



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2008年 2月
碩士學位論文

신고 배의 향기성분에 대한
선원별 방사선 조사의 영향

朝鮮大學校 大學院

食品營養學科

金 元

2
0
0
8
年
2
月

碩
士
學
位
論
文

申
告

배
의

향
기
성
분
에

대
한

선
원
별

방
사
선

조
사
의

영
향

金

元

신고 배의 향기성분에 대한 선원별 방사선 조사의 영향

Effect of gamma- and electron-beam irradiation on
flavor components in Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka)

2008年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

食品營養學科

金 元

신고 배의 향기성분에 대한
선원별 방사선 조사의 영향

指導教授 金 敬 洙

이 論文을 碩士學位 申請論文으로 提出함.

2007年 10月

朝鮮大學校 大學院

食品營養學科

金 元

金 元의 碩士學位論文을 認准함

委員長 韓國原子力研究院 인

委 員 朝鮮大學校 인

委 員 朝鮮大學校 인

2007年 11月

朝鮮大學校 大學院

목 차

<i>ABSTRACT</i>	vii
제 1 장 서 론	1
제 2 장 실험재료 및 방법	6
제 1 절 실험재료	6
1. 실험재료	6
2. 시약	6
3. 분석기기	7
제 2 절 실험방법	8
1. 휘발성 향기성분의 추출	8
2. 휘발성 향기성분의 분석기기 조건	10
가. GC/MS에 의한 휘발성 향기성분의 분석조건	10
나. 휘발성 화합물의 확인 및 정량	12
다. 머무름 지수(retention index)의 수립	12
3. 관능평가	13
제 3 장 결과 및 고찰	15
제 1 절 <i>n-Alkane</i> 의 머무름 지수	15
제 2 절 신고배의 휘발성 향기성분 분석	17

1. 신고배의 휘발성 향기성분	17
2. 신고배의 저장 중 향기성분 변화	21
제 3 절 전자선 조사된 신고배의 향미특성	26
1. 전자선 조사된 신고배의 휘발성 향기성분	26
2. 전자선 조사된 신고배의 저장 중 향기성분 변화	33
3. 전자선 조사된 신고배의 관능적 특성 평가	40
제 4 절 감마선 조사된 신고배의 향미특성	42
1. 감마선 조사된 신고배의 휘발성 향기성분	42
2. 감마선 조사된 신고배의 저장 중 향기성분 변화	49
3. 감마선 조사된 신고배의 관능적 특성 평가	56
제 5 절 선원별 조사된 신고배의 휘발성 향기성분 비교	58
제 4 장 요약	64
참고문헌	65

목 차

Table 1. Food Irradiation Applications	4
Table 2. GC/MS conditions for identification of volatile compounds	11
Table 3. Retention time of n-alkanes for gas chromatographic retention index	16
Table 4. Volatile flavor components identified in Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka)	19
Table 5. Changes of volatile flavor components identified in Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) after 30 days of storage at 4°C	23
Table 6. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) during storage at 4°C	25
Table 7. Comparison of volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam	29
Table 8. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam	31
Table 9. Changes of volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) electron beam after storage at 4°C for 30 days	35
Table 10. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam after 30 days of storage	39
Table 11. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam	40

Table 12. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam after storage at 4°C for 30 days	41
Table 13. Comparison of volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray	45
Table 14. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma- ray	47
Table 15. Changes of Volatile flavor components identified in irradiated Singo pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days	51
Table 16. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma- ray after storage at 4°C for 30 days	55
Table 17. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray	57
Table 18. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days	57
Table 19. Comparison of volatile flavor components identified in non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) at 1 kGy by gamma- ray and electron beam after storage at 4°C for 30 days ·	61

도 목 차

Figure 1. Diagram of simultaneous distillation and extraction (SDE) apparatus according to Likens and Nickerson	9
Figure 2. Scheme for analysis of volatile flavor components of non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka)	14
Figure 3. GC/MS chromatograms of n-alkane standard mixtures I and II ..	15
Figure 4. GC/MS chromatogram of volatile flavor components in Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka)	18
Figure 5. GC/MS chromatogram of volatile flavor components in Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) after storage at 4°C for 30 days	22
Figure 6. Photographs of irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam	27
Figure 7. GC/MS total ion chromatograms of the volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam at 1 kGy	28
Figure 8. Changes of C ₆ lipid peroxidation products in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam	32
Figure 9. GC/MS total ion chromatograms of the volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam at 1 kGy after storage at 4°C for 30 days	34
Figure 10. Changes of C ₆ lipid peroxidation products of in irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by electron beam after storage at 4°C for 30 days	38
Figure 11. Photographs of irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray	43

Figure 12. GC/MS total ion chromatograms of volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma- ray at 1 kGy	44
Figure 13. Changes of C ₆ lipid peroxidation products of in non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray	48
Figure 14. GC/MS total ion chromatograms of volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma- ray at 1 kGy after storage at 4°C for 30 days	50
Figure 15. Changes of C ₆ lipid peroxidation products in non- irradiated Shingo Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days	54
Figure 16. GC/MS chromatograms of volatile flavor components in non- and irradiated Shingo pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka) by gamma-ray and electron beam at 1 kGy	60

ABSTRACT

Effect of gamma-irradiation and electron beam irradiation on flavor components in Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka)

Kim, Won

Advisor: Prof. Kim, Kyong-Su, Ph.D

Department of Food and Nutrition

Graduate School of Chosun University

This study was performed to examine the effect of irradiation (gamma ray, electron ray) on volatile flavor components of Shingo pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) and to verify the change of volatile flavor components according to the storing period after irradiation. Volatile flavor components from pear were extracted using SDE apparatus and analyzed by GC/MS. Components of 46 were identified in control and 45, 44, 48 and 51 components were identified in irradiated samples by electron beam at 0.25, 0.5, 1 and 3 kGy, together with 46, 48, 53, 52 and 48 components in irradiated samples by gamma-ray at 0.25, 0.5, 1 and 3 kGy were identified, respectively. Hexanal, n-hexanal, (*E*)-hexanal were identified as major volatile flavor components of all samples, it was turned out to be C₆ compound. The characteristic volatile flavor components of irradiated pear by gamma-ray or electron beam were similar to those of control, and effects according to irradiation source were not difference. Also there was no sensible change on volatile flavor components in pear after storage at 4°C for 30 days. We evaluated the interrelation between irradiation (gamma ray or electron beam)

on the volatile flavor components which contribute to consumer receptivity. As a result of sensory evaluation, we could find out that the preference tends to be higher at a low level of radiation dose under 1 kGy, than control but there was no differ significantly. Therefore, treatment of irradiation by gamma-ray or electron beam at low level radiation dose under 1 kGy was considered as the effective method to improve extermination of vermin and the shelf-stability of pear without deterioration.

제 1 장 서 론

Pyrus 속에 속하는 배는 서늘한 온대지역에서 재배되며 배속식물은 동양계 중 남방형 일본배(*Pyrus pyrifolia* N.)와 북방형 중국배(*Pyrus ussuriensis* M.), 유럽계 서양배(*Pyrus communis* L.) 3종류로 분류된다(1). 우리나라에서 재배되고 있는 남방형 일본배는 기후적 특성 때문에 한국과 일본이 주 생산국가이며 우리나라는 기후상으로 천혜의 조건을 가지고 있어 북부내륙 및 중남부 산간고지대의 한냉지를 제외하고는 한반도 전역에서 재배가 가능하며 그 식미와 풍미는 세계적으로 독특하고 우수하며 독점적인 우위를 지니고 있어 해외수출이 가능한 농산물이다.

신고배는 일본에서 국지추용시가 天め川에 금춘추를 교배 육성하여 1929년에 명명한 품종으로 1930년대에 도입되었다(2). 신고배는 숙기가 9월 하순(남부)에서 10월 상순(중부)으로 중생종이며, 과중은 500 g 이상으로 대과종에 속하고, 과형은 편원형이다. 과피는 담황갈색이며 과육은 육질이 비교적 유연하고 과즙이 많으며 석세포는 중정도이고 당도는 11.4°Brix로 식미가 우수한 편이다. 배는 기침해소, 이뇨, 소화, 특히 변비에 좋으며 땀 흘린 뒤 해갈 및 숙취에 좋아 치료제로 이용되고 있다(3). 또한 생식용 이외에 통조림, 주스, 파이, 잼 등 다양하게 소비되고 있다.

1980년대 후반부터 배의 여러 품종 중 신고 품종의 기호도가 높아 수요가 증가되어 재배면적이 증가하고, 1990년대 후반 농산물 수입개방에 따른 대체 작목으로 인식되면서 재배면적이 급증하였다. 현재 국내 배의 주요 수출국은 미국, 대만이고, 인도네시아, 캐나다, 일본, 싱가포르 등 27개국으로 수출다변화하고 있으며, 2006년 전체 수출량은 16,300 톤이고, 미국이 전체 수출량의 88%로 8,340 톤을 차지하고 있다(4). 신고배는 우리나라 수출유망 농산물 중의 하나로서 국내외적으로 그 품질의 우수성이 인정되고 있으며 1986년부터 배의 수출이 개시된 이래 2006년 전체 수출량의 76%를 신고배의 품종이 차지하였다. 그러나 수출된 신고배의 약 23%가 병해충과로 불합격과로서 앞으로 국제화 시장 개방 등 국가 간의 교역이 증가됨에 따라 식물검역의 중요성은 크게 대두되고 있으며, 검역대상 해충이 존재할 경우 통관이 불허되거나 적절한 방제처리가 요구되어 유통·저장간의 문제해결과제로 남아 있다(4,5).

신선한 과일 및 채소류와 같은 농산물의 경우에는 해충 구제를 위한 화학훈증제(ethylene dibromide, methyl bromide, ethylene oxide, phosphine)나 말아억제제

(maleic hydrazide, propham, chloroprotham)등의 처리가 주로 사용되어 왔으나(6,7) 안전성, 처리 효과, 환경 공해 등의 측면에서 문제시 되어 대체소독방법이 국제적으로 요구되고 있다(8-10). 더욱이 methyl bromide(MB)는 Montreal 의정서 협약에서 오존층 파괴, 인체 유해성, 환경 공해성, 일부 품목의 품질변화 등으로 인해 국제적 사용이 규제되고 있다. 이러한 이유로 우리나라와 선진국은 이미 사용을 금지하고 있으며, 개발도상국은 2015년까지 그 사용이 불가능하게 될 전망이므로 이에 대한 대체방안이 요구되고 있다(8,11). 대체방안으로 저온처리, 열처리, 저농도 산소 및 고농도 이산화탄소 처리 등 물리적 방법과 생물학적 방법이 부분적으로 활용되고 있으나 처리시간이 길거나 효과가 불완전하고 피처리물의 품질저하와 생리적 장애를 유발시키는 등 여러 가지 문제점이 지적되고 있다(12). 따라서 처리 후 잔류독성이 없는 비약제 처리, 영양성분 파괴나 관능적 품질의 변화를 최소화 할 수 있는 비열처리특징을 지닌 방사선 조사방법이 연구되고 있다. 또한 MB의 대체기술을 확보하기 위해 구성된 Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC)에서는 물리·생물학적인 방법, 훈증제, 살충약제 등의 안전성과 기술적 타당성을 체계적으로 검토한 결과 농산물의 수확 후(post-harvest) 비약제(non-chemical) 처리 방안으로 방사선 조사기술의 사용을 적극 검토하고 있다(8,13).

방사선 조사기술(food irradiation)은 지난 반세기 이상 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진국(US FDA)의 주도로 과학적인 연구가 추진되었고, “평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적, 영양학적, 미생물학적으로도 문제가 되지 않고, 10 kGy 이상의 고선량 조사식품에서도 안전성과 건전성이 인정된다”고 하여 기술적 타당성과 안전성이 공식 인정된 기술이다(14-17). 미국 FDA 및 미 농무성(USDA)에서는 1 kGy 이하의 방사선 조사를 해충 검역처리 및 숙도 지연방법으로 승인하였고, 현재 일부 농산물(Hawaiian papaya)에 대하여 검역처리를 목적으로 방사선을 조사하고 미국 본토에 반입하여 Chicago 등지에서 성공리에 시판한 것으로 알려지고 있다. 지금까지 미국 농무부는 15종의 생과일과 채소류에 감마선 조사 처리를 허용하였으며, 육류에도 전면 허용하고 있다(18-20). 비교적 저선량의 방사선 조사(0.2~2.0 kGy)에 의해 신선 농산물의 검역해충 박멸은 물론 건조 농축수산물의 해충발생을 방지할 수 있다. 이러한 방사선 조사는 잔류성이 없고, 처리 공정이 간편하며 처리효과가 분명할 뿐만 아니라 경제적, 환경 친화적 및 무공해성인 장점이 있어 국내에서도 농산물의 검역처리기술로써 적극적 개발이 필요하다(13,14,19). 현재 52개국

에서 250여종의 식품에 대한 방사선 조사가 허가되어 있고, 속도지연, 해충구제, 미생물억제, 검역처리, 저장기간 연장, 발아억제 등을 목적으로 허가되어 있으며 현재 국내에서는 감자, 양파, 마늘, 밤, 된장, 고추장 및 건조향신료 등의 26여개 품목들에 대하여 0.15~10 kGy의 선량으로 감마선 조사만이 허가되어 있다(21).

선진 위생화 방법인 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point) system에서 인증할 수 있는 무공해 위생화 기술로 식품조사에 이용되는 방사선은 크게 방사성 동위원소(^{60}Co 과 ^{137}Cs)를 이용한 감마선과 전자선 가속기에서 발생하는 10 MeV이하의 전자(베타)선으로 나눌 수 있다. 이외에도 방사성 동위원소로부터 방출되는 알파선, 베타선, 원자로에서 만들 수 있는 중성자선, 기계적으로 발생하는 X선 등이 있다. 이 들 중 X선과 감마선은 매우 짧은 초단파장이고 높은 에너지를 갖는 전자파이나 X선은 진단용을 제외하고는 아직까지 효율성면에서 낮아 실제적인 이용에 한계가 있다.

전자선은 고전압 전자빔 가속기(high voltage electron beam accelerator)의 직류 고전압 발생회로를 이용하여 얻은 것으로 가속기에서 형성된 전자는 광속도에 가깝게 가속되며 물체와 수없이 충돌하면서 더 많은 양의 전자와 에너지를 내게 된다. 과거 전자선은 주로 비식품 분야에서 공업 목적으로 많이 사용되어 왔으나 살균, 살충 등의 효과가 확인되면서 식품의 조사에 필요한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 전자선 조사의 특징으로는 빠른 처리속도와 conveyor 시스템 및 cold treatment 시스템으로 효율적이기 때문에 햄버거 패티, 부분육(계육 포함), 해산물, 곡류, 분말식품 등 냉장/냉동이 필요한 식품에 효과적이다. 또한 에너지 발생이 전원에 의해 조절되는 공정제어, 신속·정확성, 에너지 효율성, 소비자 수용성 등의 측면에서 장점이 있으므로 선진국에서는 전자선 이용에 대한 연구개발이 활발히 추진되고 있다(22).

감마선 조사는 방사성동위원소(^{60}Co 과 ^{137}Cs)에서 방출되는 감마선이라는 에너지를 사용하며, 다른 전자파와 마찬가지로 감마선은 질량이 없고 전하를 띄지 않는다. 감마선이 물질내에서 에너지를 잃는 과정은 매우 느리게 일어나므로 모든 에너지를 물질에 부여하기까지 상당한 거리를 투과할 수 있다. 이러한 투과력은 제품을 포장한 상태로 연속처리 할 수 있으므로 살균 처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지

Table 1. Food Irradiation Applications

<i>Benefit</i>	<i>Dose (kGy)</i>	<i>Products</i>
<i>Low-dose (up to 1 kGy)</i>		
Inhibition of sprouting	0.05-0.15	Potatoes, onions, garlic, root ginger, yam etc.
Insect disinfestation and parasite disinfection	0.15-0.5	Cereals and pulses, fresh and dried fruits, dried fish and meat, fresh pork, etc.
Delay of physiological processes (e. g. ripening)	0.25-1.0	Fresh fruits and vegetables
<i>Medium-dose (1-10 kGy)</i>		
Extension of shelf-life	1.0-3.0	Fresh fish, strawberries, mushrooms etc.
Elimination of spoilage and pathogenic microorganisms	1.0-7.0	Fresh and frozen seafood, raw or frozen poultry and meat, etc.
Improving technological properties of food	2.0-7.0	Grapes (increasing juice yield), dehydrated vegetables (reduced cooking time), etc.
<i>High-dose (10-50 kGy)</i>		
Industrial sterilization (in combination with mild heat)	30-50	Meat, poultry, seafood, prepared foods, sterilized hospital diets.
Decontamination of certain food additives and ingredients	10-50	Spices, enzyme preparations, natural gum, etc.

(ICGFI, 1999)

할 수 있으며 제품의 품질은 상승이 없어(국제적으로 건전성이 허가된 10 kGy 조사시 물과 같은 열량을 가진 산물에서 약 2.4℃ 상승) 성분의 파괴를 최소화하고 냉장·냉동상태에서도 살균이 가능하다. 또한 화학훈증제나 보존제와 달리 유해성분의 생성이나 잔류성분이 남지 않는다는 장점과 처리시 환경조건의 영향을 받지 않는 특징이 있다(14,15).

살충 또는 검역을 위해 과일의 방사선 조사가 허용되고 있으며 Table 1과 같이 저선량 조사 1.0 kGy 이하로 규제되어 있다(23). 또한 Codex식품규격에는 식품에 이용될 수 있는 방사선 에너지원으로서 감마선(γ), 전자선(electron beam) 및 X-선을 허용하고 있다. 국내 식품법(식품공전)에는 식품조사에 이용되는 방사선 종류를 감마선으로 제한하고 있어 국내에서도 식품 특성 및 목적을 고려하여 감마선, 전자선, X-선 등의 다양한 방사선의 이용이 고려되어야 할 것이다.

신선 과실과 채소류에 대한 방사선조사의 효과는 신선물 자체의 생리적 변화와 품질에 미치는 영향을 바탕으로 공존하는 해충의 방제를 고려해야 한다. 방사선 조사에 따른 신선물의 생리적 변화로는 근채류의 발아억제, 경채류와 버섯류의 생장억제, 과실류의 성숙지연 등의 품질유지 측면에서 유익한 변화와 반대로 오히려 품질저하를 유발하는 여러 가지 노화현상을 촉진하는 경우가 있다(25). 이와같이 조사선량에 따라 극단적인 결과를 초래하는 경우가 있으므로 방사선 조사는 생물학적 효과를 거둘 수 있는 최적의 조사선량을 적용해야만 한다.

따라서 본 연구에서는 병해충제거 및 발아억제의 최적의 방법으로서 이용할 수 있는 방사선(전자선, 감마선) 조사에 의하여 관능적 특징이 중요한 과일 flavor에 미치는 영향을 확인하였다. 다소비 신고배의 향기성분을 파악하고 방사선 조사 후 저장기간 동안 변화를 비교하였으며, 또한 관능평가를 실시하여 선원별, 선량별에 따라 전체기호도 등을 비교하였다.

