J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.
31(4), 566~571(2002)

한국식품영양과학회지

전통 명태식해 저온숙성 중 휘발성 성분의 변화

차용준† · 정은정 · 김 훈 · 이영미 · 조우진
창원대학교 식품영양학과

Changes of Volatile Components in Alaska Pollack *Sik-hae* during Low-Temperature Fermentation

Yong-Jun Cha†, Eun-Jeong Jeong, Hun Kim, Young-Mi Lee and Woo-Jin Cho

Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

Abstract

Volatile flavor compounds in Alaska pollack *sik-hae* during fermentation at 5°C were analyzed by liquid-liquid continuous extraction (LLCE) and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) methods. Sixty five volatile compounds were detected in Alaska pollack *sik-hae* during fermentation. These compounds were composed mainly of 11 S-containing compounds, 13 alcohols, 13 acids, 4 aldehydes, 4 ketones, 6 terpenes, 4 aromatic compounds and 10 miscellaneous compounds. Among these, 9 S-containing compounds (3-(methylthio)-1-propene, dimethyl disulfide, diallyl sulfide, methylallyl disulfide, methyl-(E)-propenyl disulfide, dimethyl trisulfide, 2 diallyl disulfide isomers and diallyl trisulfide), 2 acids (acetic acid and butanoic acid), 2 ketones (2,3-butanedione and 6-methyl-5-hepten-2-one) and 2 esters (ethyl formate and ethyl acetate) were significantly increased during fermentation ($p<0.05$), and these compounds were suspected to affect on the odor of Alaska pollack *sik-hae*.

Key words: *sik-hae*, Alaska pollack, LLCE, volatile flavor compounds

서 론

수산발효제품은 어패류의 근육, 내장 또는 생식소 등을 원료로 하여 식염을 첨가한 후 장기간 발효, 숙성시킨 것으로 예로부터 우리의 식생활에서 빼놓을 수 없는 전통적인 식품이다. 이러한 수산발효식품의 주류를 이루고 있는 젓갈류는 그 발효원리에 의해 크게 2종류, 즉 염장에 의해 저장성을 부여하고자가 분해 효소와 미생물에 의해 발효되는 염해법(鹽醢法)과 발효과정 중 생성된 유기산에 의해 저장성을 부여하는 식해법(食醢法)으로 구분할 수 있다(1).

이 중 식해법은 우리나라 동해안 및 남해 동부지역에서 성행한 발효법으로서, 소금 이외에 첨가된 맥아가루나 곡류 등의 유기산 발효에 의해 pH가 낮게 유지됨으로 염해법에 비해 비교적 낮은 식염농도(10% 이하)에서도 미생물의 생육 억제가 가능하다(2). 또한 식해법은 김치와 제조원리가 같고(3) 주재료로서 사용된 생선류의 EPA나 DHA 등의 영양성분 강화 및 숙성후 생선 뼈의 연화로 직접 가식이 가능하므로 칼슘 및 단백질 공급원으로의 역할 등이 기대된다.

하지만 식해법은 염해법에 비해 제조 후 단기간내에 섭취하여야 하므로, 대부분 일부 가정단위로 제조되고 있을 뿐 산업화는 이루어지지 않고 있으며, 학계에서도 식해류의 미생물이나 품질변화 등에 관한 연구 등은(4-6) 시도하였지만 산업화에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 동해안에서 어획되는 대표적인 어종인 명태를 원료로 하여 전통적 명태식해를 제조한 다음 저온저장(5°C) 동안의 휘발성 성분의 변화를 분석함으로써 산업적으로 명태식해를 제조하기 위한 향기성분의 기초 자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

명태는 경남 마산시 소재 어시장에서 동결된 상태로 구입하여 해동한 다음 Cha 등의 방법(7)에 따라 염지한 동태육(47.4%) 및 무채(19.0%)에 곡류밥(멥쌀 9.5% 및 조 9.5%), 고춧가루(7.0%), 엿기름(3.8%), 마늘(2.4%) 및 생강(1.4%)을 버무려 제조하였다. 제조된 명태식해는 2 kg 단위로 유리병에 담아 함기밀봉한 후 저온실(5°C)에 저장하며 휘발성 향기성분을 추출하였다.

