리시간이 길거나 효과가 불완전하고 피처리물의 품질저하와 생리적 장애를 유발시키는 등 여러 가지 문제점이 지적되어 MeBr 훈증법을 충분히 대체할 수 없는 실정이다. 그러나 이들 방법 중 감마선 조사법은 안전성과 기술적 측면에서 일부 품목에 대해 실용 가능성이 인정되고 있으므로 이에 대한 연구개발이 주목을 받고 있다(15).

신선 과실과 채소류에 대한 방사선조사의 효과는 신선물 자체의 생리적 변화와 품질에 미치는 영향을 바탕으로 공존하는 해충의 방제를 고려하여야 한다. 즉, 방사선조사에 따른 신선물의 생리적 변화로는 근채류의 발아억제, 경채류와 버섯류의 성장억제, 과실류의 성숙지연 등의 품질유지 측면에서 유익한 변화와 오히려 품질저하를 유발하는 여러 가지 노화현상을 촉진하는 경우가 있다(16). 그리고 방사선이 신선

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

물에 공존하는 유기체, 즉 미생물과 해충의 생육에 미치는 영향이다(11,16). 이러한 방사선 조사의 효과들은 조사시 조건과 신선물 및 공존 생명체의 특성에 의존적으로 나타난다. 특히, 조사선량에 따라 극단적인 결과를 초래하는 경우가 있으므로 생물학적 효과를 거둘 수 있는 최저의 조사선량을 적용해야만 한다. 이를 위해서는 방사선 조사의 목적에 따른 대상 신선물과 공존 유기체별 검토가 선행되어야 한다. 그러나 이러한 검토는 아직 일부 품목에 국한되어 있으며, 특히 동양 배 과실에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 감마선 조사가 신고 배 과실의 품질과 검역관련 해충 사멸에 미치는 영향을 검토하여 감마선 처리가 MeBr 훈증을 대체할 수 있는 가능성을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

실험용 배(*Pyrus pyrifolia*)는 1999년 10월 하순에 수출용 배 재배단지로서 지정 받은 경북 예천지역에서 신고 품종을 수확하여 외관이 건전한 중과만을 선별하여 사용하였다.

### 감마선 조사 및 MeBr 훈증 처리

시료의 감마선 조사는 G(주)의  $^{60}\text{Co}$  조사시설에서 시간당 일정한 선량률로 0.5, 1, 2, 3 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 실온에서 실시하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter (Harwell, UK)를 사용하였다( $\pm 12\%$ ). MeBr 훈증은 국립식물검역소 부산지소 관할 방역회사에서 상업적 처리기준에 의거 MeBr 4 g/kg, 처리체적  $0.9 \times 1.4 \times 0.2 \text{ m}^3$ , 온도  $21^\circ\text{C}$ 에서 4시간 동안 상압조건에서 실시한 후 탈기하였다. 한편 감마선 조사나 MeBr 훈증 처리를 하지 않은 것을 대조구로 사용하였다. 저장은 감마선 조사 또는 MeBr 훈증 처리를 행한 시료와 대조구를 플라스틱 상자( $55 \times 35 \times 35 \text{ cm}$ )에 담아 해충시험용은 상온에, 품질시험용은  $0^\circ\text{C}$ , 85% 상대습도가 유지되는 저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 검역해충의 동정 및 사멸특성 조사

시료에서 발견된 검역대상 경제해충의 분류 및 동정은 한국곤충명집과 분류기준(17)에 따라 실시하였다. 감마선 조사와 MeBr 훈증 처리에 따른 해충의 사멸특성은 처리조건별로 해충 개체군을 분리하여 새로운 시료에 접종한 후 상온에서 사육하면서 처리 후 1일부터 35일까지 사충률을 조사하였다.

### 호흡량 측정

살충처리 후 시료의 호흡량은 정치법(18)으로 측정하였다. 즉, 시료 일정량을 1 L 용기에 넣고 밀폐하여 1시간 동안  $20^\circ\text{C}$ 에서 방치한 후 head space 기체 1 mL를 가스 기밀성 주사기로 취하여 GC(Shimadzu 14B, Japan)로 이산화탄소 농도를 분석하였다. 이때 분석조건으로 컬럼은 active carbon( $4 \text{ m} \times 2 \text{ mm i.d.}$ , SUS), 컬럼온도는  $110^\circ\text{C}$ , 검출기는 TCD, 그리

고 운반가스는 헬륨( $30 \text{ mL/min}$ )을 각각 사용하였다.

### 과피 흑변율 조사

과피 흑변율은 시료의 외관을 육안으로 검사하여 조금이라도 흑색 반점이 발생된 시료를 흑변과로 취급하여 조사 시료수에 대한 백분율로 나타내었다.

