Kor. J. Food Hygiene 7(1), 7-14 (1992)

표고버섯의 향미관련 성분에 대한 에틸렌옥시드와 감마에너지의 영향

권중호 · 변명우 · 정신교* · 조한옥

한국원자력연구소 식품조사연구실 *경북대학교 식품공학과

Effects of Ethylene Oxide and Gamma Energy on the Flavor-Related Components of Mushrooms (*Lentinus edodes*)

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun, Shin-Kyo Chung* and Han-Ok Cho

Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Seoul

**Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu*

ABSTRACT－Flavor-related components were analyzed for dried oak mushrooms (*Lentinus edodes*) when subjected to ethylene oxide and gamma energy. Volatile flavor components identified by GC and GC-MS were composed primarily of 1-octen-3-ol (72.8%), 3-octanone (11.5%) and dimethyl disulfide (6.7%). Most of volatile components were shown labile to the standard cycle of ethylene oxide and 5 kGy-gamma energy, while insignificant changes were observed in the contents of free sugars (mannitol, arabitol, trehalose) and free amino acids. Instrumental analysis have shown, however, that the deterimental effects on flavor-related components were more apparent in EO-fumigated groups than in gamma-irradiated ones, even though the organo-leptic test revealed no significant differences between treated samples and the corresponding control.

Keywords□Dried oak mushroom, Flavor-related components, Ethylene oxide, Gamma energy

표고버섯은 국내산 버섯류 가운데 생산량이 가장 많으며 건조된 제품은 비교적 고가로서 주요 수출 상품의 하나이다. 생표고는 수분함량이 높아 쉽게 변질되므로 품질보존을 위해서는 건조된 상태로 보관하면서 해충이나 미생물의 증식을 억제하여야 한다.

저자 등[1]은 건조 표고버섯의 품질보존과 관련된 일련의 연구를 시도하면서 국내에서 생산되고 있는 건조 표고버섯에는 호기성세균(~10^5/g), 곰팡이(~10^3/g) 및 대장균군(~10^2/g)이 상당수준으로 오염되어 있고 저장 중에는 해충의 발생이 문제시 된다고 지적한 바 있다.

지금까지 건조버섯을 포함한 건조식품의 보존에 있어서는 대부분 화학훈증제(ethylene oxide, aluminum phosphide 등)에 의한 살균, 살충과 방습포장 방법이 이용되어 왔지만 식품에 대한 화학약품(ethylene dibromide, ethylene oxide, methyl bromide 등)의 사용이 유해물질의 잔류 및 생성, 환경공해 등으로 이미 사용이 점차 금지[2-4]되고 있는 점을 감안하여 볼 때 이에 대한 위생적이고 효과적인 대체기술의 개발이 요구되었다.

따라서 건조 표고버섯에 ethylene oxide(EO)와 감마선을 처리하여 살균, 살충효과를 비교해 보았을 때 5 kGy 정도의 감마선과 상업적 조건의 EO 훈증처리는 다같이 시료의 생물학적 품질유지에 효과적임을 확인하였다.[5]

버섯은 단백질, 당질, 무기질, 아미노산, 비타민 등을 고루 갖춘 영양식품일 뿐만 아니라 특히 표고버섯의 경우에는 특유의 향미 때문에 높은 기호

Received for publication 13 April, 1992
Reprint request: Dr. H.O. Cho at the above address

도를 가지게 된다. 버섯의 풍미에 중요한 영향을 미치는 휘발성 향기성분에 관한 연구로는 양송이,[6,7] 송이,[8] 느타리,[9] 표고[10,11] 등에 대하여 일부 보고된 바 있다. 이들 향기성분은 수확 후 건조, 저장, 가공과정에서 변화되기 쉬우며, 안 등,[10] 홍 등[11]은 표고버섯의 주요 향기성분은 가열 및 건조과정에서 상당한 변화를 수반하였다고 밝혔다.

이에 본 실험에서는 식품화학적 측면에서 건조 표고버섯의 향미관련 성분을 분석하여 훈증 및 감마에너지 처리시 변화를 확인하고 관능적 품질과의 관계를 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료 – 실험에 사용된 표고버섯(*Lentinus edodes*)은 '89년 하절기에 생산된 모양과 크기가 균일한 건조된 제품으로서, 일반 조성은 수분 약 12%, 조지방 3.1%, 조단백질 20%, 조회분 4.5% 및 탄수화물 약 60% 정도였다.

