

유자 첨가 사료로 사육된 넙치의 휘발성 향미 성분

김홍윤·신태선*
전남대학교 식품·수산생명의학과

Volatile Flavor Compounds of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Fed Diets Supplemented with Yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka)

Heung Yun KIM and Tai-Sun SHIN*

Division of Food Science and Aquaculture Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

Volatile components in Olive Flounder fed diets containing 0, 2.5, 5.0, and 7.5% yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) for 4 months were investigated. Samples were extracted by solid-phase microextraction and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry. Among 89 compounds detected, 82 were positively identified. Volatile compounds of Olive Flounder fed the unsupplemented diet comprised 12 acids, 10 alcohols, eight aldehydes, five aromatic compounds, nine esters, 12 hydrocarbons, four ketones, two monoterpenes, and one miscellaneous compound. Compounds identified in Olive Flounder fed the yuza-supplemented diets consisted of 10 esters, 11 monoterpenes, 13 sesquiterpenes, and two miscellaneous compounds, with the other compounds being the same as in the control. The most abundant class of compounds in flounders fed the yuza-supplemented diet was the monoterpenes, which included limonene, β -terpinene, β -trans-ocimene, and α -terpinolene. Of the 13 sesquiterpenes identified in flounder fed the yuza-supplemented diet, bicyclogermacrene was the major volatile compound followed by allo-aromadendrene, *trans*-caryophyllene, and δ -cadinene. Bicyclogermacrene and germacrene D content increased significantly as the yuza supplementation increased.

Key word: Volatile components, Flavor, Yuza, Olive flounder, Solid-phase microextraction

서 론

최근 환경의 변화에 따라 자연산 어류 자원이 감소하게 됨으로써 식생활에서 양식산 어류가 차지하는 비율은 점점 증대되고 있어 2003년 전체 어업생산량의 33.2%를 천해양식이 차지하던 것에 비하여 2007년에는 전체 생산량의 42.4%가 천해양식에 의한 생산으로 변화되고 있다. 넙치 양식은 1990년 이후부터 보편화 되어 지속적으로 생산량이 증가되어 1993년 4,029 M/T이던 것이 2008년에는 46,426 M/T에 이르러 약 11배 증가를 보였다 (해양수산통계연보, 2008). 2008년 생산량은 전년대비 11.8% 증가했으나 이에 따라 kg당 전년 대비 가격은 21.1% 하락했다.

우리나라 국민의 기호는 양식산 보다는 자연산을 더 선호하는 경향이 있는데 이는 양식산 어류는 자연산 어류에 비해 기름지고 씹는 맛이 적으며 맛이나 향도 떨어진다고 한다. 더불어 생활수준의 향상으로 영양학적으로 우수하고 건강상 위해가 없는 웰빙식품에 관심이 고조되고 있어 양식 중 발생하는 어류의 질병과 항생제의 오·남용에 따르는 안전성이 양식산에 대한 선호도를 감소시킨다. 이에 부응하여 양식 어류의 육질개선이나 안정성 및 기능성을 부여하기 위하여 양식사료 개발에 대한 연구가 꾸준한 집중되고 있다.

양식 어류의 육질 개선을 위한 연구로 한방사료 첨가제인 어보산을 사료에 첨가(Lee, 1998), 고분자 키토산의 사료 첨가(Kim et al., 2005), 고품질 배합사료의 자체 제작(Kim et al., 2007), 등이 이루어졌고 안정성 및 기능성을 부여하기 위한 연구로 생균제 첨가(Jeong et al., 2006), 미역 고추냉이 첨가(Park et al., 2003), 목초액 첨가(Lee et al., 2008) 등의 연구가 진행되었다. 한방사료로 넙치를 사육하여 근육에 대한 관능검사, 물성 및 정미성분 등을 측정된 결과, 우수한 육질 개선 효과를 나타내었다(Lee et al., 1998).

유자는 한국, 일본 및 중국에서 전통적인 약제로 사용되어져 왔으며 다량의 비타민 C를 함유하고 있는 향기로운 과일로서 예로부터 감기예방을 위한 전통차로 이용되고 있다. 최근에 유자 추출물의 생리활성에 대한 평가도 활발하게 진행되고 있는데, 플라보노이드류의 심혈관계 질환 발생을 감소(Calabro et al., 2004; Cha and Cho, 2001)와 항산화능과 항암효과(Yoo and Hwang, 2004; Yoo et al., 2005) 등 많은 연구가 보고되었다. 유자는 고흡, 완도, 장흥 등의 남해안 일대에서 자생되며 수확기가 11월에서 12월로 한정되어 있다. 최근 유자의 건강 기능성이 밝혀지면서 유자 생산량이 증가되고 있어 유자 소비를 활성화하기 위한 다각적인 기술 및 상품이 필요하다.

본 연구는 남해안 유자 소비를 촉진하고 아울러 자연산 넙치뿐만 아니라 타 양식산 넙치에 경쟁력이 있는 기능성

*Corresponding author: shints@chonnam.ac.kr

넙치를 개발하기 위한 일환으로 유자 첨가 사료에 의한 향미 개선 넙치의 제조를 시도하였고, 아울러 이들 넙치의 향미 성분에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

실험어

실험에 이용된 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)는 2007년 11월 고흥군 A 양식장에서 1500마리씩 수용하는 4개 수조를 무작위로 선정하여 4개의 실험구를 설정하고 0, 2.5, 5.0, 7.5% 유자 첨가사료를 각각 투입하면서 4개월 간 사육하였다. 유자 사료는 냉장 저장한 유자 과실 전체를 갈아서 얼려 냉동 보관하였다가 생사료와 함께 비율만큼 혼합하여 moist pellet 제조기 (EX 920, Matador, Denmark)로 압출 성형하여 -25℃ 냉동고에 냉동보관하면서 사용하였다. 이때 실험어의 평균 전장, 체고, 중량은 10마리씩 3번 반복하여 측정하였는데 유자 사료 투입 전 실험어의 이들 값은 각각 27.4±0.9 cm, 10.1±0.3 cm, 242.2±14.2 g이었고, 사료 투입 4개월 후 실험어의 이들 값은 각각 평균 전장, 체고, 중량은 각각 31.7±0.7 cm, 12.8±0.4 cm, 400.0±25.1 g 이었다. 향기성분 시료는 각 수조에서 무작위로 100마리를 추출한 후 양식장으로부터 활어차로 실험실까지 운반하고 이중 크기가 일정 것을 3마리씩 선별하여 사용하였다.