휘발성 성분의 추출 및 방법

명태식해의 휘발성 향기성분은 liquid liquid continuous extraction(LLCE)법(8)으로 추출하였다. 이때 명태식해는 균질

†Corresponding author. E-mail: yjcha@sarim.changwon.ac.kr
Phone: 82-55-279-7485. Fax: 82-55-281-7480

화시킨 후 100 g을 취하였으며 내부표준물질로서는 1-dodecen 3 mL(108.3 μg)를 사용하였다. 그 외 분석조건은 Cha 등의 방법(8)과 동일하였으며 한 시료당 2번씩 추출하였다.

휘발성 성분의 분석

추출된 휘발성 성분은 HP 6890 GC/5973 mass selective detector(MSD, Hewlett-Packard Co., USA)에 의해 분석 및 동정하였으며 분석조건은 다음과 같았다. 시료 휘발성 성분 추출 농축액은 질소가스로 0.5 mL까지 재농축한 후 1.0 μL씩 주입하였고, 이때 column은 HP-INNOWax column(60 mL×0.25 mm i.d.×0.25 μm film thickness, Hewlett-Packard Co., USA)을 사용하였으며 운반기체인 He의 선상속도는 1.0 cm/sec로 조정하였다. 기타 오븐온도조건 및 MSD분석조건은 Cha 등의 방법(8)과 동일하게 하였으며, 분석은 각 추출물에 대해 2번씩 반복 수행하였다.

휘발성 성분의 동정 및 통계분석

각 화합물의 잠정적인 동정은 standard MS library data (Wiley 275k, Hewlett-Packard Co., USA)에 의하였다. 그리고 정량분석을 위하여 각 화합물의 함량은 내부표준물질을 이용하여 상대적 함량(factor = 1, ng/g)으로 환산하였고, co-eluting된 화합물의 피크는 Hites와 Biemann의 방법(9)에 따라 오차를 최대한 줄였다. 또한 저장기간 중 휘발성 성분의 유의적인 함량변화($p<0.05$)를 구명하기 위해 SPSS(Statistical Package, SPSS Inc., USA)를 이용하여 통계분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

명태식해의 휘발성 성분

명태식해의 저온저장(5°C; 0일, 21일 및 43일) 중 휘발성 향기성분을 LLCE/GC/MS법으로 분석한 결과 총 65종의 화합물이 검출되었다(Table 1). 이는 주로 함황화합물류(11종), 알콜류(13종), 산류(13종), 알데히드류(4종), 케톤류(4종), 테르펜류(6종), 방향족화합물류(4종) 및 기타 화합물류(10종)로 구성되어 있었다.

명태식해에서 검출된 함황화합물류는 총 11종이었다. Sulfide류 중 diallyl disulfide isomer(RI = 1471)가 저장기간 중 2,602~7,131 ng/g으로 가장 많은 함량을 나타내었고, 다음으로 methylally disulfide(1,349~6,582 ng/g) 및 dimethyl disulfide(558~2,465 ng/g) 순이었다. 위 3종의 함황화합물은 저장기간 중에 검출된 함황화합물류 총 함량의 70%이상을 차지하고 있었다. 명태식해에서 검출된 함황화합물류는 부원료로 사용되었던 마늘과 같은 *Allium*속 식물에서 기인된 것으로 추정된다. 즉 *Allium*속 식물내에서는 alliin 동족체에 대해 alliinase가 작용함으로서 diallyl disulfide, methylallyl disulfide, allylpropyl disulfide, diallyl trisulfide 및 methylallyl trisulfide 등의 함황화합물류가 생성되는 것으로 알려져 있으며(10), allyl alcohol도 alliin의(2,3)-sigmatropic rearrangement에 의해 생성되어질 수 있다고 보고되었다(11). 그 외 dimethyl disulfide나 dimethyl trisulfide는 methionine을 전구체로 일련의 산화과정을 통해서도 생성될 수 있는 것으로 알려져 있다(12). 일반적으로 함황화합물류는 낮은 끓는점과 낮은 odor threshold를 가지고 있고(13), 식품 중에서 주로 매운 향, 마늘 및 파 냄새 등에 관계하므로(14) 명태식해에서도 위와같은 냄새특성의 발현에 의한 관능적 특성에 주요한 역할을 할 것으로 추정된다. 한편 배추김치(14)나 양파(15)에서 검출된 함황화합물류는 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 하지만 명태식해에서는 이와 반대로 검출된 함황화합물류 중 ally alcohol과 benzothiazole을 제외한 9종의 화합물이 저장기간에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