### 과육경도 측정

과육경도는 시료 적도 부위의 네 지점을 선정하여 껍질을 제거하고 과실경도계(FHT-1, Japan)를 사용하여 측정하였다.

### 표면색도 측정

시료의 표면색도는 백색판( $L=97.79$ ,  $a=-0.38$ ,  $b=2.05$ )으로 보정된 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a 및 b값을 측정하였다.

### 과심 갈변율 조사

과심 갈변율은 시료를 전단하여 과핵 부분이 조금이라도 갈변된 것을 과심 갈변과로 취급하여 조사 시료수에 대한 백분율로 나타내었다.

### 적정산도 및 가용성 고형물 함량 측정

적정산도는 시료를 착즙, 여과한 액 10 mL에 증류수 90 mL 가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다. 가용성 고형물 함량은 착즙, 여과한 액을 디지털 굴절계(Atago PR-1, Japan)로 측정하였다.

### 아세트 알데하이드 및 에탄올 함량 측정

아세트 알데하이드와 에탄올의 함량은 수증기 증류장치에서 과육 10 g에 증류수 30 mL를 혼합하여 증류액의 최종부피가 10 mL가 되도록 증류한 후 GC(Shimadzu 14B, Japan)를 사용하여 분석하였다. 이때 분석조건으로 컬럼은 Carbograph I( $4 \text{ m} \times 2 \text{ mm i.d.}$ , SUS), 컬럼온도는  $95^\circ\text{C}$ , 검출기는 FID, 그리고 운반가스는 질소( $30 \text{ mL/min}$ )를 각각 사용하였다.

### 관능검사

관능검사는 20명의 검사요원을 선발하여 시료의 flavor, crispness, sweetness, tartness 및 overall acceptability에 대하여 9점 채점법(19)(1=extremely weak or dislike, 9=extremely strong or like)으로 실시하였고, 검사결과와 통계처리(20)는 SAS(statistical analysis system) package를 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ )를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 검역해충의 사멸특성

수확된 신고 배 과실에서 북미지역 검역대상 경제해충인 점박이용애(*Tetranychus urticae* Koch)와 사과용애(*Panonychus ulmi* Koch)가 동정되었다. 점박이용애는 성충으로, 사과용애는 알의 형태로 각각 분리되었다. 점박이용애 성충

과 사과응애 알에 대한 감마선 조사와 MeBr 훈증 처리에 따른 사충률을 조사한 결과는 Table 1에 나타내었다. 감마선 조사의 살충효과를 보면, 두 종류의 해충은 처리 후 10일까지는 조사선량에 따른 큰 차이가 없이 20% 이하의 낮은 사충률을 보였다. 그러나 상온에서 저장기간이 길어짐에 따라 살충률의 차이를 보이면서 17일 후에는 3 kGy 조사구에서 100% 사충률을 보였고, 28일 후에는 1 및 2 kGy 조사구에서 60% 이상의 사충률을 보였다. 한편 MeBr 훈증의 살충효과는 아주 강력하여 두 종류의 해충 모두 처리 1일 후에 100% 사충률을 보였다. 이러한 결과로써 신고 배의 검역대상 해충에 대한 감마선 처리는 조사선량에 비례하여 처리 후 기간이 경과함에 따라 점차 살충효과를 얻을 수 있었으며, MeBr 훈증은 처리 직후 완전 방제 효과를 나타내었다. 이상의 결과에서 볼 때 방사선 조사에 의한 해충의 사멸에서는 치사효과(probit 9 mortality)를 위하여 비교적 고선량이 요구되므로, 최근 관련 국제회의에서는 응성불임(雄性不妊, sterility)이나 성충 미우화(成蟲未羽化, non-emergence of adult)의 개념이 타당하다는 합의안이 제시되고 있다(21).

과실의 호흡량 변화

수확 후 감마선 조사 및 MeBr 훈증 처리를 한 신고 배 과실을 0°C에서 저장하면서 호흡량의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 살충처리 직후인 저장초기의 호흡량은 감마선 조사구의 경우 조사선량에 비례하여 높았으며, MeBr 훈증구는 2 kGy 조사구와 유사한 수준이었다. 저장 60일 후 모든 처리구에서 약간 감소한 경향이었으나 여전히 3 kGy 조사

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation on disinfestation of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* of pears

Pests	Storage period (day)	Disinfestation (%)					
		Treatment <sup>1)</sup>					
		Irradiation dose (kGy)				MeBr Control	
	0.5	1	2	3			
<i>Tetranychus urticae</i>	1	10	13	16	18	100	5
	3	10	14	17	19	100	6
	7	12	17	18	19	100	6
	10	12	18	20	20	100	6
	17	14	17	25	100	100	6
	21	19	27	31	100	100	6
	28	38	60	67	100	100	6
	35	58	64	73	100	100	6
<i>Panonychus ulmi</i>	1	5	7	10	18	100	3
	3	7	8	12	18	100	5
	7	13	11	15	19	100	8
	10	10	11	15	19	100	8
	17	7	10	13	100	100	5
	21	18	20	23	100	100	8
	28	20	63	71	100	100	8
	35	40	66	75	100	100	8

<sup>1)</sup>Pears were irradiated with <sup>60</sup>Co gamma rays at room temperature, or fumigated with methyl bromide (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C, and then stored at room temperature.

