

## 전자선 조사한 캠벨얼리 포도(*Vitis labrusca* L.)의 휘발성 유기성분 변화

심성례 · 노기미 · 김경수 · 송기동<sup>1†</sup>  
조선대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>조선대학교 화학과

### Effect of Electron Beam Irradiation on Volatile Organic Compounds of *Vitis labrusca* L.

Sung-Lye Shim, Ki-Mi No, Kyong-Su Kim and Gi-Dong Song<sup>1†</sup>

Department of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Chosun University, Gwangju, 501-759, Korea

#### Abstract

Changes in volatile organic compounds were investigated during storage after electron beam irradiation. Grapes were irradiated at 0.25, 0.5, 0.75, and 1.0 kGy and stored for 1 month at 4°C. Butanol, hexanal, [E]-2-hexenal, hexanol, and 3-methyl-butanol were the major volatile organic compounds of grapes. The types of volatiles in irradiated grapes were similar to those of non-irradiated samples but concentration differed among treatments. Some volatile compounds decreased during storage, whereas others, especially the esters, increased. Concentration of most volatile compounds were higher in pre-stored grapes than in post-stored fruit (thus, during the 30 days after irradiation by e-beam). Consequently, concentration of volatile organic compounds either increased or decreased after e-beam irradiation but these changes did not correlate with irradiation dose.

**Key words :** *Vitis labrusca* L., irradiation, volatile organic compounds, GC/MS

#### 서 론

생활수준의 향상과 경제성장에 따라 칼로리와 영양소의 적당한 공급을 중시하던 예전과는 달리 소비자들의 건강 및 기능성에 대한 관심이 높아져 신선하고 품질이 좋은 농산물 등 건강지향 식품의 선호도가 증가하고 있다(1). 이러한 신선식품에 대한 소비증대는 가공·저장기술의 발전으로 이어지고 있으며 특히 수분이 많고 당도가 높아 저장 중 발효, 부패가 심한 과실의 경우 저장기간을 연장하고 품질의 개선으로 부패의 발생을 방지하여 소비자의 만족도를 높이기 위한 노력이 시급한 실정이다.

국내에서 재배되고 있는 과실 중 캠벨얼리 포도(*Vitis labrusca* L.)는 특히 당도가 높고 과즙과 신맛이 풍부하며 미국종 특유의 강한 냄새(foxy flavor)는 완숙 과실에서 좋은 풍미로 발전하여 여름철 소비가 많은 과실이며 국내

생산량 중 약 7%는 포도주, 포도잼, 포도즙, 과자, 빵 등의 일부 가공제품으로 소비되고 93% 이상이 신선한 생과로 소비되고 있다(2,3). 하지만 포도는 수확 후 저장 및 유통과정에서 수분감소에 의한 외관변화, 효모·미생물에 의한 부패 등의 외부적인 요인과 생리활성에 의한 호흡 및 효소활성의 증가, 색소의 분해, 과육의 연화 및 조성의 변화 등 내적인 요인들이 품질의 변화를 일으키게 되므로 장기간 저장이 어렵고(4,5) 대량출하로 인한 가격의 폭락과 단경기에는 가격이 폭등하는 경향을 나타내기 때문에 포도의 생산성 향상과 저장을 통한 수요와 공급의 조절이 필요하다(6).

이러한 요인들을 억제하고 포도의 저장기간을 연장시키기 위해 저온저장과 함께 CA (controlled atmosphere) 저장, MAP (modified atmosphere packaging) 저장, 유향 훈증처리 등이 사용되고 있으나 CA 저장의 경우는 시설비와 유지비가 비싸고 저장의 효과가 극명하게 나타나지 않아 널리 사용되지 못하며(7), LDPE (low-density polyethylene) 필름을 이용한 MAP저장은 수분의 증발을 억제하여 저장성을 연장하는 데에는 효과가 있지만 오히려 고습으로 인한 부패

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : gdsong@chosun.ac.kr,  
Phone : 82-62-230-6646, Fax : 82-62-224-8880

발생률이 높아 포장 내 적정 습도를 유지하기 어렵고, 필름의 단면에 구멍(pore)을 만들어 공기의 순환을 가능하게 하더라도 수분의 손실과 에틸렌 축적에 따른 탈립과의 발생을 억제하는데 어려움이 있다(8). 또한 MAP 내부에 아황산가스(SO<sub>2</sub>)를 처리하는 유향 훈증처리 및 자외선을 이용한 소독방법은 과실의 부패 억제와 품질관리에 있어 비교적 효과적이지만 오용에 따른 문제점과 인체에 대한 안정성 및 환경 공해 등의 문제가 대두되고 있어(9) 이를 개선하기 위하여 항균성필름을 이용한 포장(10), 가식성 물질을 이용한 코팅법(11), 에탄올 처리(12), 고농도의 에탄올 처리(13) 등의 이화학적 방법과 생물농약을 이용하여 저장성을 연장(14)시키는 생물학적 방법 등 저장성의 연장을 위한 연구들이 수행되어왔다. 그러나 이러한 방법들은 처리시간이 길고 효과가 불완전하거나 피처리물로 인한 품질저하와 생리적 장애를 유발시키는 등의 문제점이 지적되고 있어 조사 후에도 잔류독성이 남아있지 않고, 영양성분의 파괴나 관능적 품질의 변화를 최소화 할 수 있는 방법으로 살충·숙도지연의 목적으로 사용되는 방사선 조사방법이 선호되고 있다(15,16).