알콜류는 13종으로 산류와 더불어 명태식해에서 가장 많이 검출된 화합물류였다. 알콜류의 총함량은 저장기간에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내는 듯 보였지만, ethanol과 3-methyl-1-butanol 등 2종의 화합물 외에는 대체로 감소하는 경향을 보였다. Ethanol은 알콜류 총 함량의 50% 이상을 차지하며 가장 높은 함량을 나타내었으며, 저장기간에 따라 유의적이진 않지만 지속적으로 증가함으로써 배추김치 숙성과정과 유사한 경향을 나타내었다(14). 3-Methyl-1-butanol은 저장 43일차에 급격히 증가하였는데, 일반적으로 4~5개의 탄소를 가진 알콜류는 아미노산을 전구체로 하여 생성될 수 있는 것으로 알려져 있다(16). 따라서 3-methyl-1-butanol은 이러한 메카니즘을 거쳐 저장기간에 따라 유의적($p<0.05$)으로 증가하는 경향을 나타낸 것으로 추정되었다. 하지만 알콜류는 대부분 높은 odor threshold를 가지고 있어 식품의 전체적인 향에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다(17). 반면에 꽃향기(floral-like)를 가지고 있는 linalool은 저장기간 동안 소량 검출되었지만 odor threshold가 6 ppb(18)로 낮기 때문에 명태식해의 전체적인 향에 관여할 것으로 판단되었다. 한편, borneol과 같은 테르펜계 알콜류는 효소나 산 등의 작용에 의해 terpenoid glycosides로부터 생성되어질 수 있는 것으로 알려져 있다(19).

산류는 총 13종이 검출되었는데 acetic acid가 저장 21일부터 가장 높은 함량을 나타내었고, 저장 43일차에는 0일차에 비해 약 10배의 함량 증가를 보여 butanoic acid와 함께 저장기간에 따라 유의적($p<0.05$)으로 증가하는 경향을 나타내었다. 그 외 isobutyric acid와 isovaleric acid 등도 유의적이진 않지만 저장기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 산류는 지방산화나 미생물에 의한 아미노산의 분해과정에서 생성되는 것으로 알려져 있으며(20,21), 주로 신 냄새, 지방산패취 및 치즈냄새 등과 같은 냄새 특성을 가지고 있다(14). 따라서 이러한 냄새 특성은 함황화합물류와 더불어 명태식해의 향에 주요한 영향을 미칠 것으로 판단되며, 특히 산류에 의해서는 검출된 함량을 기준으로 하였을 때 저장 후반부에 영향이 더 클 것으로 추정되었다.

알데히드류 및 케톤류는 알콜류와 더불어 지방산화 과정에서 생성되는 화합물들로 알려져 있으며(22), 특히 명태는 산화

Table 1. Volatile flavor compounds in Alaska pollack *sik-hae* during fermentation at 5°C

