KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 20, No. 4, pp 606~612(1988)

한국산 표고버섯의 휘발성 향기성분

홍재식 · 이극로 · 김영회 · 김동한 · 김명곤 · 김영수 · 여규영
전북대학교 식품가공학과

Volatile Flavor Compounds of Korean Shiitake Mushroom(*Lentinus edodes*)

Jai-Sik Hong, Keuk-Ro Lee, Young-Hoi Kim, Dong-Han Kim, Myung-Kon Kim, Young-Soo Kim and Kyu-Young Yeo
Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju

Abstract

The volatile flavor compounds of fresh and dried shiitake mushrooms(*Lentinus edodes*) were extracted by simultaneous steam distillation-extraction apparatus, and analyzed by combined GC and GC-MS, and effects of pH on the formation of volatile compounds in fresh shiitake mushroom were investigated. Of the 29 compounds identified from fresh shiitake mushroom, the main volatile compound was 1-octen-3-ol comprising about 74.7% of the total volatiles and that in dried shiitake mushroom was 1, 2, 4-trithiolane comprising about 66.3%. With the exception of above two compounds, 3-octanone, 1-octen-3-one, 3-octanol, cis-2-octenal, n-octanol and cis-2-octenol as C_8 compounds were identified. Carbon disulfide, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, 1-(methyl thio)-dimethyl disulfide, 1, 2, 4, 5-tetrathiane as sulfurous compounds were also identified. The formation of C_8 compounds in fresh shiitake mushroom during immersion was dominant in the range of pH 6.0 to 7.0, while the formation of sulfurous compounds in the range of pH 8.0 to 9.0.

Key words: shiitake mushroom(*Lentinus edodes*), volatile flavor compounds.

서 론

버섯은 당질, 단백질, 핵산, 무기질과 같은 영양소가 일반 채소류 이상으로 골고루 함유되어 있어 특유한 맛과 향기를 지닌 기호성이 높은 식품으로서 옛부터 널리 이용되어 왔다. 최근에는 식생활의 향상 및 다양화로 인한 자연식품, 저칼로리 식품, 무공해 식품의 선호추세로 버섯의 소비량이 날로 증가하고 있는 실정이다[1].

버섯의 풍미에 중요한 영향을 미치는 휘발성 향기성분에 관한 연구로는 양송이[2,3], 송이[4], 느타리버섯[5] 등에 대하여 일부 보고가 되어 있다.

Corresponding author: Jai-Sik Hong, Deaprtment of Food Science and Technology, Chonbuk National University, 664-14, Dukjin-dong, 1 ga, Chonju, Chonbuk-do 560-756

버섯의 향기는 수확후 저장, 가공 및 건조과정에서 쉽게 변화하는 것으로 알려져 있다. 高間등[6]은 송이의 저장기간에 따른 향기성분을 조사하여 시간의 경과에 따라 1-octen-3-ol의 양이 감소하였다고 보고하였다. Macleod 등[7]은 양송이의 건조물에서 1-octen-3-ol과 같은 C_8 화합물들이 대부분 없어진 대신 신선한 버섯에서 검출되지 않은 pyrazine 류가 상당량 검출되었음을 발견하였다. Thomas[8]는 건조한 *Boletus edulis*의 향기성분의 경우 신선한 상태에서 존재하던 성분의 대부분이 없어진 대신 pyrazine 및 pyrrole 류가 많이 검출되었다고 보고한 바 있는데 버섯류는 건조과정 중에 본래 가지고 있던 향기성분의 대부분이 손실되는 것으로 알려져 있다[9].

한편, 표고버섯의 경우 1-octen-3-ol과 같이 양적으로 많이 들어있는 C_8화합물 이외에도 양적으로는 미량이지만 함황화합물들이 향기 발현에 중요한 역할을 하는 것

으로 보고[10]되어 있다.

따라서, 본 연구는 표고버섯이 신선한 상태로 식용되기도 하지만 상당량이 건조한 후 식용되기 때문에 신선한 표고버섯과 건조 표고버섯의 휘발성 향기 성분을 분석, 비교하고 신선한 표고버섯의 휘발성 향기성분 생성에 미치는 pH의 영향을 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 신선한 표고버섯 (*Lentinus edodes*)은 1987년 5월 전북 전주시 근교에서 원목재배한 것이었다. 건조버섯은 30℃ 이하에서 1주일간 음건하여 수분함량 10%인 상태에서 30mesh 이하로 분쇄하여 분석시료로 공용하였다.