방사선 조사는 1990년대 들어 국제연합식량농업기구(FAO), 국제원자력기구(IAEA), 세계보건기구(WHO) 등의 국제기구에서 유용하고 안전한 식품 및 공중보건 제품의 살균방법으로 공인되면서 대두되기 시작하였고 일반적으로 식품 조사에 주로 사용되는 조사 에너지의 형태는 크게 방사성동위원소(<sup>60</sup>Co과 <sup>137</sup>Cs)를 이용한 감마선과 전자선 가속기에서 발생하는 10 MeV이하의 전자(베타)선, 기계적으로 발생하는 X선 등이 있다(17,18). 특히 비식품 분야에서 많이 사용되었던 전자선은 노출시간이 적고 조사선량의 조절이 용이하며, 방사선 동위원소에 대한 소비자들의 민감한 반응 때문에 감마선 조사에 비해 소비자의 수용도가 높은 이점을 갖고 있다(19). 또한 조사 후에도 방사능(radioactivity)이 없고 처리시간이 짧으며, 품온의 상승이 일어나지 않아 처리효과가 매우 높은 친환경 수단(20)으로 알려져 있으며 외국의 경우 과채류에 있어서 살충, 살균, 검역처리, 숙성지연 등의 목적으로 신선과일류는 4.0 kGy 이하, 건조과일류에는 10 kGy 이하의 조사가 허용(21,22)되어 있다. 이러한 전자선 조사의 살충, 살균, 후숙이나 부패지연 등의 효과가 확인되면서 지속적으로 관심이 높아지고 있지만 국내의 경우 식품의 조사에 이용되는 방사선 종류를 감마선으로 제한하고 있어 식품의 특성과 목적에 따라 전자선 이용을 위한 기초자료를 확보해야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 신선 과일류의 품질저하가 적고 관능적 특징을 유지할 수 있는 전자선 조사를 캠벨얼리 포도에 적용하여 휘발성 유기성분에 미치는 영향을 확인하여 전자선 조사 기술의 이용 가능성을 검토하고 저장성, 위생성 및 안정성을 높일 수 있는 적정선량을 확립하기 위한 기초자료를 수립하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시 약

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약으로 미국 Sigma사와 Fisher Scientific사로부터 구입하였으며, 추출 및 chromatography에 사용한 유기용매는 HPLC grade로 구입하여 이를 다시 wire spiral packed double distilling (Normschliff Geratebau, Germany) 장치로 재증류 한 것을 사용하였다. 물은 순수재증류장치(Millipore corporation, Bedford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였다. 유기용매의 탈수에 사용된 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>는 650℃ 회화로에서 하룻저녁 태운 뒤 desiccator에서 방냉한 후 사용하였다.

### 재 료

캠벨얼리 포도(Vitis labrusca L.)는 광주광역시 품암동에 위치한 농산물공판장에서 중량과 과립수가 균일한 과실만을 선별하여 구입하였다. 전자선 조사는 한국원자력연구원 정읍 방사선과학연구소 내 Electron-beam Accelerator (model ELV-4, 2.5MeV, EB-Tech., Ltd., Korea)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, 5 kGy) 선량률로 조사하였으며, 흡수선량은 0.25, 0.5, 0.75, 1 kGy가 되도록 양면 조사하였다. 이때의 흡수선량은 Cellulose triacetate (CTA) dosimeter로 확인하였고, 이를 비조사 시료와 함께 4℃의 저온저장고에 보관하여 실험에 사용하였다.

### 휘발성 유기성분의 추출

시료 400 g과 증류수 600 mL를 혼합하여 warning blender (Braun, MR 350CA, Spain)로 1분간 분쇄 한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 보정하고 휘발성 유기성분 추출용 시료로 사용하였다. 휘발성 유기성분의 추출은 Schultz 등의 방법(23)에 따라 개량된 연속수증기증류추출장치 (Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE, Normschliff, Wertheim, Germany) (24)를 이용하여 상압하에서 2시간 동안 추출하였다. 이때 휘발성 유기성분의 추출용매는 재증류한 n-pentane과 diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 200 mL를 사용하였으며 추출 후 추출용매층에 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 가해 하루 동안 방치하여 수분을 제거하였다. 정량분석을 위한 내부 표준 물질로 n-butylbenzene 1 µL를 첨가하였으며 유기성분의 유기용매 분획분은 vigreux column (250 mL, Normschliff Geratebau, Germany)을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류 하에서 약 0.2 mL까지 농축하여 GC/MS의 분석시료로 하였다.

### 휘발성 유기화합물의 분석

SDE에서 추출하여 농축된 시료는 GC/MS로 분석하였다. 질량분석에 사용한 GC/MS 분석기기는 GC/MS QP-5000 (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 사용하였으며 시료의 이온화는 electron impact ionization (EI)방법으로 행하였다. Injector의 온도는 250°C, carrier gas는 helium을 사용하였고, 유속은 1 mL/min이었다. 시료는 1 µL를 주입하였고 split ratio는 1:20으로 하였다. GC/MS 분석 조건은 ionization voltage를 70 eV로 하였고, ion source temperature는 230°C로 하였다. 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)을 사용하였고 temperature program은 40°C에서 3분간 유지한 다음 2°C/min의 속도로 120°C까지, 다시 4°C/min의 속도로 210°C까지 상승시킨 후 2°C/min의 속도로 230°C까지 상승시킨 후 5분간 유지한 다음 다시 5°C/min의 속도로 240°C까지 상승하도록 설정하였다. GC/MS의 분석에 의해 total ionization chromatogram (TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library (WILEY 139와 NIST 62, NIST 12)와 mass spectral data index(25)와의 일치, 문헌상의 retention index(27,28)와의 일치 및 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다. 정량을 위하여 휘발성 유기성분 추출 시 내부 표준물질로 첨가된 n-butylbenzene과 동정된 성분의 peak area를 이용하여 시료 1 kg에 함유된 휘발성 유기성분을 상대적으로 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 캠벨얼리 포도와 전자선 조사된 캠벨얼리 포도의 휘발성 유기성분