제 2 장 재료 및 방법

제 1 절 실험재료

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 신고배(*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka)는 나주시 봉황면 재배 단지에서 구매하여 직접 외관이 건전한 대과만을 선별하여 사용하였다. 시료의 감마선 조사는 ^{60}Co 감마선 조사시설(IR-79, Nordion Intranational Ltd, Ontario, Canada)을 이용하여 실온($20\pm 1^\circ\text{C}$)에서 분당 70 Gy의 선량률로 흡수선량이 각각 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy가 되도록 실시하였으며, 흡수선량의 확인은 Ceric cerus dosimeter(Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다. 전자선 조사는 Electron-beam Accelerator(Model ELV-4, 2.5 MeV, EB-Tech)를 이용하여 Beam Current 0.47 mA(0.25 kGy), 1.3 mA(0.5 kGy), 2.96 mA(1 kGy) 및 3.7 mA(3 kGy), Velocity 20 m/min(0.25, 0.5, 1 kGy) 및 10 m/min(3 kGy) 선량률로 조사하였으며 흡수선량이 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy가 되도록 양면 조사하였다. 이때의 흡수선량은 Cellulose triacetate(CTA) dosimeter로 확인하였다. 감마선 및 전자선 조사 후 4°C , 85% 상대습도가 유지되는 저온 저장고에 보관하여 실험에 사용하였다.

2. 시약

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약으로 미국 Sigma사와 Fisher Scientific (USA)사로부터 구입하였으며, 추출 및 chromatography에 사용한 유기용매는 HPLC grade로 구입하여, 이를 다시 wire spiral packed double distilling(Normschliff Gerätebau, Germany) 장치로 재증류한 것을 사용하였다. 물은 순수재증류장치(Millipore corporation, Bedford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였다. 유기용매의 탈수에 사용된 무수 Na_2SO_4 는 650°C 회화로에서 하룻밤 태운 뒤 desiccator에서 방냉한 후 사용하였다.

3. 분석기기

- 가. 방사선 조사 장치 : Cobalt-60 γ -irradiator
(at the Korea Atomic Energy Research Institute)
Electron -beam Accelerator (EB-Tech Co., Ltd)
- 나. 유기용매증류장치 : Wire spiral packed double distilling apparatus
(Normschliff Geratebau, Germany)
- 다. Blender : Multi mixer (Braun MR 550 CA, Braun, Spain)
- 라. pH meter : pH/ION meter (Pinnacle 530P, Nova Analytics Corporation,
woburn, USA)
- 마. 연속증류추출장치 : Likens & Nickerson type simultaneous steam
distillation & extraction apparatus, (SDE, Normschliff, Wertheim,
Germany)
- 바. 농축 column : Vigreux column (250 ml Normschliff, Wertheim, Germany)
- 사. Gas chromatograph/mass spectrometer : Shimadzu GC/MS QP-5000 equipped
with mass spectrum library WILEY 139, NIST 62, NIST 12
(Shimadzu, Japan)
- 아. Capillary column : DB-Wax (60 m \times 0.25 mm i.d., 0.25 μ m film thickness,
J&W, USA)

제 2 절 실험방법

1. 휘발성 향기성분의 추출

시료 500 g과 Milli Q water 1 L를 혼합하여 Waring blender로 1분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 조정하고 이를 휘발성 향기성분의 추출용 시료로 사용하였다.

휘발성 향기성분의 추출은 Schultz 등(27)의 방법에 따라 개량된 연속수증기증류 추출장치(SDE)(28)에서 재증류한 n-pentane과 diethylether의 혼합용매(1:1, v/v) 200 ml를 사용하여 상압 하에서 2시간 동안 추출하였다. 정량분석을 위해 내부표준물질로서 n-butylbenzene 0.2 μ L를 추출용 시료에 첨가하였다. 추출 후 추출용매에 무수 Na₂SO₄를 첨가하여 하룻밤 동안 방치하여 수분을 제거하였다(Fig 1).

향기성분의 유기용매 분획구는 Vigreux column을 사용하여 약 2 ml까지 농축한 후 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류 하에서 0.5 ml까지 농축하여 GC/MS의 분석 시료로 하였다.

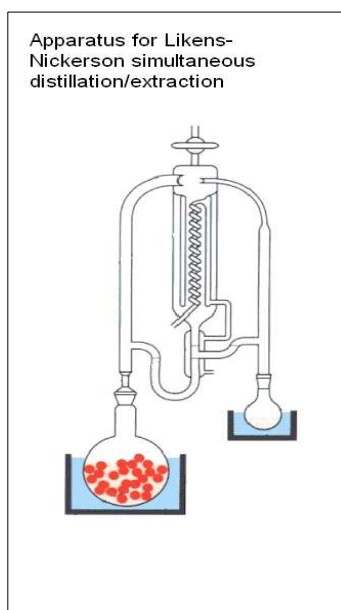


Figure 1. Diagram of simultaneous distillation and extraction (SDE) apparatus according to Likens and Nickerson.

2. 휘발성 향기성분의 분석기기 조건

가. GC/MS에 의한 휘발성 향기성분의 분석조건

휘발성 향기성분의 질량분석을 위해 GC/MS는 Shimadzu gas chromatograph/mass spectrometer QP-5000을 사용하였으며, 시료의 이온화는 electron impact ionization(EI)방법으로 행하였다. GC/MS 분석조건은 ionization voltage를 70 eV로 하였고, injector와 ion source의 온도는 각각 250°C, 230°C이며, 또한 분석할 분자량의 범위(m/z)는 40-350으로 설정하였다. Column은 DB-Wax(60 m × 0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, J&W, USA)를 사용하였고, 온도 프로그램은 40°C에서 3분간 유지한 다음 2°C/min의 속도로 150°C까지 다시 4°C/min의 속도로 200°C까지 상승시킨 후 20분간 유지한 다음 다시 5°C/min의 속도로 230°C까지 상승시킨 후 5분간 유지하도록 설정하였다. Carrier gas는 helium을 사용하여 유속이 1.0 ml/min가 되게 하였으며, 시료는 1 μL를 splitless으로 주입하였다(Table 2).

Table 2. GC/MS conditions for identification of volatile compounds

GC/MS	Shimadzu GC/MS QP-5000
Column	DB-Wax(60 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm film thickness, J&W)
Carrier gas	Helium(1.0 ml/min)
Temp. program	40 °C (3min)–2 °C /min–150 °C –4 °C /min–200 °C (20min)–5 °C /min–230 °C (5 min)
Injector	250 °C, splitless
Ion source and interface temp.	230 °C
Ionization	Electron impact ionization(EI)
Ionization voltage	70 eV
Mass range(m/z)	40~350
Injection volume	1 μL

나. 휘발성 향기성분의 확인 및 정량

GC/MS에 의해 Total Ionization Chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(WILEY 139, NIST 62와 NIST 12)와 mass spectral data book의 spectrum(31)과의 일치 및 GC-FID 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index(32-34)와의 일치, 그리고 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다.

정량을 위하여 향기성분 추출 시 내부표준물질로 첨가된 n-butyl benzene과 동정된 향기성분의 peak area를 이용하여 시료 1 kg에 함유된 휘발성 향기성분을 상대적으로 정량하였다.

$$\text{Component Content (mg/kg)} = \frac{C \times 1000}{A \times B} \times 0.2$$

- A : 각 시료에서 internal standard의 peak area
- B : 시료의 양(g)
- C : 각 시료에서 각 성분의 peak area

다. 머무름 지수(*retention index*)의 수립

머무름 지표의 합리적인 표시법으로써 Kovats(29)가 제안한 머무름 지수(*retention index* or Kovats index, RI)는 직쇄 알칸을 기준으로 하여 머무름 시간을 등간격으로 표시한 것이다.

머무름 지수는 chromatogram으로부터 용질을 확인하기 위하여 사용된 parameter로서 어떤 한 용질의 머무름 지수는 혼합물의 chromatogram 위에서 그 용질의 머무름 시간의 앞과 뒤에 나타나는 두 개의 직쇄 알칸의 머무름 시간으로부터 구할 수 있다.

$$RI_i = 100 Z + 100 \left\{ \frac{\text{Log } V_{R(i)} - \text{Log } V_{R(Z)}}{\text{Log } V_{R(Z+1)} - \text{Log } V_{R(Z)}} \right\}$$

- RI_i : 화합물 i 의 retention index
- $V_{R(i)}, V_{R(Z)}, V_{R(Z+1)}$: 화합물 i , 탄소수가 각각 $Z, Z+1$ 인 직쇄 알칸의 각 공간보정 시간($V_{R(Z)} \leq V_{R(Z+1)}$)

정의에 의하면, 직쇄 alkane의 머무름 지수는 column 충전제, 분리온도 및 다른 chromatography 조건과 무관하게 그 화합물에 들어 있는 탄소 수의 100배와 같은 값을 갖는다. 따라서 n-alkane은 어느 분석 column에서도 항상 $CH_4(RI=100)$, $C_2H_6(RI=200) \cdots C_nH_{2n+2}(RI=100n)$ 이라는 표준지표를 나타낸다(30).

머무름 지표를 구하기 위하여 두 가지의 혼합물 즉, mixture I ($C_7 \sim C_{17}$), mixture II ($C_{13} \sim C_{23}$)의 n-alkane 표준물질들 희석하여 혼합액으로 조제하였다. 조제된 혼합액 1 μ L를 확립된 최적 분석조건(Table 2)에서 GC-MS 분석하였다. GC chromatogram에서 확인된 n-alkane 표준물질의 머무름 시간(retention time, RT)을 이용하여 작성된 basic program에 분석된 각 peak의 머무름 시간을 대입하여 각 peak의 RI를 수립하였다.

3. 관능평가

관능검사는 조선대학교 식품영양학과 대학(원)생 15명을 대상으로, 시료의 검사방법, 평가할 특성과 항목 등에 대하여 충분히 인지하도록 훈련시킨 후 검사에 참여하도록 하였다. 신고배의 색, 향, 조직감, 산도, 단맛 및 종합적 기호도의 6가지 특성에 대하여 9점 척도법으로 조사하였다. 기호도는 “가장 좋다(like extremely)”를 9점으로, “가장 싫다(dislike extremely)”를 1점으로 평가하였다(35). 결과는 SPSS 통계 프로그램의 analysis of variance(ANOVA)와 Duncan's multiple range test(DMRT)를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

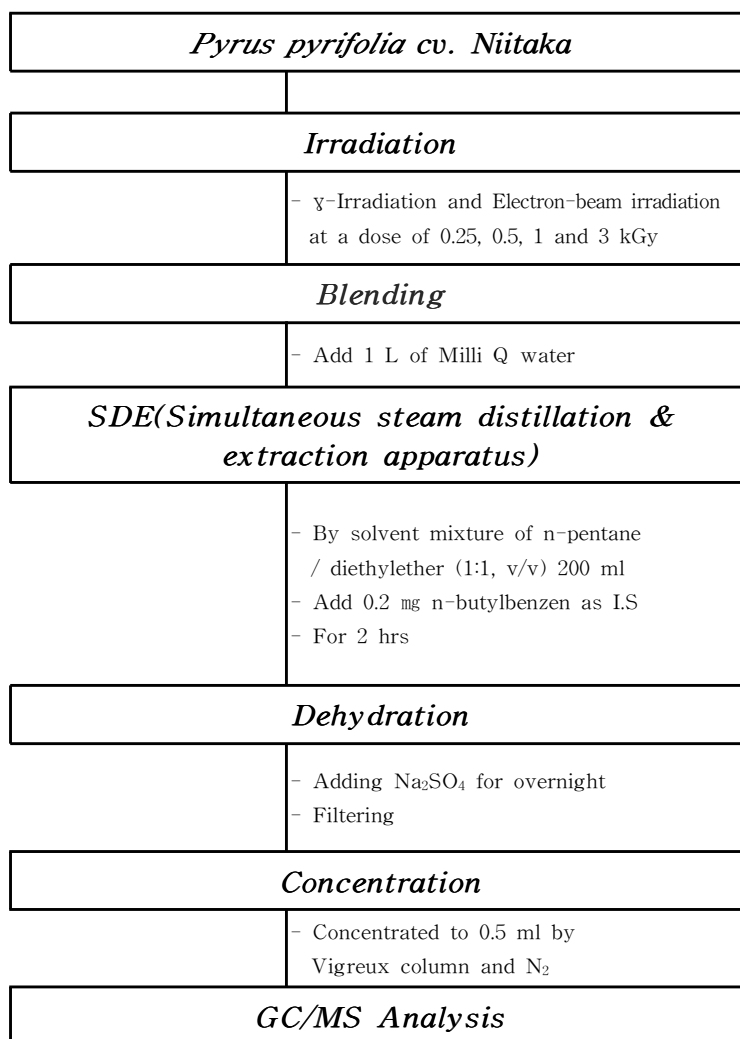


Figure 2. Scheme for analysis of volatile flavor components of non- and irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka).

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 *n*-Alkane의 머무름 지수

머무름 지수의 수립을 위하여 *n*-alkane 표준물질을 GC/MS로 분석하여 머무름 시간을 구하였다. *n*-Alkane 표준물질 mixture I 과 II를 DB-wax capillary column을 이용하여 분석한 chromatogram을 Fig 3에 나타내었고 각각의 탄소수에 해당되는 retention time(Table 3)을 RI 수립을 위한 basic program에 입력하여 분리된 각 peak의 RI를 구하였다.

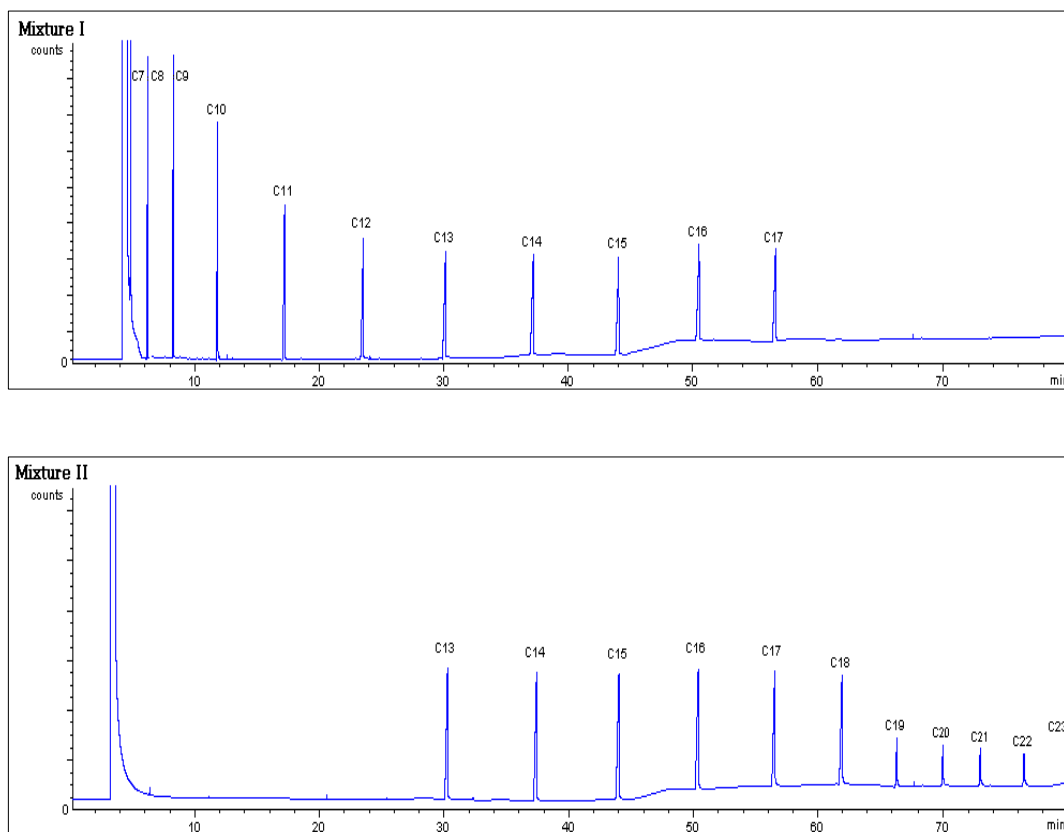


Figure 3. GC/MS chromatograms of *n*-alkane standard mixtures I and II.

Table 3. Retention time of n-alkanes for gas chromatographic retention index

<i>n-Alkane</i>	<i>Name</i>	<i>Retention time</i>
C ₇ H ₁₆	n-Heptane	5.153
C ₈ H ₁₈	n-Octane	6.141
C ₉ H ₂₀	n-Nonane	8.194
C ₁₀ H ₂₂	n-Decane	11.828
C ₁₁ H ₂₄	n-Undecane	17.136
C ₁₂ H ₂₆	n-Dodecane	23.570
C ₁₃ H ₂₈	n-Tridecane	30.446
C ₁₄ H ₃₀	n-Tetradecane	37.341
C ₁₅ H ₃₂	n-Pentadecane	44.079
C ₁₆ H ₃₄	n-Hexadecane	50.509
C ₁₇ H ₃₆	n-Heptadecane	56.629
C ₁₈ H ₃₈	n-Octadecane	62.005
C ₁₉ H ₄₀	n-Nonadecane	66.439
C ₂₀ H ₄₂	n-Eicosane	70.156
C ₂₁ H ₄₄	n-Heneicosane	73.446
C ₂₂ H ₄₆	n-Docosane	76.548
C ₂₃ H ₄₈	n-Tricosane	79.183

제 2 절 신고배의 휘발성 향기성분 분석

1. 신고배의 휘발성 향기성분

신고배의 향기성분을 SDE법으로 추출하여 GC/MS로 분리 동정하였다. 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 4에 나타내었고, 확인된 휘발성 향기성분의 조성과 함량을 Table 4에 나타내었다.

신고배로부터 총 1.109 mg/kg의 휘발성 향기성분을 회수하였으며, 동정된 성분은 총 46종으로 aldehyde류와 alcohol류가 각각 11종, keton류가 6종, 황화합물이 4종, ester류와 furan류가 각각 3종, 질소화합물이 2종, 그리고 기타화합물이 7종의 순으로 확인되었다. 신고배의 향기성분에 기여하는 관능기별로 확인된 성분들의 총 peak area는 aldehyde류가 46.489%, alcohol류 34.942%, 질소화합물이 5.031%, ester류가 3.795%, ketone류가 2.348%, furan류가 1.920%, 황화합물이 0.814%, 기타화합물이 4.661% 순으로 나타났다.

동정된 물질들 중에서 hexanal, n-hexanol과 (*E*)-2-hexenal이 각각 전체의 34.181, 24.683 및 9.223%로 대부분을 차지하였으며, pyridine, (*Z*)-3-hexenol, ethyl acetate 이 각각 4.906, 4.744, 3.612%로 상당량 확인되었다. 이 외에 2-acetyl thiazole, ethanol, furfural, acetic acid, 1-phenyl-1-butanol, 2-pentyl furan, hexanoic acid가 확인되었다.