훈증처리 및 감마선조사 – 시료의 ethylene oxide 훈증처리는 상업적인 방법으로 전보[5]와 동일하게 처리한 다음 polypropylene(PP)으로 소포장 하였다. PP로 완포장된 시료의 살균, 살충에 필요한 5 kGy의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 Co-60(7.4 nBq) 시설을 이용하여 400 Gy hr^{-1}의 선량률로 실온에서 실시하였고, 흡수선량의 보증은 free radical dosimetry[12]에 의하였다. 이상과 같이 처리된 시료는 즉시 성분분석에 3반복으로 사용되었다.

휘발성 향기성분 분석 – 건조 표고버섯의 휘발성 향기성분은 Schultz 등[13]에 의해 변형된 Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation-extraction(SDE) 장치를 사용하여 상압에서 추출하였다. 건조 표고버섯 시료 100 g에 증류수 2 *l*를 가하여 waring blendor로 마쇄한 다음 추출장치에 연결하여 30℃에서부터 서서히 가온하면서 30 m*l*의 추출용매(n-pentane/diethyl ether, 1 : 1, v/v)를 사용 3시간 동안 추출하였다. 이 때 얻어진 추출액은 무수황산나트륨으로 탈수한 뒤 질소가스 blowing으로 2 m*l*까지 농축하여 Hewlet-Packard 5890A gas chromatograph에 주입하였다. 이 때 분석조건은 Carbowax 20 M fused silica capillary(30 m×0.32 mm, i.d.) column과 FID detector를 사용하였고, column 온도는 60℃(5 min)에서 200℃(30 min)까지 3℃/min로 programing하였다. Carrier gas는 1.0 m*l*/min의 N_2 gas를 사용하였고, split ratio는 100 : 1로 주입하였다. GC-MS는 Varian 3700 GC에 연결된 Varian MAT 212 mass spectrometer를 사용하였다. 이 때 interface 및 injector 온도는 250℃로 하였고 ionizing voltage는 70 eV, accelerating voltage는 3,000 V로 하여 위와 동일한 GC의 조건으로 실험하였다. 또한 추출된 성분의 확인은 준비된 표준품과의 retention time 비교와 문헌상의 mass spectrum[14-16] 대조로서 실시하였다.

아미노산 분석 – 시료의 유리아미노산 함량은 75% ethanol 추출법을 이용하여 시료액을 조제한 뒤 아미노산 자동분석기(Hitachi model 835)에 의해 측정하였다.[17]

당 분석 – 버섯 시료의 환원당 함량은 Somogyi 변법[18]으로 측정하여 glucose의 양으로 나타내었으며, 유리당 조성은 최 등[19]의 방법에 따라 high performance liquid chromatograph(HPLC, Waters 213)에 의해 Lichrosorb NH_2 10 μm column과 RI detector, acetonitrile : water(80 : 20, v/v) mobile phase의 조건으로 분석하였다.

관능적 품질평가 – 살균처리된 표고버섯의 전반적 풍미(flavor)에 대한 기호도를 선발된 8명의 검사원에 의해 평가하도록 하였으며, 검사방법은 6점 채점법[20](6, 가장 좋다; 5, 대단히 좋다; 4, 약간 좋다; 3, 보통이다; 2, 약간 나쁘다; 1, 대단히 나쁘다)을 이용하였다. 표고버섯의 향에 대한 관능적 검사에서 표고버섯 자체나 침지액의 사용도 고려되었으나 적합하지 않게 판단되어 전반적인 조리적성과 식미성을 검토하는데 사용된 방법에 준하였다. 즉 버섯을 50℃의 물에 80분간 침지시킨 후 물기를 제거하고 밀가루를 묻힌 다음 계란을 씌워 튀김옷을 입힌 뒤 150℃의 식용유에 튀겼으며,[21] 이 때 표고버섯 그 자체의 맛을 충분히 살리기 위하여 다른 부재료를 첨가하지 않았다. 이상의 관능검사 결과는 분산분석과 다범위검정으로 시료간의 유의차를 확인하였다.