전자선 조사된 포도와 조사되지 않은 포도를 GC/MS로 분석하여 얻은 chromatogram은 Fig. 1에 나타내었고, 검출된 화합물과 상대적 농도는 Table 1에, 관능기별 상대적 농도는 Table 2에 나타내었다. SDE 방법으로 추출하여 확인된 캠벨얼리 포도의 휘발성 유기성분은 23.07 mg/kg으로 총 42종이었고 alcohol류가 다량 확인되었으며 aldehyde류, ester류, terpene류, acid류 그리고 ketone류 순으로 구성되었다. 포도에서 분리된 휘발성 유기성분은 butanol을 포함하여 hexanal, [E]-2-hexenal, hexanol, 3-methyl-butanol 등이 주요 휘발성 유기성분으로 동정되었으며 ethyl acetate, 2-methylbutyl acetate, butyl acetate, hexyl acetate 등도 확인할 수 있었다. 전자선 조사된 포도에서 확인된 휘발성 유기성분은 대조군과 비슷한 경향이었으며 총량은 0.25, 0.5, 0.75 및 1 kGy의 선량에서 각각 34.25 mg/kg, 29.59 mg/kg, 20.64 mg/kg 그리고 30.38 mg/kg으로 확인되어 0.75 kGy를

제외하고 비조사구보다 전자선 조사된 시료에서 함량이 많음을 확인하였다. 관능기별 주요 휘발성 유기성분으로는 alcohol류가 가장 많았으며 40.32, 42.93, 32.48 및 33.74% (0.25, 0.5, 0.75, 1 kGy)로 비조사 시료보다 낮은 함량을 나타낸 반면 비조사구에서 18.34%로 확인된 ester류는 조사된 시료에서 증가하는 경향을 나타내어 0.75 kGy의 선량에서는 32.88%로 가장 많은 함량을 나타내었고 1 kGy의 선량에서도 비조사구보다 많은 24.40%로 확인되었다. 전자선 조사된 포도의 휘발성 유기성분의 함량은 선량별로 차이가 있었으나 선량의존적인 경향은 확인되지 않았다.

### 캠벨얼리 포도와 전자선 조사된 캠벨얼리 포도의 저장 중 휘발성 유기성분

캠벨얼리 포도와 전자선 조사한 시료를 각각 30일 간 4°C에 저장하여 GC/MS로 분석한 chromatogram은 Fig. 2에 나타내었고, 이들의 성분은 Table 1에, 관능기별 상대적 농도는 Table 2에 나타내었다.

30일 동안 4°C에서 냉장 저장한 포도로부터 52종의 휘발성 화합물이 동정되었으며 그 함량은 총 71.85 mg/kg으로 관능기별 함량을 살펴보면 저장하기 전보다 ester류가 급격히 증가한 것으로 확인되었다. 30일 저장 후에 ethyl acetate가 34.28 mg/kg으로 가장 많이 증가하였고, phenethyl alcohol, [E]-2-hexanal, [E]-2-hexen-1-ol, hexanol 등이 주요 휘발성 유기성분으로 확인되었다. Hexanol, [E]-2-hexen-1-ol, [Z]-3-hexen-1-ol 등의 C<sub>6</sub> 화합물의 경우 저장 한 뒤 감소하는 경향을 확인하였으며 저장 전 포도의 주된 관능 그룹이었던 alcohol류는 저장 후 32.86%로 감소하였고 ethyl-2-butanoate, isopropyl acetate 등과 같은 새로운 ester류의 생성이 30일 저장 포도의 특성에 관여함을 알 수 있었다. 30일간 4°C로 저장하여 얻은 휘발성 유기성분의 함량은 0.25, 0.5, 0.75 kGy의 선량으로 조사된 시료에서 각각 50.47, 48.77, 68.17 mg/kg이었고, 1 kGy의 선량으로 조사된 시료에서는 55.6 mg/kg으로 확인되었다. 저장 30일 이후 비조사 시료에서 주요 휘발성 유기성분으로 확인된 관능그룹은 ester류의 화합물로 선량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이다 1 kGy에서는 약간 감소하는 경향이었으며 aldehyde류도 비조사 시료보다 증가하였음을 알 수 있었다. 또한 저장된 포도의 휘발성 유기성분 중 alcohol류도 비조사구보다 전자선 조사 후 감소하는 경향이었으며 이는 저장 하지 않은 시료와 비슷한 경향이였다.