시약

본 실험에 사용한 휘발성 향기성분의 표준품 중 1-octen-3-one은 Brown 등[11]의 방법에 따라 1-octen-3-ol을 chromic aicd로 산화한 후 분리하여, 1, 2, 4-trithiolane은 Gil 등[12]의 방법에 따라 합성 후 정제하여 사용하였고 기타 표준품 및 일반 시약은 Fluka사 제품을 사용하였다.

휘발성 향기성분 추출

휘발성 향기성분은 Schultz 등[13]에 의해 변형된 Lickens and Nickerson type Simultaneous Steam distillation-extraction 장치를 사용하여 추출하였다. 즉, 수확 후 5시간 이내의 신선한 표고버섯 자실체 200g에 증류수 1l를 가하여 Waring blender(3,000rpm)로 3분간 마쇄한 다음 3l의 플라스크에 넣고 추출 용매로서 50m*l* n-pentane + diethyl ether(1 : 1)을 사용하여 2시간 추출하였다. 이 조작을 반복하여 신선한 버섯 1kg으로 부터 얻은 추출액은 무수 황산나트륨으로 탈수한 후 질소 기류하에서 농축하여 분석 시료로 사용하였다. 건조 표고버섯은 시료 100g에 2l의 증류수를 가한 후 30℃에서 2시간 침지한 후 신선한 시료에서와 동일한 방법으로 휘발성 향기성분을 추출하였다.

휘발성 향기성분 분석

휘발성 향기성분의 분석을 위한 GC는 Hewlett-packard 5880A GC terminal을 사용하였다. Column은 Supelcowax 10M fused silica capillary(300m×0.25mm)를 사용하였고 column의 온도는 60℃에서 230℃ 까지 4℃/min로 높인후 30분간 230℃로 유지하였다. Detector는 FID를 사용하였고 detector 및 injector의 온도는 250℃로 하였다. Carrier gas는 2m*l*/min의 N_2 gas를 사용하였고 시료는 spilit mode (spilit ratio=30 : 1)로 주입하였다.

GC-MS는 Hitachi 063 GC에 연결된 Hitachi M-80 mass spectrometer를 사용하였다. 이때 interface 및 injector의 온도는 250℃로 하였고 ionizing voltage는 70eV, accelerating voltage는 3,200V로 하였으며 GC 조건은 위와 동일한 조건으로 하였다. 추출된 성분의 확인은 표준품과의 retention time 비교 및 문헌상의 mass spectrum과의 비교[14-17]에 의하여 확인하였다.

신선한 표고버섯의 휘발성 향기성분 생성에 미치는 pH의 영향을 조사하기 위한 실험조작은 다음과 같다.

마쇄액의 조제

pH 4.0~6.0 까지는 0.1M citrate buffer, pH 7.0~8.0은 0.1M phosphate buffer, 그리고 pH 9.0~10.0은 0.1M sodium bicarbonate buffer를 사용하여 신선한 표고버섯 시료 100g에 각 buffer 용액 50m*l*를 가하여 waring blender(3,000rpm)로 3분간 마쇄한 다음 30℃에서 1시간 방치하였다.

휘발성 향기성분 추출

30℃에서 1시간 방치한 마쇄액을 1M HCl 용액 및 1M NaOH 용액으로 pH 7.0으로 조정한 후 Lickens and Nickerson type Simultaneous steam distillation-extraction 장치를 사용하여 휘발성 향기성분을 추출하였다. 대조구로서는 신선한 표고버섯 시료 100g에 100℃로 가열한 pH 7.0의 phosphate buffer 500m*l*를 가한 후 5분간 가열한 다음 상기와 같은 방법으로 휘발성 향기성분을 추출하였다.

분석조건

분석을 위한 GC의 column은 10% carbowax 20M glass column(1.8m×3mm IP) on WHP를 사용하였고 column의 온도는 60℃~200℃까지 4℃/min로 높였으며 기타 조건은 위에서와 동일한 조건으로 하였다.

결과 및 고찰

수증기 추출장치를 이용하여 신선한 표고버섯과 건조 표고버섯으로 부터 추출된 휘발성 향기성분의 gas chromatogram은 Fig. 1과 같다. 분리된 50여개의 peak 중 표준품과의 retention time 및 문헌상에서의 mass spectrum의 비교[10,15-17]에 따라 확인된 성분이 Table 1에 보여진다.