신고배에서 분리 동정된 향기성분 중 hexanal, n-hexanol, (*E*)-2-hexenal, (*Z*)-3-hexenol, (*Z*)-3-hexenal과 같은 C₆ 화합물은 풀냄새(green note)로 특징지어지는 향기성분으로 시료를 분쇄하는 과정 중 세포벽의 파괴로 유리되어 분해, 생성된 화합물이다(36-38). 여러 종류의 식물의 잎이나 과일 등 정유성분에 주로 함유되어 있으며 바나나(39), 사과(40), 포도(40), 복숭아(41), 자두(42), 및 녹차(43), 토마토(44), 셀러리(45) 등 거의 모든 과일과 채소의 향기성분으로 확인된 바 있다.

배의 독특한 향기성분으로 특징지어 pear oil(pear ester)로 불리며(46), 재래품종의 배와 서양배의 독특한 향기성분(47)이나 개량종인 신고배에서 ester류는 소량 검출되어 배의 향기 특징 면에서 차이점을 보여주었다. Hexanal과 2-hexenal만이 Bartlett 배 향기성분 조성에서 발견된 Suwanagul과 Richardson(48)의 보고와 다르

게 다량의 여러 종류의 aldehyde를 확인하였다. 이는 시료 전처리와 추출방법의 차이점에서 기인하는 것으로, aldehyde류는 앞의 연구자에 의해 이용된 dynamic headspace trapping 방법보다 가열처리 되거나 solvent 추출에서 다량 존재하는 것으로 보고되어왔다(49).

기타 휘발성 향기성분으로는 furfural 0.017 mg/kg 동정되었으며, furfural은 코코넛 향(coconut-like)(50), 살구퓨레로 만든 잼과 같은 열처리 과일에서도 확인되고 있는 성분들이며, 참기름의 휘발성 향기조성에도 기여하는 화합물이다(51). 대부분 카라멜화 반응으로 생성되는 furan 화합물(52)은 향료에 주로 쓰이는 발사믹 향의 2-acetyl furan을 비롯하여 2-ethyl furan, 2-pentyl furan이 확인 되었으며 그 함량은 0.003 mg/kg, 0.003 mg/kg, 0.015 mg/kg으로 동정되었다. 이는 시료의 연속수증기증류추출법에 기인하는 것으로 사료된다. Aldehyde류 중 benzaldehyde는 0.001 mg/kg으로 동정 되었고 이는 체리, 살구 및 복숭아 등에서 달콤한 향기(54)를 나타내는 물질로 알려져 있으며, 아몬드향(almond-like)(50)을 나타내는 성분으로도 알려져 있다.

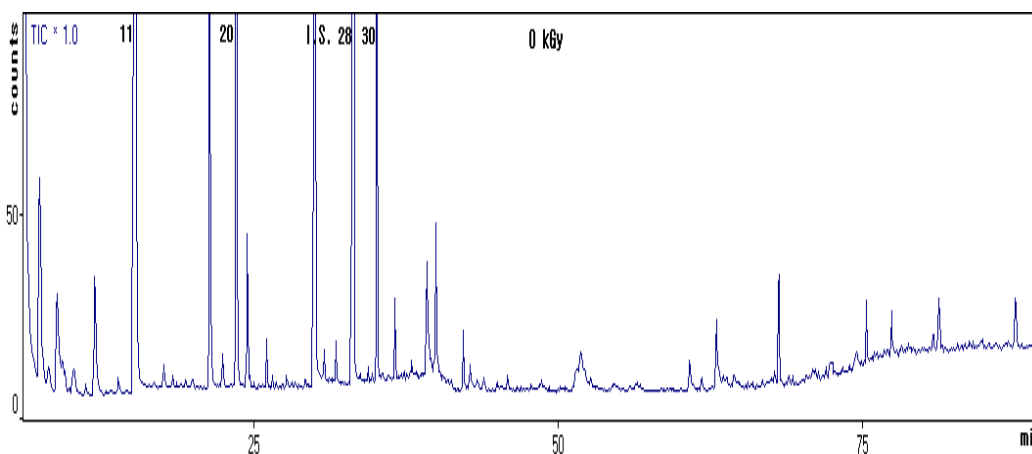


Figure. 4. GC/MS chromatogram of volatile flavor components in Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka).

Table 4. Volatile flavor components identified in Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka)

Peak No.	R.T. ¹⁾	R.I. ²⁾	Compound Name	M.F. ³⁾	F.W. ⁴⁾	mg/kg	Area%
1	7.388	862	Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	88	0.040	3.612
2	8.058	891	2-Methyl butanal	C ₅ H ₁₀ O	86	0.001	0.123
3	8.162	895	3-Methyl butanal	C ₅ H ₁₀ O	86	0.003	0.226
4	8.852	921	Ethanol	C ₂ H ₆ O	46	0.019	1.676
5	9.279	937	2-Ethyl furan	C ₆ H ₈ O	96	0.005	0.432
6	9.493	944	2,3-Dimethyl octane	C ₁₀ H ₂₂	142	0.002	0.198
7	10.229	968	2-Pentanone	C ₅ H ₁₀ O	86	0.007	0.646
8	11.178	997	Decane	C ₁₀ H ₂₂	142	0.001	0.088
9	13.873	1055	2,3-Pentanedione	C ₅ H ₈ O ₂	100	0.002	0.180
10	14.629	1069	Dimethyl disulfide	C ₂ H ₆ S ₂	94	0.001	0.074
11	15.244	1080	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	100	0.379	34.181
12	16.571	1103	3-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	t ⁵⁾	0.018
13	17.626	1122	2-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	0.003	0.281
14	18.34	1134	(<i>Z</i>)-3-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.001	0.090
15	18.608	1138	2-Methyl-2-pentenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.001	0.060
16	18.795	1141	Butanol	C ₄ H ₁₀ O	74	t	0.014
17	19.981	1160	Ethyl 2-butenolate	C ₆ H ₁₀ O ₂	114	0.001	0.088
18	21.359	1181	Pyridine	C ₅ H ₅ N	79	0.054	4.906
19	22.452	1196	(<i>Z</i>)-2-Hexenal	C ₆ H ₁₂	100	0.004	0.331
20	23.572	1213	(<i>E</i>)-2-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.102	9.223
21	24.479	1228	2-Pentyl furan	C ₉ H ₁₄ O	138	0.014	1.248
22	24.681	1231	Ethyl hexanoate	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	0.001	0.095
23	26.04	1252	Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	0.005	0.471
24	26.571	1260	Dihydro-2-methyl-3-furanone	C ₅ H ₈ O ₂	100	0.001	0.098
25	26.742	1262	Methyl pyrazine	C ₅ H ₆ N ₂	94	0.001	0.126

¹⁾Retention time, ²⁾Retention index, ³⁾Molecule formula, ⁴⁾Formula weight, ⁵⁾Trace.

Table 4. Continued

<i>Peak No.</i>	<i>R.T.¹⁾</i>	<i>R.I.²⁾</i>	<i>Compound Name</i>	<i>M.F.³⁾</i>	<i>F.W.⁴⁾</i>	<i>mg/kg</i>	<i>Area%</i>
<i>I.S.⁶⁾</i>	30.037	1308	<i>Butyl benzene</i>	C ₁₀ H ₁₄	134	-	-
26	30.806	1320	(<i>E</i>)-2-Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	112	0.005	0.438
27	31.763	1335	6-Methyl-5-heptene-2-one	C ₈ H ₁₄ O	126	0.004	0.348
28	33.201	1356	Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	102	0.274	24.683
29	34.413	1373	Dimethyl trisulfide	C ₂ H ₆ S ₃	126	0.001	0.106
30	35.145	1383	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100	0.053	4.744
31	36.625	1404	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100	0.008	0.698
32	37.996	1427	(<i>E</i>)-2-Octenal	C ₈ H ₁₄ O	126	0.002	0.177
33	39.252	1447	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	60	0.015	1.353
34	39.443	1450	3-Methyl thiopropanal	C ₄ H ₈ OS	104	0.005	0.470
35	39.987	1458	Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	94	0.017	1.516
36	42.246	1492	2-Ethyl hexanol	C ₈ H ₁₈ O	130	0.006	0.525
37	42.818	1500	2-Acetyl furan	C ₆ H ₆ O ₂	110	0.003	0.240
38	43.929	1518	Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	106	0.001	0.124
39	45.882	1548	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154	t ⁵⁾	0.015
40	51.367	1633	2-Acetyl thiazole	C ₅ H ₅ NOS	127	0.021	1.877
41	56.497	1718	3-Methylthiophene-2-aldehyde	C ₆ H ₆ OS	126	0.002	0.163
42	60.856	1796	1-Phenyl-1-butanone	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	148	0.005	0.422
43	63.068	1845	Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	0.010	0.931
44	67.775	1959	Benzothiazole	C ₇ H ₅ NS	135	0.002	0.198
45	68.193	1971	1-Phenyl-1-butanol	C ₁₀ H ₁₄ O	150	0.014	1.266
46	75.423	2197	2- <i>tert</i> -Butylphenol	C ₁₀ H ₁₄ O	150	0.006	0.566
47	81.368	2385	γ -Dodecalactone	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198	0.007	0.653
Total						1.109	100

¹⁾Retention time, ²⁾Retention index, ³⁾Molecule formula, ⁴⁾Formula weight, ⁵⁾Trace, ⁶⁾Internal standard.

2. 신고배의 저장 중 향기성분 변화

신고배는 저장 중에 여러 형태의 과피 장애현상이 나타나는데 대표적인 장애현상으로 과피흑변, 얼룩과, 탈피과를 들 수 있다. Hong 등(55)과 Hong과 Kim(56)에 의하면 저온 저장의 경우 약 6개월가량 상품성이 유지되며 controlled atmospheres (CA) 저장의 경우 O₂ 1%, CO₂ 1% 조건에서 8개월 정도 상품성이 유지되는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 4℃의 저온 저장 중 이러한 과피 장애현상을 볼 수 없었으며 홍 등(55,56)에 의한 결과와 일치함을 확인 할 수 있었다. 저장기간에 따른 해충 및 과피 장애현상에 대한 많은 연구들이 이루어졌으나 일정기간 저장한 후 향기성분에 대한 연구는 보고된 바 없으므로 본 연구에서는 저장기간의 향기성분 변화에 대해 살펴보았다.

신고배의 향기성분을 SDE법으로 추출하여 GC/MS로 분리 동정하였으며, 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 5에 나타내었고, 확인된 휘발성 향기성분의 조성과 함량, 관능기에 따른 상대적 비율은 Table 5와 Table 6에 나타내었다.

저장기간 30일 동안 신고배로부터 총 1.059 mg/kg의 휘발성 향기성분을 회수하였으며, 동정된 성분은 총 52종으로 aldehyde류 13종, alcohol류 12종, ketone류 6종 ester류 5종, 황화합물 4종, furan류 및 질소화합물 각각 3종, 그리고 기타화합물 6종의 순으로 확인되었다. 신고배의 향기성분에 기여하는 관능기별로 확인된 성분의 총 함량은 aldehyde류가 59.564%, alcohol류 16.488%, 질소화합물 9.389%, ketone류 4.920%, furan류 1.933%, 황화합물 1.703% 그리고 기타화합물이 0.027 mg/kg으로 동정되었다.

저장 전과 후 신고배의 총 휘발성 향기성분의 함량은 각각 1.109, 1.059 mg/kg으로 약간 감소하였으나 비슷한 수준이었다. 관능기별로는 aldehyde류의 함량이 46.489%에서 59.564%으로 약간 증가한 것으로 나타났으며, Nanos 등(57)도 배의 성숙과 연화가 진행되는 과정 중에 aldehyde가 증가함을 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

시료의 분쇄과정 중 효소 불활성화 처리를 하지 않았기 때문에 풀내음(green note)으로 특징지어지는 고농도 C₆ lipid peroxidation product인 hexanal, (*E*)-2-hexenal, n-hexanol의 함량이 각각 0.379, 0.102, 0.274 mg/kg으로 확인되었고, 저장기간 동안 hexanal 및 (*E*)-2-hexenal은 미량 증가하였다. Alcohol류인 n-hexanol의

함량은 0.274 mg/kg이었으나 저장 후 0.087 mg/kg으로 약간 감소하였다.

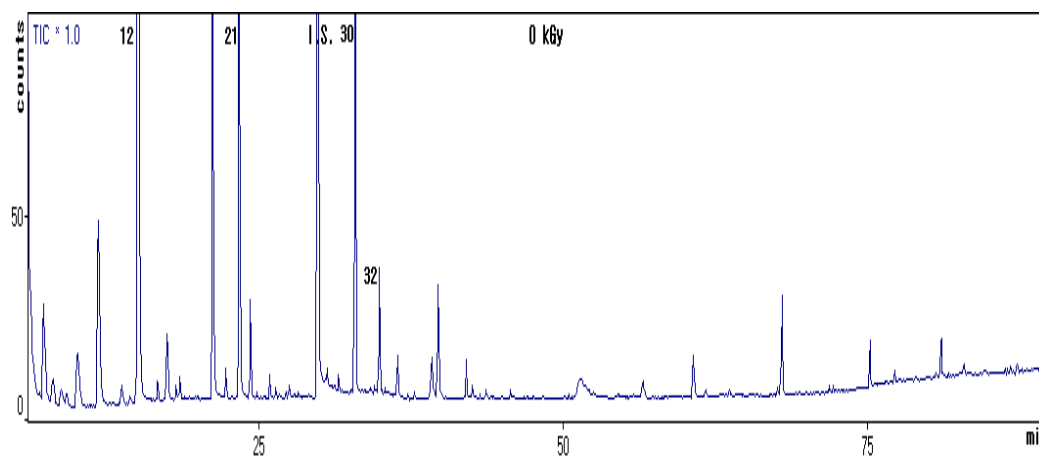


Figure. 5. GC/MS chromatogram of volatile flavor components in Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) after storage at 4°C for 30 days.

Table 5. Changes of volatile flavor components identified in Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) after 30 days of storage at 4°C

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound Name	M.F. ²⁾	F.W. ³⁾	0 day		30 day	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
1	862	Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	88	0.040	3.612	0.033	3.137
2	891	2-Methyl butanal	C ₅ H ₁₀ O	86	0.001	0.123	0.003	0.290
3	895	3-Methyl butanal	C ₅ H ₁₀ O	86	0.003	0.226	0.005	0.441
4	921	Ethanol	C ₂ H ₆ O	46	0.019	1.676	0.004	0.380
5	937	2-Ethyl furan	C ₆ H ₈ O	96	0.005	0.432	0.003	0.238
6	944	2,3-Dimethyl octane	C ₁₀ H ₂₂	142	0.002	0.198	t	0.013
7	968	2-Pentanone	C ₅ H ₁₀ O	86	0.007	0.646	0.024	2.274
8	997	Decane	C ₁₀ H ₂₂	142	0.001	0.088	-	-
9	1035	Ethyl butanoate	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	-	-	0.001	0.067
10	1055	2,3-Pentanedione	C ₅ H ₈ O ₂	100	0.002	0.180	0.004	0.382
11	1069	Dimethyl disulfide	C ₂ H ₆ S ₂	94	0.001	0.074	0.002	0.157
12	1080	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	100	0.379	34.181	0.413	38.990
13	1103	3-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	t ⁴⁾	0.018	0.004	0.335
14	1122	2-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	0.003	0.281	0.015	1.410
15	1134	(<i>Z</i>)-3-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.001	0.090	0.003	0.247
16	1138	2-Methyl-2-pentenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.001	0.060	0.004	0.387
17	1141	Butanol	C ₄ H ₁₀ O	74	t	0.014	t	0.028
18	1160	Ethyl 2-butenate	C ₆ H ₁₀ O ₂	114	0.001	0.088	t	0.038
19	1181	Pyridine	C ₅ H ₅ N	79	0.054	4.906	0.097	9.196
20	1196	(<i>Z</i>)-2-Hexenal	C ₆ H ₁₂	100	0.004	0.331	0.006	0.550
21	1213	(<i>E</i>)-2-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.102	9.223	0.164	15.448
22	1228	2-Pentyl furan	C ₉ H ₁₄ O	138	0.014	1.248	0.015	1.428
23	1231	Ethyl hexanoate	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	0.001	0.095	0.001	0.098

¹⁾Retention index, ²⁾Molecule formula, ³⁾Formula weight, ⁴⁾Trace.

Table 5. Continued

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound Name	M.F. ²⁾	F.W. ³⁾	0 days		30 days	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
24	1252	Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	0.005	0.471	0.005	0.478
25	1260	Dihydro-2-methyl-3-furanone	C ₅ H ₈ O ₂	100	0.001	0.098	0.002	0.193
26	1262	Methyl pyrazine	C ₅ H ₆ N ₂	94	0.001	0.126	0.001	0.130
27	1272	Hexyl acetate	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	-	-	0.001	0.111
<i>I.S.⁴⁾</i>	1308	<i>Butyl benzene</i>	C ₁₀ H ₁₄	134	-	-	-	-
28	1320	(<i>E</i>)-2-Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	112	0.005	0.438	0.005	0.442
29	1335	6-Methyl-5-heptene-2-one	C ₈ H ₁₄ O	126	0.004	0.348	0.002	0.199
30	1356	Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	102	0.274	24.683	0.087	8.240
31	1373	Dimethyl trisulfide	C ₂ H ₆ S ₃	126	0.001	0.106	0.001	0.101
32	1383	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100	0.053	4.744	0.020	1.856
33	1404	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100	0.008	0.698	0.007	0.688
34	1427	(<i>E</i>)-2-Octenal	C ₈ H ₁₄ O	126	0.002	0.177	0.002	0.151
35	1447	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	60	0.015	1.353	0.005	0.434
36	1450	3-Methyl thiopropanal	C ₄ H ₈ OS	104	0.005	0.470	0.008	0.772
37	1458	Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	94	0.017	1.516	0.023	2.151
38	1492	2-Ethyl hexanol	C ₈ H ₁₈ O	130	0.006	0.525	0.006	0.570
39	1500	2-Acetyl furan	C ₆ H ₆ O ₂	110	0.003	0.240	0.003	0.266
40	1518	Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	106	0.001	0.124	0.003	0.270
41	1536	(<i>Z</i>)-2-Decenal	C ₁₀ H ₁₈ O	154	-	-	t ⁵⁾	0.014
42	1548	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154	-	0.015	0.001	0.140
43	1566	3-Methylpyrrole	C ₅ H ₇ N	81	-	-	0.001	0.063
44	1633	2-Acetyl thiazole	C ₅ H ₅ NOS	127	0.021	1.877	0.019	1.756
45	1718	3-Methylthiophene-2-aldehyde	C ₆ H ₆ OS	126	0.002	0.163	0.007	0.674
46	1796	1-Phenyl-1-butanone	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	148	0.005	0.422	0.013	1.181

¹⁾Retention index, ²⁾Molecule formula, ³⁾Formula weight, ⁴⁾Internal standard, ⁵⁾Trace.

Table 5. Continued

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound Name	M.F. ²⁾	F.W. ³⁾	0 day		30 day	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
47	1811	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	C ₁₀ H ₁₆ O	152	-	-	0.002	0.182
48	1845	Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	0.010	0.931	0.001	0.060
49	1874	4,7-Dimethyl-4-octanol	C ₁₀ H ₂₂ O	158	-	-	t ⁴⁾	0.021
50	1959	Benzothiazole	C ₇ H ₅ NS	135	0.002	0.198	0.002	0.150
51	1971	1-Phenyl-1-butanol	C ₁₀ H ₁₄ O	150	0.014	1.266	0.019	1.839
52	2197	2- <i>tert</i> -Butylphenol	C ₁₀ H ₁₄ O	150	0.006	0.566	0.007	0.643
53	2385	γ -Dodecalactone	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198	0.007	0.653	0.007	0.691
Total					1.109	100	1.059	100

¹⁾Retention index, ²⁾Molecule formula, ³⁾Formula weight, ⁴⁾Trace.