넙치 휘발성분의 포집

넙치의 향기성분 분석하기 전에 적합한 SPME (solid-phase microextraction) resin (Supelco, Bellefonte, PA, USA) 선택을 위한 실험을 하였다. 4종의 SPME resin [polydimethylsiloxane (PDMS)/divinylbenzene (65 μm), polydimethylsiloxane/carboxen (75 μm), polydimethylsiloxane (100 μm), divinylbenzene/carboxen/PDMS (50/30 μm)]를 사용하여 2.5% 첨가구 넙치시료에 대해 분석을 실시하고 가장 많은 휘발성분을 포집하는 divinylbenzene/carboxen/PDMS resin을 선정하여 넙치의 휘발성분 분석용 resin으로 사용하였다. 휘발성분 포집은 넙치의 좌우측 근육을 잘게 다진 후 40 mL vial에 약 1 g을 넣고 -85℃에 동결시킨 후 분석용 시료로 사용하였다. 휘발성분 포집은 동결된 시료에 20초간 helium gas로 vial내의 공기를 치환하고 마개로 밀폐하였다. Heating mantle를 이용하여 시료 vial을 가온하여 60℃에 도달할 때 SPME resin-needle을 vial의 headspace에 30분 동안 노출시켜 휘발성물질을 포집하고 gas chromatography mass spectrometer (GC/MS)의 분석 시료로 사용하였다.

GC/MS 분석방법

휘발성분의 주입은 240℃의 GC/MS (GSMs-QP2010, Shimadzu Co, Ltd. Kyoto, Japan) injection port에서 5분간 탈착하여 휘발성분을 주입하였는데 주입구의 sampling 시간은 1분으로 하였으며 splitless mode를 사용하였다. 휘발성물질의 분리에는 DB-5 capillary column (30 m×0.25 mm i.d.×0.25 μm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)을 이용하였다. 이동상 기체는 helium으로 유속은 0.8 mL/min, linear velocity

는 32.2, column pressure를 31.9 kPa로 설정하고 oven 온도는 35℃에서 5분간 머무른 후, 200℃까지 4.0℃/min로 승온하고 50분간 유지시켰다. MS 분석조건은 capillary direct interface 온도는 200℃, ion source 온도는 200℃, mass range는 40-350 m/z, electron multiplier voltage는 1000 V, MS ionization voltage는 70 eV, 그리고 scan rate는 1/sec로 하였다. 향기성분의 확인은 휘발성분의 지체시간 (retention indices, RI, van den Dool and Kratz, 1963)과 표준물질의 지체시간과 일치하거나 휘발성물질의 mass spectra와 Wiley 8 mass spectral database (Shimadzu Co, Ltd. Kyoto, Japan)의 mass spectra를 비교하여 물질을 확인하였다. RI는 C₆-C₂₄ (n-alkane, Aldrich, Milwaukee, MN, USA)를 이용하여 시료와 동일 조건에서 결정하였다. 모든 시료는 3회 반복하여 휘발성물질을 분석하였다.

통계분석

휘발성물질의 양은 반복 실험한 측정값을 평균치로 나타내었으며, 유의성 검증은 SPSS (statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package (version 17)를 사용하여 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다 (Lee, et al., 1998).

결과 및 고찰

유자를 2.5, 5.0, 7.5% 첨가한 사료로 4개월간 사육한 유자 넙치와 일반 사료로 사육한 일반 넙치의 휘발성 향기성분을 SPME법에 의해 포집하고 gas chromatography로 분리하였으며 (Fig. 1) mass spectrometer로 확인한 결과는 Table 1과 같다. 일반사료로 사육한 대조구에서는 총 62개, 유자넙치에서는 87개, 사료에 첨가한 유자에서는 49개 휘발성분이 확인되었다. 대조구에서 확인된 화합물을 그룹별로 분류하면 acid는 12종, alcohol은 10종, aldehyde는 8종, aromatic 화합물은 5종, ester는 9종, hydrocarbon은 12종, ketone은 4종, monoterpene은 2종, 기타 화합물류는 1종이 검출되었다. 유자넙치에서 확인된 그룹별 화합물을 보면 ester는 10종, monoterpene은 11종, sesquiterpene은 13종, 기타 화합물은 2종 이었으며, 그 외의 다른 그룹 화합물은 대조구와 같았다. 유자의 휘발성화합물 그룹은 acid의 경우 6종, alcohol의 경우 3종, aldehyde의 경우 3종, aromatic 화합물의 경우 4종, ester의 경우 4종, hydrocarbon의 경우 4종, ketone의 경우 3종, monoterpene의 경우 12종, sesquiterpene의 경우 13종으로 50% 이상이 terpene류로 구성되었다.