신선한 표고버섯에서 확인된 29개의 성분중 1%이상 함유된 성분은 r-terpinene dimethyl trisulfide, 1-octen-3-ol, n-octanol, cis-2-octenol 및 1,2,4-trithiolane등 이었다. 그중에서도 가장 많이 함유된 성분은 1-octen-3-ol로서 전체 휘발성 향기성분의 약 74.7%를 차지하였고 관능기별로 보면 대부분이 저비점의 alcohol, aldehyde, ketone류 였으며 황화합물로서는 dimethyl trisulfide 외 5종이 확인되었다. 이외에 furfural, 5-methyl furfural 및 furfuryl alcohol은 향기성분 추출과정에서 갈변반응에 의해 생성된 것으로 추정되며 항산화제인 butylated hydroxy toluene (BHT)은 용매로 사용된 diethyl ether에서 혼입된 것으로 사료된다.

신선한 표고버섯에서 1-octen-3-ol이 약 74.7%로 나타난 것은 竃岡등[10]과 Chen 등[18]이 표고버섯의 향기성분 중 1-octen-3-ol이 가장 많이 함유되어 있다고 보고한 결과와 일치한다. 1-octen-3-ol이 전체 휘발성 향기성분에 대하여 차지하는 비율을 보면 Morita 등[14]이 51.0~52.1%라고 보고한 것 보다는 본 실험결과에서 더 높게 나타났다. 이 성분은 다른 식용 버섯에서도 역시 가장 많이 함유되어 있는 것으로 보고 되어 있다. 예로서 Macleod 등[7]은 *Agaricus bisporus*에서 1-octen-3-ol이 전체 휘발성 향기성분의 59.0%를 차지한다고 보고 하였고 高間등[6]은 *Tricholoma matsutake*에서 73.3%~77.9%, Pyysalo 등[19]은 *Cantharellus ci-*

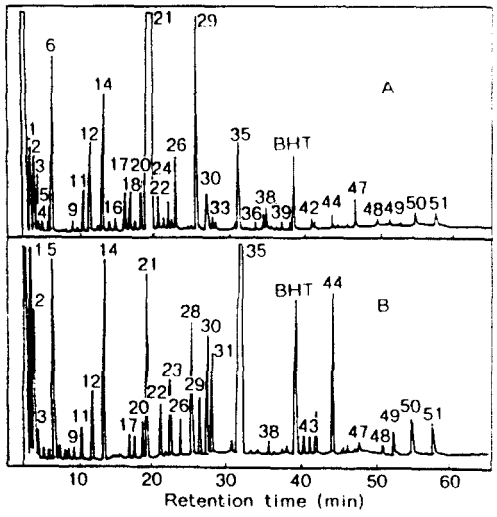

Fig. 1. Gas chromatograms of volatile compounds obtained from shiitake mushroom.
A: Fresh mushroom
B: Dried mushroom

Table 1. Volatile flavor compounds identified from fresh and dried shiitake mushroom

Peak[a] Number	Compound	Peak area(%)	
		Fresn	Dried
1	Acetaldehyde+Carbon disulfide	0.88	0.12
2	Ethyl acetate+Ethyl alcohol	0.84	0.67
3	Camphene	0.80	0.20
4	n-Hexanal	0.12	0.10
5	Dimethyl disulfide	0.26	1.90
6	γ-Terpinene	2.64	0.17
7	n-Pentanol	0.12	0.10
12	3-Octanone	0.08	0.43
13	1-Octen-3-one	t[b]	-[c]
14	Dimethyl trisulfide	1.79	2.16
17	3-Octanol	0.78	0.28
20	cis-2-Octenal	0.92	0.40
21	1-Octen-3-ol	74.69	1.34
22	Furfural	0.53	0.66
25	Linalool	0.13	-
26	n-Octanol	1.24	0.63
28	5-Methyl furfural	t	1.07
29	cis-2-Octenol	3.49	0.72
30	Furfuryl alcohol	0.78	1.47
31	1-(Methyl thio)-dimethyl disulfide	0.11	1.18
35	1,2,3-Trithiolane	1.94	66.28
38	Geraniol	0.26	0.20
40	β-Phenyl ethyl alcohol	0.16	0.19
44	1,2,4,5-Tetrathiane	0.21	1.08
47	Myristic acid	0.57	0.10
48	Palmitic acid	0.12	0.21
49	Stearic acid	0.25	0.27

a: The peak number refers to Fig. 1.
b: Trace(<0.1%)
c: Not detected

*barius*에서 66%, *Boletus edulis*에서 49%, *Lactarius torminosus*에서 90%라고 보고하였으며 홍등[5]은 *Pleurotus ostreatus*의 휘발성 향기성분 중 1-octen-3-ol이 약 67%를 차지한다고 보고하였다.