Table 6. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Nütaka) during storage at 4°C

Functional groups	0 days		30 days	
	C ¹⁾	Relative area%	C	Relative area%
Aldehydes	11	46.489	13	59.564
Alcohols	11	34.942	12	16.488
Esters	3	3.795	5	3.451
furans	3	1.920	3	1.933
Ketones	5	2.348	6	4.920
N-Compounds	2	5.031	3	9.389
S-Compounds	4	0.814	4	1.703
Miscellaneous	7	4.661	6	2.553
Total	46	100	52	100

¹⁾Number of Compounds.

제 3 절 전자선 조사된 신고배의 향미특성

1. 전자선 조사된 신고배의 휘발성 향기성분

각종 화학 약품처리 및 가열처리, 보존료 등은 인체 보건과 환경적으로 점차 심각한 문제를 초래하기 때문에 그 사용을 제한해야하며, 안전한 대체방법으로서 전자선 기술이 대두되고 있으며, 이러한 전자선 조사기술은 신선한 과일류의 색, 맛, 향 등 관능적 특징을 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다. 외국의 경우 사과일에 대한 방사선 조사는 살충의 목적으로 1.0 kGy 이하, 숙도지연을 목적으로 1.0 ~ 3.0 kGy로 조사가 허용되어 있다(Table 1). 그러나 1.0 ~ 3.0 kGy까지 과일의 방사선 조사는 과일의 조직감 및 향기에 영향을 줄 수 있으며, 일부는 1.5 kGy이상의 선량에서 심각한 품질저하가 나타났다고 보고된 바 있다(24,26). 본 실험에서 5 kGy 선량으로 조사하여 품질열화(Fig 6)가 나타난 것을 확인하였으며, 품질열화 현상을 나타내지 않은 3 kGy까지 휘발성 향기성분 분석을 통하여 전자선 조사의 효과를 평가하고 품질저하가 최소화되는 최적의 전자선 조사선량을 수립하고자 하였다.

전자선으로 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy의 저선량 조사하여 휘발성 향기성분을 연속수증기증류장치(SDE)법(28)으로 추출하여 GC/MS로 분리 동정하였으며, 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 7에 나타내었고, 확인된 휘발성 향기성분의 조성과 함량 및 관능기에 따른 상대적 비율은 Table 7 및 Table 8에 나타내었다.

전자선 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy의 선량으로 조사한 신고배의 총 휘발성 향기성분은 1.178, 1.388, 1.726 및 1.574 mg/kg으로 확인되었으며 동정된 성분은 각 총 48, 53, 52 및 48종으로 동정되었다. 관능기별 주요 향기성분으로는 aldehyde류가 가장 많았으며 그 함량은 59.188, 55.411, 57.797 및 54.904%(0.25, 0.5, 1 및 3 kGy)으로 1 kGy에서 미량 증가하였다. 시료의 분쇄과정 중 효소 불활성화 처리를 하지 않았기 때문에 풀냄새(green note)로 특정 지어지는 고농도 C₆ lipid peroxidation product류 즉, hexanal은 전자선 조사(0.25, 0.5, 1, 3 kGy)에 의하여 0.553, 0.622, 0.810, 0.660 mg/kg으로 선량이 증가할수록 비교적 높은 함량을 차지하였으나, 3 kGy에서 다소 감소하는 경향을 보였다(Fig 8). 그러나 전자선 조사선량의 증가에 따른 (*E*)-2-hexenal의 함량 변화는 확인 되지 않았다.

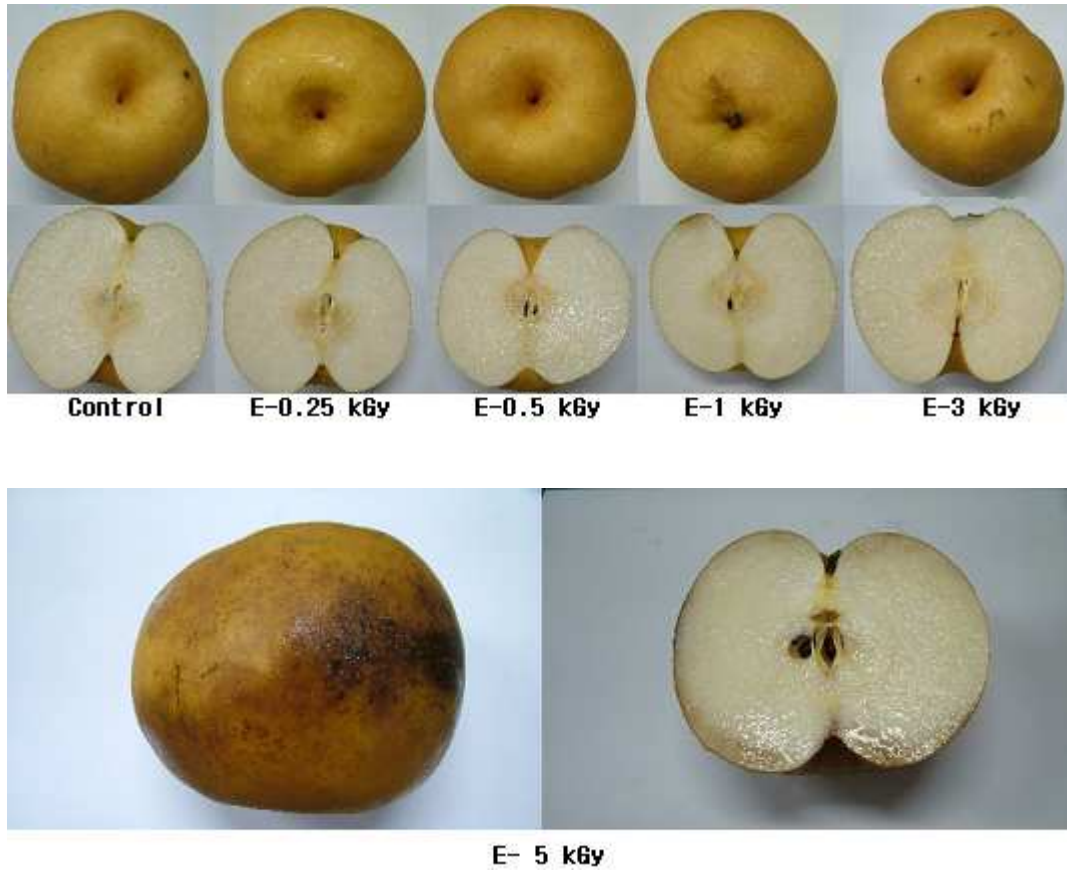
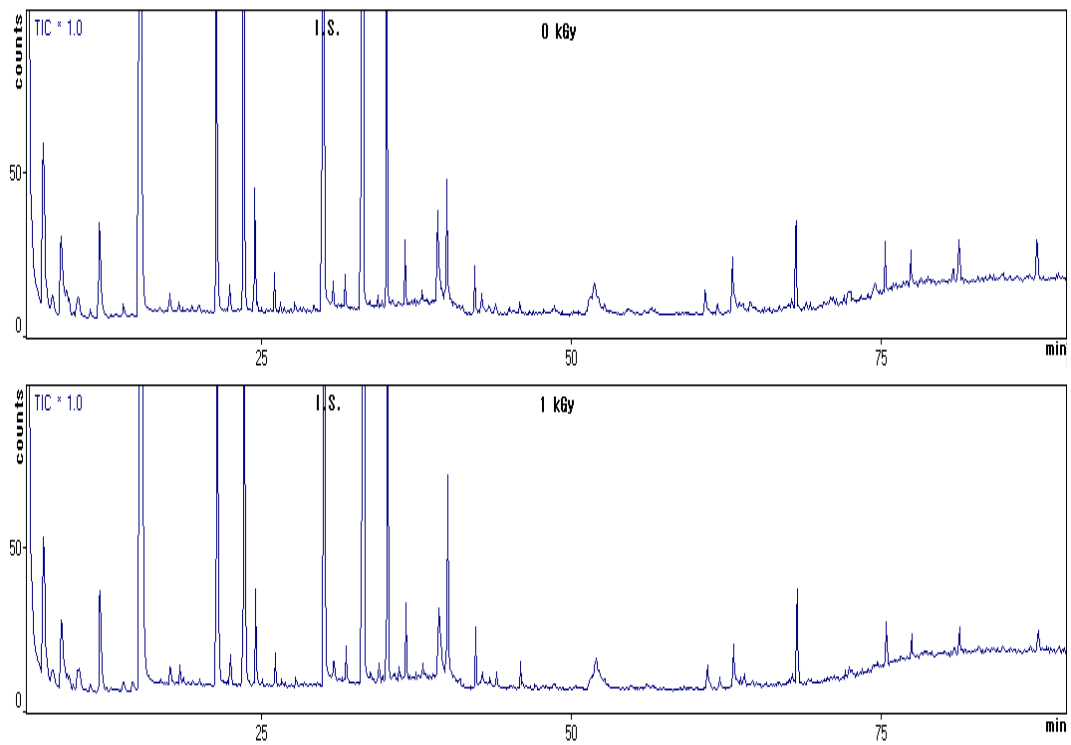


Figure 6. Photographs of irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka) by electron beam.



*Figure 7. GC/MS total ion chromatograms of the volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niihaka) by electron beam at 1 kGy.*

Table 7. Comparison of volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by electron beam

(unit : mg/kg)

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound name	Irradiation dose (kGy)			
			0.25	0.5	1	3
1	862	Ethyl acetate	0.041	0.066	0.040	0.120
2	891	2-Methyl butanal	0.001	0.002	0.002	0.001
3	895	3-Methyl butanal	0.003	0.002	0.003	0.001
4	921	Ethanol	0.005	0.038	0.019	0.029
5	937	2-Ethyl furan	0.001	0.002	0.003	0.001
6	944	2,3-Dimethyl octane	0.002	0.001	0.002	0.004
7	968	2-Pentanone	0.010	0.009	0.007	0.009
8	997	Decane	-	-	0.001	0.001
9	1035	Ethyl butanoate	0.001	0.009	0.001	0.006
10	1055	2,3-Pentanedione	0.003	0.004	0.002	0.001
11	1069	Dimethyl disulfide	-	0.001	0.003	0.002
12	1080	Hexanal	0.553	0.622	0.810	0.660
13	1103	3-Pentanol	-	-	0.002	0.002
14	1122	2-Pentanol	0.004	0.002	0.002	0.003
15	1134	(<i>Z</i>)-3-Hexenal	0.001	0.001	0.004	0.002
16	1138	2-Methyl-2-pentenal	0.001	-	0.002	0.001
17	1141	Butanol	-	-	-	0.001
18	1160	Ethyl 2-butenate	0.000	0.003	0.001	0.002
19	1181	Pyridine	0.085	0.066	0.087	0.054
20	1196	(<i>Z</i>)-2-Hexenal	0.004	0.004	0.005	0.005
21	1213	(<i>E</i>)-2-Hexenal	0.105	0.108	0.132	0.139
22	1228	2-Pentyl furan	0.021	0.033	0.012	0.026
23	1231	Ethyl hexanoate	0.001	0.004	0.001	0.004
24	1252	Pentanol	0.006	0.007	0.006	0.008

¹⁾Molecule formula, ²⁾Trace.

Table 7. Continued

(unit : mg/kg)

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound name	Irradiation dose (kGy)			
			0.25	0.5	1	3
25	1260	Dihydro-2-methyl-3-furanone	0.002	0.002	0.002	0.001
26	1262	Methyl pyrazine	0.001	0.001	0.002	t
27	1272	Hexyl acetate	0.001	0.001	t ³⁾	0.001
<i>IS</i> ²⁾	1308	<i>Butyl benzene</i>	-	-	-	-
28	1320	(<i>E</i>)-2-Heptenal	0.007	0.009	0.006	0.007
29	1335	6-Methyl-5-heptene-2-one	0.004	0.004	0.005	0.004
30	1356	Hexanol	0.178	0.239	0.367	0.298
31	1373	Dimethyl trisulfide	0.001	0.002	0.003	0.001
32	1383	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	0.013	0.008	0.059	0.014
33	1404	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	0.004	0.009	0.008	0.014
34	1427	(<i>E</i>)-2-Octenal	0.002	0.004	0.002	0.004
35	1447	Acetic acid	0.017	0.014	0.012	0.017
36	1450	3-Methyl thiopropanal	0.006	0.006	0.007	0.006
37	1458	Furfural	0.019	0.017	0.029	0.027
38	1492	2-Ethyl hexanol	0.007	0.009	0.008	0.009
39	1500	2-Acetyl furan	0.001	0.001	0.001	0.004
40	1518	Benzaldehyde	0.001	0.002	0.002	0.005
41	1536	(<i>Z</i>)-2-Decenal	-	-	-	0.001
42	1548	Linalool	0.001	0.003	0.004	0.002
43	1566	3-Methylpyrrole	-	-	-	0.001
44	1633	2-Acetyl thiazole	0.025	0.035	0.019	0.021
45	1718	3-Methylthiophene-2-aldehyde	-	-	-	-
46	1796	1-Phenyl-1-butanone	0.009	0.006	0.004	0.006

¹⁾Retention index, ²⁾Internal standard, ³⁾Trace.

Table 7. Continued

(unit : mg/kg)

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound name	Irradiation dose (kGy)			
			0.25	0.5	1	3
47	1811	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	0.001	-	0.002	0.010
48	1845	Hexanoic acid	0.009	0.005	0.009	0.012
49	1874	4,7-Dimethyl-4-octanol	-	-	-	0.002
50	1959	Benzothiazole	0.002	0.003	0.002	0.001
51	1971	1-Phenyl-1-butanol	0.015	0.018	0.017	0.013
52	2197	2- <i>tert</i> -Butylphenol	0.003	0.007	0.007	0.006
53	2385	γ -Dodecalactone	0.001	0.002	0.005	0.004
Total			1.178	1.388	1.726	1.574

¹⁾Retention index.Table 8. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niiitaka) by electron beam

Functional groups	Irradiation dose (kGy)							
	0.25		0.5		1		3	
	C ¹⁾	area%	C	area%	C	area%	C	area%
Aldehydes	12	59.188	10	55.411	12	57.797	13	54.904
Alcohols	9	20.074	9	24.335	10	28.684	12	25.374
Esters	5	3.733	5	5.919	5	2.471	5	8.416
furans	3	1.971	3	2.625	3	0.930	3	1.971
Ketones	6	2.320	6	1.943	6	1.443	6	1.624
N-Compounds	2	7.301	2	4.823	2	5.121	3	3.498
S-Compounds	2	0.639	3	0.616	3	0.748	3	0.532
Miscellaneous	6	4.774	6	4.329	7	2.807	6	3.680
Total	45	100	44	100	48	100	51	100

¹⁾Number of Compounds.

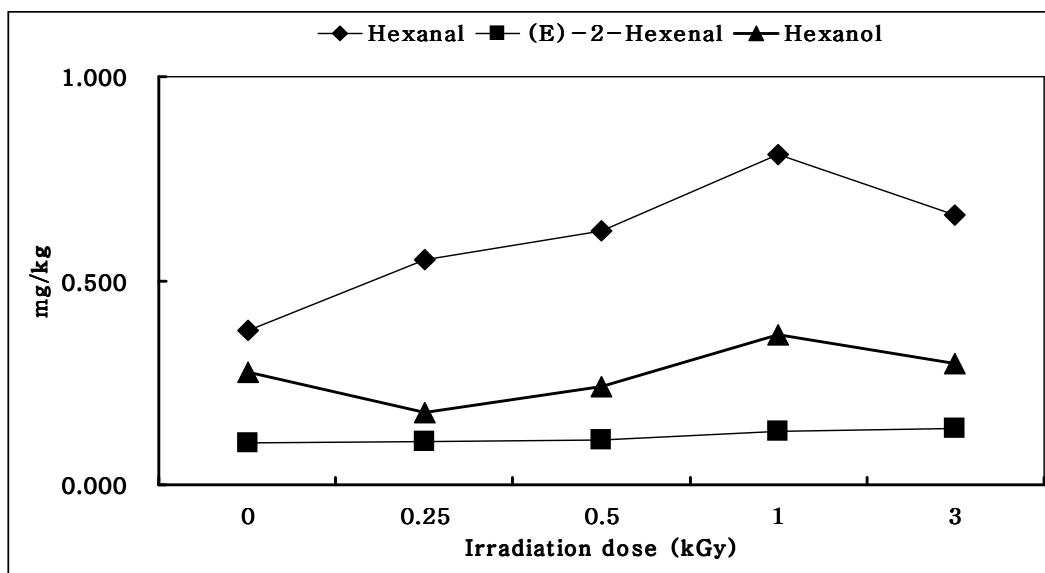


Figure 8. Changes of C₆ lipid peroxidation products in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by electron beam.

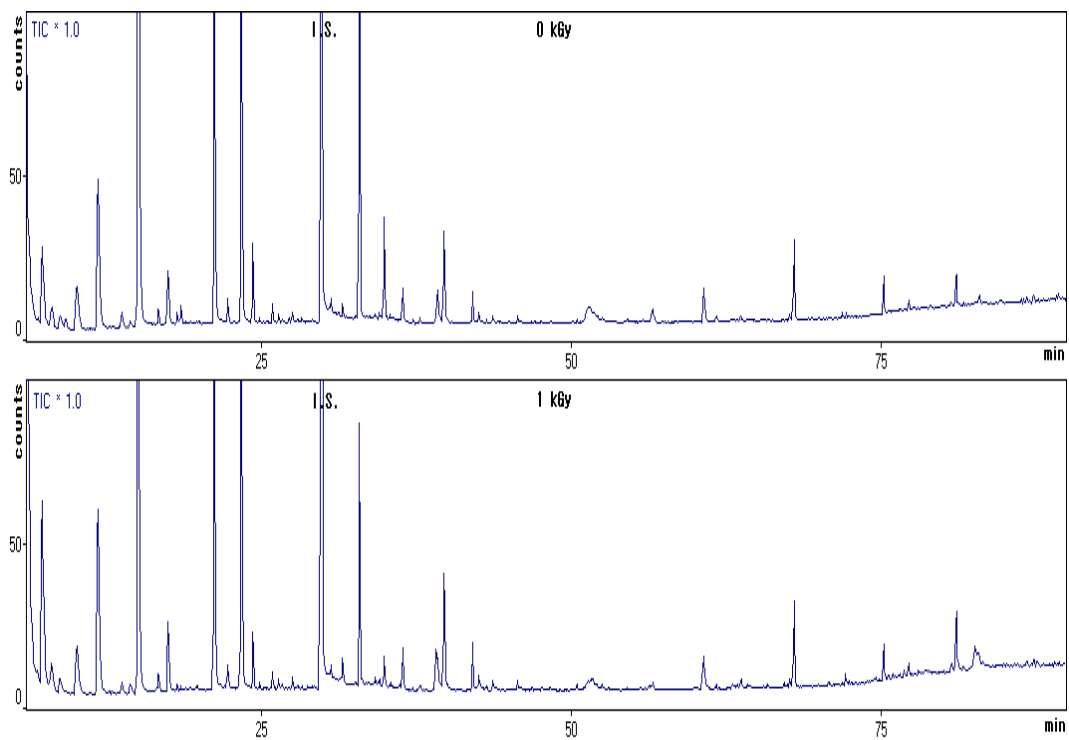
2. 전자선 조사된 신고배의 저장 중 향기성분 변화

전자선 이용은 식품의 10 MeV 이하의 에너지를 사용할 수 있도록 국제적으로 규정하고 있다. 투과력 때문에 현재까지는 곡류나 그 가공품 및 과일류 등의 살충과 표면 살균 등의 목적에 주로 이용되고 있으며, 그 투과력은 약하여 10 MeV(million electron volt)일때 8.9 cm까지 투과하므로 전자선은 양측에서 조사하여야 한다. 본 연구에서도 신고배를 대과의 특징상 양측 조사를 행하였다.