전자선 조사된 포도의 경우 저장 후 새로운 ester류의 생성은 비조사구의 저장 후 변화와 유사하였으며 저장 시료에서는 ethyl acetate, phenethyl alcohol, [E]-2-hexenal, [E]-2-hexen-1-ol 등이 주요 휘발성 유기성분으로 동정되었다. 본 연구에서 확인된 비조사 포도와 전자선 조사된 포도

**Table 1. Changes of volatile organic components identified in control and irradiated campbell early grape (*Vitis labrusca* L.) by electron beam after storage at 4°C for 30 days**

(unit : mg/kg)

No.	R.I. <sup>1)</sup>	Compound name	Irradiation dose (kGy)									
			0		0.25		0.5		0.75		1	
			0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
1	795	Ethyl formate	0.25	0.02	0.89	0.02	0.41	0.07	0.95	0.18	0.48	0.11
2	809	Butanal	0.06	-	0.21	-	0.08	-	0.16	-	0.12	-
3	829	Ethyl acetate	1.35	34.28	3.79	25.8	2.19	26.34	3.21	38.04	2.82	26.07
4	836	Isopropyl acetate	-	0.74	-	0.73	-	0.83	-	1.40	-	1.73
5	894	2-Propanol	0.03	3.5	0.01	1.52	0.02	2.76	tr <sup>2)</sup>	2.79	0.01	3.44
6	903	Ethanol	0.15	0.77	0.27	0.43	0.28	0.26	0.18	3.61	0.29	1.00
7	929	Ethyl propanoate	-	0.07	-	0.03	-	0.09	-	0.06	-	0.04
8	958	Propyl acetate	0.02	-	0.01	-	0.02	-	tr	-	0.08	-
9	995	2-Pentanone	0.13	-	0.34	-	0.30	-	0.22	-	0.12	-
10	1011	2-Methylpropyl acetate	0.02	-	0.06	-	0.05	-	0.03	-	0.09	-
11	1029	2-Butanol	0.03	0.01	0.09	0.01	0.09	tr	0.04	tr	0.04	0.01
12	1036	Ethyl butanoate	-	0.42	-	0.27	-	0.65	-	0.68	-	0.62
13	1044	2-Methyl-3-buten-2-ol	-	0.83	-	0.97	-	0.61	-	0.74	-	0.86
14	1057	2,3-Pentanedione	-	0.13	-	0.10	-	0.05	-	0.06	-	0.08
15	1073	Butyl acetate	1.16	0.02	0.92	0.04	0.71	0.03	0.32	0.03	0.91	0.05
16	1077	Hexanal	3.67	0.83	5.03	2.16	4.41	0.87	1.92	0.96	3.87	0.90
17	1089	2-Methyl-1-propanol	0.14	0.13	0.41	0.13	0.24	0.02	0.13	0.02	0.53	0.03
18	1104	Methyl-[E]-2-buten-2-ol	-	0.05	-	0.04	-	0.05	-	0.02	-	0.06
19	1107	2-Pentanol	0.02	0.26	0.09	0.15	0.17	0.23	0.10	0.29	0.17	0.36
20	1117	2-Methylbutyl acetate	0.59	-	2.20	-	1.83	-	1.03	-	2.08	-
21	1130	3-Pentanol	0.06	0.02	0.25	0.01	0.42	tr	0.29	tr	0.53	0.01
22	1136	2-Methyl-4-pentenal	0.05	0.01	0.10	0.03	0.12	0.02	0.08	tr	0.14	0.03
23	1149	1-Butanol	6.06	0.08	5.07	0.10	4.20	0.05	1.68	0.06	3.21	0.08
24	1164	Ethyl-2-buten-2-ol	-	1.17	-	0.71	-	0.79	-	0.96	-	1.16
25	1195	Limonene	0.02	tr	0.05	tr	0.07	0.01	0.08	tr	0.17	0.01
26	1199	[Z]-3-Hexenal	0.07	0.13	0.08	0.19	0.06	0.15	0.05	0.17	0.06	0.19
27	1209	1,8-Cineole	-	0.14	-	0.24	-	0.07	-	0.05	-	0.07
28	1212	3-Methyl-1-butanol	1.11	0.31	4.43	0.20	4.51	0.03	2.08	0.01	2.48	-
29	1219	[E]-2-Hexenal	2.71	4.34	3.41	5.63	3.13	4.78	1.97	5.61	2.42	5.96
30	1235	Ethyl hexanoate	-	0.24	-	0.12	-	0.40	-	0.4	-	0.38
31	1256	Pentanol	0.18	0.03	0.28	0.02	0.24	0.02	0.15	0.02	0.24	tr
32	1273	Hexyl acetate	0.64	0.01	0.35	0.01	0.40	0.01	0.21	0.01	0.75	0.01
33	1285	3-Hydroxy-2-butanone	-	0.19	-	0.07	-	0.10	-	0.05	-	0.05
I.S. <sup>3)</sup>	1313	Butyl benzene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	1325	[Z]-2-Penten-1-ol	-	-	-	0.04	-	0.01	-	0.01	-	0.02
35	1346	Ethyl 2-hexenoate	-	0.12	-	0.14	-	0.07	-	0.07	-	0.07
36	1361	Hexanol	2.15	2.78	2.25	1.24	1.81	1.37	0.67	1.37	1.76	1.35
37	1369	[E]-3-Hexen-1-ol	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02

<sup>1)</sup>Retention index, <sup>2)</sup>Trace, <sup>3)</sup>Internal Standard.