또한, C_8화합물로서 1-octen-3-ol 이외에도 3-octanone, 1-octen-3-one, 3-octanol, cis-2-octenal, n-octanol 및 cis-2-octenol 등이 확인되었으며 이들의 mass spectra는 Fig. 2와 같았다.

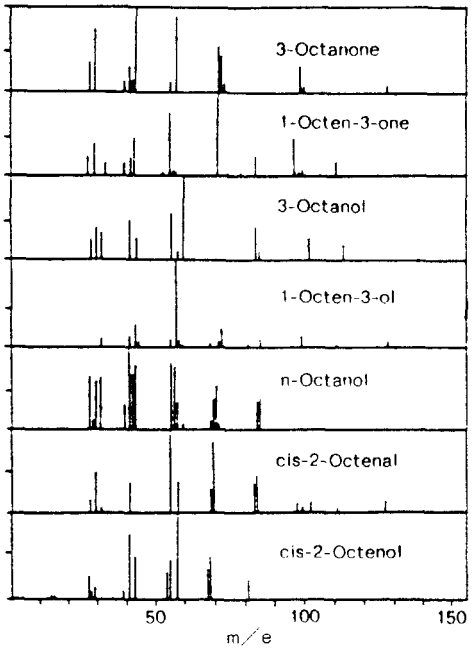

Fig. 2. Mass spectra of C_8 compounds identified from shiitake mushroom.

Maga[9]는 일반 식용 버섯에서 휘발성 향기 성분의 공통적인 특징은 C_8 화합물들이 많이 함유되어 있는 점이라 하였다. 본 실험에서 전체 휘발성 향기성분에 대한 C_8 화합물들이 차지하는 비율을 보면 82%로서 Morita 등[14]이 *Lentinus edodes*의 휘발성 향기성분 중 C_8 화합물들이 약 56%를 차지한다고 보고한 결과보다는 높았고 *Agaricus bisporus* 98%[7], *Tricholoma matsutake* 93%[6] 및 *Pleurotus ostreatus*에서는 약 80%[5]를 차지하는 것으로 알려져 있다.

황화합물로서는 carbon disulfide, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, 1, 2, 4-trithiolane, 1-(methyl thio)-dimethyl disulfide 및 1, 2, 4, 5-tetrathiane 등이 확인되었으며 이들의 mass spectra는 Fig. 3과 같았다.

Fig. 3에서 보면 molecular ion(M^+) peak 이외에도 isotope의 존재에 기인하는 M^++2의 peak가 선명하게 나타나 있는데 이것은 이러한 분자내에 sulfur를 함유하고 있음을 나타낸다[17]. Morita 등[14,20]은 *Lentinus edodes*의 가장 특징적인 향기성분은 lenthionine (1, 2, 3, 5, 6-pentathiephane)이라고 보고한 바 있으나 본 실험에서는 검출되지 않았다. 이는 본 실험에서와 유사한 column을 사용, 분석했을때 lenthionine이 검출되지 않았다고 보고한 竜岡등[10]과 Chen 등[18]의 결과와 유사하다. lenthionine은 특징적인 강한 향기를 지니지만 양적으로는 미량으로 존재하며 본 실험에서 detector로서 사용한 FID는 함황화합물에 대해서는 감도가 낮을뿐 아니라 일반적으로 lenthionine은 pH 5.0이상에서 100℃로 가열할 때 쉽게 분해[21]되는 것으로 알려져 있다. 그러므로, 본 실험에서도 역시 휘발성 향기성분을 추출하는 과정에서 100℃로 가열되기 때문에 대부분의 lenthionine이 분해되었을 것으로 사료된다.