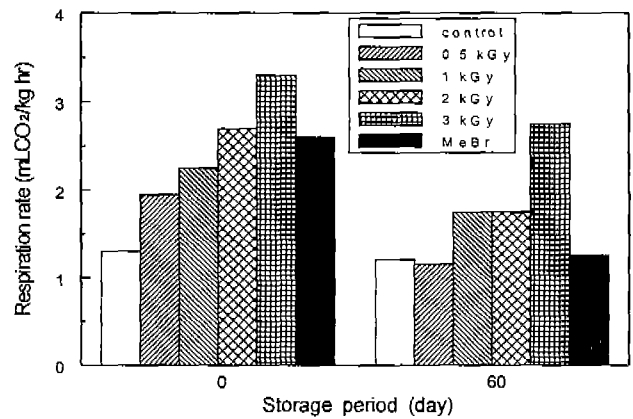


Fig. 1. Effects of gamma radiation and methyl bromide (MeBr) fumigation on respiration rate of pears. Pears were irradiated with <sup>60</sup>Co gamma-rays at room temperature, or fumigated with MeBr (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C, and then stored at 0°C.

구에서 가장 높은 호흡량을 보였다. 배 과실의 감마선 조사에 따른 호흡량 증가는 다른 과실류에서도 보고(22-24)된 바와 유사하였다. 따라서 고선량의 감마선 조사와 MeBr 훈증 처리는 배 과실의 품질 저하와 관련이 있는 여러 가지 생리적 변화를 더욱 촉진시킬 것으로 예상되었다.

과실의 물리적 품질 변화

감마선 조사와 MeBr 훈증 처리 후 0°C에서 저장하면서 배 과실의 과피 흑변율을 조사한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 전반적으로 과피 흑변장애는 살충처리에 의해 촉진되는 경향을 보였다. 살충처리 방법에 따른 과피 흑변율은 MeBr 훈증구에서는 저장 20일경부터 흑변과가 발생되기 시작하여 기간이 경과함에 따라 흑변율이 급증하였다. 반면 감마선 조사구에서는 MeBr 훈증구보다 지연되어 저장 60일경부터 흑

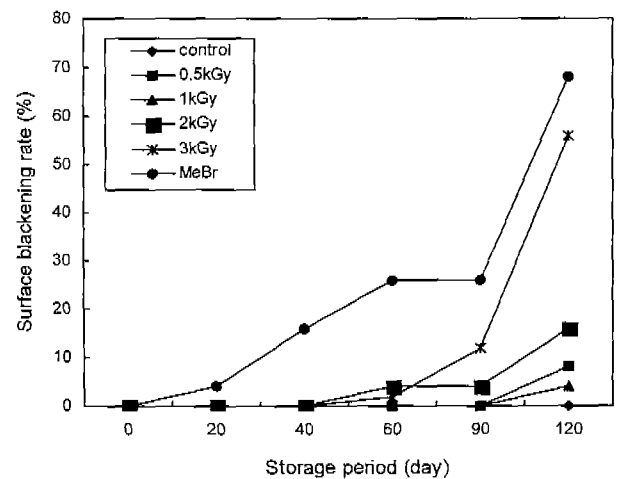


Fig. 2. Changes in surface blackening rate of gamma-rays or methyl bromide (MeBr) treated pears during storage at 0°C.

Pears were irradiated with <sup>60</sup>Co gamma-rays at room temperature, or fumigated with MeBr (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C.

변과가 발생되기 시작하였으며, 흑변율은 조사선량에 비례하여 높은 경향이였다. 특히, 3 kGy 조사구의 흑변율이 저장 90일 이후에 다른 조사구에 비해 상당히 높게 나타났다. 따라서 고선량의 감마선 조사와 MeBr 훈증 처리는 신고 배 과실의 과피 흑변장해를 더욱 촉진시키는 것으로 확인되었다. 저장 중 배 과실의 과피 흑변장해는 polyphenol 물질이 polyphenol oxidase의 작용으로 산화되기 때문에 발생하는 것으로 알려져 있다(25).