넙치에서 가장 많이 검출된 화합물 중 하나가 acid류이었으며, 이중 hexadecanoic acid와 tetradecanoic acid가 높은 함량을 보였다. Hexadecanoic acid (marine, fruity note)와 tetradecanoic acid (cheese aroma)는 신선한 언어에서도 휘발성 산으로 검출되었는데 증성지방의 가수분해나 각각의 hexadecanal이나 tetradecanal에서 산화로 생성되었을 것으로 추측된다 (Varlet, 2006). 휘발성 산은 미생물에 의한 발효에 의해서 아미노산으로부터 생성되기도 하지만 (Alasalvar, 2005), 지방의 산화에

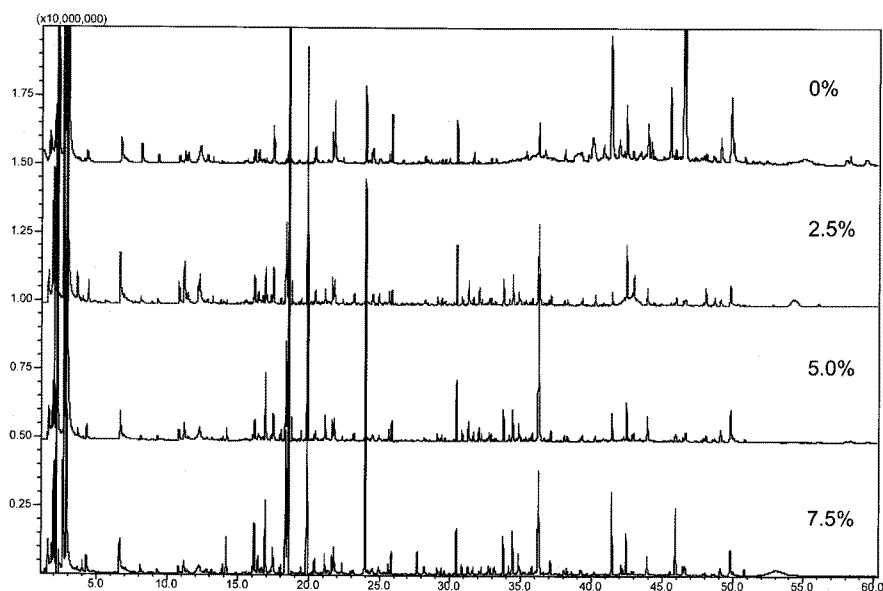


Fig. 1. Typical total ion chromatogram of volatile components in olive flounder fed diets contained 0, 2.5, 5.0, and 7.5% yuza for 4 months using a 30 m DB-5 capillary column.

Table 1. Volatile compounds in olive flounder fed the experimental diets contained 0, 2.5, 5.0, and 7.5% yuza for 4 months¹⁾

Compounds	R _i ²⁾ (DB-5)	Mean area ³⁾				Yuza	Identification ⁴⁾
		0%	2.50%	5.50%	7.50%		
Acids (12)							
Hexanoic acid	985.2	5.5±0.67 ^a	3.29±0.40 ^b	4.95±0.29 ^a	5.14±0.49 ^a	- ⁵⁾	MS, RI
Heptanoic acid	1076.6	5.2±0.47 ^a	3.46±0.40 ^b	0.46±0.06 ^d	2.59±0.24 ^c	-	MS, RI
3,5,5-Trimethylhexanoic acid	1138.0	0.02±0.00 ^c	11.08±1.38 ^a	7.14±0.59 ^b	12.14±1.37 ^a	-	MS
Benzoic acid	1166.6	15.48±1.69 ^a	9.23±0.82 ^b	0.76±0.04 ^c	1.56±0.22 ^c	-	MS, RI
Nonanoic acid	1271.1	12.94±1.86 ^b	16.27±1.50 ^a	7.06±0.59 ^c	6.10±0.65 ^c	1.96±0.17	MS, RI
Decanoic acid	1365.9	16.28±1.63 ^a	13.33±1.68 ^b	8.99±1.40 ^c	13.78±1.30 ^b	4.16±0.47	MS, RI
Dodecanoic acid	1561.4	20.69±1.77 ^a	14.21±1.31 ^b	7.11±0.43 ^d	10.73±1.16 ^c	3.75±0.53	MS, RI
Tetradecanoic acid	1747.6	70.38±7.10 ^a	31.58±3.97 ^b	18.95±1.62 ^c	17.87±1.29 ^c	1.41±0.11	MS, RI
Pentadecanoic acid	1835.3	6.76±0.93 ^a	7.74±0.82 ^a	5.91±0.64 ^a	6.18±0.93 ^a	-	MS, RI
9-Hexadecenoic acid	1922.2	63.66±9.41 ^a	15.10±2.06 ^b	3.89±0.52 ^c	5.25±0.57 ^c	6.51±0.68	MS, RI
Hexadecanoic acid	1947.5	153.36±15.40 ^a	73.06±9.51 ^b	32.99±2.10 ^c	30.10±69.51 ^c	19.24±1.83	MS, RI
Octadecanoic acid	2172.1	32.43±4.18 ^a	3.14±0.43 ^b	0.44±0.02 ^b	2.17±0.30 ^b	-	MS, RI
Alcohols (10)							
1-Penten-3-ol	668.9	4.09±0.53 ^c	18.29±2.35 ^a	13.37±0.87 ^b	2.20±0.30 ^c	-	MS, RI
Pentanol	757.7	6.29±0.80 ^a	2.81±0.36 ^b	1.91±0.26 ^c	5.41±0.59 ^a	-	MS, RI
2-Penten-1-ol	761.0	5.18±0.50 ^a	4.03±0.23 ^b	2.36±0.35 ^c	1.32±0.14 ^d	-	MS, RI
Hexanol	868.5	20.19±1.99 ^b	8.06±1.04 ^b	2.60±0.38 ^c	7.52±1.03 ^b	-	MS, RI
1,5-Octadien-3-ol	974.4	20.76±2.64 ^b	46.72±2.69 ^a	47.43±7.40 ^a	49.82±6.16 ^a	137.22±12.70	MS, RI
1-Octen-3-ol	980.4	21.33±1.92 ^a	19.63±1.56 ^a	19.40±1.68 ^a	14.69±1.63 ^b	-	MS, RI
(E)-2-nonen-1-ol	1126.3	6.99±0.66 ^a	3.52±0.45 ^b	2.42±0.21 ^c	2.93±0.28 ^{bc}	-	MS, RI
Nonanol	1171.9	27.05±2.11 ^a	6.35±0.51 ^c	1.86±0.29 ^d	11.70±1.71 ^b	4.43±0.55	MS, RI
Dodecanol	1487.8	1.32±0.17 ^b	2.71±0.35 ^b	6.66±0.58 ^a	6.77±0.66 ^a	13.69±1.72	MS, LRI
Hexadecanol	1863.3	4.30±0.33 ^b	5.22±0.43 ^{ab}	0.53±0.07 ^c	0.91±0.11 ^{cc}	-	MS, RI

¹⁾ Values with different superscripts in the same row are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

²⁾ RI, retention indices determined on the basis of van den Dool and Kratz (van den Dool and Kratz, 1963) after injection of a n-alkane series (C6-C24) under the same conditions.