Table 1. Continued

No.	R.I. <sup>1)</sup>	Compound name	Irradiation dose (kGy)									
			0		0.25		0.5		0.75		1	
			0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
38	1412	[ <i>Z</i> ]-2-Hexen-1-ol	0.08	3.27	0.13	1.27	0.06	3.47	0.04	3.53	0.09	3.51
39	1413	Hexyl butanoate	0.11	-	0.21	-	0.04	-	0.01	-	0.12	-
40	1437	Ethyl octanoate	-	0.21	-	0.07	-	0.12	-	0.13	-	0.11
41	1452	Acetic acid	0.28	0.06	1.03	0.05	1.56	0.18	1.00	0.20	2.49	0.26
42	1463	Furfural	0.09	0.06	0.06	0.03	0.22	0.04	0.04	0.07	0.08	0.15
43	1495	2-Ethyl hexanol	0.09	0.05	0.34	0.06	0.45	0.06	0.23	0.05	0.36	0.03
44	1526	Ethyl-3-hydroxybutanoate	-	1.21	-	0.16	-	0.59	-	0.76	-	0.89
45	1559	Ethyl-2-octenoate	-	0.11	-	0.06	-	0.07	-	0.08	-	0.06
46	1607	Hexyl hexanoate	0.03	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.03	-
47	1642	Ethyl decanoate	-	0.52	-	0.16	-	0.14	-	0.17	-	0.15
48	1685	Ethyl 3-hydroxyhexanoate	-	0.07	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02
49	1721	[ <i>Z</i> ]- $\alpha$ -Farnesene	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	tr <sup>2)</sup>	0.02
50	1749	[ <i>E</i> ]- $\alpha$ -Farnesene	1.09	0.10	0.88	0.16	0.20	0.12	0.16	0.19	1.56	0.18
51	1765	Ethyl-[ <i>E</i> ]-2-decenoate	-	0.22	-	0.10	-	0.07	-	0.07	-	0.06
52	1828	Hexanoic acid	0.25	-	0.42	-	0.57	-	0.28	-	1.30	-
53	1850	Ethyl-[ <i>E,Z</i> ]-2,4-decadienoate	-	2.21	-	1.35	-	0.94	-	1.32	-	1.20
54	1868	Guaiacol	tr	0.12	tr	0.11	tr	0.06	tr	0.09	tr	0.10
55	1928	Phenethyl alcohol	-	11.54	-	5.51	-	1.80	-	3.20	-	3.46
56	1957	$\beta$ -Ionone	0.03	0.01	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	0.22	0.13	0.25
57	1960	2-Hexenoic acid	0.05	0.04	0.19	0.07	0.36	0.12	0.11	0.12	0.14	0.10
58	1966	2-Methyl-1-phenyl-1-propanol	0.11	-	0.15	-	0.17	-	0.11	-	0.53	-
59	2049	Octanoic acid	0.02	-	0.02	-	0.02	-	tr	-	0.07	-
60	2167	Nonanoic acid	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.05	0.03
61	2172	Tetradecanol	0.03	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	tr	-
62	2258	Ethyl hexadecanoate	-	0.07	-	0.02	-	0.03	-	0.03	-	0.04
63	2446	Ethyl heptadecanoate	0.06	0.10	0.05	0.02	0.04	0.03	0.03	0.06	0.05	0.08
64	2462	Dodecanoic acid	-	0.18	-	0.04	-	0.12	-	0.13	-	0.13
Total			23.07	71.85	34.25	50.47	29.59	48.77	20.64	68.17	30.38	55.6

<sup>1)</sup>Retention index, <sup>2)</sup>Trace.

의 휘발성 유기성분의 총 함량은 선량의존적인 정량적 변화는 관찰되지 않았고 저장 후 일부 ester류 화합물의 생성을 확인할 수 있었다.

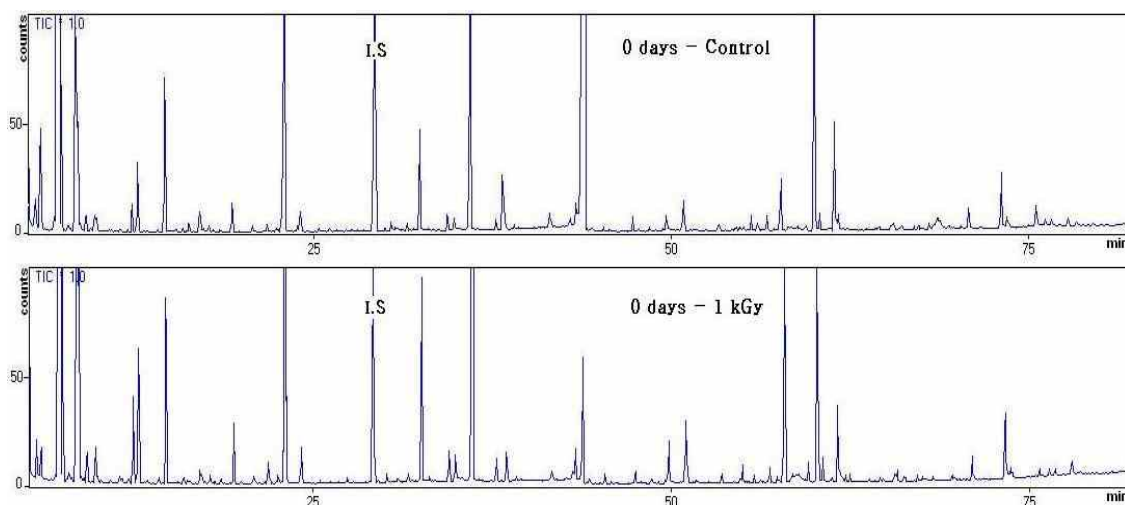
#### 캠벨얼리 포도와 전자선 조사된 캠벨얼리 포도의 휘발성 유기성분 비교