감마선 조사 및 MeBr 훈증 처리한 배 과실을 0°C에서 저장하면서 과심 갈변과의 발생정도를 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 과심 갈변과는 저장 초반기에 모든 실험구에서 발생되었으며 특히, 2 kGy 이상의 감마선 조사구와 MeBr 훈증구에서는 저장 20일 후에 80% 이상의 높은 과심 갈변율을 보였다. 또한 0.5와 1 kGy 조사구에서도 저장 90일경까지 대조구 보다 다소 높은 과심 갈변율을 보였다. 이상의 결과로 볼 때 저장 중 신고 배의 과심갈변 장해는 MeBr 처리 또는 감마선 조사선량에 비례하여 촉진되며 저장 초반기에 주로 발생하는 것으로 여겨진다. 한편 MeBr 처리에 따른 일부 과실에서 내부갈변 장해의 발생을 억제하기 위한 수단으로 수확 후 일정기간 저온에서 보관한 후 처리하는 방법이 효과적 인 것으로 알려져 있다.

감마선 조사와 MeBr 훈증 처리한 배 과실을 0°C에서 저장하면서 표면색도를 나타내는 L, a, b값의 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 먼저 과실표면의 L값은 전반적으로 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 살충처리 방법별 L값의 감소정도는 저장 90일경까지는 큰 차이를 보이지 않았으나 이후부터는 2 kGy 이상의 감마선 처리구에서 조사선량에 비례하여 급격하게 감소하였다. 다음으로 과실 표면의 a값은 경시적으로 약간씩 감소하는 경향을 보였으나 처리방법에 따른 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 마지막으로

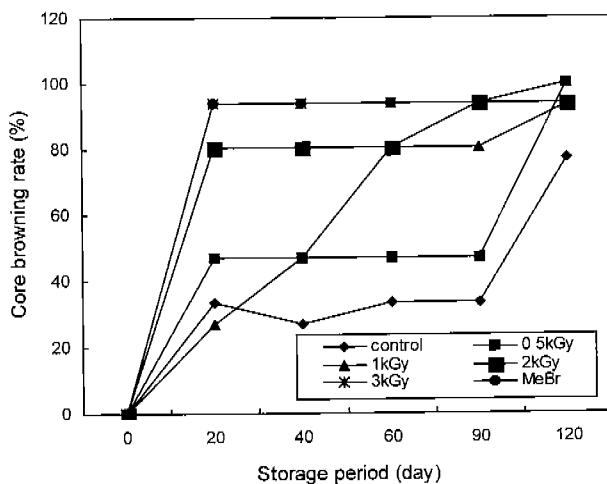


Fig. 3. Changes in core browning rate of gamma-rays or methyl bromide (MeBr) treated pears during storage at 0°C. Pears were irradiated with  $^{60}\text{Co}$  gamma-rays at room temperature, or fumigated with MeBr (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C.

Table 2. Changes in surface color of gamma-rays or methyl bromide (MeBr) treated pears during storage at 0°C

Color parameter	Storage period (day)	Treatment <sup>1)</sup>					
		Irradiation dose (kGy)				MeBr	Control
		0.5	1	2	3		
L	0	61.30	61.10	58.05	60.65	60.88	59.68
	20	61.26	61.15	58.61	60.50	59.98	58.56
	40	60.33	60.89	57.34	58.43	60.13	58.31
	60	58.16	60.86	56.89	58.62	59.27	58.65
	90	58.35	60.98	56.23	56.88	59.75	58.26
	120	58.61	60.42	49.85	50.44	59.12	57.70
a	0	2.80	3.42	2.59	3.46	4.19	3.49
	20	3.70	4.06	3.36	3.86	4.82	3.90
	40	3.96	4.20	3.42	4.39	4.95	4.49
	60	4.46	4.53	4.24	4.88	5.26	5.12
	90	4.32	4.49	4.59	5.35	5.35	5.10
	120	4.57	4.51	4.54	5.31	5.50	5.17
b	0	38.68	38.21	37.62	35.81	36.99	36.79
	20	35.14	34.94	34.14	32.52	34.20	32.50
	40	33.46	33.72	33.88	33.20	31.53	32.72
	60	34.05	31.44	33.69	31.55	33.58	31.56
	90	33.09	31.33	33.59	29.66	29.40	31.35
	120	35.55	33.84	35.54	26.25	23.09	32.58

<sup>1)</sup>Pears were irradiated with  $^{60}\text{Co}$  gamma rays at room temperature, or fumigated with methyl bromide (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C.

과실표면의 b값은 2 kGy 이상의 감마선 조사구를 제외한 처리구는 상호간에 큰 차이가 없이 경시적으로 약간씩 증가하는 경향을 보였으나 2 kGy 이상의 감마선 처리구는 저장말기에 조사선량에 비례하여 급격히 증가함을 보였다. 이러한 L값의 큰 감소와 b값의 증가를 보인 처리구는 육안으로도 과실 표면의 색상이 상당히 어두워졌음을 쉽게 식별할 수 있었다.