³⁾ Values are means (area counts×100,000) of three analyses (n=3) with mean±standard deviation.

⁴⁾ MS, RI was identified with mass spectral data and retention indices (RI) of an authentic compound; MS, LRI was identified with mass spectral data and retention indices of published literatures (MSDC, 1974; Jennings and Shibamoto, 1980; Sadtler Research Laboratories, 1985); MS was identified with only Wiley 8 (399,383 spectrum) mass spectral data.

⁵⁾ not detected.

Table 1. Continued

Compounds	RI ²⁾ (DB-5)	Mean area ³⁾					Identification ⁴⁾
		0%	2.50%	5.50%	7.50%	Yuza	
Aldehydes (8)							
Hexanal	788.6	36.57±4.22 ^a	14.36±1.16 ^b	9.85±1.34 ^c	6.38±0.85 ^c	-	MS, RI
Heptanal	901.7	16.05±1.89 ^a	3.75±0.51 ^b	1.83±0.25 ^c	3.25±0.35 ^{bc}	-	MS, RI
Benzaldehyde	958.6	0.03±0.00 ^c	3.70±0.50 ^a	1.22±0.10 ^b	1.34±0.17 ^b	-	MS, RI
(E,E)-2,4-heptadienal	1010.1	0.17±0.02 ^d	1.72±0.24 ^a	1.44±0.12 ^b	1.12±0.17 ^c	-	MS, RI
Nonanal	1103.6	93.16±13.30 ^a	24.95±3.42 ^b	24.44±3.35 ^b	35.20±3.58 ^b	5.16±0.29	MS, LRI
Decanal	1205.8	64.48±5.06 ^a	27.89±2.34 ^b	27.18±3.74 ^b	25.46±3.14 ^b	20.32±2.62	MS, RI
Undecanal	1310.1	0.22±0.02 ^c	5.09±0.30 ^b	6.47±0.59 ^a	6.08±0.76 ^a	-	MS, RI
Dodecanal	1409.6	6.04±0.63 ^{bc}	6.87±1.07 ^b	13.46±1.89 ^a	4.77±0.56 ^c	3.47±0.27	MS, RI
Aromatics (5)							
Methylbenzene	751.8	25.34±2.41 ^c	14.58±2.29 ^d	36.96±5.22 ^b	60.36±7.54 ^a	1.26±0.16	MS, RI
Ethylbenzene	854.0	15.61±1.61 ^a	4.75±0.74 ^c	9.75±1.39 ^b	15.82±2.27 ^a	22.82±1.83	MS, RI
p-Xylene	863.2	25.81±3.20 ^b	6.50±0.39 ^d	13.41±1.98 ^c	36.57±5.08 ^a	2.34±0.30	MS, RI
Styrene	887.3	27.61±3.26 ^a	2.18±0.30 ^d	3.38±0.46 ^c	12.50±1.81 ^b	-	MS, RI
o-Xylene	890.3	10.89±1.36 ^c	9.83±0.81 ^c	17.80±2.46 ^b	25.84±2.97 ^a	3.42±0.27	MS, RI
Esters (10)							
Ethyl acetate	610.7	387.61±34.61 ^b	89.97±5.46 ^d	220.57±33.53 ^c	655.67±77.61 ^a	77.50±10.61	MS, RI
Methyl octanoate	1118.3	6.32±0.58 ^b	5.88±0.49 ^b	11.44±1.76 ^a	5.45±0.80 ^b	5.75±0.79	MS, RI
2-Ethylhexyl 2-propenoate	1231.5	-	-	-	-	-	-
Methyl decanoate	1329.4	0.01±0.00 ^c	1.02±0.15 ^b	1.18±0.18 ^b	1.59±0.19 ^a	-	MS
2,2-Dimethyl-1-(2-hydroxy	1356.6	0.03±0.00 ^d	0.51±0.03 ^c	1.46±0.22 ^b	3.06±0.45 ^a	-	MS, RI
-1-isopropyl)propyl ester	-	-	45.24±3.87 ^a	11.32±1.67 ^c	32.17±4.81 ^b	7.64±0.64	MS
of isobutanoic acid	-	-	-	-	-	-	-
2,2,4-Trimethyl-3-hydroxy	1377.0	0.01±0.00 ^d	37.40±2.35 ^a	5.36±0.83 ^c	19.27±3.07 ^b	-	MS
pentyl isobutyrate	-	-	-	-	-	-	-
Diethyl phthalate	1597.2	5.49±0.75 ^a	2.53±0.34 ^b	5.03±0.63 ^a	5.57±0.84 ^a	0.78±0.12	MS, LRI
Methyl tetradecanoate	1717.5	0.01±0.00 ^c	2.77±0.17 ^b	3.10±0.38 ^b	9.91±1.59 ^a	-	MS, RI
Methyl hexadecanoate	1935.3	0.32±0.04 ^c	11.37±0.73 ^b	0.09±0.01 ^c	27.45±4.21 ^a	-	MS, RI