신고배의 향기성분은 SDE법으로 추출하여 GC/MS로 분리 동정하였다. 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 9에 나타내었고, 확인된 휘발성 향기성분의 조성과 함량을 Table 9에 나타내었다.

전자선 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy의 선량으로 조사한 신고배의 총 휘발성 향기성분은 1.178, 1.388, 1.726 및 1.574 mg/kg으로 확인되었으며 동정된 성분은 각 총 48, 53, 52 및 48종으로 동정되었다. 전자선 조사(0.25, 0.5, 1, 3 kGy)를 한 후 30일 간 4℃의 저장 동안 신고배의 휘발성 향기성분은 감소하였으며, 그 함량은 1.102, 1.367, 1.406, 1.294 mg/kg으로 확인 되었다.

저장 30일 이후의 휘발성 향기성분 변화는 비조사 신고배의 경우 aldehyde류 함량이 다소 증가하여 59.564%로 확인되었으며, 전자선 조사 0.25, 0.5, 1 kGy시 함량은 30.583, 25.254, 50.601%로 감소 하다가 증가하는 경향을 보였고, 3 kGy 조사 함량은 64.622%로 aldehyde류 일부 증가하였다(Table 10). 전자선 조사 후 저장기간 동안 휘발성 향기성분의 변화는 alcohol류의 50% 감소를 나타내었으며, 일부 ketone류의 증가를 확인하였음을 확인하였다. Hexanol의 함량은 전자선 조사(0.25, 0.5, 1, 3 kGy)를 하여 선량이 높아짐에 따라 소량씩 증가하는 경향(0.178, 0.239, 0.367, 0.298 mg/kg)을 보였으며, 3 kGy 경우 감소하였다. 저장기간 동안 hexanol의 함량은 0.039, 0.028, 0.080 및 0.104 mg/kg으로 감소하였다(Fig 10). 기타 ester 화합물로 ethyl acetate을 비롯하여 ethyl butanoate, ethyl 2-butenate, ethyl hexanoate, hexyl acetate가 확인되었다.



*Figure 9. GC/MS total ion chromatograms of the volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by electron beam at 1 kGy after storage at 4°C for 30 days.*

Table 9. Changes of volatile flavor components identified in irradiated Singo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niiitaka) electron beam after storage at 4°C for 30 days

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	Irradiation dose (kGy)							
		0.25		0.5		1		3	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
1	Ethyl acetate	0.041	0.223	0.066	0.834	0.040	0.126	0.120	0.041
2	2-Methyl butanal	0.001	0.002	0.002	t ¹⁾	0.002	0.003	0.001	0.001
3	3-Methyl butanal	0.003	0.004	0.002	0.001	0.003	0.009	0.001	0.005
4	Ethanol	0.005	0.004	0.038	0.003	0.019	0.008	0.029	0.007
5	2-Ethyl furan	0.001	t	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001
6	2,3-Dimethyl octane	0.002	t	0.001	0.002	0.002	t	0.004	t
7	2-Pentanone	0.010	0.259	0.009	0.014	0.007	0.041	0.009	0.017
8	Decane	-	-	-	-	0.001	-	0.001	-
9	Ethyl butanoate	0.001	0.003	0.009	0.007	0.001	t	0.006	t
10	2,3-Pentanedione	0.003	0.005	0.004	0.002	0.002	0.007	0.001	0.002
11	Dimethyl disulfide	-	0.003	0.001	0.001	0.003	0.006	0.002	0.003
12	Hexanal	0.553	0.178	0.622	0.228	0.810	0.387	0.660	0.455
13	3-Pentanol	-	0.004	-	0.001	0.002	0.008	0.002	0.003
14	2-Pentanol	0.004	0.016	0.002	0.006	0.002	0.028	0.003	0.013
15	(Z)-3-Hexenal	0.001	0.002	0.001	0.002	0.004	0.001	0.002	0.004
16	2-Methyl-2-pentenal	0.001	0.001	-	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002
17	Butanol	-	0.002	-	0.001	-	t	0.001	0.001
18	Ethyl 2-butenoate	0.000	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001
19	Pyridine	0.085	0.083	0.066	0.050	0.087	0.157	0.054	0.101
20	(Z)-2-Hexenal	0.004	0.005	0.004	0.003	0.005	0.010	0.005	0.011

¹⁾Trace.

Table 9. Continued

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	Irradiation dose (kGy)							
		0.25		0.5		1		3	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
21	(<i>E</i>)-2-Hexenal	0.105	0.115	0.108	0.088	0.132	0.247	0.139	0.314
22	2-Pentyl furan	0.021	0.011	0.033	0.008	0.012	0.019	0.026	0.016
23	Ethyl hexanoate	0.001	-	0.004	0.002	0.001	0.002	0.004	0.001
24	Pentanol	0.006	0.004	0.007	0.002	0.006	0.006	0.008	0.005
25	Dihydro-2-methyl-3-furanone	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004	0.001	0.002
26	Methyl pyrazine	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	-	t	0.002
27	Hexyl acetate	0.001	t ²⁾	0.001	0.001	t	0.001	0.001	0.001
<i>I.S.</i> ¹⁾	<i>Butyl benzene</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
28	(<i>E</i>)-2-Heptenal	0.007	0.004	0.009	0.002	0.006	0.005	0.007	0.004
29	6-Methyl-5-heptene-2-one	0.004	0.003	0.004	0.001	0.005	0.010	0.004	0.006
30	Hexanol	0.178	0.039	0.239	0.028	0.367	0.080	0.298	0.104
31	Dimethyl trisulfide	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.003	0.001	0.002
32	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	0.013	0.007	0.008	0.003	0.059	0.010	0.014	0.008
33	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	0.004	0.006	0.009	0.003	0.008	0.012	0.014	0.021
34	(<i>E</i>)-2-Octenal	0.002	0.001	0.004	0.001	0.002	0.002	0.004	0.003
35	Acetic acid	0.017	0.005	0.014	0.004	0.012	0.016	0.017	0.007
36	3-Methyl thiopropanal	0.006	0.006	0.006	0.005	0.007	0.012	0.006	0.009
37	Furfural	0.019	0.023	0.017	0.012	0.029	0.043	0.027	0.035
38	2-Ethyl hexanol	0.007	0.006	0.009	0.005	0.008	0.013	0.009	0.005
39	2-Acetyl furan	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.005	0.004	0.003
40	Benzaldehyde	0.001	0.003	0.002	0.005	0.002	0.003	0.005	0.001

¹⁾Internal standard, ²⁾Trace.

Table 9. Continued

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	0.25		0.5		1		3	
		0	30	0	30	0	30	0	30
41	(<i>Z</i>)-2-Decenal	-	t ¹⁾	-	t	-	-	0.001	-
42	Linalool	0.001	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	0.002	0.002
43	3-Methylpyrrole	-	-	-	0.001	-	0.002	0.001	0.001
44	2-Acetyl thiazole	0.025	0.009	0.035	0.004	0.019	0.018	0.021	0.016
45	3-Methylthiophene-2-aldehyde	-	t	-	0.003	-	0.003	-	-
46	1-Phenyl-1-butanone	0.009	0.014	0.006	0.007	0.004	0.021	0.006	0.011
47	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	0.001	t	-	t	0.002	-	0.010	0.002
48	Hexanoic acid	0.009	0.001	0.005	0.001	0.009	t	0.012	0.004
49	4,7-Dimethyl-4-octanol	-	t	-	t	-	-	0.002	-
50	Benzothiazole	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002	0.004	0.001	0.002
51	1-Phenyl-1-butanol	0.015	0.016	0.018	0.007	0.017	0.034	0.013	0.019
52	2- <i>tert</i> -Butylphenol	0.003	0.011	0.007	0.004	0.007	0.011	0.006	0.010
53	γ -Dodecalactone	0.001	0.009	0.002	0.002	0.005	0.023	0.004	0.011
Total		1.178	1.102	1.388	1.367	1.726	1.406	1.574	1.294

¹⁾Trace.

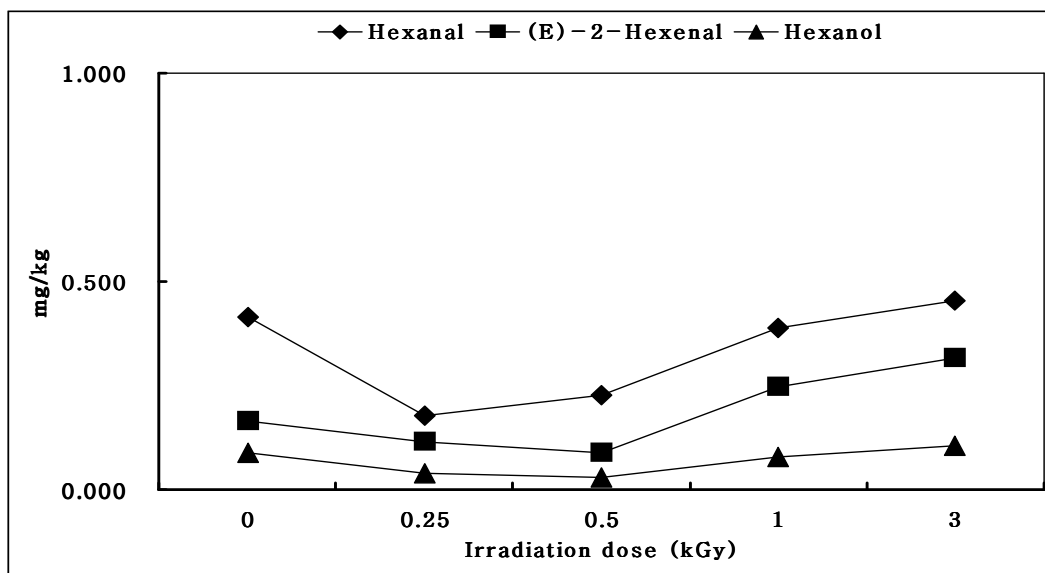


Figure 10. Changes of C₆ lipid peroxidation products of in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by electron beam after storage at 4°C for 30 days.

*Table 10. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by electron beam after 30 days of storage*

Functional groups	Irradiation dose (kGy)							
	0.25		0.5		1		3	
	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
Aldehydes	59.188	30.583	55.411	25.254	57.797	50.601	54.904	64.622
Alcohols	20.074	10.549	24.335	4.649	28.684	14.917	25.374	15.191
Esters	3.733	20.744	5.919	61.948	2.471	9.405	8.416	3.456
furans	1.971	1.225	2.625	0.779	0.930	1.733	1.971	1.542
Ketones	2.320	26.516	1.943	1.958	1.443	7.512	1.624	3.787
N-Compounds	7.301	7.669	4.823	3.734	5.121	11.282	3.498	8.022
S-Compounds	0.639	0.973	0.616	0.723	0.748	1.733	0.532	1.066
Miscellaneous	4.774	1.741	4.329	0.955	2.807	2.817	3.680	2.315
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

¹⁾Number of Compounds.

3. 전자선 조사된 신고배의 관능적 특성 평가

비조사 신고배와 전자선 조사한 신고배의 관능검사 결과는 Table 11,12와 같다. 패널 요원 15명이 각 평가 항목에 대하여 “가장 좋다(like extremely)”를 9점으로, “가장 싫다(dislike extremely)”를 1점으로 평가하였다. 전자선 조사의 결과 색(color)과 향(flavor), 조직감(texture), 산도(sour) 및 전체기호도(overall acceptance)는 유의적인 차이가 없었으나, 단맛(sweet)에서 약간 유의적인 차이가 있었다. 전자선 3 kGy를 제외한 비조사 신고배보다 저선량의 0.25 kGy 이상 1 kGy 이하에서 오히려 선호도가 높은 경향을 볼 수 있었다. 전자선 조사 후 저장 30일 이후의 관능평가의 결과 색, 향, 조직감, 산도에서는 유의적인 차이가 없었으나, 단맛과 전체기호도에서 유의적인 차이가 있었다. 5 kGy의 조사선량에서 외관적 열화현상을 확인하였으며, 3 kGy에서 관능평가를 통하여 조직감은 유의적인 차이가 없었으나, 저선량보다 낮은 선호도 경향을 나타낸 것으로 확인되어 이는 내적인 품질열화현상이 있는 것으로 사료된다.

Table 11. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka) by electron beam

Irradiation dose (kGy)	Sensory score					
	Color	Flavor	Texture	Sour	Sweet	Overall acceptance
0	5.07 ^{a1)}	4.33 ^a	6.20 ^a	5.20 ^a	5.13 ^a	5.20 ^a
0.25	6.13 ^a	5.67 ^a	6.53 ^a	5.60 ^a	6.27 ^{ab}	6.33 ^a
0.5	5.27 ^a	5.47 ^a	6.13 ^a	5.20 ^a	6.87 ^b	6.60 ^{ab}
1	5.60 ^a	5.07 ^a	5.60 ^a	4.60 ^a	5.33 ^a	5.20 ^a
3	5.67 ^a	4.80 ^a	5.27 ^a	4.60 ^a	4.73 ^{ac}	4.07 ^{ac}

^{1)a-c}Values with different letters within a column differ significantly ($P < 0.05$).

Table 12. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka) by electron beam after storage at 4°C for 30 days

Irradiation dose (kGy)	Sensory score					
	Color	Flavor	Texture	Sour	Sweet	Overall acceptance
0	5.47 ^a	5.60 ^a	6.27 ^a	5.00 ^a	6.00 ^{ab}	5.93 ^a
0.25	5.47 ^a	5.13 ^a	6.40 ^a	4.60 ^a	5.33 ^{bc}	5.27 ^{ac}
0.5	5.60 ^a	4.47 ^a	5.07 ^a	4.60 ^a	4.20 ^c	4.33 ^{bc}
1	4.93 ^a	4.73 ^a	6.20 ^a	4.00 ^a	5.73 ^{abd}	5.60 ^{ac}
3	5.33 ^a	5.47 ^a	5.67 ^a	3.67 ^a	6.87 ^{ad}	6.73 ^a

^{1)a-d}Values with different letters within a column differ significantly ($P < 0.05$).

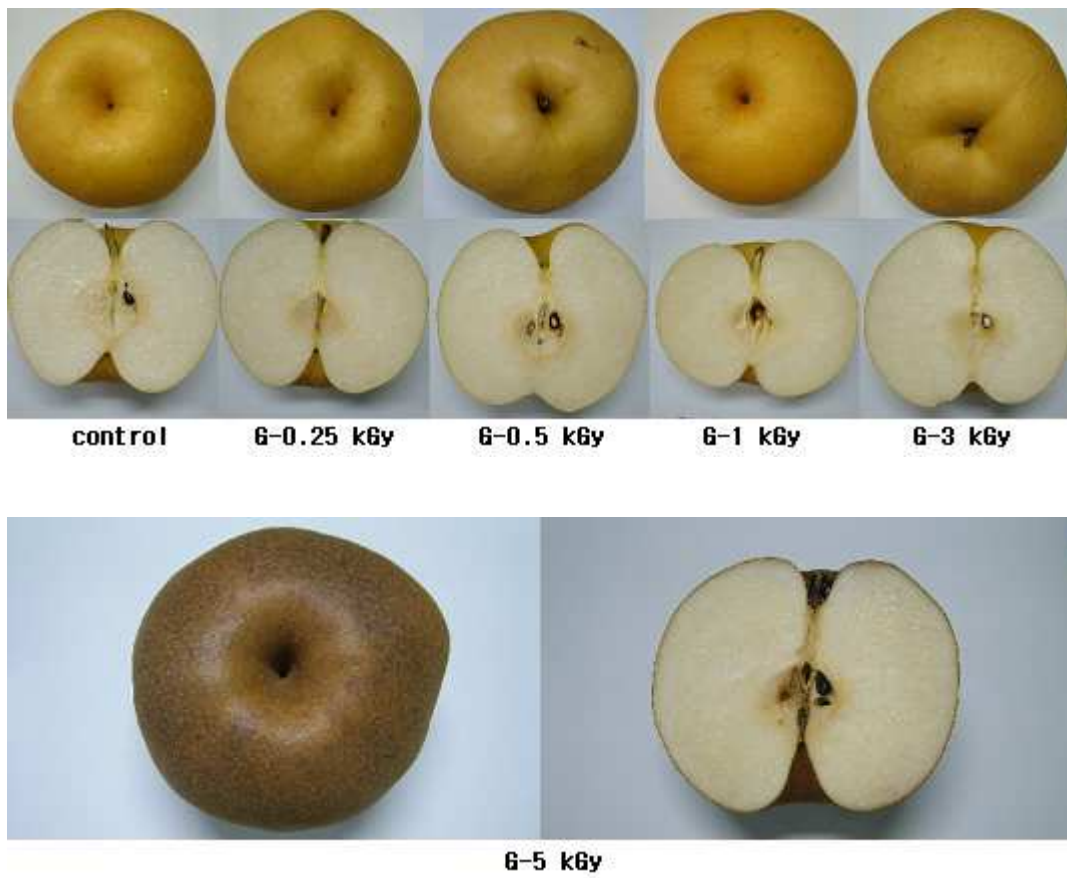
제 4절 감마선 조사된 신고배의 향미특성

1. 감마선 조사된 신고배의 휘발성 향기성분

포장형태의 conveyor 시스템을 이용하여 대량 조사가 가능한 감마선 조사의 경우 미국 등 여러 국가에서는 살충을 목적으로 1.0 kGy 이하, 속도지연을 목적으로 1.0 ~ 3.0 kGy로 조사 허용되어 있다. 본 연구에서는 전자선과 동일하게 감마선을 5 kGy로 조사하였을 때 품질열화(Fig 11)가 나타난 것을 확인하였으며, 품질열화 현상을 나타내지 않는 3 kGy의 조사선량으로 조사된 시료의 휘발성 향기성분 분석을 통해 감마선 조사의 효과를 평가하고, 품질 저하가 최소화 되는 최적의 감마선 조사선량을 수립하고자 한다.