결과 및 고찰

휘발성 향기성분 – 수증기 추출장치(SDE)를 이용하

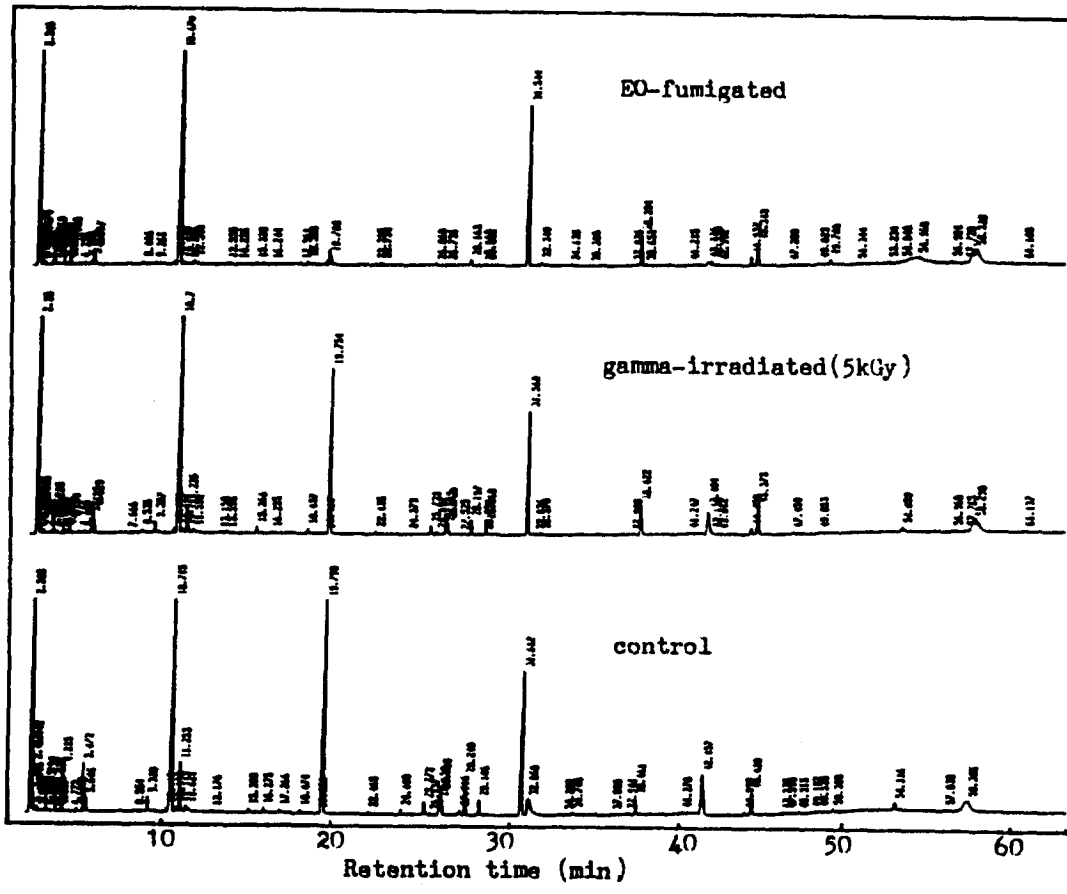

Fig. 1. GC chromatograms of volatile compounds obtained from dried oak mushrooms (*Lentinus edodes*) treated with ethylene oxide and gamma energy.

여 감마선과 EO가 처리된 건조 표고버섯으로부터 추출된 휘발성 향기성분의 gas chromatogram은 Fig. 1과 같다. 분리된 30여개의 peak 중 표준품과의 retention time 및 문헌상의 mass spectrum의 비교[14-16]에 의해 확인된 성분은 11개 였으며(Table 1, Fig. 2), 주요 화합물로서는 1-octen-3-ol(72.8%), 3-octanone(11.5%), dimethyl disulfide(6.7%) 등이 대부분을 차지하였고 관능기별로는 대부분이 저비점의 alcohol 및 ketone류와 황화합물 등이었다.

표고버섯의 휘발성 향기성분 가운데서 1-octen-3-ol의 함량이 매우 높게 차지한다는 내용은 Chen & Ho,[15] Morita & Kobayashi,[22] 안 등,[10] 홍 등[11]에 의해서도 밝혀진 바 있으며, Fig. 2에서 확인된 바와 같이 3-octanone, 1-octen-3-one, 3-octanol, 1-octen-3-ol, n-octanol 등의 C_8 화합물이 전체 휘발성 성분의 약 88%를 차지하였다. 이와 같이 C_8 화합물이 많이 함유되어 있다는 점은 일반 식용버섯에 있어서도 버섯의 종류에 따라 차이는 있으나 유사한 경향이지만,[23] 황화합물이 특이하게 존재하는 것은 표고버섯의 특유한 향미와 깊은 관련이 있다고 알려져 있다. 표고버섯의 황화합물로서는 dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, 1-(methylthio)dimethyl disulfide, 1,2,4-trithiolane 등이 보고되고 있으며[24,25] 특히 lenthionine(1,2,3,5,6-pentathie-phane)은 표고버섯의 가장 특징적 향기성분이라고 보고된 바 있다.[24] 그러나 본 실험에서는 dimethyl disulfide만이 약 6.7%의 함량을 보였을 뿐 그 밖의 황화합물은 검출수준 이하였다. 이 같은 결과는 안 등,[10] 홍 등,[11] Chen & Ho[15]의 보고에서 lenthionine이 검출되지 않았다는 내용과 일치하나 그 원인은 SDE 장치에