포도의 향은 알콜류, 에스터류, 산류, 테르펜류, 카르보닐 화합물 등의 수많은 휘발성 성분들의 조합에 의해 형성되며 (29) 본 연구에서도 비슷한 패턴을 확인하였다. 달콤한 향으로 특징지어지는 butanol을 포함하여 hexanal, [*E*]-2-hexenal,

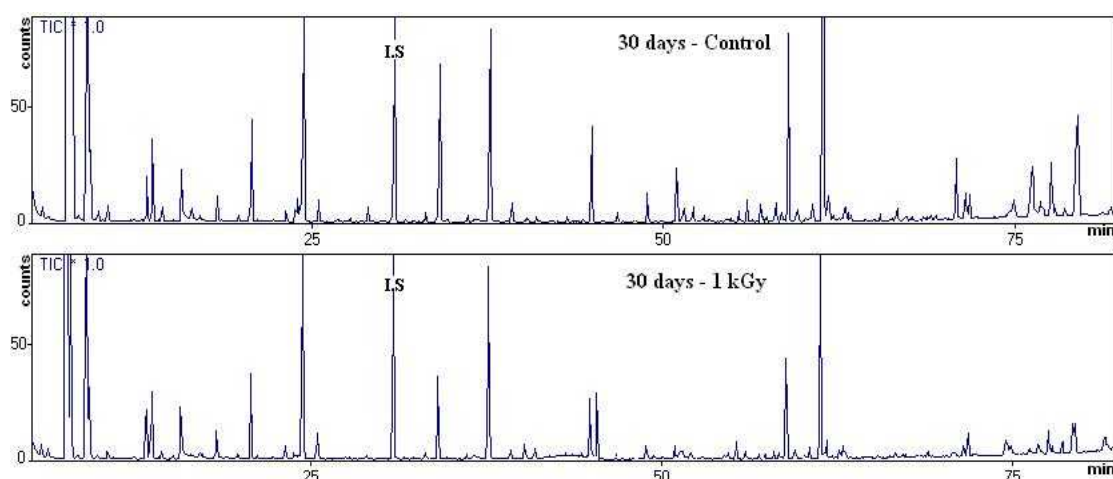
hexanol, 3-methyl-butanol 등이 주요 휘발성 유기성분으로 동정되었으며 전자선 조사된 시료에서도 동일한 경향이 있었다. Hexanal, [*E*]-2-hexenal, hexanol 등은 거의 모든 과일과 채소류의 향기성분으로 알려져 있으며 풀내음이 나는 green note로 식물의 잎이나 과일 등의 정유 성분에 주로 함유되어 있고 시료의 분쇄과정에서 세포벽이 파괴됨으로써 효소작용으로 인해 생성된다(30). 또한 불포화 C<sub>6</sub>-alcohol인 [*E*]-2-hexen-1-ol, [*Z*]-3-hexen-1-ol은 oxygen과 lipoxygenase type enzymatic system의 상호작용(31)에 의해 생성된 화합물로 낮은 역가를 지니며(32) C<sub>6</sub>-alcohol을 포

**Table 2. Relative content of functional groups in volatile organic components identified in non- and irradiated campbell early grape (*Vitis labrusca* L.) by electron beam after 30 days of storage**

Functional groups	(Relative area %)									
	Irradiation dose (kGy)									
	0		0.25		0.5		0.75		1	
	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days	0 days	30 days
Acids	2.77	0.42	4.96	0.36	8.58	0.90	7.94	0.70	13.33	0.94
Alcohols	44.47	32.86	40.32	23.12	42.93	21.94	32.48	23.05	33.74	25.50
Aldehydes	28.83	7.47	25.96	15.93	27.10	12.02	23.92	9.99	22.02	13.00
Esters	18.34	58.25	24.82	59.18	19.30	64.26	32.88	65.27	24.40	59.20
Ketones	0.56	0.45	0.99	0.34	1.01	0.31	1.25	0.16	0.39	0.23
Terpenes	5.03	0.38	2.95	0.85	1.08	0.45	1.53	0.70	6.12	0.95
Miscellaneous	-	0.17	-	0.22	-	0.12	-	0.13	-	0.18
Total	100	129.83	100	129.78	100	129.88	100	129.87	100	129.82



**Fig. 1. GC/MS total ion chromatograms of the volatile organic components in non- and irradiated campbell early grape (*Vitis labrusca* L.) by electron beam at 1 kGy.**



**Fig. 2. GC/MS total ion chromatograms of the volatile organic components in non- and irradiated campbell early grape (*Vitis labrusca* L.) by electron beam at 1 kGy after storage at 4°C for 30 days.**

함한 C<sub>6</sub> 화합물은 포도의 품종별 향기성분에 큰 역할을 하는 것으로 본 연구에서도 두드러지는 경향을 확인할 수 있었다(2). Ester류 화합물은 과일에서 달콤한 향을 비롯하여 과일 향을 내는 중요 성분으로 royal gala, 골든 델리셔스, Rome 형태의 사과에서 확인된 주요 화합물이라고 보고된 바 있으며(33) 본 연구에서도 포도의 달콤한 향에 기인할 것으로 판단되었다. 또한 ethyl butanoate도 향기역가가 비교적 낮아 적은 양으로도 그 향기를 감지해 낼 수 있으므로 전체적인 숙성의 향기에 큰 영향을 줄 것이라 사료된다(34).