신고배를 감마선 0.25 kGy, 0.5 kGy, 1 kGy 및 3 kGy의 저선량 조사하여 휘발성 향기성분을 연속수증기증류장치(SDE)법(28)으로 추출하였고, GC/MS로 분리 동정하였으며, 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 12에 나타내었다. 또한 확인된 휘발성 향기성분의 조성과 함량, 관능기에 따른 상대적 비율은 Table 13 및 Table 14에 나타내었다. 감마선 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy의 선량으로 조사한 신고배의 총 휘발성 향기성분은 1.405, 1.628, 1.836 및 1.437 mg/kg으로 확인되었으며 동정된 성분은 각 총 48, 53, 52 및 48종으로 동정되었다. 관능기별 주요 향기성분으로는 aldehyde류가 가장 많았으며 그 함량은 58.072, 57.399, 50.660 및 54.640%이었다.

감마선 조사에 의한 신고배의 휘발성 향기성분은 비조사 시료보다 선량에 따른 일부 양적인 증가를 확인하였다. 저선량의 방사선 조사를 행하여 확인된 관능기별 주 화합물은 aldehyde류로서 가장 많이 동정되었으며 전체 함량의 50%를 이상을 차지하였다. 신고배에서 분리 동정된 향기성분 중 C₆ 화합물인 hexanal, n-hexanol, (*E*)-2-hexenal은 주요 향기성분으로 확인되었으며, 감마선 조사를 하였어도 그 함량 및 동정된 화합물의 조성에는 유의적인 변화가 없었다(Fig 13). 신고배의 aldehyde 화합물과 alcohol류의 향기성분이 종합적인 향기에 관여하는 것으로 생각된다.



*Figure 11. Photographs of irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray.*

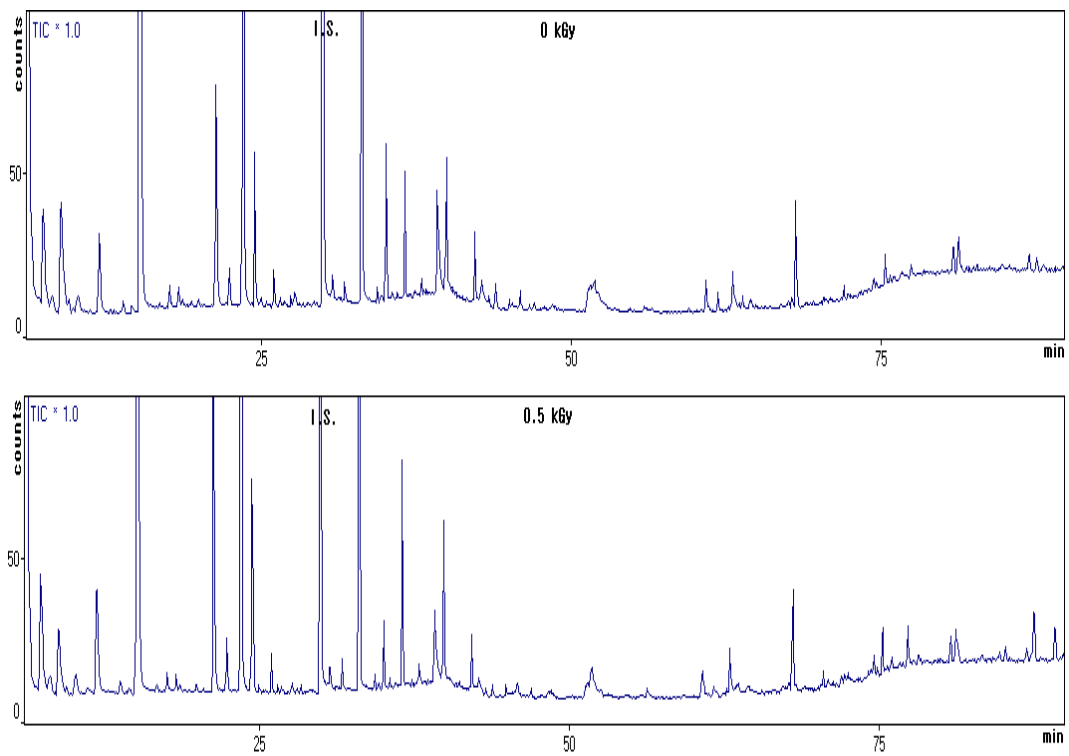


Figure 12. GC/MS total ion chromatograms of volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma- ray at 1 kGy.

Table 13. Comparison of volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray

(unit : mg/kg)

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound name	Irradiation dose (kGy)			
			0.25	0.5	1	3
1	862	Ethyl acetate	0.029	0.046	0.037	0.099
2	891	2-Methyl butanal	0.003	0.001	0.003	0.002
3	895	3-Methyl butanal	0.001	0.005	0.002	0.002
4	921	Ethanol	0.053	0.019	0.012	0.018
5	937	2-Ethyl furan	t ²⁾	-	0.002	0.003
6	944	2,3-Dimethyl octane	0.001	0.001	0.004	0.008
7	968	2-Pentanone	0.007	0.007	0.007	0.012
8	997	Decane	-	0.002	0.003	0.008
9	1035	Ethyl butanoate	0.001	0.001	-	-
10	1055	2,3-Pentanedione	0.001	0.003	0.001	0.002
11	1069	Dimethyl disulfide	0.002	0.002	0.002	-
12	1080	Hexanal	0.557	0.563	0.502	0.327
13	1103	3-Pentanol	0.001	0.001	-	0.004
14	1122	2-Pentanol	0.003	0.003	0.004	0.006
15	1134	(<i>Z</i>)-3-Hexenal	0.003	0.003	0.005	0.004
16	1138	2-Methyl-2-pentenal	0.001	0.002	0.002	0.001
17	1141	Butanol	-	0.001	-	-
18	1160	Ethyl 2-butenate	-	0.003	0.003	0.003
19	1181	Pyridine	0.063	0.079	0.064	0.053
20	1196	(<i>Z</i>)-2-Hexenal	0.007	0.010	0.012	0.012
21	1213	(<i>E</i>)-2-Hexenal	0.203	0.300	0.360	0.357
22	1228	2-Pentyl furan	0.020	0.036	0.028	0.035
23	1231	Ethyl hexanoate	0.001	0.001	0.001	0.003
24	1252	Pentanol	0.004	0.008	0.005	0.008

¹⁾Molecule formula, ²⁾Trace.

Table 13. Continued.

(unit : mg/kg)

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound name	Irradiation dose (kGy)			
			0.25	0.5	1	3
25	1260	Dihydro-2-methyl-3-furanone	0.002	0.002	0.001	0.002
26	1262	Methyl pyrazine	0.001	0.002	0.001	0.002
27	1272	Hexyl acetate	-	0.001	0.001	-
<i>I.S.</i> ²⁾	1308	<i>Butyl benzene</i>	-	-	-	-
28	1320	(<i>E</i>)-2-Heptenal	0.002	0.005	0.005	0.006
29	1335	6-Methyl-5-heptene-2-one	0.006	0.005	0.004	0.005
30	1356	Hexanol	0.260	0.276	0.490	0.142
31	1373	Dimethyl trisulfide	0.001	0.002	0.002	0.001
32	1383	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	0.015	0.012	0.031	0.042
33	1404	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	0.021	0.036	0.087	0.026
34	1427	(<i>E</i>)-2-Octenal	0.002	0.003	0.005	0.005
35	1447	Acetic acid	0.012	0.017	0.018	0.034
36	1450	3-Methyl thiopropanal	0.007	0.008	0.004	0.004
37	1458	Furfural	0.028	0.034	0.027	0.058
38	1492	2-Ethyl hexanol	0.007	0.009	0.006	0.010
39	1500	2-Acetyl furan	0.002	0.001	0.005	0.005
40	1518	Benzaldehyde	0.003	0.002	0.001	0.002
41	1536	(<i>Z</i>)-2-Decenal	-	0.002	0.003	0.004
42	1548	Linalool	t ³⁾	t	0.003	0.004
43	1566	3-Methylpyrrole	0.001	0.001	0.002	0.006
44	1633	2-Acetyl thiazole	0.028	0.027	0.023	0.025
45	1718	3-Methylthiophene-2-aldehyde	-	0.004	t	-
46	1796	1-Phenyl-1-butanone	0.007	0.009	0.004	0.009

¹⁾Retention index, ²⁾Internal standard, ³⁾Trace.

Table 13. Continued.

Peak No.	R.I. ¹⁾	Compound name	Irradiation dose (kGy)			
			0.25	0.5	1	3
47	1811	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	0.003	0.004	0.003	0.006
48	1845	Hexanoic acid	t ²⁾	0.016	0.022	0.042
49	1874	4,7-Dimethyl-4-octanol	0.001	0.004	0.002	0.004
50	1959	Benzothiazole	0.002	0.003	0.002	0.003
51	1971	1-Phenyl-1-butanol	0.014	0.020	0.015	0.018
52	2197	2- <i>tert</i> -Butylphenol	0.009	0.009	0.004	0.004
53	2385	γ -Dodecalactone	0.004	0.007	0.003	0.003
54	2541	Octadecanol	0.002	0.008	0.003	-
Total			1.405	1.628	1.836	1.437

¹⁾Retention index, ²⁾Trace.

Table 14. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray

Functional groups	0.25		0.5		1		3	
	C	mg/kg	C	mg/kg	C	mg/kg	C	mg/kg
Aldehydes	12	58.072	13	57.399	13	50.660	13	54.640
Alcohols	12	27.831	13	24.991	12	35.905	11	19.657
Esters	3	2.168	5	3.204	4	2.311	3	7.278
furans	3	1.623	2	2.273	3	1.860	3	2.923
Ketones	6	1.919	6	2.094	6	1.108	6	2.331
N-Compounds	3	4.642	3	5.012	3	3.640	3	4.236
S-Compounds	3	0.704	4	0.965	4	0.429	2	0.378
Miscellaneous	6	3.042	7	4.061	7	4.086	7	8.557
Total	48	100	53	100	52	100	48	100

¹⁾Number of Compounds.

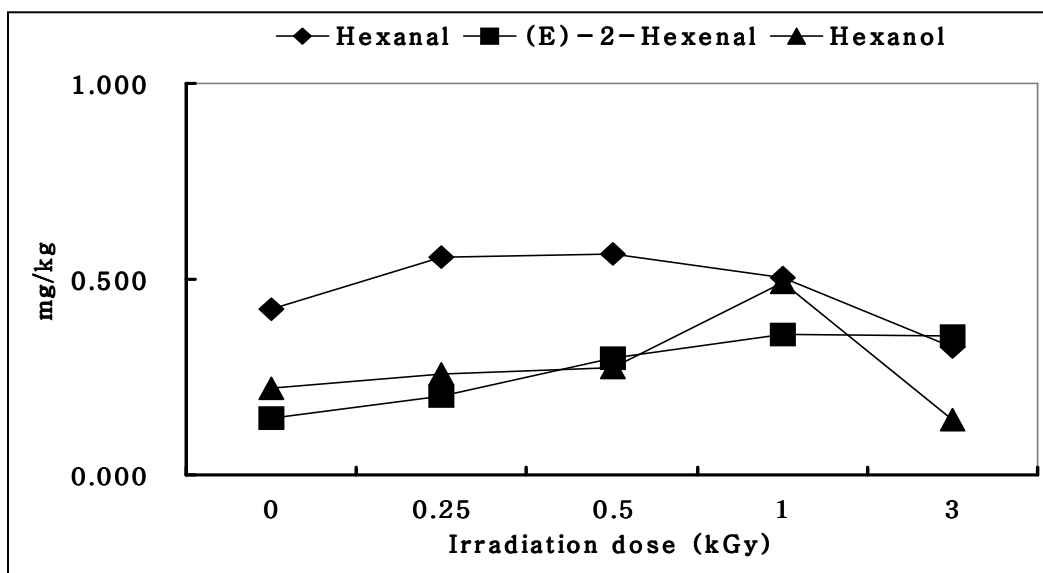


Figure 13. Changes of C₆ lipid peroxidation products of in non- and irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray.

2. 감마선 조사된 신고배의 저장 중 향기성분 변화

감마선 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy의 선량으로 조사한 신고배의 총 휘발성 향기성분은 1.405, 1.628, 1.836 및 1.437 mg/kg으로 확인되었으며, 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 14에 나타내었고, Table 15 및 Table 16에 나타내었다. 휘발성 향기성분으로 동정된 성분은 각 총 48, 53, 52 및 48종으로 확인되었다. 감마선 조사(0.25, 0.5, 1, 3 kGy)를 한 후 30일 간 4°C의 저장 동안 신고배의 휘발성 향기성분은 감소하였으며 그 함량은 1.192, 1.434, 1.353, 1.085 mg/kg으로 확인되었다. 감마선 조사 후 30일 저장기간 동안 휘발성 향기성분은 전자선 조사와 같은 감소하는 경향의 결과를 확인하였으며, 이는 방사선 조사에 의한 성숙 지연 또는 정지함에 이르는 것으로 판단되었다. Xuotong 등은 방사선 조사에 따른 과일의 휘발성 화합물의 생성 저해는 선량에 따라 증가하였다고 보고 하였으며, alcohol류의 생성이 억제되었다고 하였다(58). 본 연구에서 감마선 조사 후(0.25, 0.5, 1, 3 kGy) alcohol류의 함량이 27.831, 24.991, 35.905 및 19.657%이었으나 저장기간 30일 후 22.657, 24.664, 12.984 및 16.945%으로 감소하여 유사한 결과 값을 확인하였다. 특징적인 향기의 발현에 기여하는 alcohol류는 일반적인 과일의 후숙 과정 중 생산은 증가하며(59), Aboul- Enein 등에 의하면 토마토와 망고의 일부 휘발성 화합물의 생성은 1.0 kGy 또는 더 높은 선량에서 방사선 조사 후에 정지하였으나 1.0 kGy보다 낮은 선량에서는 성숙과 관련된 휘발성 화합물들의 생성이 지연됨을(60,61) 보고된 바 있다. 이는 방사선 조사하였을 때 성숙 지연 또는 정지함으로서 휘발성 화합물의 생성에 변화를 준 것으로 사료되었으며 본 연구에서는 저장기간 30일 이후 신고배에서 aldehyde류의 일부 감소를 확인하였다. 감마선 조사의 경우 전체 함량의 일부 감소는 있었으나 동정된 성분의 종은 비조사 시료와 유의적인 차이가 없음을 확인하였다.

감마선 조사에 의한 신고배의 휘발성 향기성분은 비조사 시료보다 선량에 따른 일부 양적인 증가를 확인하였다. 저선량의 방사선 조사를 행한 시료의 관능기별 주 화합물은 aldehyde류로서 상당량 동정되었으며, 전체 함량의 50% 이상을 차지하였다. 감마선 조사에 의한 특이적인 함량 변화는 hexanal이었고 이는 성숙의 지연 또는 정지로 사료되었으며(Fig 15). 저장기간 동안 휘발성 향기성분 조성은 유의적인 차이가 없었고 일부 감소를 확인하였다.

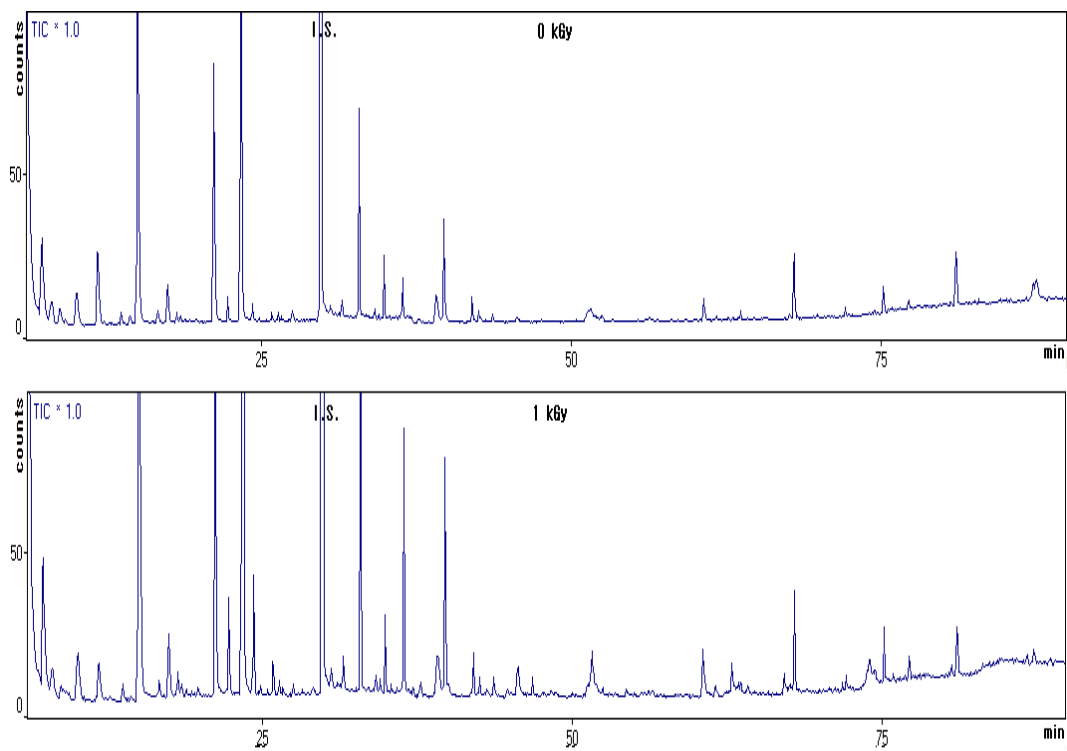


Figure 14. GC/MS total ion chromatograms of volatile flavor components in non- and irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma- ray at 1 kGy after storage at 4°C for 30 days.

Table 15. Changes of Volatile flavor components identified in irradiated Singo pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	Irradiation dose (kGy)							
		0.25		0.5		1		3	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
1	Ethyl acetate	0.029	0.043	0.046	0.047	0.037	0.035	0.099	0.066
2	2-Methyl butanal	0.003	0.003	0.001	0.002	0.003	0.005	0.002	0.003
3	3-Methyl butanal	0.001	0.009	0.005	0.007	0.002	0.005	0.002	0.004
4	Ethanol	0.053	0.004	0.019	0.003	0.012	0.004	0.018	0.004
5	2-Ethyl furan	t ¹⁾	0.003	-	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001
6	2,3-Dimethyl octane	0.001	0.001	0.001	t	0.004	0.001	0.008	-
7	2-Pentanone	0.007	0.019	0.007	0.019	0.007	0.019	0.012	0.026
8	Decane	-	-	0.002	-	0.003	-	0.008	-
9	Ethyl butanoate	0.001	0.001	0.001	0.001	-	0.001	-	0.001
10	2,3-Pentanedione	0.001	0.005	0.003	0.006	0.001	0.003	0.002	0.006
11	Dimethyl disulfide	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	t	-	-
12	Hexanal	0.557	0.371	0.563	0.312	0.502	0.337	0.327	0.182
13	3-Pentanol	0.001	0.003	0.001	0.004	-	0.004	0.004	0.005
14	2-Pentanol	0.003	0.014	0.003	0.016	0.004	0.013	0.006	0.018
15	(Z)-3-Hexenal	0.003	0.002	0.003	0.002	0.005	0.004	0.004	0.002
16	2-Methyl-2-pentenal	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001
17	Butanol	-	0.001	0.001	0.002	-	0.001	-	0.002
18	Ethyl 2-butenate	-	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002
19	Pyridine	0.063	0.077	0.079	0.092	0.064	0.081	0.053	0.092
20	(Z)-2-Hexenal	0.007	0.007	0.010	t	0.012	0.018	0.012	0.008

¹⁾Trace.