Compounds	RI[1]	Concn (ng/g)[2]		
		0 day[3]	21 day[3]	43 day[3]
S-Containing compounds (11)		**6,525.10**	**1,0441.30**	**2,1414.20**
*3-(Methylthio)-1-propene	955	106.32[a]	251.41[a]	837.63[b]
*Dimethyl disulfide	1058	558.85[a]	1,163.40[b]	2,465.07[c]
*Allyl alcohol	1078	878.08[b]	317.66[ab]	-[a4]
*Diallyl sulfide	1132	125.31[a]	672.92[b]	1,766.89[c]
*Methylallyl disulfide	1279	1,349.72[a]	2,797.84[ab]	6,581.02[b]
*Methyl-(E)-propenyl disulfide	1283	81.99[a]	143.96[a]	448.65[b]
*Dimethyl trisulfide	1373	94.25[a]	242.70[a]	853.85[b]
*Diallyl disulfide (isomer)	1471	2,602.49[a]	4,146.99[a]	7,131.37[b]
*Diallyl disulfide (isomer)	1479	590.19[a]	620.24[a]	1,149.57[b]
*Diallyl trisulfide	1779	60.90[a]	84.13[a]	180.19[ab]
*Benzothiazole	1918	77.00[a]	-[a]	-[a]
Alcohols (13)		**3,988.79**	**4,797.83**	**5,235.80**
*Ethanol	925	2,356.87[a]	2,534.71[a]	2,622.50[a]
*2-Butanol	1022	65.50[a]	-[a]	-[a]
*Butanol	1139	-[a]	237.42[b]	123.26[b]
*1-Penten-3-ol	1155	555.36[a]	464.12[a]	250.75[a]
*3-Methyl-1-butanol	1201	332.45[a]	506.76[a]	1,604.04[b]
2-Buten-1-ol	1208	29.01[a]	120.66[ab]	-[a]
*(Z)-2-Penten-1-ol	1309	228.27[a]	301.94[a]	226.73[a]
3-Heptanol	1339	134.89[a]	130.67[a]	84.72[a]
*2-Heptanol	1354	88.31[a]	105.76[a]	89.63[a]
*Linalool	1540	61.85[a]	62.94[a]	58.84[a]
*2-Furanmethanol	1645	6.99[a]	21.88[a]	15.43[a]
*Borneol	1699	90.23[a]	225.34[ab]	72.21[a]
*2-Phenylethanol	1911	39.06[a]	85.63[a]	87.69[a]
Acids (13)		**3,271.14**	**1,8754.70**	**20,969.30**
*Acetic acid	1440	172.60[a]	1,5718.12[b]	17,191.70[b]
Propanoic acid	1589	89.62[a]	268.83[a]	157.52[a]
*Isobutyric acid	1557	104.96[a]	212.39[a]	254.22[a]
*Butanoic acid	1625	277.83[a]	625.47[a]	1,862.93[b]
*Isovaleric acid	1665	599.92[a]	761.86[a]	770.85[a]
Pentanoic acid	1780	55.93[a]	205.37[ab]	90.67[a]
*Hexanoic acid	1886	269.47[a]	392.93[a]	295.21[a]
Heptanoic acid	1995	41.03[a]	46.88[a]	35.70[a]
*Octanoic acid	2091	121.03[a]	166.84[a]	73.91[a]
*Nonanoic acid	2170	1,487.75[b]	114.88[a]	93.02[a]
*Decanoic acid	2267	39.33[a]	79.71[a]	-[a]
Undecanoic acid	2387	-[a]	66.75[a]	72.94[a]
Dodecanoic acid	2483	11.67[a]	84.68[a]	70.65[a]
Aldehydes (4)		**706.66**	**706.58**	**575.44**
*(E)-2-Butenal	1023	57.48[a]	17.45[a]	-[a]
*Hexanal	1068	381.47[b]	273.33[ab]	65.46[a]
*Nonanal	1384	104.38[b]	163.38[b]	33.17[a]
*Benzaldehyde	1513	163.33[a]	252.42[a]	476.81[b]
Ketones (4)		**5,419.35**	**10,195.60**	**8,426.65**
*2,3-Butanedione	966	105.94[a]	318.28[a]	842.17[b]
*2,3-Pentanedione	1040	7.75[a]	-[a]	-[a]
*3-Hydroxy-2-butanone	1281	4,618.27[a]	8,877.40[a]	6,083.15[a]
*6-Methyl-5-hepten-2-one	1324	687.39[a]	999.93[a]	1,501.33[b]
Terpenes (6)		**5,500.00**	**3,519.32**	**6,499.46**
*α-Pinene	1012	296.98[a]	141.69[a]	528.93[ab]
*Camphene	1058	1,518.91[a]	1,146.56[a]	3,005.77[ab]
*β-Phellandrene	1218	2,143.03[a]	1,631.87[a]	2,866.07[a]
*Zingiberene	1726	1,255.62[c]	240.16[b]	-[a]
*Curcumene	1764	-[a]	359.04[b]	98.69[a]
*β-Sesquiphellandrene	1773	285.46[b]	-[a]	-[a]

Table 1. Continued

Compounds	RI[1)]	Concn (ng/g)[2)]		
		0 day[3)]	21 day[3)]	43 day[3)]
Aromatic compounds (4)		**212.83**	**433.07**	**347.27**
*Toluene	1032	60.56[a]	160.35[a]	115.58[a]
*Ethylbenzene	1117	14.35[a]	48.14[a]	80.12[a]
Styrene	1238	57.21[a]	162.27[a]	101.99[a]
Phenol	1944	80.71[a]	62.31[a]	49.58[a]
Miscellaneous compounds (10)		**5,796.96**	**7,073.43**	**8,391.48**
Ethyl formate	848	2.93[a]	34.06[a]	213.86[b]
*Ethyl acetate	899	2,876.11[a]	3,644.73[a]	6,743.18[b]
Chloroform	1004	2,242.23[b]	2,751.61[b]	730.21[a]
Dimethyl acetonitrile	1205	32.19[a]	49.73[a]	62.87[a]
Tetramethylpyrazine	1481	146.23[a]	205.50[a]	371.57[b]
Butyrolactone	1594	67.44[a]	55.11[a]	50.91[a]
1,3-Cyclooctadiene	1635	43.18[a]	55.94[a]	39.43[a]
Cyclohexyl isothiocyanate	1658	265.24[b]	-[a]	-[a]
2-Acetylpyrrole	1915	-[a]	35.15[b]	-[a]
1-Cyano-4,5-epithiopentane	1979	121.41[a]	241.60[a]	179.45[a]