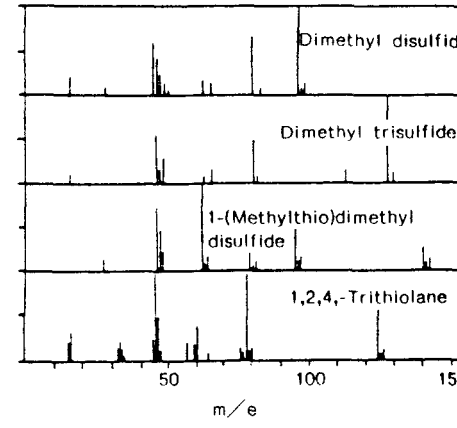

Fig. 3. Mass spectra of sulfurous compounds idetified from shiitake mushroom.

한편, Fig. 1에서 보는 바와 같이 건조 표고버섯을 물에 2시간 침지한 후 얻어진 향기성분의 분석결과를 비교해 보면 신선한 표고버섯에서는 검출되지 않은 peak들이 검출되었고 이중 확인된 성분은 Table 1에서 보는 바와 같이 신선한 표고버섯과는 차이가 있었다. 즉, 신선한 표고버섯에서 다량으로 존재하던 1-octen-3-ol을 포함한 대부분의 C_8 화합물이 소실되었고 특히, 신선한 표고

버섯에서 전체 휘발성 향기성분의 약 74.7%를 차지한 1-octen-3-ol이 건조 표고버섯에서는 약 1.3%로 상당히 감소하였다. 반면, 갈색화 반응시 주 생성물인 furfural, 5-methyl furfuryl alcohol 및 함황화합물의 비율이 상대적으로 증가하였다. 따라서, 신선한 표고버섯의 향기는 양적으로 많이 존재하는 C_8 화합물과 함황화합물이 복합되어 형성되지만 건조 표고버섯에서는 C_8 화합물들은 향기 발현에 큰 역할을 하지 못하는 것으로 사료된다.

pH에 따른 신선한 표고버섯 휘발성 향기성분의 gas chromatogram은 Fig. 4와 같다.

또한, 확인된 성분의 peak 면적을 내부 표준물질로서 첨가한 n-pentadecane의 peak 면적으로 나눈 상대적인 peak의 면적비는 Table 2와 같다.

pH의 변화에 따라 생성량에 큰 차이를 나타낸 것은 C_8 화합물과 함황화합물들 이었다.

C_8화합물인 3-octanone, 1-octen-3-one, 3-octanol, cis-2-octenal, 1-octen-3-ol 및 cis-2-octenol 등은 대조구와 비교하면 pH가 증가함에 따라 생성량이 증가하다가 pH 6.0~7.0 부근에서 최대치를 나타냈으나

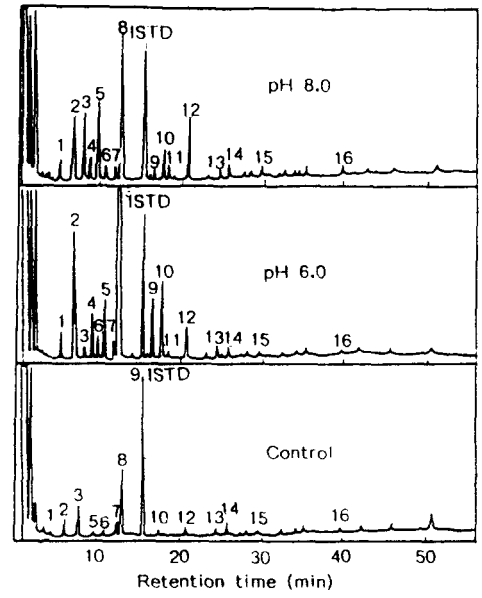

Fig. 4. Gas chromatograms of volatile compounds of shiitake mushroom formed at pH 8.0 and pH 6.0.

Table 2. Effect of pH on the formation of volatile flavor compounds in fresh shiitake mushroom