저장 후 포도의 휘발성 유기성분의 총량은 저장 전과 비교하여 증가하였고 대체적으로 과실류의 향기성분은 수확 후 저장되는 과정에서 일어나는 추숙으로 인해 저장 전보다 증가하며 과실의 호흡이 급격히 증가하는 climacteric rise 현상과 함께 일어나 미숙과일의 휘발성 유기성분의 차이는 수배에 달한다고 보고된 바 있다(35). 포도의 경우도 저장 중 이산화탄소의 생성량이 많아지면서 에틸렌 가스가 축적되고, 과육의 연화와 착색, 유기산의 감소와 당함량의 증가 등의 변화가 동반된 추숙과정으로 인한 휘발성 유기성분이 증가한 것으로 사료되었다. 30일 저장 후 휘발성 유기성분의 관능기별 조성은 저장 전과 유사하였으나 차지하는 비율은 저장 전 시료와 큰 차이를 보였으며 ester류를 제외한 나머지 관능그룹은 감소하는 경향을 나타내었다. 전자선 조사된 포도의 경우, 저장 후 새로운 ester류의 생성은 비조사구의 저장 후 변화와 유사하였으며 ester화합물은 과일과 관련하여 sweet floral 계열의 향을 내는 것으로 알려져 있다. 또한 풀내음이 나는 C<sub>6</sub> 화합물의 경우 저장한 뒤 휘발성 유기화합물의 area %가 감소하는 경향으로 Lee 등(36)의 연구에서도 확인되었으며 리그닌 화합물에서 유도되는 guaiacol 화합물은 저장 후 확인된 화합물로 비조사구에서는 극히 미량이라 동정되지 못한 것으로 사료되었다.

위와 같이 캠벨얼리 포도의 휘발성 유기성분 변화는 전자선 조사에 의한 것이라기보다 저장 중 일어나는 추숙으로 인한 것으로 조사 시료들 간의 큰 차이는 확인되지 않았다. 전체적으로 전자선 조사된 캠벨얼리 포도의 휘발성 유기성분의 함량에서는 선량의존적인 경향이 확인되지 않았으며 휘발성 유기성분 조성에는 차이가 없는 것으로 확인되어 김 등(31)의 연구결과와 유사하였다.

이러한 결과를 토대로 휘발성 유기성분에 한하여 1 kGy 이하의 전자선 조사는 캠벨얼리 포도에 적용 가능할 것으로 사료되며 위생화 처리방안으로 활용되기 위해서는 다양한 선량과 실험방법에 따른 비교가 더 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2005년도 조선대학교 연구보조비 지원에 의하여 연구되었음.

## 요 약

전자선 조사에 따른 캠벨얼리 포도의 휘발성 유기성분의 조성 및 저장 후(0, 30일)의 변화를 확인하고자 본 연구를 수행하였다. 캠벨얼리 포도에 0.25, 0.5, 0.75 및 1 kGy의 선량으로 전자선 조사한 후 SDE 방법으로 휘발성 유기성분을 추출하고 GC/MS로 분석하였다. 포도와 전자선 조사된 포도의 주요 화합물로는 butanol, hexanal, [E]-2-hexenal, hexanol, 3-methyl-butanol 등이 동정되었으며 전자선 조사에 따른 전체적인 휘발성 유기성분의 조성은 변화가 없었고 정량적인 변화만 관찰되었다. 4°C에서 30일 동안 저장된 포도에서는 대부분의 화합물의 함량이 감소되는 것을 확인하였으나 추숙의 영향으로 일부 ester 류 및 aldehyde 류 화합물의 함량이 증가하였다. 일부 화합물의 감소와 증가는 조사선량과 관계없이 불규칙적인 양상을 나타내어 전자선 조사가 저장된 포도의 휘발성 유기성분에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다. 전자선 조사된 포도의 휘발성 유기성분은 1 kGy 이하 선량의 사용이 가능할 것으로 판단되나 위생화 처리 방안으로 활용되기 위해서는 다양한 실험 방법을 통한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 김건희. (2005) 소비자의 신선편이식품에 대한 수요와 요구. 식품저장과 가공산업, 4, 2-7
2. Park, E.R. and Kim, K.S. (2000) Volatile flavor components in various varieties of grape. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 7, 366-372
3. Jo, Y.G. and Kim, J.E. (2008) Quality characteristics of wet noodles after addition of grape-peel powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 18, 822-828
4. Yang, Y.J., Hwang, Y.S. and Park, Y.M. (2007) modified atmosphere packaging extends freshness of grapes cambell early and kyoho. Kor. J. Hort. Sci. Technol., 25, 138-144
5. Kader, A.A., D, Zagory. and E.L, Kerdel. (1989) Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sic. Nutr., 28, 1-30
6. Yun, S.D., Lee, S.K. and Ho, K.C. (1995) Effects of cultivars and various treatments on storability of grapes. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 36, 224-230
7. Yun, S.D. and Lee, S.K. (1996) Effect of ethylene removal and sulfur dioxide fumigation on grape quality during MA storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 37, 696-699
8. Hong, Y.P. and Lee, E.J. (2007) Effect of relative humidity under various packaging treatments on quality