Table 1. Volatile flavor compounds of dried oak mushrooms (*Lentinus edodes*) treated with ethylene oxide (EO) and gamma energy[a]

Retention time (min)	Compounds identified	Relative peak area (%)		
		Control	EO[b]	5 kGy
3.41	Ethyl alcohol (g.c.)	0.15	2.14	0.29
5.50	Dimethyl disulfide (g.c, m.s)	6.66	13.30	7.97
9.33	Isoamyl alcohol (g.c, m.s)	3.09	9.36	4.22
10.98	n-Pentanol (g.c)	1.18	8.50	1.75
11.29	3-Octanone (g.c, m.s)	11.49	5.45	10.16
13.23	1-Octen-3-one (g.c, m.s)	0.51	tr	0.76
17.26	3-Octanol (g.c, m.s)	1.10	tr	tr
18.59	2-Octenal (g.c)	0.91	15.91	2.40
19.86	1-octen-3-ol (g.c, m.s)	72.79	39.67	71.23
24.47	n-Octanol (g.c, m.s)	1.52	tr	0.70
37.89	β-Phenyl alcohol (g.c)	0.58	5.66	0.52

[a]Flavor determination was undertaken immediately after treatments.
[b]Treatment conditions are ethylene oxide/CO_2; 3 : 7 (v/v), 55℃, 40~50% RH, 0.8 kg/cm^2 psi, 1.77 kg/m^3, 8 hrs.

의한 추출과정에서 열분해되었거나 사용된 detector (FID)의 감도가 상대적으로 낮았기 때문으로 사료된다.

주요 휘발성 향기성분의 살균처리에 따른 변화에서 EO 훈증처리군에서는 함량이 높은 1-octen-3-ol과 3-octanone은 다같이 대조시료보다 90% 이상 감소되었고, 그 밖의 성분에 있어서도 전반적으로 peak 면적이 줄어들어 향기성분의 조성도 상당히 변화되었다. 이같은 결과는 훈증처리시 시료가 50~55℃, RH 30~50%의 조건하에서 8시간 동안 ethylene oxide : CO_2(30 : 70, w/w) 혼합 gas와 반응한 뒤 gas의 배출을 위한 반복되는 탈기조작에 의해 휘발성 성분을 잃어버린 결과라고 생각되며, Vajdi & Pereira,[26] Wesley 등,[27] 조 등,[28] 권 등[29]은 훈증처리된 식품은 향미에 관련성분의 변화가 심하였다고 발표하여 본 결과와 잘 일치하였다.

한편, 살균선량의 감마에너지가 처리된 시료의 휘발성 성분의 변화를 보면 전반적으로 peak 면적이 대조시료보다 감소되는 경향으로서 주요 향기성분인 1-octen-3-ol, 3-octanone 및 dimethyl disulfide는 약 20~35% 정도 줄어들었고, 반면에 2-octenal, 1-octen-3-one 등은 비교적 안정된 함량을 나타내었다. 이상의 결과에서 볼 때 표고버섯의 미생물학적 품질개선을 위해 처리된 감마에너지는 시료의 향기성분에 영향을 미치는 것으로 확인되었으나 동일목적으로 사용된 EO 훈증처리 보다는 영향이 작은 것으로 나타내었다. 권 등[1,7]은 신선한 양송이에 2 kGy의 감마에너지를 조사하여 10℃에 17일간 저장하였을 때 향기성분의 변화는 감마선 보다는 저장기간에 따른 영향이 훨씬 크다고 보고하였고, 감마에너지의 영향은 풍미에 대한 관능시험에서 유의성이 없었다고 하였다.

전리방사선은 식품의 향미에 관련될 수 있는 극소량의 휘발성 성분을 생성시킬 수 있으며, 이는 식품의 산화, 열분해, 효소작용 등에 의한 성분변화와 같은 현상이라고 볼 수 있다.[30] 지금까지 방사선 조사식품의 휘발성 성분에 대한 보고는 식품의 종류, 성상, 조사선량 등에 따라 다소 상이한 경우도 있으나 공통된 결과는 조사식품에서 가장 쉽게 생성되는 화합물로서 C_1~C_{17} alkanes류나 carbonyl 화합물은 커피, 사과, 치즈, 육류 등 여러 가지 식품에서도 자연스럽게 발견된다는 사실이다.[30]

본 실험에서는 건표고에 5 kGy의 감마에너지를 조사하였을 경우 주요 휘발성 성분의 변화를 정성적으로 조사하였으나 보다 구체적인 성분변화를 확인하기 위해서는 높은 에너지 처리시 미량성분의 생성 등을 정량적으로 검토함이 필요할 것으로 사료된다.