Table 15. Continued.

(mg/kg or day)

Peak No.	Compound Name	Irradiation dose (kGy)							
		0.25		0.5		1		3	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
21	(<i>E</i>)-2-Hexenal	0.203	0.212	0.300	0.378	0.360	0.501	0.357	0.207
22	2-Pentyl furan	0.020	0.012	0.036	0.045	0.028	0.015	0.035	0.030
23	Ethyl hexanoate	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002
24	Pentanol	0.004	0.005	0.008	0.009	0.005	0.006	0.008	0.008
25	Dihydro-2-methyl-3-furanone	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003
26	Methyl pyrazine	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
27	Hexyl acetate	-	0.001	0.001	0.001	0.001	t ²⁾	-	-
<i>I.S.</i> ¹⁾	<i>Butyl benzene</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
28	(<i>E</i>)-2-Heptenal	0.002	0.004	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.009
29	6-Methyl-5-heptene-2-one	0.006	0.004	0.005	0.004	0.004	0.006	0.005	0.007
30	Hexanol	0.260	0.153	0.276	0.189	0.490	0.068	0.142	0.042
31	Dimethyl trisulfide	0.001	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.003
32	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	0.015	0.026	0.012	0.009	0.031	0.011	0.042	0.008
33	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	0.021	0.022	0.036	0.080	0.087	0.035	0.026	0.007
34	(<i>E</i>)-2-Octenal	0.002	0.002	0.003	0.006	0.005	0.003	0.005	0.004
35	Acetic acid	0.012	0.015	0.017	0.014	0.018	0.007	0.034	0.015
36	3-Methyl thiopropanal	0.007	0.006	0.008	0.005	0.004	0.007	0.004	0.009
37	Furfural	0.028	0.040	0.034	0.037	0.027	0.044	0.058	0.094
38	2-Ethyl hexanol	0.007	0.007	0.009	0.010	0.006	0.008	0.010	0.012
39	2-Acetyl furan	0.002	0.003	0.001	0.004	0.005	0.004	0.005	0.007
40	Benzaldehyde	0.003	0.004	0.002	0.004	0.001	0.004	0.002	0.007

¹⁾Internal standard, ²⁾Trace.

Table 15. Continued.

(mg/kg or day)

Peak No.	Compound Name	Irradiation dose (kGy)							
		0.25		0.5		1		3	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
41	(<i>Z</i>)-2-Decenal	-	0.001	0.002	0.010	0.003	0.001	0.004	0.003
42	Linalool	t ¹⁾	0.007	t	0.004	0.003	0.005	0.004	0.018
43	3-Methylpyrrole	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.006	0.007
44	2-Acetyl thiazole	0.028	0.018	0.027	0.017	0.023	0.015	0.025	0.018
45	3-Methylthiophene-2-aldehyde	-	-	0.004	0.004	t	0.001	-	0.024
46	1-Phenyl-1-butanone	0.007	0.013	0.009	0.012	0.004	0.014	0.009	0.015
47	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	0.003	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.006	0.006
48	Hexanoic acid	t	0.008	0.016	0.014	0.022	0.006	0.042	0.008
49	4,7-Dimethyl-4-octanol	0.001	0.003	0.004	0.004	0.002	0.001	0.004	0.039
50	Benzothiazole	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003
51	1-Phenyl-1-butanol	0.014	0.023	0.020	0.021	0.015	0.017	0.018	0.030
52	2-tert-Butylphenol	0.009	0.007	0.009	0.007	0.004	0.008	0.004	0.010
53	γ -Dodecalactone	0.004	0.011	0.007	0.009	0.003	0.008	0.003	0.009
54	Octadecanol	0.002	-	0.008	-	0.003	-	-	-
Total		1.405	1.192	1.628	1.434	1.836	1.353	1.437	1.085

¹⁾Trace.

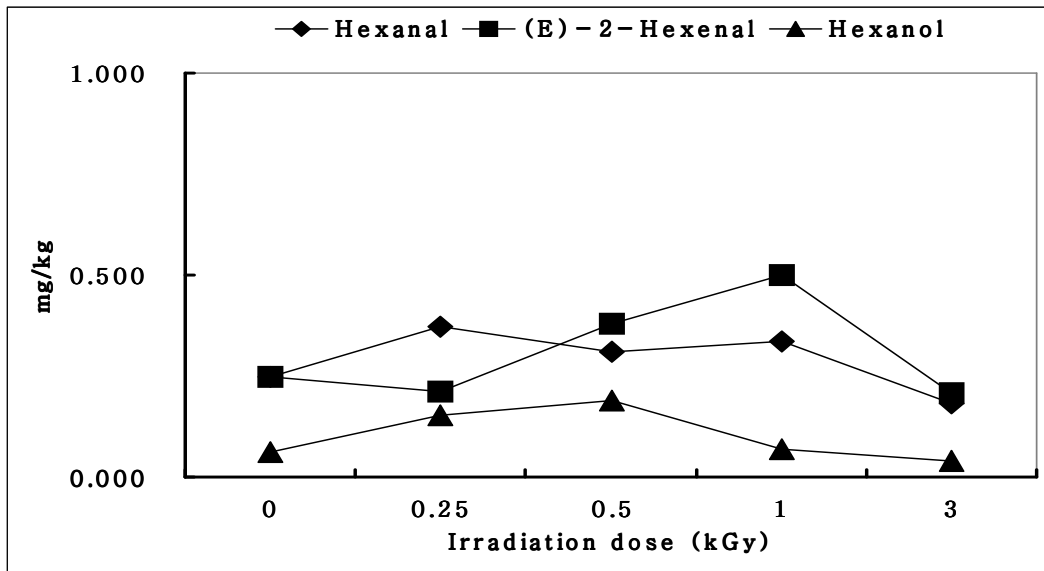


Figure 15. Changes of C₆ lipid peroxidation products in non-irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days.

Table 16. Relative content of functional groups in volatile flavor components identified in irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days

Functional groups	0.25		0.5		1		3	
	0	30	0	30	0	30	0	30
Aldehydes	58.072	55.471	57.399	53.526	50.660	68.826	54.640	48.834
Alcohols	27.831	22.657	24.991	24.664	35.905	12.984	19.657	16.945
Esters	2.168	3.991	3.204	3.707	2.311	2.918	7.278	6.583
furans	1.623	1.488	2.273	3.486	1.860	1.510	2.923	3.410
Ketones	1.919	4.564	2.094	3.591	1.108	3.880	2.331	5.937
N-Compounds	4.642	6.644	5.012	6.593	3.640	6.357	4.236	9.353
S-Compounds	0.704	0.949	0.965	0.951	0.429	0.874	0.378	3.296
Miscellaneous	3.042	4.237	4.061	3.483	4.086	2.651	8.557	5.641
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

¹⁾Number of Compounds.

3. 감마선 조사된 신고배의 관능적 특성 평가

비조사 신고배와 감마선 조사한 신고배의 관능검사 결과는 Table 17 및 Table 18 같다. 패널 요원 15명이 각 평가 항목에 대하여 “가장 좋다(like extremely)”를 9점으로, “가장 싫다(dislike extremely)”를 1점으로 평가하였다. 감마선 조사의 결과 색(color)과 향(flavor), 조직감(texture), 산도(sour) 단맛(sweet), 전체기호도(overall acceptance)는 유의적인 차이를 확인하였다. 감마선 0.25 kGy 및 3 kGy를 제외한 비조사 신고배보다 저선량의 0.5 kGy 이상 1 kGy 이하에서 오히려 선호도가 높은 경향을 볼 수 있었다. 감마선 조사 후 저장 30일 이후의 관능평가의 결과 색, 향, 조직감, 산도, 단맛 및 전체기호도에서 유의적인 차이를 확인하였다. 감마선 조사 1 kGy 및 3 kGy로 감마선 조사된 군을 제외한 나머지 실험군은 신고배보다 선호도가 높은 경향을 보였다. 이는 품질열화에 의한 것으로 생각되어지며 저장 30일 이후의 관능검사 결과 전자선 조사보다는 감마선 조사의 선호도가 높은 경향을 나타내었다. 관능평가의 점수 차이는 평균 점수 만의 단순 비교일 뿐이며, 관능검사에 의한 종합적인 식미는 색, 향, 조직감 등 어떤 특정 구성요소에 의하여 결정되기도 하나 대부분 복합적인 요인에 의하여 결정된다.

결과적으로 감마선 3 kGy 조사시 색, 향, 조직감, 산도, 단맛 및 전체기호도에 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 이러한 결과를 종합적으로 고려할 때 전자선 및 감마선 조사의 경우 1 kGy 이하의 저선량 조사가 적정선량임을 확인 할 수 있었다.

Table 17. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka) by gamma-ray

Irradiation dose (kGy)	Sensory score					
	Color	Flavor	Texture	Sour	Sweet	Overall acceptance
0	3.47 ^a	4.20 ^a	6.53 ^a	5.93 ^a	6.47 ^{ab}	5.93 ^{ac}
0.25	4.60 ^{ac}	4.13 ^a	6.93 ^a	5.60 ^{ab}	4.80 ^b	4.80 ^a
0.5	4.67 ^{ac}	4.80 ^a	7.07 ^a	5.80 ^a	7.07 ^{ac}	6.33 ^c
1	7.07 ^b	6.73 ^b	6.73 ^a	5.93 ^a	8.07 ^c	7.40 ^{bc}
3	5.53 ^{bc}	3.40 ^a	4.27 ^b	3.80 ^b	3.27 ^d	2.80 ^d

^{1)a-d}Values with different letters within a column differ significantly ($P < 0.05$).

Table 18. Sensory evaluation of non- and irradiated Shingo Pear (Pyrus pyrifolia cv. Niitaka) by gamma-ray after storage at 4°C for 30 days

Irradiation dose (kGy)	Sensory score					
	Color	Flavor	Texture	Sour	Sweet	Overall acceptance
0	5.33 ^{ac}	5.13 ^a	6.27 ^a	4.00 ^a	6.20 ^{abc}	6.00 ^a
0.25	5.60 ^{ab}	6.20 ^a	7.33 ^a	4.67 ^a	7.40 ^b	7.67 ^b
0.5	5.33 ^{ac}	5.07 ^{ab}	6.33 ^a	4.67 ^a	6.33 ^{bc}	6.13 ^a
1	5.73 ^{ab}	5.27 ^a	6.13 ^a	3.67 ^a	5.60 ^c	5.67 ^a
3	4.33 ^c	3.67 ^{bc}	3.53 ^b	3.60 ^a	4.27 ^d	3.87 ^c

^{1)a-d}Values with different letters within a column differ significantly ($P < 0.05$).

제 5절 선원별 조사된 신고배의 휘발성 향기성분 비교

SDE 추출법과 GC/MS 분석방법으로 비조사 신고배와 전자선 및 감마선 조사한 신고배의 휘발성 향기성분을 비교하여 그 조성 및 함량을 Table 19에 나타내었으며, 총 54종의 휘발성 향기성분을 확인하였으며, 분석된 Total Ion Chromatogram은 Fig 16에 표시하였다. 선원별 조사에 따른 휘발성 향기성분의 함량은 미량 차이가 있었으나 동정된 주요 화합물 및 기타 화합물의 조성에 유의적인 변화가 없었다. 신고배의 주요 향기성분이며 전자선 및 감마선 조사 신고배의 주요 휘발성 향기성분 C₆ lipid peroxidation product류인 hexanal, n-hexanol, (*E*)-2-hexenal이 주요 향기성분으로 확인되었으며 저장기간별 선원별 함량 변화를 Fig 11-14에 나타내었다.

비조사 신고배와 전자선 및 감마선 1 kGy 조사에 의한 신고배의 휘발성 향기성분의 총 함량은 1.109, 1.726, 1.836 mg/kg이었으며, 저장기간 30일 동안 변화는 1.059, 1.406, 1.353 mg/kg으로 확인되었다. 비조사 신고배보다 방사선 조사된 신고배에서 휘발성 향기성분이 증가를 보였으며, 방사선 조사가 휘발성 향기성분의 변화에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 비조사 신고배는 저장기간 동안 aldehyde류의 화합물인 hexanal의 함량이 0.379 mg/kg이었으나 0.413 mg/kg으로 증가하였다. 그러나 전자선 1 kGy 조사 선량의 경우 저장 전 0.810 mg/kg, 저장 30일 동안 0.387 mg/kg으로 감소하였으며, 감마선 조사 저장 전 0.502 mg/kg, 저장 30일 동안 0.337 mg/kg으로 감소를 확인하였다. 전자선 및 감마선 조사한 신고배의 주요 향기성분으로 동정된 hexanal은 저장기간 동안 감소하였으며, 이는 방사선 조사에 의한 생육의 지연 또는 정지로 인한 것으로 사료된다. 비조사 신고배와 전자선 및 감마선 조사한 신고배의 저장에서 특이적인 함량 변화 및 감소된 주요화합물은 alcohol류이었으며, alcohol류의 화합물 중 신고배의 주요 향기성분으로 C₆ 화합물인 n-hexanol의 화합물이 주요 감소 화합물이었으며, 비조사 신고배는 저장 전 0.274 mg/kg 저장 후 0.087 mg/kg으로 전자선 및 감마선 조사도 동일한 감소의 경향을 확인하였다. 감마선은 전자선에 비해 휘발성 향기성분의 감소량이 적었으며 관능평가의 결과와 함께 전자선 조사보다 일부 감마선 조사에 의한 신고배를 선호하는 경향을 확인할 수 있었다.

이상의 결과 선원별 및 선량별 신고배의 향기성분을 종합하여 비교해 보면 비조사 신고배보다 향기성분은 증가하였으며, 관능평가는 비조사 신고배 보다 0.25 kGy이상

1 kGy 이하 전자선 및 감마선 조사의 신고배에 대한 선호도가 높은 경향을 나타내었고, 전자선 조사보다는 감마선 조사에 의한 선호도가 높은 경향을 나타내었다. 전자선 및 감마선을 1 kGy이하의 저선량으로 조사하였을 경우 휘발성 향기성분은 비조사 신고배와 유의적 차이가 없었음을 확인하였으며, 신고배에서는 1 kGy이하의 저선량이 적정선량으로 판단되었다.

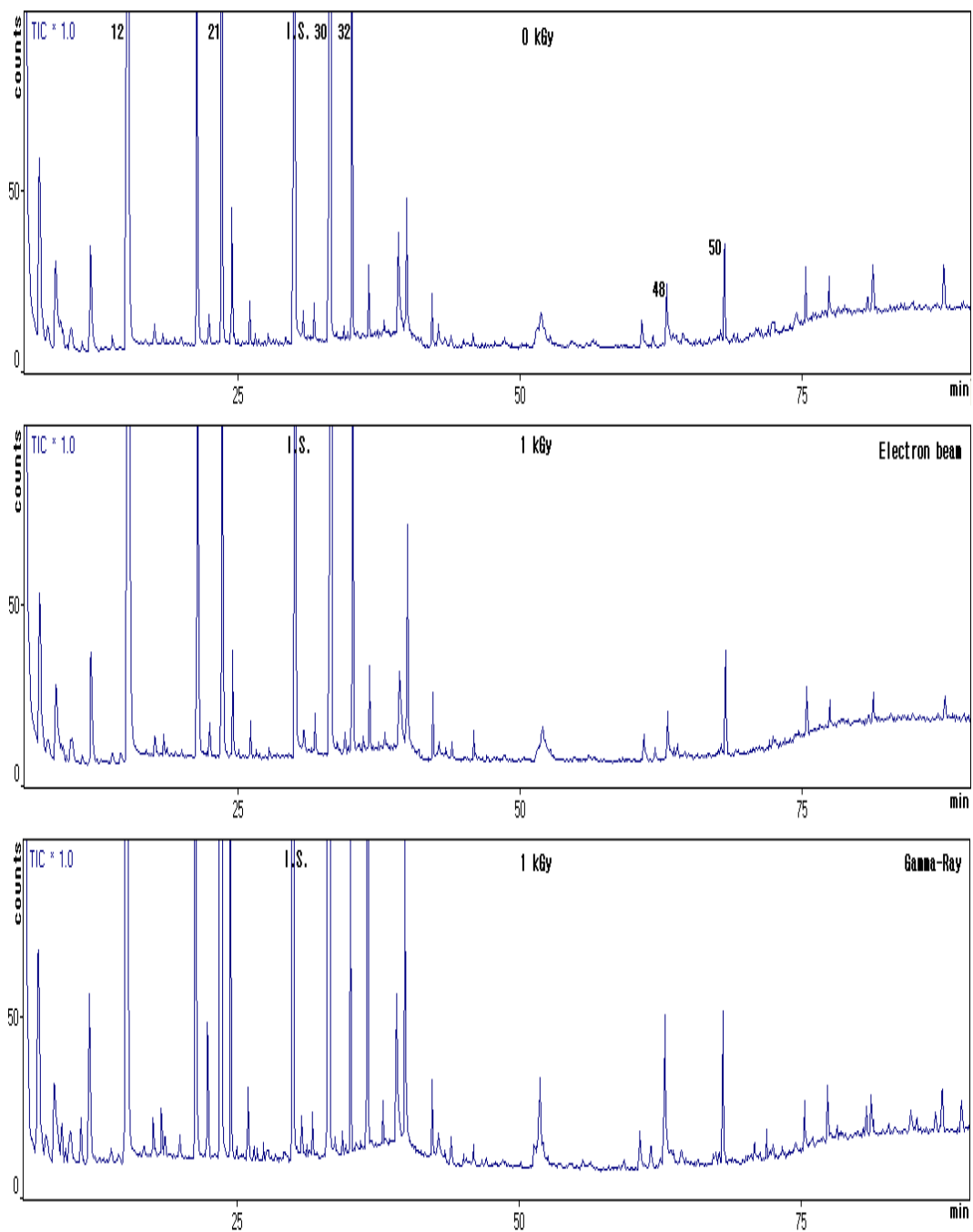


Figure 16. GC/MS chromatograms of volatile flavor components in non- and irradiated Shingo pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) by gamma-ray and electron beam at 1 kGy.