Dibutyl phthalate	1954.8	38.05±4.89 ^a	7.35±0.48 ^b	3.67±0.36 ^c	8.38±1.29 ^b	-	MS, LRI
Hydrocabons (13)							
Hexane	600.0	222.91±28.78 ^b	95.04±13.01 ^c	291.61±35.41 ^b	397.29±36.98 ^a	674.67±94.21	MS, RI
2,4-Dimethylhexane	764.2	-	-	-	-	1.38±0.11	MS, LRI
Nonane	900.0	3.10±0.40 ^a	1.01±0.15 ^c	2.88±0.29 ^a	2.12±0.19 ^b	-	MS, RI
Decane	1000.0	3.77±0.21 ^b	1.63±0.25 ^d	2.51±0.36 ^c	6.86±0.77 ^a	-	MS, RI
Undecane	1100.0	51.37±4.08 ^b	183.39±15.87 ^a	25.72±2.44 ^c	36.63±5.71 ^c	-	MS, RI
3-Methylundecane	1170.2	6.39±0.82 ^a	1.36±0.11 ^b	1.29±0.12 ^b	1.36±0.15 ^b	-	MS, RI
Dodecane	1200.0	12.82±1.03 ^b	30.81±4.85 ^a	11.94±1.18 ^c	17.72±2.80 ^b	16.40±1.40	MS, RI
Tridecane	1303.2	5.14±0.66 ^b	5.42±0.47 ^b	8.08±1.22 ^a	8.63±1.00 ^a	-	MS, RI
Tetradecane	1400.0	5.89±0.48 ^b	6.46±0.88 ^{ab}	7.24±1.00 ^{ab}	8.43±0.97 ^a	11.77±1.58	MS, RI
Hexadecane	1600.3	0.06±0.00 ^d	10.63±1.45 ^a	5.12±0.51 ^c	8.71±1.44 ^a	4.35±0.27	MS, RI
Heptadecane	1693.7	14.25±1.95 ^a	4.84±0.66 ^b	5.35±0.78 ^b	5.03±0.83 ^b	-	MS, RI
Pristane	1700.0	75.33±10.34 ^a	45.16±4.03 ^b	33.03±4.28 ^c	48.58±8.32 ^b	-	MS, LRI
Octadecane	1800.0	116.06±16.50 ^a	27.61±2.44 ^b	5.26±0.78 ^c	1.91±0.32 ^c	-	MS, RI
Ketones (4)							
2-Hydroxy-3-butanone	702.1	3.32±0.45 ^b	4.40±0.60 ^a	1.60±0.17 ^c	1.30±0.15 ^c	1.88±0.27	MS, RI
6-Methyl-5-hepten-2-one	987.3	8.31±0.70 ^a	4.81±0.66 ^b	2.21±0.25 ^c	7.90±0.78 ^a	3.19±0.47	MS
2-Nonanone	1091.9	5.10±0.30 ^a	1.98±0.18 ^c	4.07±0.59 ^b	1.92±0.35 ^c	-	MS, RI
2-Undecanone	1297.2	2.12±0.33 ^b	1.17±0.16 ^c	3.87±0.46 ^a	1.16±0.21 ^c	6.04±0.52	MS, RI
Monoterpenes (12)							
α -Pinene	932.1	1.01±0.13 ^c	17.52±2.47 ^b	44.92±5.38 ^a	45.02±6.82 ^a	259.62±22.66	MS, RI
β -Myrcene	991.3	-	36.41±5.19 ^b	74.35±8.57 ^a	90.91±9.05 ^a	209.52±33.01	MS, RI
α -Phellandrene	1007.3	-	5.33±0.78 ^a	11.01±1.22 ^a	15.30±0.91 ^a	119.49±8.74	MS, LRI
(+)-3-Carene	1015.6	-	10.37±1.43 ^b	11.87±1.43 ^{ab}	14.57±1.76 ^a	205.40±21.64	MS, RI
p-Cymene	1024.0	1.23±0.47 ^d	3.93±0.54 ^c	8.89±1.11 ^b	12.11±1.21 ^a	37.363±5.98	MS, RI
β -Phellandrene	1045.7	-	23.79±3.61 ^b	22.51±2.68 ^b	62.83±7.64 ^a	108.71±14.92	MS, LRI
Limonene	1048.8	-	1390.45±214.38 ^a	1337.84±165.63 ^a	1592.97±300.49 ^a	17608.08±1572.22	MS, RI
β -trans-Ocimene	1058.8	-	203.65±31.67 ^c	282.76±36.49 ^b	497.37±50.31 ^a	8195.13±693.12	MS, RI
β -Terpinene	1064.7	-	214.87±40.35 ^a	256.36±45.53 ^a	368.61±45.76 ^a	6768.61±929.46	MS, LRI
α -Terpinolene	1067.8	-	166.18±24.58 ^b	195.66±34.91 ^{ab}	339.05±34.85 ^a	1415.57±195.18	MS, RI
Linalool	1112.4	-	-	-	-	1108.41±153.87	MS, RI
Limonene oxide	1133.7	-	2.58±0.40 ^b	3.69±0.48 ^a	1.56±0.26 ^c	58.91±6.89	MS, LRI