감마선 조사와 MeBr 훈증 처리한 배 과실을 0°C에서 저장하면서 과육경도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 4에 나타내었

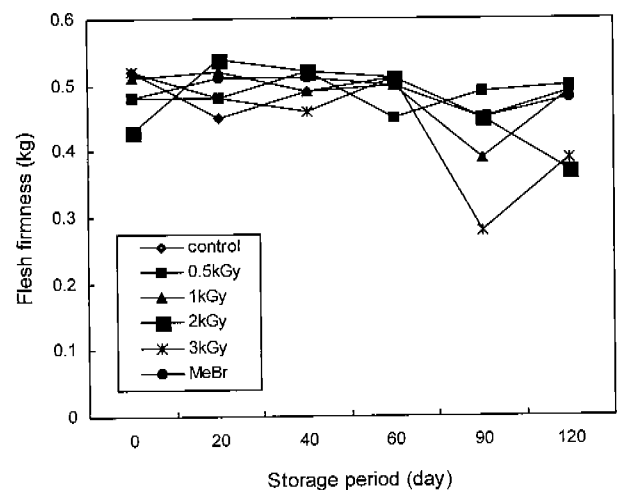


Fig. 4. Changes in flesh firmness of gamma-rays or methyl bromide (MeBr) treated pears during storage at 0°C. Pears were irradiated with  $^{60}\text{Co}$  gamma-rays at room temperature, or fumigated with MeBr (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C.

다. 과육경도는 저장 후반기에 감소하는 경향을 보인 2 kGy 이상의 감마선 조사구를 제외한 다른 처리구에서는 저장 말기까지 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과는 2 kGy 이상의 감마선 조사에 의한 과실 조직의 세포벽 성분의 분해(26)에 따른 연화가 가속화되었기 때문인 것으로 생각된다. 한편 과실의 연화는 에틸렌의 작용으로 연화관련 효소들의 활성 증가가 주된 원인으로 알려져 있다(27,28).

과실의 화학적 품질 변화

감마선 조사 또는 MeBr 훈증 처리한 배 과실을 0°C에서 저장하면서 적정산도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 저장 중 적정산도는 뚜렷한 처리조건별 차이와 변화 양상을 보이지 않았으나, 저장기간 전반에 걸쳐 3 kGy의 감마선 조사구에서 다른 저장구보다 다소 낮게 유지되는 경향이 있었다. 이는 저장 전 3 kGy 조사에 의한 유기산 등의 분해에 따른 결과로 생각된다(29). 한편 저장 중 가용성 고형물의 함량은 결과는 나타내지 않았으나 뚜렷한 변화의 양상과 처리 조건에 따른 차이가 없이 9~11% 범위 내로 유지되었다.

감마선을 조사하거나 MeBr 훈증 처리한 배 과실을 0°C에서 저장하면서 아세트 알데하이드와 에탄올의 함량 변화를 측정된 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 먼저 아세트 알데하이드 함량은 살충처리 조건의 영향을 거의 받지 않았으며, 저장기간이 경과함에 따라 극미하게 증가하는 경향을 보였다. 한편 에탄올 함량은 3 kGy의 감마선 조사구를 제외한 처리구에서는 저장 60일 동안 10 ppm 이하의 비교적 낮은 함량을 유지한 반면, 3 kGy 조사구에서는 저장초 66 ppm이었으나 경시적으로 감소하는 경향을 보였다.

감마선 및 MeBr 처리한 배 과실을 0°C에서 일정기간 저장한 다음 과실의 flavor, crispness, sweetness, tartness 및 overall acceptability에 대하여 관능검사를 실시한 결과는 Table

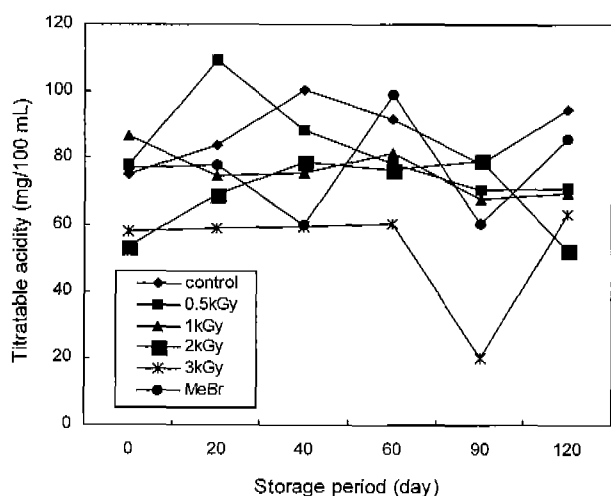


Fig. 5. Changes in titratable acidity of gamma-rays or methyl bromide (MeBr) treated pears during storage at 0°C. Pears were irradiated with <sup>60</sup>Co gamma-rays at room temperature, or fumigated with MeBr (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C.