Peak[a] Number	Compound	pH						
		4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	Control[b]
1	γ-terpinene	11.8[c]	11.8	12.9	12.6	11.6	11.5	-[d]
2	3-octanone	17.7	49.0	60.4	52.8	49.1	34.4	3.4
3	Dimethyl disulfide	9.9	10.2	7.3	44.0	51.2	52.0	0.5
4	1-Octen-3-one	12.4	13.1	22.1	23.5	23.1	13.6	-
5	Dimethyl trisulfide	13.2	12.0	22.9	21.4	58.6	63.2	0.7
6	3-octanol	29.1	36.3	36.2	49.0	8.9	10.4	0.9
7	cis-2-octenal	10.4	5.1	14.0	9.6	5.5	4.1	3.6
8	1-octen-3-ol	57.0	79.8	139.4	118.8	35.1	31.9	39.8
9	n-octanol	11.4	25.0	40.1	40.7	8.3	9.7	2.1
10	cis-2-octanol	30.7	38.8	48.3	46.0	13.3	16.7	1.5
11	1-(Methyl thio)-dimethyl disulfide	-	-	7.5	13.0	11.7	12.8	1.5
12	1,2,4-trithiolane	7.4	10.8	14.7	56.8	48.9	41.0	5.0
13	Geraniol	8.6	12.6	10.8	11.5	10.9	10.1	7.0
14	β-phenyl ethyl alcohol	8.4	8.6	8.1	10.4	7.3	8.0	10.1
16	1,2,4,5-tetrathiane	3.8	3.3	7.1	7.2	6.9	13.9	1.8

a: The peak number refers to Fig. 4.
b: Distilled after boiling for 5 min. at 100°C
c: Peak area of each compound 100/Peak area of ISTD(n-pentadecan 50.00mg)
d: Not detected

pH 7.0 이상에서는 점차 감소하였다. Tressl 등[22]은 *Agaricus campestris*에서 C_8화합물의 생성은 분자내 cis, cis-1,4-pentadiene 구조를 가지고 있는 지방산인 linoleic acid 또는 linolenic acid가 버섯중에 존재하는 지방산 산화효소인 lipoxygenase의 작용을 받아 분해됨으로서 생성된다고 보고하였고 이 효소의 최적 pH는 6.0~7.0인 것으로 알려져 있다[18]. 본 실험결과에서 pH 6.0~7.0 범위에서 C_8화합물들이 많이 생성된 것은 이 pH 범위에서 위에서와 같은 효소의 활성이 컸던 것에 기인한 것으로 사료된다.

반면, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide 1-(methyl thio)-dimethyl disulfide, 1,2,4-trithiolane 및 1,2,4,5-tetrathiane 등은 pH 8.0~9.0에서 비교적 많이 생성되었다. Chen 등[17]은 표고버섯에서 dimethyl disulfide나 dimethyl trisulfide와 같이 분자내에 $-CH_2-S-$기를 가지고 있는 함황화합물들은 peptide인 lentinic acid가 r-glutamyltranspeptidase와 cysteinesulfoxide lyase에 의해 lenthionine으로 변한 다음 분자내의 $-CH_2-S-$ 결합의 분해에 의해서 생성된다고 보고하였다. 이와 관련된 두 효소의 최적작용 pH는 8.0~9.0인 것으로 알려져 있다[23-25]. 따라서, 이와 같은 함황화합물들이 pH 8.0~9.0 사이에서 많이 생성된 것은 효소의 작용에 의해서 생성된 lenthionine이 향기성분 추출과정에서 100℃에서 가열하였기 때문에 분해되어 생성되는 것으로 사료된다.

요 약

신선한 표고버섯(*Lentinus edodes*) 및 건조 표고버섯의 휘발성 향기성분을 수증기-추출장치를 이용하여 추출한 후 GC 및 GC-MS에 의해서 비교 분석하였고 신선한 표고버섯의 휘발성 향기성분 생성에 미치는 pH의 영향을 조사하였다.

확인된 29개의 휘발성 향기성분 중 신선한 표고버섯에서는 1-octen-3-ol이 전체 향기성분의 약 74.7%, 건조 표고버섯 에서는 1,2,4-trithiolane이 약 66.3%를 차지하였다. 그외에도 C_8 화합물로서는 3-octanone, 1-octen-3-one, 3-octanol, cis-2-octenal, 3-octanol, 및 cis-2-octenol, 함황화합물소는 carbon disulfide, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, 1-(methyl thio)-dimethyl disulfide, 1,2,4,5-tetrathiane이 확인되었다.

신선한 표고버섯을 침지하였을 때 C_8화합물은 pH 6.0~7.0, 함황화합물은 pH 8.0~9.0에서 많이 생성되었다.