Table 1. Continued

Compounds	RI ²⁾ (DB-5)	Mean area ³⁾					Identification ⁴⁾
		0%	2.50%	5.50%	7.50%	Yuza	
Sesquiterpene (13)							
δ -Elemene	1343.7	-	6.83±0.85 ^b	12.96±2.35 ^a	14.54±1.50 ^a	18.36±2.58	MS, RI
α -Copaene	1381.8	-	3.99±0.49 ^b	10.13±1.84 ^a	9.97±1.04 ^a	12.53±1.76	MS, RI
(-)- β -Elemene	1396.5	-	5.68±0.73 ^b	13.75±2.53 ^a	13.56±1.42 ^a	11.58±1.65	MS, LRI
trans-Caryophyllene	1427.3	-	19.91±1.97 ^b	35.44±6.71 ^a	45.50±7.90 ^a	49.24±7.28	MS, LRI
Aromadendrene	1439.7	-	5.77±0.70 ^b	10.68±1.92 ^a	7.98±1.47 ^{ab}	16.56±2.28	MS, LRI
allo-Aromadendrene	1447.6	-	21.13±2.13 ^b	31.46±5.68 ^{ab}	45.44±8.43 ^a	107.79±14.94	MS, RI
α -Humulene	1460.4	-	4.36±0.44 ^b	19.03±3.69 ^a	24.10±4.63 ^a	50.23±7.63	MS, RI
β -Farnesene	1462.8	-	2.97±0.43 ^b	2.90±0.57 ^b	11.06±1.40 ^a	38.88±5.99	MS, RI
α -Amorphene	1485.3	-	3.71±0.35 ^b	5.04±0.99 ^{ab}	6.53±0.83 ^a	12.73±1.97	MS, RI
Germacrene D	1490.7	-	2.64±0.25 ^c	7.41±1.47 ^b	12.87±2.50 ^a	81.89±12.78	MS, RI
Bicyclogermacrene	1504.5	-	19.73±1.28 ^c	40.45±3.69 ^b	64.29±5.92 ^a	243.73±67.28	MS, LRI
δ -Cadinene	1531.1	-	10.77±1.63 ^b	10.12±2.01 ^b	17.06±2.99 ^a	27.68±4.32	MS, LRI
Germacrene B	1567.1	-	4.50±0.62 ^b	6.50±1.09 ^{ab}	8.26±1.45 ^a	16.09±2.02	MS, LRI
Miscellaneous (2)							
Dibutyramide	1307.6	8.13±1.11 ^a	3.78±0.38 ^b	0.91±0.15 ^c	0.40±0.07 ^c	-	MS
9-Octadecenamide	2144.2	-	4.46±0.65 ^a	0.05±0.00 ^c	1.73±0.22 ^b	-	MS

의해서 생성되기도 한다 (Baixas-Nogeras, 2001). 일반적으로 대조구가 유자 첨가구보다 acid 함량이 높았으나 유자 첨가구에서는 첨가량이 증가할수록 acid의 함량이 낮아지거나 비슷한 경향을 나타내어 유자 첨가량의 증가는 녀치의 휘발성산에 미치는 영향은 미미한 것으로 사료된다.

녀치육에서 10개의 alcohol이 확인되었는데 이중 대조구 녀치에서 hexanol, 1,5-octadien-3-ol, 1-octen-3-ol, nonanol의 함량이 다른 alcohol류에 비해 높았으나 유자 첨가구에서는 1,5-octadien-3-ol과 1-octen-3-ol만 높게 나타났으며 또한 대조구보다 높은 함량을 보였다. 사료 유자에 특히 1,5-octadien-3-ol의 높은 함량을 보여 유자 첨가구에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 1,5-octadien-3-ol은 발트해 청어에서 검출되었는데 (Aro et al., 2002), 이는 지방산화효소에 의해 eicosapentaenoic acid로부터 형성된다고 하였다 (Hsieh and Kinsella, 1986). 굴에서 버섯향이 확인되었는데 이는 지방산의 산화에 의해서 생성된 (E,Z)-1,5-octadien-3-ol에 기인한다고 하였다 (Pieveau et al., 2000). 녀치 사료에 첨가하는 유자 첨가량이 증가할수록 1-Penten-3-ol과 2-penten-1-ol은 유의적으로 감소하였다. 특히 1-penten-3-ol은 미생물에 의한 부패에 의해 생성되거나 산화에 의해서 생성되기도 하는데 많은 수산식품에서 검출되고 향미에 영향을 준다 (Nakamura et al., 1980; Alasalvar et al., 2005). 대조구와 유자 첨가구에서 1-Octen-3-ol은 다른 alcohol류에 비해 함량이 많았다. 1-octen-3-ol은 linoleic acid 과산화물의 분해산물로 조개류 (Spurvey et al., 1988)와, 조리한 악어고기 (Baek and Cadwallader, 1997)의 주요 향기성분으로 보고되었다.

녀치의 휘발성 aldehyde 성분으로 nonanal, decanal, hexanal의 순으로 많이 검출되었는데 유자 첨가구에서는 유자 첨가에 따른 증가나 감소의 경향을 나타내지 않았으나, nonanal과 decanal은 유자 첨가구간에 유의적으로 같은 양을 나타내었다. Hexanal, nonanal, decanal은 신선한 연어, 대구, 고등어를

dynamic headspace sampling법을 포함하여 휘발성 물질을 분석한 연구 (Refsgaard et al., 1999)에서 다른 aldehyde류 보다 높게 나타났고 (E,E)-2,4-heptadienal은 상대적으로 낮은 함량을 보였는데 이는 본 실험의 결과와 유사하였다. 지방산의 산화에 의해 생성되며 어류의 산패냄새에 영향을 주는 aldehyde류로 hexanal, 2,7-heptadienal, 2,4,7-decadienal 화합물 등이 있다 (Hardy et al., 1979). 대구 fillet을 0.5°C에서 12일간 저장하는 동안 hexanal, nonanal, decanal 등은 일정하게 유지되다가 저장기간 말기에는 이들의 물질이 증가하여, 이들의 물질을 대구 fillet의 부패지표 물질로 사용할 수 있다고 하였다 (Olafsdottir et al., 2005). Benzaldehyde는 녀치에서 적은 양이 검출되었는데, 발효 fish sauce (McIver et al., 1982), 송어 (Josephson et al., 1983), 가공 멸치 (Triquit and Reineccius, 1995) 등에서 검출되었다. 이 성분은 아미노산의 분해에 의해 생성될 수 있는데 (Thierry et al., 1999), 알몬든 향, 과일향 (Varlet et al., 2006)을 갖는다. 대부분의 aldehyde류는 역치가 낮아 적은 양을 함유할지라도 식품의 향기에 크게 영향을 준다.