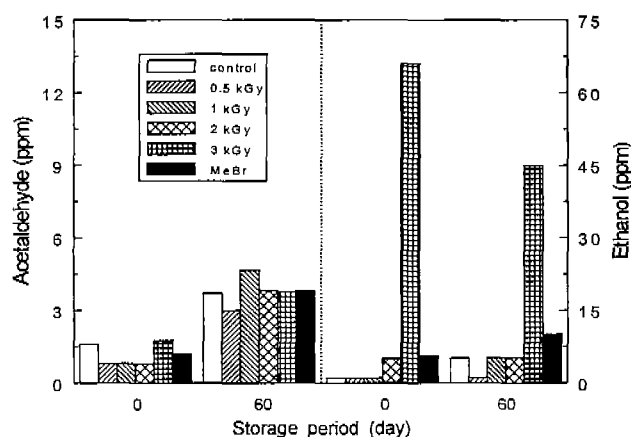


Fig. 6. Effects of gamma radiation and methyl bromide fumigation on acetaldehyde and ethanol content of pears. Pears were irradiated with <sup>60</sup>Co gamma-rays at room temperature, or fumigated with MeBr (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C, and then stored at 0°C.

3과 같다. Flavor는 살충처리 직후인 저장초기에는 감마선 조사구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 평가되었으나 저장기간이 경과함에 따라 처리구간 차이가 점차 사라지는 경향을 보였다. 이러한 감마선 조사 직후에 flavor에 대한 낮은 평점은 내성 이상의 조사선량에 기인된 것으로 사료되며, 앞서 언급한 에탄올 함량과도 관련이 있는 것으로 여겨진다. 그리고 저장기간이 길어질수록 다른 처리구와 차이가 없어진 것은 이취성분이 대기 중으로 차츰 휘발되었기 때문인 것으로 생각된다. Crispness는 전반적으로 감마선 조사선량이 증가하고 저장기간이 경과함에 따라 낮게 평가되는 경향이 있었으며, 처리구간 차이는 1 kGy 이상의 조사구가 다른 처리구보다 유의적으로 나쁘게 평가되는 경향을 보였다. Sweetness는 저장초기에는 감마선 조사구에서 유의적으로 낮게 평가되었으나 저장 동안은 처리구간별 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. Tartness는 전반적으로 저장 일수가 경과함에 따라 평점은 감소하는 경향이었으나 처리구별로 유의적인 차이는 보이지 않았다. Overall acceptability는 저장말기를 제외하고는 대조구와 MeBr 훈증구보다는 감마선 조사선량이 증가할수록 낮게 평가되는 경향을 보였다. 이러한 관능검사 결과에서 볼 때 MeBr 훈증처리는 처리 후 2개월까지는 신고 배 과실의 관능적 품질에 거의 영향을 미치지 않지만, 1 kGy 이상의 감마선 조사는 관능적 품질을 저하시키는 것으로 확인되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 신고 배 과실에 대한 MeBr 훈증은 검역대상 해충을 사멸시키는 효과는 우수하였으나 과피 흑변 및 과심 갈변 장애의 발생을 촉진시켰다. 감마선 처리는 조사선량에 비례하여 살충효과는 증가되었으나 과실의 부패, 연화, 감산, 표면색도 및 관능적 품질특성의 저하를 촉진시키는 것으로 확인되었다. 그러나 감마선 조사는 배 과실 해충에 대하여 살충효과는 나타내면서 지효성이 있지만 0.5~1 kGy로 조사된 과실에서 품질저하가 가장 작게 나타

Table 3. Changes in sensory characteristics of gamma-rays or methyl bromide (MeBr) treated pears during storage at 0°C