문 헌

1. 數野千惠子, 三浦洋 : 食用キノコの化學成分, 日食工誌, 31, 208(1984)
2. Cronin, D.A. and Wark, M.K. : The characterization of some volatile constituents of mushroom *(Agaricus bisporus), J. Agric. Food Chem.*, 21, 959(1973)
3. Chen. C.C. and Wu, C.M. : Volatile components of mushroom *(Agaricus subrufecens), J. Food Sci.* 49, 1208(1984)
4. Yajima, I., Yanai, T., Nakamura, M., Sakakitabara, M. and Hayashi, K. : Volatile flavor compounds of *Tricholoma matsutake*(Ito et Imai) Sing., *Agric. Biol. Chem.*, 45, 373(1981)
5. 홍재식·이지열·김영회·김명곤·정기태·이극로 : 느타리버섯의 향기성분에 관한 연구, 한국균학회지, 14, 31(1986)
6. 高間總子, 石井濤, 村木緊 : 日本産, 韓國産 マツタケ *Trichoderma matsutake*(S. Ito et Imai) Sing.の香氣成分および貯藏による香氣成分の變化, 日食工誌, 31, 14(1984)
7. Macleod, A.J. and Panchasara, S.D. : Volatile aroma components, particularly glucosinolate products, of cooked dried mushroom. *Phytochemistry*, 22, 705(1983)
8. Thomas, A.F. : An analysis of the flavor of the dried mushroom, *Boletus edulis, J. Agric. Food Chem.*, 21, 955(1973)
9. Maga, J.A. : Mushroom flavor, *J. Agric. Food Chem.*, 29, 1(1981)
10. 竈岡弘·橋口光基 : 椎耳の水蒸氣揮發性成分, 日農化誌, 58, 87(1984)
11. Brown, H.C. and Grag, C.P. : A simple procedure for the chromic acid oxidation of alcohols to ketones of high purity, *J. Am. Chem. Soc.*, 83, 2952(1961)
12. Gil, V. and Macleod, A.J. : Synthesis and assessment of three compounds suspected as egg aroma volatiles, *J. Agric. Food Chem.*, 29, 4845(1981)
13. Schultz, T.H., Flath, R.A., Mon. T.R., Egghing, S.B. and Teranishi, R. : Isolation of volatile components from a model system, *J. Agric. Food Chem.*, 25, 446(1977)
14. Morita, K. and Kobayashi, S. : Isolation and synthe-

sis of lenthionine, and odorus substance of shiitake, an edible mushroom, *Tetrahedron Letters*, **6**, 573(1966)

15. EPA/NIH : EPA/NIH mass spectral data base, U. S. Department of commerce, Washington, D.C. (1978)
16. Tressl, R., Bahri, D. and Engek, E.H. : Formation of eight-carbon components in mushroom *(Agaricus campestris)*, *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 89(1982)
17. Chen, C.C. and Ho, C.T. : Identification of sulfurous compounds of shiitake mushroom *(Lentinus edodes* Sing)., *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 830(1986)
18. Chen, C.C., Chen, S.D., Chen, J.J. and Wu, C.M. : Effects of pH value on the formation of volatiles of shiitake *(Lentinus edodes)*, an edible mushroom, *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 999(1984)
19. Pyysalo, H. : Identification of volatile compounds in seven edible fresh mushrooms, *Acta Chem. Scand.*, **B30**, 235(1976)
20. Morita, K. and Kobayashi, S. : Isolation, structure, and synthesis of lenthionine and its analogs, *Chem. Pharm. Bull.*, **15**, 988(1967)
21. Wada, S., Nakatani, H., Fujinawa, Kimura, H. and Hayaga, M. : Studies on lenthionine, a new aroma -bearing substance from shiitake, Eiyoto-Shokuryo, *J. Jap. Soc. Food & Nutri.*, **20**, 355(1967)
22. Tressl, R., Bahri, D. and Engel, K. H. : Lipid oxidation in fruits and vegetable, *ACS Symp. Ser.*, **170**, 213(1981)
23. Iwami, K., Yasumoto, K., Nakamura, K. and Mitsuda, H. : Properties of α-glutamyltransferase from *Lentinus edodes*, *Agric. Biol. Chem.*, **39**, 1933(1975)
24. Iwami, K., Yasumoto, K., Nakamura, K. and Mitsuda, H. : Reactivity of *Lentinus* γ-glutamyltransferase with lentinic acid as the principal endogenous substrate, *Agric. Biol. Chem.*, **39**, 1941(1975)
25. Iwami, K., Yasumoto, K., Nakamura, K. and Mitsuda, H. : Enzymatic cleavage of cysteinesulfoxide in *Lentinus edodes*, *Agric. Biol. Chem.*, **39**, 1947(1975)

(1988년 5월 20일 접수)