Benzene구조를 갖는 휘발성분으로 5개가 확인되었는데 모두 유자 첨가량이 증가 할수록 유자 녀치에서 유의적으로 함량이 증가하였다 ($P < 0.05$). Methylbenzene을 함유하는 수산식품이 많이 보고되어 있지 않으나 훈연 연어 (Jørgensen et al., 2001)와 바다게 (Chung and Cadwallader, 1993)에서 검출되었다. Ethylbenzene, p-xylene, o-xylene 등은 다당류의 분해에 의해 생성된다는 보고 (Fagerson, 1969)가 있으며 바다게 (Chung and Cadwallader, 1993)에서 이들의 물질이 확인되었다. Styrene은 다양한 식품에서 검출되고 있는데 녀치에서도 검출이 되었으며 유자 첨가량이 증가 할수록 증가하는 경향을 보였는데 유자에서는 이 성분이 검출되지 않았다. Styrene은 kerosene-like의 향기 특징을 갖으며 surimi를 기초로 하는 식품에서 불쾌취를 뱀다는 보고도 있다 (Koide et al., 1992).

넙치에서 ester화합물은 10개가 검출되었는데 이중 3개는 MS library spectra에 의해 잠정적으로 동정되었다. 대조구에 서는 ethyl acetate와 dibutyl phthalate가 주요 성분이었고 유자 넙치에서는 ethyl acetate, 2,2-Dimethyl-1-(2-hydroxy-1-isopropyl) propyl ester of isobutanoic acid, 2,2,4-Trimethyl-3-hydroxypentyl isobutyrate, dibutyl phthalate가 주요 성분으로 대부분의 다른 화합물들은 낮은 함량을 보였다. Ethyl acetate와 methyl decanoate는 유자 첨가량이 증가할수록 증가하는 화합물이었으며 다른 성분들은 증감의 경향을 보이지 않았다. 사료 유자에도 ethyl acetate가 함유되어 있어 유자 넙치에 ethyl acetate의 증가에 기여할 것으로 예상되나 첨가량의 증가에 비해 훨씬 많은 양이 증가되어 다른 요인이 기인되는 것으로 판단된다. Ester류는 수산식품의 부패초기에 달콤하고 상한 과일 냄새를 생성하는 성분으로 보고되었다 (Miller et al., 1973). Dibutyl phthalate는 유자 첨가구에서 대조구보다 적게 함유하고 있었으며 이는 꽃게육에서도 검출되었다 (Chung, 1999). 이 화합물은 냄새가 없으며 쓴맛 내지는 불쾌한 맛을 낸다고 하였다 (Budavari, 1996).

넙치에서 hexane, undecane, octadecane이 다른 hydrocarbon에 비해 많이 검출되었으며 유자 첨가에 따른 일정한 변화 경향은 보이지 않았다. Hexane의 검출은 실험실 환경 오염이나 용기의 오염으로 판단되어 진다. Hydrocarbon은 수산식품에서 흔히 발견되지 않지만 발트해 청어에서 총 휘발성분에 30%가 heptadecane으로 검출되었다고 하였으며 (Aro et al., 2002) 신선한 송어와 산화된 송어에서도 n-alkane (C₆-C₁₇) 확인되었다 (Josephson et al., 1983). Tridecane과 tetradecane은 일부 해조류에 많이 함유하고 있는 carotenoid의 분해에 의해 생성된다 (Piveteau et al., 2000). Hydrocarbon은 많은 양이 함유되어 있을지라도 향미에 대한 영향은 미미하다고 알려져 있다 (Hsieh et al., 1989).

Ketone류는 4개가 확인되었으며 함량도 다른 화학종에 비하여 낮게 나타났으며 첨가구 간에도 변화가 일정치 않았다. 6-methyl-5-hepten-2-one 많이 함유된 화합물로 향기의 특성은 fruity, apple, musty으로 알려져 있다 (Mosciano, 2000). 6-Methyl-5-hepten-2-one와 2-undecanone은 carotenoid의 분해에 의해 생성되는 물질로 알려져 있어 (Piveteau et al., 2000) 넙치 사료의 조성에 의해 영향을 받을 것으로 판단되나 유자 첨가량에 따른 이들의 변화는 관찰되지 않았다.

어류에서 보고된 monoterpene은 청어 (Aro, et al., 2003), 감성돔 (Alasalvar et al., 2005), 성게 (Rodriguez-Bernaldo De Quirós, 2001), 연어 (Varlet et al., 2006) 등에서 limonene이 검출되었으며 감성돔 (Alasalvar et al., 2005)에서 3-carene이 검출되었다. 또한 패류에서 α -pinene, sabinene, limonene, *p*-cymene, and camphor (Vejaphan, 1988; Tanchotidul and Hsieh, 1991) 등이 확인되었다. 본 연구의 대조구 넙치에서 α -pinene과 *p*-cymene만이 낮은 함량으로 검출되었다. 유자 넙치에서는 11종의 monoterpene류가 상당량 검출되는데 사료에 첨가된 유자가 함유하고 있는 량과 높은 상관성이 있었다.