Table 19. Comparison of volatile flavor components identified in non- and irradiated Shingo Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) at 1 kGy by gamma- ray and electron beam after storage at 4°C for 30 days

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	Control		Irradiation source			
				Electron beam		Gamma-ray	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
1	Ethyl acetate	0.040	0.033	0.040	0.126	0.037	0.035
2	2-Methyl butanal	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.005
3	3-Methyl butanal	0.003	0.005	0.003	0.009	0.002	0.005
4	Ethanol	0.019	0.004	0.019	0.008	0.012	0.004
5	2-Ethyl furan	0.005	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001
6	2,3-Dimethyl octane	0.002	t	0.002	t	0.004	0.001
7	2-Pentanone	0.007	0.024	0.007	0.041	0.007	0.019
8	Decane	0.001	-	0.001	-	0.003	-
9	Ethyl butanoate	-	0.001	0.001	t	-	0.001
10	2,3-Pentanedione	0.002	0.004	0.002	0.007	0.001	0.003
11	Dimethyl disulfide	0.001	0.002	0.003	0.006	0.002	t
12	Hexanal	0.379	0.413	0.810	0.387	0.502	0.337
13	3-Pentanol	t ¹⁾	0.004	0.002	0.008	-	0.004
14	2-Pentanol	0.003	0.015	0.002	0.028	0.004	0.013
15	(Z)-3-Hexenal	0.001	0.003	0.004	0.001	0.005	0.004
16	2-Methyl-2-pentenal	0.001	0.004	0.002	0.001	0.002	0.003
17	Butanol	t	t	-	t	-	0.001
18	Ethyl 2-butenate	0.001	t	0.001	0.002	0.003	0.002
19	Pyridine	0.054	0.097	0.087	0.157	0.064	0.081
20	(Z)-2-Hexenal	0.004	0.006	0.005	0.010	0.012	0.018

¹⁾Trace.

Table 19. Continued

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	Control		Irradiation source			
				Electron beam		Gamma-ray	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
21	(<i>E</i>)-2-Hexenal	0.102	0.164	0.132	0.247	0.360	0.501
22	2-Pentyl furan	0.014	0.015	0.012	0.019	0.028	0.015
23	Ethyl hexanoate	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
24	Pentanol	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006
25	Dihydro-2-methyl-3-furanone	0.001	0.002	0.002	0.004	0.001	0.002
26	Methyl pyrazine	0.001	0.001	0.002	-	0.001	0.002
27	Hexyl acetate	-	0.001	t ²⁾	0.001	0.001	t
<i>I.S</i> ¹⁾	<i>Butyl benzene</i>	-	-	-	-	-	-
28	(<i>E</i>)-2-Heptenal	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005
29	6-Methyl-5-heptene-2-one	0.004	0.002	0.005	0.010	0.004	0.006
30	Hexanol	0.274	0.087	0.367	0.080	0.490	0.068
31	Dimethyl trisulfide	0.001	0.001	0.003	0.003	0.002	0.003
32	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	0.053	0.020	0.059	0.010	0.031	0.011
33	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	0.008	0.007	0.008	0.012	0.087	0.035
34	(<i>E</i>)-2-Octenal	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.003
35	Acetic acid	0.015	0.005	0.012	0.016	0.018	0.007
36	3-Methyl thiopropanal	0.005	0.008	0.007	0.012	0.004	0.007
37	Furfural	0.017	0.023	0.029	0.043	0.027	0.044
38	2-Ethyl hexanol	0.006	0.006	0.008	0.013	0.006	0.008
39	2-Acetyl furan	0.003	0.003	0.001	0.005	0.005	0.004
40	Benzaldehyde	0.001	0.003	0.002	0.003	0.001	0.004

¹⁾Internal standard, ²⁾Trace.

Table 19. Continued

(unit : mg/kg)

Peak No.	Compound Name	Control		Irradiation source			
				Electron beam		Gamma-ray	
		0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
41	(<i>Z</i>)-2-Decenal	-	t ¹⁾	-	-	0.003	0.001
42	Linalool	-	0.001	0.004	0.002	0.003	0.005
43	3-Methylpyrrole	-	0.001	-	0.002	0.002	0.003
44	2-Acetyl thiazole	0.021	0.019	0.019	0.018	0.023	0.015
45	3-Methylthiophene-2-aldehyde	0.002	0.007	-	0.003	t	0.001
46	1-Phenyl-1-butanone	0.005	0.013	0.004	0.021	0.004	0.014
47	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	-	0.002	0.002	-	0.003	0.002
48	Hexanoic acid	0.010	0.001	0.009	t	0.022	0.006
49	4,7-Dimethyl-4-octanol	-	t	-		0.002	0.001
50	Benzothiazole	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002
51	1-Phenyl-1-butanol	0.014	0.019	0.017	0.034	0.015	0.017
52	2- <i>tert</i> -Butylphenol	0.006	0.007	0.007	0.011	0.004	0.008
53	γ -Dodecalactone	0.007	0.007	0.005	0.023	0.003	0.008
54	Octadecanol	-	-	-	-	0.003	-
Total		1.109	1.059	1.726	1.406	1.836	1.353

¹⁾Trace.

제 4 장 요약

신고배(*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka)의 휘발성 향기성분에 방사선 조사(전자선, 감마선)의 영향과 방사선 조사 후 저장기간에 따른 휘발성 향기성분의 변화를 확인하기 위하여 본 연구를 수행하였다. SDE 추출방법과 GC/MS 분석에 의하여 조사 선량 및 선량에 따른 신고배의 휘발성 향기성분을 분석하였다. 비조사 신고배와 전자선 0.25, 0.5, 1 그리고 3 kGy로 조사된 신고배에서 각각 46, 45, 44, 48 그리고 51종의 화합물을 동정하였으며 감마선 조사 0.25, 0.5, 1 그리고 3 kGy로 조사된 신고배에서는 46, 48, 53, 52 그리고 48종의 화합물을 확인하였다. 신고배의 주요 휘발성 향기 성분으로는 C₆ 화합물인 hexanal, n-hexanol, (*Z*)-hexenal이 분리 동정되었다. 소비자 수용성에 기여하는 휘발성 향기성분에 대하여 방사선 선량간의 상호관계를 평가한 결과, 대조군과 전자선 및 감마선 조사된 신고배의 주요 휘발성 향기성분은 유사하였으며, 방사선 조사는 휘발성 향기성분의 변화에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 또한 4°C에서 30일 저장 후 신고배의 휘발성 향기성분도 큰 변화가 없었다. 관능평가 실시 결과, 1 kGy 이하의 저선량으로 전자선 또는 감마선 조사된 배의 기호도가 대조군 보다 오히려 약간 높은 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 결과적으로 신고배의 1 kGy 이하 전자선 또는 감마선의 저선량 조사는 품질의 열하 없이 해충 구제 및 저장안전성을 개선하는 효과적인 방법으로 사료된다.

참고문헌

1. Kim, J.H.. *Pear Culture*, Seoul : O-Sung Press, 1994, p.11.
2. 김정호 : 최신배재배, 서울:오성출판사, pp11~12, 1994.
3. 유태중 : 식품보감, 서울:문운당, pp166~168, 1989.
4. 농촌진흥청. FTA 대응 농축산물 경쟁력 강화를 위한 주요 품목별 기술 개발 전략. p588-603, 2007.
5. 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 at Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance. Daejeon, 13 October, p209-254, 2000.
6. 권용정, 허은엽, 권중호, 변명우. "수출입 농산물의 검역현황과 방사선 조사기술의 이용전망." 식품과학과 산업, **32**:80-90, 1999.
7. ICGFI. *Facts about food irradiation*. A series of fact sheets from the international consultative group on food irradiation, Vienna, 1999.
8. UNEP. Montreal Protocol on Substances That Deplete The Ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. pp.1-294. 1995.
9. Seo, S.T. *et al.* "Oriental and mediterranean fruit flies: fumigation of papaya, avocado, tomato, bell pepper, eggplant and banana with phosphine." *J Econ Entomol* **72**:354-359, 1979.
10. 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.
11. NPQS. *Plant Quarantine Information*. National Plant Quarantine Service, **91**: 17-19, 2000.
12. 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, pp.209-254, 2000.
13. UNEP. Montreal Protocol on Substances That Deplete The Ozone layer; Methyl Bromide Technical Options Committee - 1998 Assessment of Alternatives to Methyl Bromide. pp. 185-201, 1998.
 14. FDA. *Irradiation in the production, processing, and handling of food*. Federal Register. *51*:13376-13399, 1986.
 15. WHO. *Wholesomeness of irradiated food*. Report of A Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series-659, Geneva, Switzerland, 1981.
 16. WHO. *Review of data on high dose (10-70 kGy) irradiation of food international consultative group on food irradiation*, Food Safety Unit, 1997.
 17. WHO. *Food irradiation-Sky's the limit*, WHO Press Release WHO/68, Geneva, 1997.
 18. USDA. Hawaiian and territorial quarantine notices: Fruits and vegetables from Hawaii; sweet potatoes irradiation treatment. *Fed. Regist.* *69*:7541-7547, 2004.
 19. USDA. Use of irradiation as a quarantine treatment for fresh fruit of papaya from Hawaii. *Fed. Regist.* *54*:387-393, 1989.
 20. Federal Register *Vol.69, No.32*, page 7541-7547
 21. Korean Food and Drug Administration. Food Code. 2004.
 22. Johnson, J. and Marcotte, M. Irradiation control of insect pests of dried fruits and walnuts. *Food Technol.*, *53*(6), 46-51, 1999.
 23. Delincee H. Detection of irradiated food: DNA fragmentation in grapefruits. *Radiat Phys Chem* *52*: 135-139, 1998.
 24. 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.
25. Kader, A.A.: Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.*, **40**:117–121, 1986.
 26. Joong-Ho Hwon, et al: Effects of Gamma Radiation and Methyl Bromide Fumigation on Quarantine Pest and Quality of Asian Pears. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**(1), 57–63, 2002.
 27. Schultz, T.H. Flath, R.A. Mon, T.R. Enggling, S.B. and Teranishi, R.. Isolation of Volatile Components from a Model System. *J. Agric. Food Chem.* **25**:446–449, 1977.
 28. Nickerson, G.B. and Likens, S.T.. Gas Chromatography Evidence for the Occurrence of Hop Oil Components in Beer. *J. Chromatogr.* **21**:1–5, 1966.
 29. Kovats, E.Sz.: *Helv. Chim. Acta.* **41**:1915, 1958.
 30. Lee, M.D. Instrument analysis chemical, Seoul : *Freedom Academy.* p. 25–26, 1918.
 31. Robert, P.A. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured Publishing Corporation, USA, Stehagen, E., Abbrahamsom, S. and Malafferty, F.W. The Wiley / NBS Registry of Mass Spectral Data, John Wiley and Sons, N.Y. 1995.
 32. Davies, N.W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J. Chromatography.*, **503**: 1–24, 1990.
 33. Sadtler Research Laboratories. The saddler standard gas chromatography retention index library. Sadtler, USA, 1986.
 34. Stehagen, E.S., Abbrahansom, F. and Mclafferty, W. The Wiley/ NBS Registry of Mass Spectral Data. N. Y. John Wiley and Sons. 1974.
 35. Association of Korean Standardization: General Method of Organoleptic Test, *KS A7001*, 1992.
 36. Robert P.A.. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*, Illinois : Allured Publishing

- Corporation, 1995.
37. Stehagen, E. Abbrahansom, S. and McLafferty, F.W.. *The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data*, N.Y. : John Wiley and Sons, 1974.
 38. Davies, N.W.. Gas Chromatographic Retention Indices of Monoterpenes and Sesquiterpenes on Methyl Silicone and Carbowax 20M Phases. *J. Chromatogr.* **503**:1-24, 1990.
 39. Hultin, H.O. and Proctor, B.E.:Changes in some volatile constituents of the banana during ripening, storage and processing. *Food Technol.* **15**: 440, 1961.
 40. Drawert, F., Heima, W., Emberger, R. and Tressl, R.:Biogenesis of aroma compounds in plant and fruit. II. Enzymatic formation of 2-hexen-1-al, hexanal and their precursors. *Liebigs Ann. Chem.* **694**: 200-208, 1966.
 41. Horvat, R.J. and Chapman, G.W.:Comparison of volatile compounds from peach fruit and leaves (cv. Monroe) during maturation. *J. Agric. Food Chem.* **38**: 1442-1444, 1990.
 42. Ismail, H.M., Williams, A.A. and Tucknott, O.G.:The flavor of plums (*Prunus domestica* L.). An examination of the aroma components of plum juice from the cultivar victoria. *J. Sci. Food Agric.* **32**:613-619, 1981.
 43. Hatanaka, T.K., Sekiya, J. and Inouje, S.:Solubilization and properties of the enzyme cleaving 13-L-hydroperoxylinoleic acid in tea leaves. *Phytochem.* **21**:13-17, 1982.
 44. Kazenica, S.T. and Hall, R.M.:Flavor chemistry of tomato volatiles. *J. Food Sci.* **35**:519-530, 1970.
 45. Tang, J., Zhang, Y., Hartman, T., Rosen, R.T. and Ho, C.T.:Free and glycosidically bound volatile compounds in fresh celery (*Apium graveolens* L.). *J. Agric. Food Chem.* **38**:1937-1940, 1990.
 46. George, A.B.. *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients*, 3rd e.d., USA : CRC Press Inc., 1995.

47. Lee, H.J. Park, E.R. Kim, S.M. Kim, K.Y. and Kim, K.S.. Volatile Flavor Components in Various Varieties of Pear (*Pyrus pyrifolia* N.). *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**:1006-1011, 1998.
48. Suwanagul, A. and Richardson, D.G. Identification of headspace volatile compounds from different pear(*Pyrus communis* L.) varieties. *Acta Horticulturace* **475**:605-623, 1998.
49. Paillard, N. Changes in the volatile composition of La France pear during maturation. *J. Sci. Food Agric.* **52**:421-429, 1999.
50. Norton, I.D. and Macleod, A.J.. Food Flavors Part C. In *The Flavor of Fruits*, N.Y. : *Elsevier*, 1990.
51. Da Cruz Francisco, J. Jarvenpaa, E.P. Huopalahti, R. and Sivik, B.. Comparison of Eucalyptus camaldulensis Dehn. Oils from Mozambique as Obtained by Hydrodistillation and Supercritical Carbon Dioxide Extraction. *J. Agric Food Chem.* **49**:2339-2342, 2001.
52. Kim, Y.S. and Oh, H.I. Volatile flavor components of traditional and commercial kochujang. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**:494-501, 1993.
53. Jun, H.R. and Kim, Y.S. Comparison of volatile compounds in red pepper(*Capsicum annuum* L.)powders from different origins. *Food Sci. Biotechnol.*, **11**:293-302, 2002.
54. Chung, M.S. and Lee, M.S. Analysis of volatile compounds in elsholtzia splendens by solid phase microextraction. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, **19**:79-82, 2003.
55. 홍지훈. 이승구.. 수확 후 열처리가 '신고' 배의 저장성 및 흑변에 미치는 영향. *한원지*, **38**:506-509, 1997.
56. 홍세진, 김명수, 박세원, 신일섭.. 조생종 배 과실의 성숙 중 당과 산의 함량 및 식미의 변화. *한원지*, **39**:408-411, 1998.
57. Nanos, G.D., R.J. Romani, and A.A. Kader. Metabolic and other responses of 'Bartlett' pear fruit and suspension-cultured 'Passe-Crassane' pear fruit cells held in 0.25% O₂. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **177**:934-940, 1992.
58. Xuetong Fan, Luiz Argenta, and James Matheis.: Impacts of Ionizing

Radiation on Volatile Production by Ripening Gala Apple Fruit. *J. Agric. Food Chem.* 2001, **49**:254-262, 2001.

59. Brown, D.S. Buchanan, J. R. Hicks, J. R. Volatiles from apple fruits as related to variety, maturity and ripeness. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* **88**: 98-108, 1966.
60. Aboul-Enein, A. M.: Elsharabasi, M.: Zaharan, N. N. Changes of volatiles in tomato juices induced by gamma irradiation of fruits. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* **9**:113-117, 1985.
61. Aboul-Enein, A. M.: Salem, H. M.: Zaharan, N. N. Effect of gamma irradiation on mango volatiles during ripening. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* **8**:60-63, 1983.

감사의 글

꿈을 이루기 위해서 올바른 길을 갈수 있도록 새로운 삶의 기회와 용기를 부여해 주시고 자기 한 몸의 배부름과 안일한 생활을 바라지 않으며 함께 살아가는 진정한 교육과 한결같은 사랑으로 때로는 엄한 질타로 지도해 주시고 훌륭한 가르침으로 이끌어 주신 김경수 지도교수님께 머리 숙여 깊이 감사드립니다. 바쁘신 가운데에서도 지도하여 주시고 정성스레 논문을 심사하여 주신 장해춘 교수님, 귀중한 시간을 내어 세세하게 검토해 주시고 신경을 써주신 변명우 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 각별한 관심으로 지도해 주신 서화중 명예교수님, 이명렬 교수님, 노희경 교수님, 김복희 교수님과 이소정 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

3년이라는 긴 시간이 하루처럼 가버려 아쉬움을 감출 수 없고 항상 든든한 말로서 실험실을 이끌며 많은 학문적 가르침과 삶에 있어 행복을 전해준 혜영이와 밝은 미소에 마음까지도 착한 준형, 기미, 수형이 든든하고 믿음직한 성례, 20대 청춘을 함께한 소중한 근영, 따뜻한 남자 민석, 인민 그리고 새 식구가 된 지연에게 고마운 마음을 전합니다. 아직도 부족함이 끝이 없는 저에게 많은 조언자이시며 격려를 아끼시지 않은 홍철희 선생님, 정양모 선생님, 김관수 선생님, 한규제 선생님, 김왕근 선생님, 정찬희 선생님, 전삼녀 선생님 그리고 포근한 누님이신 은령누나, 정민누나, 현과누나 고향으로 돌아간 Rajendra에게 깊은 감사의 마음을 전합니다.

15년 우정으로 뭉치었고 기쁨과 슬픔을 나눌 수 있는 의리의 친구이며 동반자인 보영과 영옥, 포토와이 98동기 호정, 형주 든든한 친구 형용, 승주, 충일 가슴이 따뜻한 종민이형, 선영, 보경에게 고마움을 전합니다.

일평생 8남매 자식 뒷바라지 하시면서도 자식들에게 항상 희망을 주시고 용기를 주신 저의 따뜻한 어머니, 평생을 갚아도 갚지 못할 마음이 못내 아쉬울 뿐입니다. 막내 동생의 든든한 후원자인 재병이형, 용뢰형, 렬이형, 영이형, 장이형, 을성누나, 우성누나, 어머니와 다름없는 둘째 형수님, 누나 보다 좋으신 넷째 형수님, 믿음직스런 매형, 귀염둥이 조카들 민아, 민우, 성근, 은지, 도형, 현호, 은진, 은선, 승원, 승호, 하늘나라로 떠나시며 손을 꼭 잡아주시던 아버지께 감사하고 또 감사함을 전합니다.

2007년 11월

김 원

저작물 이용 허락서

학 과	식품영양학과	학 번	20067513	과 정	석사
성 명	한글: 김 원		한문: 金 元	영문: Kim, Won	
주 소	전라남도 화순군 화순읍 대리 121 대광2차 201동 2024호				
연락처	E-MAIL : lovewony2@nate.com				
논문제목	한글 : 신고 배의 향기성분에 대한 선원별 방사선 조사의 영향 영문 : Effect of gamma- and electron-beam irradiation on flavor components in Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> cv. Niitaka)				
본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.					
- 다 음 -					
1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함 2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함. 3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함. 4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함. 5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함. 6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음 7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.					
동의여부 : 동의(0) 조건부 동의() 반대()					
2007년 11 월					
저작자: 김 원 (서명 또는 인)					
조선대학교 총장 귀하					