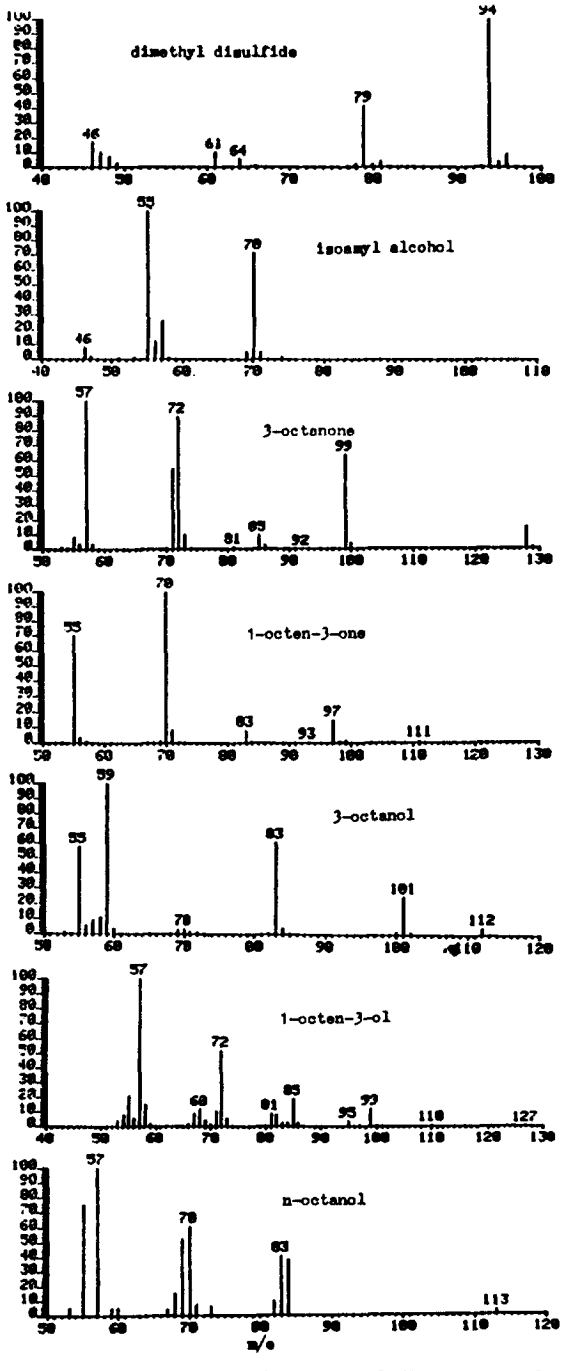

Fig. 2. Mass spectra of major volatile compounds identified from dried oak mushrooms (*Lentinus edodes*).

Table 2. Free amino acids of dried oak mushrooms (*Lentinus edodes*) treated with ethylene oxide (EO) and gamma energy[a]

Amino acids	Treatments		
	Control	EO[b]	5 kGy
Aspartic acid	2.91	2.88	2.90
Threonine	3.98	3.89	3.86
Serine	1.10	1.10	1.07
Glutamic acid	2.08	2.00	2.07
Proline	0.31	0.30	0.32
Glycine	0.72	0.72	0.71
Alanine	1.52	1.53	1.54
Cystine	0.04	tr	tr
Valine	0.01	tr	tr
Methionine	0.24	0.20	0.18
Isoleucine	0.26	0.25	0.24
Leucine	0.42	0.41	0.40
Tyrosine	0.12	0.10	0.10
Phenylalanine	0.21	0.19	0.20
Lysine	0.74	0.70	0.70
NH_3	1.40	1.45	1.42
Histidine	0.42	0.40	0.41
Arginine	1.88	1.86	1.86
Total	18.27	16.45	17.98

[a]Amino acid contents are expressed as mg/g of the sample on the dry basis.
[b]Treatment conditions are given in Table 1.

유리아미노산—시료의 유리아미노산 함량을 아미노산 자동분석기에 의해 처리구별로 분석한 결과, Table 2에서와 같이 tryptophan을 제외한 aspartic acid, threonine 등 17종의 아미노산이 분석되었다. 이 중 threonine(3.98 mg/g), aspartic acid(2.91 mg/g), glutamic acid(2.08 mg/g), arginine(1.88 mg/g) 및 alanine(1.52 mg/g)의 순으로 가장 많이 함유되어 있었다. 이상과 같은 조성과 식용버섯의 아미노산 조성에 대한 표와 노[31]의 보고와 유사한 결과였다. 한편 강 등[32]은 표고버섯의 수용성 유리아미노산 중에서 alanine이 가장 많았다고 하였고, 정 등[33]은 버섯의 정미성분에는 aspartic acid가 상당한 부분을 차지하는 것으로 밝힌 바 있어 이들 주요 아미노산들이 표고버섯의 독특한 맛과 향에 중요한 역할을 하는 것으로 추측되었다.