Sensory parameter	Storage period (day)	Treatment <sup>1)</sup>					MeBr	Control
		Irradiation dose (kGy)						
		0.5	1	2	3			
Flavor	0	5.4 <sup>bc2)</sup>	4.9 <sup>bc</sup>	5.0 <sup>bc</sup>	4.7 <sup>c</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>a</sup>	
	20	5.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	
	40	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	
	60	5.3 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	
	90	4.5 <sup>b</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	-	5.4 <sup>ab</sup>	
	120	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	-	5.6 <sup>a</sup>	
Crispness	0	4.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>bc</sup>	3.2 <sup>c</sup>	6.1 <sup>d</sup>	6.3 <sup>a</sup>	
	20	5.3 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>	4.1 <sup>c</sup>	3.1 <sup>d</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	
	40	6.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>bc</sup>	3.6 <sup>cd</sup>	2.7 <sup>d</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	
	60	6.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	3.3 <sup>c</sup>	2.9 <sup>c</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	
	90	5.2 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>bc</sup>	3.8 <sup>c</sup>	2.3 <sup>d</sup>	-	5.8 <sup>ab</sup>	
	120	4.7 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>	-	4.4 <sup>ab</sup>	
Sweetness	0	4.3 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	
	20	5.6 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>c</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	
	40	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	
	60	5.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>c</sup>	4.0 <sup>bc</sup>	4.3 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	
	90	4.4 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>b</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>b</sup>	-	4.7 <sup>ab</sup>	
	120	3.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	-	3.3 <sup>a</sup>	
Tartness	0	5.0 <sup>bcd</sup>	4.4 <sup>cd</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	4.2 <sup>d</sup>	5.6 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	
	20	4.8 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>abc</sup>	3.9 <sup>cd</sup>	3.5 <sup>d</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>bcd</sup>	
	40	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>bc</sup>	3.5 <sup>c</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	
	60	5.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>bc</sup>	3.4 <sup>c</sup>	3.6 <sup>bc</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>abc</sup>	
	90	4.9 <sup>abc</sup>	3.8 <sup>cd</sup>	4.1 <sup>cd</sup>	3.1 <sup>d</sup>	-	5.1 <sup>a</sup>	
	120	3.3 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	-	3.6 <sup>ab</sup>	
Overall acceptability	0	5.3 <sup>bc</sup>	4.7 <sup>bc</sup>	4.8 <sup>bc</sup>	4.3 <sup>c</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>a</sup>	
	20	5.7 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>bc</sup>	3.8 <sup>cd</sup>	2.8 <sup>d</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>bc</sup>	
	40	5.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>bc</sup>	3.2 <sup>c</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	
	60	6.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	3.3 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>	4.8 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	
	90	4.7 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>bc</sup>	4.5 <sup>b</sup>	3.0 <sup>c</sup>	-	5.1 <sup>ab</sup>	
	120	3.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	-	3.8 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>Pears were irradiated with <sup>60</sup>Co gamma rays at room temperature, or fumigated with methyl bromide (4 g/kg) for 4 hrs at 21°C.

<sup>2)</sup>Means in each column with different letters are significantly different at the 5% level.

나 배 과실의 검역해충 방제에 대한 연구가능성이 있는 것으로 판단되었다. 그리고 앞으로 감마선 조사법의 실용성을 증가시키기 위해서는 조사 처리시 선량 이외의 환경 조건들과 다른 방법들과의 병용 및 과실 자체의 생리적 특성에 대한 효과도 검토되어야 할 것으로 본다.

## 요 약

배(*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) 과실의 검역해충 사멸을 위하여 methyl bromide (MeBr) 훈증의 대체방안을 연구할 목적으로 감마선 조사의 적용가능성을 검토하였다. 배 과실에서 검역대상 해충으로 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)와 사과응애(*Panonychus ulmi* Koch)가 동정되었다. 이들 해충들은 MeBr 훈증에 의해 처리 1일 후 완전 박멸되었으나, 감마선 처리에 의해서는 지효성을 보이면서 조사선량

에 비례하여 사충률이 증가되었다. 과실의 호흡량은 조사선량의 증가와 MeBr 훈증에 의해 증가되었다. 과실의 과피 흑변과 과심 장해는 MeBr 처리에 의해 크게 촉진되었으며, 감마선 처리에서도 선량에 비례하여 촉진되었다. 과육경도와 표면색도는 MeBr의 영향 보다는 2 kGy 이상의 감마선 조사에 의해 과육의 연화와 표면색도의 변화가 나타났다. 적정산도는 3 kGy 조사에 의해 다소 낮았으며, 아세트알데히드 함량은 처리조건의 영향을 받지 않았으나, 에탄올 함량은 3 kGy 조사에 의해 증가되었다. 관능적 품질특성은 1 kGy 이상의 감마선 조사에 의해 유의적으로 저하되었다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Kwon, J.H., Chung, H.W. and Kwon, Y.J. : 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 (2000)
2. Mitchell, F.G. and Kader, A.A. : Postharvest treatments for insect control. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, Kader, A.A. (ed.), Publication 3311, Division of agriculture and natural resources, University of California, USA, p.161-165 (1992)
3. UNEP : *Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer*. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee, p.294 (1995)
4. Seo, S.T., Akamine, E.K., Goo, T.T.S., Harris, E.J. and Lee, C.Y.L. : Oriental and mediterranean fruit flies: fumigation of papaya, avocado, tomato, bell pepper, eggplant, and banana with phosphine. *J. Econ. Entomol.*, **72**, 354-359 (1979)
5. Hatton, T.T., Cubbedge, R.H., Windeguth, D.L. and Spalding, D.H. : Phosphine as a fumigant for grapefruit infested by caribbean fruit fly larvae. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **95**, 221-224 (1982)
6. Couey, M. : Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience*, **24**, 198-202 (1989)
7. Smith, K.J. and Lay-Yee, M. : Response of 'Royal Gala' apples to hot water treatment for insect control. *Postharvest Biol. Technol.*, **19**, 111-122 (2000)
8. Gould, W.P. and Sharp, J.L. : Cold-storage quarantine treatment for carambolas infested with the caribbean fruit fly (Dipera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, **83**, 458-460 (1990)
9. Benshoter, C.A. : Effects of modified atmospheres and refrigeration temperatures on survival of eggs and larvae of the Caribbean fruit fly (Dipera: Tephritidae) in laboratory diet. *J. Econ. Entomol.*, **80**, 1223-1225 (1987)
10. Delate, K.M., Brecht, J.K. and Coffelt, J.A. : Controlled atmosphere treatment for control of sweet potato weevil (*Coleoptera: Curculionidae*) in stored tropical sweet potatoes. *J. Econ. Entomol.*, **83**, 461-465 (1990)