[1)]Retention index.
[2)]Mean concentration (ng/g) of duplicate GC/MS analyses to 2 LLCE extracts. Concentration of each compound was calculated as a relative content to the concentration of 1-dodecene concentration put in sample (108.3 μg/g) (factor = 1).
[3)a-c]: Means having same superscipts in each row among samples are not significantly different ($p<0.05$). [4)]-: Not detected.
*These compounds were also detected in *kimchi* (14,33).

가능성이 높은 고도불포화지방산의 함량이 많은 것으로 알려져 있다(23). 하지만 알데히드류는 저장기간 중 검출된 함량이 575~706 ng/g으로 명태식해에서 검출된 화합물류 중 방향족 화합물류 다음으로 적은 함량을 나타내었다. 따라서 5℃에서 숙성한 명태식해의 향은 알데히드류에 의해서는 거의 영향을 받지 않을 것으로 판단되었다.

케톤류는 알데히드류와 같이 총 4종이 검출되었는데, 2,3-pentanedione을 제외한 3종의 화합물은 모두 저장기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 2,3-butanedione과 6-methyl-5-hepten-2-one은 저장기간에 따라 유의적인 증가($p<0.05$)를 나타내었으며, 3-hydroxy-2-butanone은 케톤류 중 가장 많은 함량을 나타내었다. 2,3-Butanedione은 버터냄새를 가지고 있으며(24), odor threshold는 2.6 ppb(25)로 매우 낮아 갑각류 등에서는 바람직한 화합물로 인식되고 있다(26). 하지만 명태식해의 향에 있어서는 낮은 odor threshold 및 냄새특성상 좋은 영향을 미치진 않을 것으로 판단되며, 저장기간의 증가에 따라 그 영향은 커질 것으로 추정되었다. 6-Methyl-5-hepten-2-one은 carotenoid의 산화에 의해 생성되는 것으로 알려져 있으며(27), 이는 부재료로 첨가된 고춧가루의 색소에서 유래된 것으로 추정되었다.

테르펜류는 총 6종이 검출되었는데, 이 중 zingiberene은 부재료중 생강(6)으로부터 유래된 화합물이며, 제조직후부터 서서히 감소하여 저장 43일차에는 검출되지 않아 배추김치 숙성과정과 유사한 경향을 나타내었다(14). Zingiberene과 β-sesquiphellandrene은 산화적 분해과정을 통해 ar-curcumene으로 전환될 수 있는 것으로 알려져 있다(28). 한편 대부분의 테르펜류는 높은 odor threshold를 가지는 것으로 알려져 있어(17) 명태식해의 전체적인 냄새에는 영향을 미치지 않을 것으로 추정되었다.

그외 방향족화합물류는 4종이 검출되었으며, 기타 화합물류는 총 10종이 검출되었다. 방향족화합물류 중 toulene을 비롯한 benzene 유도체는 6-methyl-5-hepten-2-one과 같이 carotenoid로부터 생성되는 것으로 추정되고 있다(27,29).

기타 화합물류 중 ethyl formate와 ethyl acetate와 같은 2종의 에스테르화합물이 검출되었는데, 저장기간에 따라 유의적($p<0.05$)으로 증가되는 경향을 나타내었다. 일반적으로 저분자의 에스테르화합물류는 식품 중에 과일향이나 달콤한 냄새 등을 가지며 낮은 odor threshold를 가지고 있어(30) 숙성 중 명태식해의 전체적 향에 관여할 것으로 추정되었다. 한편 dimethyl acetonitrile과 cyclohexyl isothiocyanate는 첨가된 부재료중 무에서 유래된 것으로 추정되었다. 즉, 무 중에 존재하는 glucosinolate는 thioglucosidase의 작용을 받아 분해됨으로써 isothiocyanate류와 nitrile류를 생산하는 것으로 알려져 있다(31).