살균처리군간에 있어서 유리아미노산의 함량은 비교적 안정하였으나 함황아미노산인 cystine 및

Table 3. Comparative effects of ethylene oxide (EO) and gamma energy on sugar contents of dried oak mushrooms (*Lentinus edodes*)[a]

Sugars	Treatments		
	Control	EO[b]	5 kGy
Mannitol	6.46	6.54	7.29
Arabitol	4.77	4.44	4.96
Trehalose	2.18	2.34	2.42
Reducing sugar	1.87	1.14[c]	1.91

[a]Free sugars were analyzed with HPLC immediately after treatments. Each value is expressed as percentage of the sample on the dry basis.
[b]Treatment conditions are given in Table 1.
[c]Significantly different from the control ($p<0.05$).

Table 4. Sensory scores for flavor of cooked oak mushrooms (*Lentinus edodes*) treated with ethylene oxide (EO) and gamma energy[a]

Panel member	Treatments			Total
	Control	EO[b]	5 kGy	
1	4	3	2	9
2	5	5	4	14
3	3	3	2	8
4	4	2	4	10
5	5	2	4	11
6	3	4	4	11
7	4	2	3	9
8	5	4	6	15
Total	33	25	29	87

[a]Sensory evaluation was conducted by eight members of panel using scoring difference test and sensory scores were 6, excellent; 5, very good; 4, good; 3, fair; 2, poor; 1, very poor.
[b]Treatment conditions are given in Table 1.

methionine이 다소 민감하게 나타났고, 그 밖에 정미성분과 관련된 glutamic acid, aspartic acid 등 주요 아미노산은 EO 훈증처리와 감마에너지(5 kGy)에 의해 유의적으로 변화되지 않았다. 그러나 총 함량에 있어서는 대조군에 비해 훈증처리군은 약 10%, 감마에너지 처리군은 약 1.6% 감소됨을 알 수 있었다. 이같은 경향은 전 아미노산의 경우에도 나타났으며[34] 일반적으로 적정선량의 전리방사선에 비해 화학훈증 처리가 식품의 아미노산 등 정미성분에 영향이 큰 것으로 보고되고 있다.[26,28]

당－EO 훈증과 감마에너지가 건조 표고버섯의 환원당과 유리당 함량에 미치는 영향을 조사해 본 결과, Table 3에서와 같이 환원당 함량은 대조군과 감마에너지군간에 거의 변화가 없었으나 EO 처리군에서는 약 39%정도 감소됨을 알 수 있었다($p<0.05$). 그리고 표고버섯의 유리당 함량을 HPLC에 의해 분석해 보았을 때 mannitol(6.46%), arabitol(4.77%) 및 trehalose(2.18%)가 주요 당으로 확인되었는데, 이는 Yoshida 등,[35] 홍과 김[36]의 식용버섯에 대한 유리당 분석결과와 유사하였다. 또한 처리군간의 비교에서는 대조군에 비해 감마에너지군이 다소 증가된 반면 EO 처리군은 감소되는 경향이었다.

이같이 감마에너지군의 증가현상은 전리방사선의 물리적 작용에 의해 분석시 당의 추출이 용이하였기 때문으로 추측되며, 훈증처리군의 감소현상은 타성분의 경우와 마찬가지로 훈증처리시 ethylene oxide gas가 식품성분, 즉 물분자나 무기염류 등과 직접 반응하면서 ethylene glycol이나 ethylene chlorohydrin과 같은 유해물질을 생성하고,[27,37] 이들 물질들이 다시 2차적으로 반응함으로써 반응성이 큰 휘발성분 및 정미성분에 영향을 미치는 것으로 예상할 수 있겠다.

관능적 품질－버섯을 조리할 때는 그 독특한 향기와 맛이 살아나게 하기 위하여 되도록이면 양념을 적게 쓰거나, 요리의 부재료로 사용할 때에도 먹기 바로 전에 넣어 잠깐 끓여서 먹어야 그 풍미를 살릴 수 있다. 본 실험에서는 버섯의 맛을 최대한으로 살리기 위한 방법으로 다른 부재료를 사용하지 않고 버섯만을 사용한 튀김을 조리하여 향미(flavor)를 알아보고자 무처리대조군, EO 훈증처리군 및 5 kGy 감마에너지군에 대하여 관능검사를 실시하였다. 채점시험으로 각 시료의 향미에 대한 기호도를 조사해 본 결과, Table 4에 나타난 바와 같이 대조군>5 kGy 대조군>EO 처리군의 순으로 높은 관능평점을 나타내었다. 이상의 결과에 대하여 분산분석에 의한 시료간의 유의성을 확인해 본 결과 처리군간에 유의차가 인정되지 않았다(Table 5). 즉, 건조 표고버섯의 살균, 살충을 위한 EO 훈증제나 감마에너지는 시료의 전반적 향미에 영향을 미치지 않았으며($p>0.55$), 또한 관능검사 시료조제시 얻은 50℃에서 80