11. Sommer, N.F. and Mitchell, F.G. : Gamma irradiation—a quarantine treatment for fresh fruits and vegetables. *HortScience*, **21**, 356–360 (1986)
12. Ignatowicz, S. and Brzostek, G. : Use of irradiation as a quarantine treatment for agricultural products infested by mites and insects. *Radiat. Phys. Chem.*, **35**, 263–267 (1990)
13. Kwon, J.H., Kim, S.J., Chung, H.W., Kwon, Y.J. and Byun, M.W. : Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide fumigation on disinfestation and physicochemical quality of acorn. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, **5**, 199–206 (1998)
14. Noh, M.J., Kwon, J.H., Kwon, Y.J., Huh, E.Y., Kwon, Y.S. and Byun, M.W. : Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide fumigation on disinfestation and physicochemical properties of mung bean. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **30**, 444–449 (2001)
15. IAEA : Roles of irradiation as a phytochemistry (quarantine) treatment of fresh fruits and vegetable. FAO/IAEA/WHO International Conference on Ensuring Safety and Quality of Food through Radiation Processing, Antalya, Turkey, 19–22 October 1999, *Food and Environmental Protection Newsletter*, **2**, 10–16 (1999)
16. Kader, A.A. : Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.*, **40**, 117–121 (1986)
17. ESKKSAE : *Check List of Insects from Korea*. The Entomological Society of Korea and Korean Society of Applied Entomology, Kon-Kuk Univ. Press, Seoul, p.744 (1994)
18. Chung, H.S. and Choi, J.U. : Production of ethylene and carbon dioxide in apples during CA storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, **6**, 153–160 (1999)
19. Lee, C.H., Chae, S.K., Lee, S.K. and Park, B.S. : *Quality Control in the Food Industry*. Yulimmoonwhasa, Seoul, p.98–160 (1982)
20. SAS : *SAS Users Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC. (1986)
21. IAEA : Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities. *Food and Environmental Protection Newsletter*, **2**, 9 (1999)
22. Massey, L.M., Robinson, W.B., Spaid, J.F., Splittstoesser, D.F., Van Buren, J.P. and Kertesz, Z.I. : Effect of gamma radiation upon cherries. *J. Food Sci.*, **30**, 759–765 (1965)
23. Uchiyama, Y. : Effect of gamma irradiation on sprout inhibition and its physiological mechanism of chestnuts. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **35**, 86–94 (1966)
24. Akamine, E.K. and Goo, T. : Respiration of gamma-irradiated fresh fruits. *J. Food Sci.*, **36**, 1074–1077 (1971)
25. Choi, S.J., Hong, Y.P. and Kim, Y.B. : Prestorage treatments to prevent fruit skin blackening during cold storage of Japanese pear ‘Shingo’ (‘Nuitaka’). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **36**, 218–223 (1995)
26. Kertesz, Z.I., Glegg, R.E., Boyle, F.P., Parsons, G.F. and Massey, L.M. : Effect of ionizing radiations on plant tissues. III. Softening and changes in pectins and cellulose of apples, carrots, and beets. *J. Food Sci.*, **29**, 40–48 (1964)
27. Lieberman, M. : Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **30**, 533–536 (1979)
28. Huber, D.J. : The role of cell wall hydrolases in softening fruit. *Hortic. Rev.*, **5**, 169–219 (1983)
29. Dauphin, J.F. and Saint-Lebe, L.R. : Radiation chemistry of carbohydrates. In *Radiation Chemistry of Major Food Components*, Elias, P.S. and Cohen, A.J. (eds.), Elsevier Scientific publishing Co., Amsterdam, p.131–186 (1977)

(2001년 10월 8일 접수; 2002년 1월 22일 채택)