Tetramethyl pyrazine과 butyrolactone은 가열생성물로서 첨가된 부재료중 쌀밥이나 수수로부터 유래된 것으로 추정되었으며, lactone류는 triglyceride 등을 가열할 경우 생성될 수 있는 것으로 보고되어 있다(32).

한편 명태식해 숙성 중 검출된 특징적인 47종의 화합물은 배추김치에서도 검출되어(14,33), 조성 원료에 의한 결과로 생각되었다(Table 1). 하지만 명태식해를 제조직후부터 저온(5℃)에서 숙성한 경우 관능적 품질이 떨어지는 경향을 나타내었다(자료 미제시). 따라서 명태식해의 휘발성 향기성분중 관능적 품질 저하원인이 되는 성분을 구명하여 관능적 품질인자를 설

정함과 동시에 명태식해의 shelf-life를 연장시킬 수 있는 가공조건을 설정하는 연구가 계속되어야 할 것으로 판단되었다.

요 약

명태식해의 산업화를 위한 기초자료를 제시하기 위해 명태식해를 제조한 뒤 저온(5℃)에서의 저장 중 휘발성 향기성분을 LLCE/GC/MS법으로 분석한 결과 총 65종의 화합물이 검출되었다. 이는 주로 함황화합물류(11종), 알콜류(13종), acid류(13종), 알데히드류(4종), 케톤류(4종), 테르펜류(6종), 방향족 화합물류(4종) 및 기타 화합물류(10종)로 구성되어 있었다. 한편 명태식해 숙성 중 함황화합물류(3-(methylthio)-1-propene, dimethyl disulfide, diallyl sulfide, methylallyl disulfide, methyl-(E)-propenyl disulfide, dimethyl trisulfide, 2 diallyl disulfide isomers, diallyl trisulfide), 산류(acetic acid, butanoic acid), 케톤류(2,3-butanedione, 6-methyl-5-hepten-2-one) 및 기타 화합물류 중의 에스테르류(ethyl formate, ethyl acetate)가 저장기간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내고 있었다($p<0.05$). 특히 함황화합물류는 명태식해의 숙성과정 전반에 걸쳐 영향을 미칠 것으로 추정되었고, acid류, 케톤류 및 에스테르화합물류는 숙성 후반에 더 크게 관여할 것으로 추정되었다.