Table 5. Analysis of variance of scoring difference test for flavor of cooked oak mushrooms (*Lentinus edodes*)

Variables	Degree of freedom	Sum of squares	Mean of squares	F-value	
				Computation	Table signification
Samples	2	4	2	2.47	2.84(5%)
Panelists	7	14.29	2.04		
Error	14	11.33	0.81	No significance	
Total	23	29.62			

분간 버섯을 침지한 침지액에 대한 시험에 있어서도 동일한 결과가 얻어졌다. 이같은 전반적 향미에 대한 관능검사 결과는 기계적으로 분석된 휘발성 향기성분, 유리아미노산 및 당에 대한 결과와 유사하게 감마에너지(5 kGy)는 EO 훈증처리에 비해 표고버섯의 향미관련 성분에 보다 안전할 것으로 평가되었다. 그러나 특히 시료의 휘발성 향기성분에 있어서는 EO나 감마에너지 처리에 따라 GC chromatogram상에 함량변화가 뚜렷이 나타나고 있으므로 이에 대한 보다 정량적인 실험으로써 각 성분별 안정성이 검토되어질 것이다.

국문요약

건조 표고버섯의 고유한 향미관련 성분에 대한 ethylene oxide와 감마에너지(5 kGy) 처리의 영향을 검토하였다. 건표고의 주요 휘발성 향기성분으로 확인된 1-octen-3-ol(72.8%), 3-octanone(11.5%), dimethyl disulfide(6.7%) 등의 함량은 살균, 살충목적의 EO 훈증처리에 의해 현저하게 감소되었고, 동일 목적의 감마에너지에 의해서도 변화가 나타났다. 시료의 유리아미노산과 당(mannitol, arabitol, trehalose) 성분은 비교적 안정하였지만, 훈증처리의 영향이 인정되었다. 그러나 전반적 향미에 대한 관능시험에서는 대조군과 각 처리군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

참고문헌

1. Kwon, J.H., Cho, H.O., Byun, M.W., Yang, J.S. and Kim, S.W.: Approach to radiation preservation of mushrooms. *KAERI/BR-768/88,* 164 (1988).
2. IAEA: FAO/IAEA/WHO/ITC-UNCTAD/GATT international conference on the acceptance, control of and trade in irradiated food. *Food Irradiation Newsletter,* **11**, 35 (1987).
3. Council on Radiation Applications (CRA): *Info.,* **September**, 1 (1985).
4. 보건사회부: 식품첨가물 공전, 보사부고시 제 91-25 호 (1991).
5. Kim, Y.J., Kim, J.G., Cho, H.O., Byun, M.W. and Kwon, J.H.: Storeability and cooking properties of dried oak mushrooms treated with ethylene oxide and gamma radiation. *Kor. J. Food Hygiene,* **2**, 29 (1987).
6. Grove, J.F.: Volatile compounds from the mycelium of the mushroom *Agaricus bisporus. Phytochemistry,* **20**, 2021 (1981).
7. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Yoon, H.S.: Monitoring of volatile components and amino acids in fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*) associated with shelf-life extension. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **22**, 514 (1990).
8. Ahn, J.S. and Lee, K.H.: Studies on the volatile components of edible mushroom (*Tricholoma matsutake). J. Korean Soc. Food Nutr.,* **15**, 253 (1986).
9. Hong, J.S., Lee, J.Y., Kim, Y.H., Kim, M.K., Jung, G.T. and Lee, K.R.: Studies on the volatile aroma components of *Pleurotus ostreatus. Kor. J. Mycol.,* **14**, 31 (1986).
10. Ahn, J.S., Kim, E.S. and Park, E.S.: Studies on the volatile components of edible mushroom (*Lentinus edodes*) of Korea. *J. Korean Soc. Food Nutr.,* **16**, 328 (1987).
11. Hong, J.S., Lee, K.R., Kim, Y.H., Kim, D.H., Kim, M.K., Kim, Y.S. and Yeo, K.Y.: Volatile flavor compounds of Korean Shiitake Mushroom (*Lentinus*