- of grape fruits during cold storage. *Korea J. Hort. Sci. Technol.*, 25, 47-53
9. Ballinger, W.E. and W.B, Nesbitt. (1984) Quality of Euvitis hybrid bunch grape after low temperature storage with sulfur dioxide generators. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109, 831-834
  10. Chung, S.K., Lee, D.S. and Cho, S.H. (1999) Antimicrobial packaging films for the preservation of harvested grape. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 6, 43-37
  11. Kim, J.H., Han, M.R., Chung, M.J., Kim, B.Y. and Kim, M.H. (2002) Study on the extending storage life of grape by applying edible coating material. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 45, 207-211
  12. Lichter, A., Zutkhy, Y., Sonogo, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P. and Ben-Arie, R. (2002) Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 24, 301-308
  13. Crisosto, C.H., Gamber, D. and Crisosto, G. (2002) Carbon dioxide-enriched atmosphere during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 26, 181-189
  14. Zahavi, T., Cohen, L., Weiss, B., Schena, L., Daus, A., Kaplunov, T., Zutkhi, J., Ben-Arie, R. and Droby, S. (2000) Aspergillus and Rhizopus rots on the table and wine grapes in Israel. *Postharvest Biol. Technol.*, 20, 115-125
  15. Kwon, J.H., Chung, H.W. and Kwon, Y.J. (2000) Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. Paper presented at Symposium of The Korean Society of Postharvest at Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance. Daejeon, Korea. p 209-254
  16. Delincee, H. (1998) Detection of irradiated food: DNA fragmentation in grapefruits. *Radiat. Phys. Chem.*, 52, 135-139
  17. Jongen, Y., Abs, M., Genin, F., Nguyen, A., Capdevila, J.M. and Defrise, D. (1993) The Rhodotron, a new 10 MeV, 100 kW, cw metric wave electron accelerator. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.*, 79, 865-870
  18. Ko, J.K., Ma, Y.H. and Song, K.B. (2005) Effect of electron beam irradiation on the microbial safety and qualities of sliced dried squid. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 433-437
  19. Cleland, M.R. (1983) Radiation processing: basic concepts and practical aspects. *J. Industr. Irrad. Technol.*, 1, 191-218
  20. Koh, K.H. and Whang, K. (2002) Effect of electron beam irradiation on the oxidative and microbiological stability of ground pork during storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, 22, 316-321
  21. IAEA. (2001) International atomic energy agency homepage. [www.iaea.org/icgfi](http://www.iaea.org/icgfi).
  22. KATI. (2001) Korea agricultural trade information homepage. [www.kati.co.kr](http://www.kati.co.kr).
  23. Schultz, T.H., Flath, R.A., Mon, T.R., Enggling, S.B. and Teranishi, R. (1977) Isolation of volatile components from a model system. *J. Agric. Food Chem.*, 25, 446-449
  24. Nikerson, G.B., and Likens, S.T. (1966) Gas chromatography evidence for the occurrence of hop oil components in beer. *J. Chromatog.*, 21, 1-5
  25. Stehagen, E.S., Abrahamsom, F. and McLafferty, W. (1974) *The Wiley/ NBS Registry of Mass Spectral Data*. John Wiley and Sons, N.Y., USA
  26. Robert, P.A. (1995) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured Publishing Corporation, USA
  27. Sadtler Research Laboratories. (1986) *The Sadtler standard gas chromatography retention index library*, Sadtler, USA
  28. Davies, M.W. (1990) Gas Chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20M phases. *J. Chromatog.*, 503, 1-24
  29. Rosillo, L., Salinas, M.R., Garijo, J. and Alonso, G.L. (1999) Study of volatiles in grapes by dynamic headspace analysis. Application to the differentiation of some Vitis vinifera varieties. *J. Chromatogr. A.*, 847, 155-159
  30. Shim, S.L., Seo, H.Y., Kim, J.H., No, K.M., Yang, S.H., Gyawali, R., Park, E.R., Lee, K.B., Lee, Y.D., Myoung, D.H. and Kim, K.S. (2005) Change of the volatile organic compounds from irradiated dried red pepper. *Korean J. Food Preserv.*, 12, 372-378
  31. Olias, J.M., Perez, A.G., Rios, J.J. and Sanz, L.C. (1993) Aroma of virgin olive oil biogenesis of the "green" odor notes. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 2368-2373
  32. Margaria, C.A., Goodner, K.L. and Baldwin, E.A. 2002. Detection and identification threshold values for key flavor components in an orange juice matrix. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 115, 53-54
  33. Lee, H.J., Park, E.R. and Kim, K.S. (2000) Volatile flavor components in various varieties of apple (*Malus pumila*



- M.). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 29, 597-605
34. Mette, L. and Leif, P. (1992) Odour thresholds of some important aroma compounds in strawberries. Z Lebensm Unters Forsch., 195, 120-123
35. Lötsch, J., Lange, C. and Hummel, T. (2004) A simple and reliable method for clinical assessment of odor thresholds. Chem. Senses., 29, 311-317
36. Lee, Y.J. and Lee, K.T. (2007) Identification of volatile compounds of 4 grape species by storage conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 36, 874-880
37. Kim, W., Shim, S.L., Ryu, K.Y., Jun, S.N., Jung, C.H., Seo, H.Y., Song, H.P. and Kim, K.S. (2008) Effect of electron-beam irradiation on flavor components in pear. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 37, 195-202

---

(접수 2009년 11월 4일, 채택 2010년 1월 29일)