감사의 글

본 연구의 일부는 2000년도 창원대학교 연구비에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Shu HK. 1987. A study on the regional characteristics of Korean chotkal. The ways of preservation of chotkal. *Korean J Dietary Culture* 2: 149-161.
2. Lee MY, Lee HG. 1989. A bibliographical study on the Shikke. *Korean J Dietary Culture* 4: 39-52.
3. Lee CH, Lee EH, Lim MH, Kim SH, Chae SK, Lee KW, Koh KH. 1986. Characteristics of Korean fish fermentation technology. *Korean J Dietary Culture* 1: 267-278.
4. Souane M, Kim YB, Lee CH. 1987. Microbial characterization of gajami sik-hae fermentation. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 15: 150-157.
5. Lee NH, Oh SW, Kim YM. 1996. Biochemical changes in muscle protein of squid *sikhae* during fermentation. Effects of temperature and moisture content. *Korean J Food Sci Technol* 28: 292-297.
6. Choi C, Lee HD, Choi HJ, Son JH, Kim S, Son GM, Cha WS. 2001. Functional and volatile flavor compounds in traditional Kyungsando squid sikhae. *Korean J Food Sci Technol* 33: 345-342.
7. Cha YJ, Lee CE, Jeong EK, Kim H, Lee JS. 2002. Physiological functionalities of traditional Alaska pollack *sik-hae*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 559-565.
8. Cha YJ, Kim H, Park SY, Kim SJ, You YJ. 2000. Identification of irradiation-induced volatile flavor compounds in beef. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1042-1049.
9. Hites RA, Biemann K. 1970. Computer evaluation of continuously scanned mass spectra of gas chromagographic effluents. *Anal Chem* 42: 855-860.
10. Block E, Calvey EM. 1993. Facts and artifacts in allium chemistry. In *Sulfur compounds in foods*. Mussinan CJ, Keelan ME, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 63-79.
11. Yu TH, Wu CM, Ho CT. 1993. Volatile compounds of deep-oil fried, microwave-heated, and oven-baked garlic slices. *J Agric Food Chem* 41: 800-805.
12. Yang WT, Min DB. 1994. Dynamic headspace analyses of volatile compounds of cheddar and swiss cheese during ripening. *J Food Sci* 59: 1309-1312.
13. Mistry BS, Reineccius GA, Jasper BL. 1993. Comparison of gas chromatographic detectors for the analysis of volatile sulfur compounds in foods. In *Sulfur compounds in foods*. Mussinan CJ, Keelan ME, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 8-21.
14. Cha YJ, Kim H, Cadwallader KR. 1998. Aroma-active compounds in *kimchi* during fermentation. *J Agric Food Chem* 46: 1944-1953.
15. Park ER, Ko CN, Kim SH, Kim KS. 2001. Analysis of volatile organic components from fresh and decayed onions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1011-1020.
16. Josephson DB, Lindsay RC, Stuiber DA. 1987. Influence of processing on the volatile compounds characterizing the flavor of pickled fish. *J Food Sci* 52: 10-14.
17. Buttery RG, Turnbaugh JG, Ling LC. 1988. Contribution of volatiles to rice aroma. *J Agric Food Chem* 36: 1066-1069.
18. Takeoka GR, Flath RA, Mon TR, Teranishi R, Guentert M. 1990. Volatile constituents of apricoat (*Prunus armeniaca*). *J Agric Food Chem* 38: 471-477.
19. Chen CC, Ho CT. 1989. Volatile compounds in ginger oil generated by thermal treatment. In *Thermal generation of aromas*. Parliament TH, McGorrin RJ, Ho CT, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 366-375.
20. Dougan J, Howard GE. 1975. Some flavouring constituents of fermented fish sauces. *J Sci Food Agric* 26: 887-894.
21. Sanceda NG, Kurata T, Suzuki Y, Arakawa N. 1992. Oxygen effect on volatile acids formation during fermentation in manufacture of fish sauce. *J Food Sci* 57: 1120-1122, 1135.
22. Boylston TD, Morgan SA, Johnson KA, Wright RWJr, Busboom JR, Reeves JJ. 1996. Volatile lipid oxidation products of Wagyu and domestic breeds of beef. *J Agric Food Chem* 44: 1091-1095.
23. Oh KS. 1994. Changes in lipid components of pollack during sun-drying. *Korean J Food Sci Technol* 26: 123-126.
24. Cha YJ, Cadwallader KR. 1998. Aroma-active compounds in skipjack tuna sauce. *J Agric Food Chem* 46: 1123-1128.
25. Fors S. 1983. Sensory properties of volatile Maillard reaction products and related compounds. In *Maillard reaction in food and nutrition*. Waller GR, Feather MS, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 185-286.
26. Tanchotikul U, Hsieh TCY. 1989. Volatile flavor components in crayfish waste. *J Food Sci* 54: 1515-1520.
27. Piveteau F, Le Guen S, Gandemer G, Baud J-P, Prost C, Demaimay M. 2000. Aroma of fresh oyster *Crassostrea gigas*: composition and aroma notes. *J Agric Food Chem* 48: 4851-4857.
28. Chen CC, Ho CT. 1989. Volatile compounds in ginger oil generated by thermal treatment. In *Thermal generation of aromas*. Parliament TH, McGorrin RJ, Ho CT, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 366-375.
29. Borenstein B, Bunnell RH. 1969. Carotenoids: properties, occurrence and utilization in foods. In *Advanced in food research*.

Academic Press, New York. Vol 15, p 195-276.
30. Cha YJ, Lee GH, Cadwallaser KR. 1997. Aroma-active compounds in salt-fermented anchovy. In *Flavor and lipid chemistry of seafoods*. Shahidi F, Cadwallader KR, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 131-147.
31. Chin HW, Lindsay RC. 1993. Modulation of volatile sulfur compounds in cruciferous vegetables. In *Sulfur compounds in foods*. Mussinan CJ, Keelan ME, eds. American Chemical Society, Washington DC. p 90-104.
32. Forss DA. 1979. Mechanisms of formation of aroma compounds in milk and milk products. *J Dairy Res* 46: 691-706.
33. Jang SM. 1998. Studies on the aroma-active compounds in kimchi during fermentation. *MS Thesis*. Changwon National University, Changwon.

(2002년 5월 31일 접수; 2002년 8월 9일 채택)