edodes). Korean J. Food Sci. Technol., **20**, 606 (1988).
12. Gupta, B.L., Bhat, R.M., Narayan, G.R. and Nilekani, S.R.: A spectrophotometric readout method for free radical dosimetry. *Radiat. Phys. Chem.*, **26**, 647 (1985).
13. Schultz, T.H., Flath, R.A., Richard Mon, T., Eggling, S.B. and Teranishi, R.: Isolation of volatile components from model system. *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 446 (1977).
14. Macleod, A.J. and Panchasara, S.D.: Volatile aroma components, particularly glucosinolate products, of cooked edible mushroom (*Agaricus bisporus*) and cooked dried mushroom. *Phytochemisty*, **22**, 705 (1983).
15. Chen, C.C. and Ho, C.T.: Identification of sulfurous compounds of shiitake mushroom (*lentinus edodes* Sing.). *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 830 (1986).
16. Tressel, R., Bahri, D. and Engel, K.H.: Formation of eight-carbon and ten-carbon components in mushroom. *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 89 (1982).
17. Hitachi Inc.: Instrumental Manual of Amino Acid Autoanalyzer (model 835) (1986).
18. Kobayashi, T. and Tabuchi, T.: A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimating semimicro quantities of reducing sugars. *J. Agr. Chem. Soc. Japan.*, **28**, 271 (1954).
19. Choi, J.H., Jang, J.G., Park, K.D., Park, M.H. and Oh, S.K.: High performance liquid chromatographic determination of free sugars in ginseng and its products. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **13**, 107 (1981).
20. Larmond, E.: Methods for Sensory Evaluation of Food, Canada Department of Agriculture, Publication 1284, Ottawa, p. 27 (1973).
21. 윤서석: 한국음식, 수학사, 서울, p. 332 (1977).
22. Morita, K. and Kobayashi, S.: Isolation and synthesis of lenthionine, and odorus substance of shiitake, and edible mushroom. *Tetrahedron Letters*, **6**, 573 (1966).
23. Maga, J.A.: Mushroom flavor. *J. Agric. Food Chem.*, **29**, 1 (1981).
24. Wada, S., Nakatani, H. and Morita, K.: A new aroma-bearing substance from shiitake, an edible mushroom. *J. Food Sci.*, **32**, 559 (1967).
25. Ito, Y., Toyoda, M., Suzuki, H. and Iwaida, M.: Gas-liquid chromatographic determination of lenthionine in shiitake mushroom (*lentinus edodes*) with special reference to the relation between carbon disulfide and lenthionine. *J. Food Sci.*, **43**, 1287 (1978).
26. Vajdi, M. and Pereira, R.R.: Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, **38**, 893 (1973).
27. Wesley, F., Rourke, B. and Darbishire, O.: The formation of persistent toxic chlorohydrins in foodstuffs by fumigation with ethylene oxide and with propylene oxide. *J. Food Sci.*, **30**, 1037 (1965).
28. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W., Kim, Y.J. and Yang, J.S.: Effects of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of ground red and black peppers. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 294 (1986).
29. Kwon, J.H., Byun, M.W., Kim, Y.H., Lee, S.J. and Cho, H.O.: Physicochemical properties of ginseng leaf tea as affected by decontamination treatment. *Kor. J. Food Hygiene.*, **6**, 49 (1991).
30. Merritt, C.: Qualitative and quantitative aspects of trace volatile components in irradiated foods and food substances. *Radiation Res. Rev.*, **3**, 353 (1972).
31. Pyo, M.Y. and Ro, I.H.: A study on the amino acid of edible mushrooms. *Korean J. Nutr.*, **8**, 47 (1975).
32. Kang, S.J. and Jung, S.J.: Water-soluble amino acid of shiitake, cortinellus. *J. Kor. Home Econom. Asso.*, **7**, 58 (1979).
33. Jung, J.K., Chung, T.Y. and La, S.M.: Quantitative analysis of protein and amino acids in Agaricus bisporus by GLC. *Korean J. Nutr.*, **7**, 12 (1974).
34. Kwon, J.H., Byun, M.W., Cho, H.O., Kim, Y.J. and Kim, J.G.: Effect of chemical fumigant and γ-rays on the physicochemical properties of dried oak mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 273 (1987).
35. Yoshida, H., Sugahara, T. and Hayashi, J.: Studies on free sugars, free sugar alcohols and organic acids of edible mushrooms. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **29**, 451 (1982).
36. Hong, T.S. and Kim, T.Y.: Contents of free-sugars & free-sugar alcohols in *Pleurotus ostreatus, Lentinus edodes & Agaricus bisporus. Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 459 (1988).
37. Kwon, J.H., Cho, H.O., Byun, M.W., Kim, S.W. and Yang, J.S.: Development of irradiation techniques for quality improvement of ginseng product. *KAERI/RR-905/90* (A Special Project of the Ministry of Science and Technology), p. 37 (1990).