이 중에서 limonene, β -terpinene, β -trans-ocimene, α -terpinolene 순으로 많은 양이 확인되었다. Linalool은 유자에서 많은 양이 검출되었지만 유자 넙치에서는 검출되지 않아 넙치 순환기관 내에서 분해되는 것으로 추정된다. 대부분의 화합물들이 유자 첨가량이 높을수록 수치상으로 증가하는 경향을 보이고 있으나 *o*-cymene과 β -trans-ocimene을 제외하고는 유의적으로 증가하지 않았다 ($p > 0.05$). 어류에서 검출되는 terpene류는 먹이 사슬을 통한 해조류 또는 식물성 사료 등에 기인되는 것으로 보고되고 있다 (Tanchotidul and Hsieh, 1991, Varlet, 2006). Alasalvar et al. (2005)는 자연산 돔이 양식산 돔보다 많은 terpene을 함유하고 있다고 보고했으며 Baek and Cadwallader (1997)은 양식악어가 야생악어보다 limonene과 α -terpineol을 함유하고 있다고 보고 했는데 이는 먹이의 영향으로 판단했다. Monoterpene류의 향의 특성을 보면 α -pinene은 woody, minty, pincy, α -phellandrene은 minty, herbaceous, citrus, *p*-cymene은 citrus, woody, lemon, β -trans-ocimene은 sweet citrus, orange, terpinene은 herbaceous oily woody, sweet 등으로 알려져 있다 (Mosciano, 2000; Mosciano et al., 1993). 본 논문에서 유자넙치에 대한 관능검사 자료는 수록되지 않았지만 유자넙치의 횡감 용도로서 관능검사 결과에 따르면 7.5%는 유자향이 강하여 횡감으로 부적당한 것으로 나타났으나 2.5%는 약간의 감귤향을 나타냈고 5.0%는 2.5%보다 감귤향이 지속적으로 나타나 2.5%가 선호도가 높았다.

대조구 넙치에서는 sesquiterpene류는 검출되지 않는데 어류에서 sesquiterpene류의 검출에 대한 보고는 많지 않으며, 훈연 연어에서 aromadendrene이 미량 검출되었다는 보고가 있다 (Varlet et al., 2006). 유자 넙치에서는 사료 유자에 많이 함유하고 있는 aromadendrene, bicyclogermacrene, ranscaryophyllene, δ -cadinene의 함량이 높게 나타났다. Germacrene D와 bicyclogermacrene은 유자 첨가량이 증가함에 따라 유자넙치에 이들의 함유량이 증가함을 보였으며 ($P < 0.05$), 그 외에 다른 성분들은 대체로 5.0와 7.5%가 2.5%보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. Sesquiterpene류의 주요 향기 특성을 보면 caryophyllene은 woody, spicy, humulene은 sweet, fruity, farnesene은 woody, green 등으로 보고되어 있다 (Flavors and Fragrances, 1996). 유자넙치에서 Sesquiterpene류의 휘발성분은 monoterpene류와 비교할 때 화합물의 수는 비슷하지만 함량은 낮으며 일반적으로 역치가 높아 monoterpene류에 비해 유자넙치의 향미에 미치는 영향은 낮을 것으로 생각된다.

사 사

이 연구는 전남 고흥군의 “기능성 물질이용 양식어류 상품 개발 연구” 사업에 의해 수행한 결과로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Alasalvar, C., K.D.A. Taylor and F. Shahidi. 2005. Comparison of volatiles of cultured and wild sea

- bream (*Sparus aurata*) during storage in ice by dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2612-2622.
- Aro, T., R. Tahvonen, L. Koskinen and H. Kallio, 2003. Volatile compounds of Baltic herring analysed by dynamic headspace sampling-gas chromatography-mass spectrometry. *Eur. Food Res. Technol.*, 216, 483-488.
- Baek, H. H. and K.R. Cadwallader. 1997. Aroma volatiles in cooked alligator meat. *J. Food Sci.*, 62, 321-325.
- Baixas-Nogueras, S., S. Bover-Cid, M.C. Vidal-Carou, M.T. Veciana-Nogue's and A. Marine-Font. 2001. Trimethylamine and total volatile basic nitrogen determination by flow injection/gas diffusion in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*). *J. Agric. Food Chem.*, 49, 1681-1686.
- Budavari, S. 1996. The Merck Index, 12th ed. Merck & Co., Rahway, NJ,
- Calabro, M.L., V. Galtieri, P. Cutroneo, S. Tommasini, P. Ficarra and R. Ficarra 2004. Study of the extraction procedure by experimental design and validation of a LC method for determination of flavonoids in Citrus bergamia juice. *J. Pharmacol. Biomedical Analysis*, 35, 349-363.
- Cha, J.Y. and Y.S. Cho. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 44, 122-128.
- Chung, H.Y. 1999. Volatile components in crabmeats of *Charybdis feriatus*. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 2280-2287.
- Chung, H.Y. and K.R. Cadwallader. 1993. Volatile components in blue crab (*Callinectes sapidus*) meat and processing by-product. *J. Food Sci.*, 58, 1203-1207.
- Fagerson, I.S. 1969. Thermal degradation of carbohydrates. *J. Agric. Food Chem.*, 17, 747-750.
- Flavors and Fragrances. 1996. International ed., Aldrich Chemical Co., Milwaukee, WI, 144.
- Hardy, R., A.S. McGill and F.D. Gunstone. 1979. Lipid and autoxidative changes in cold stored cod (*Gadus morhua*). *J. Sci. Food Agric.*, 30, 999-1006.
- Hsieh, R. and J. Kinsella. 1989. Lipoxigenase generation of specific volatile flavor carbonyl compounds in fish tissues. *J. Agric. Food Chem.* 37, 279-286.
- Hsieh, T., S. Williams, W. Vejaphan and S. Meyers, 1989. Characterization of volatile components of menhaden fish (*BreVoortia tyrannus*) oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 66, 114-117.
- Jennings, W. and T. Shibamoto, 1980. Qualitative analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography. Academic Press, New York, USA, 30-84pp.
- Jørgensen, L.V., H.H. Huss and P. Dalgaard. 2001. Significance of volatile compounds produced by spoilage bacteria in vacuum-packed cold-smoked salmon (*Salmo salar*) analyzed by GC-MS and multivariate regression. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2376-2381.
- Josephson, D.B., R.C. Lindsay and D.A. Stuiber. 1983. Identification of compounds characterizing the aroma of fresh whitefish (*Coregon uschupeaformis*). *J. Agric. Food Chem.*, 31, 326-330.
- Kim, C.T., B.C. Kang, H.K. Jee, A.J. Choi, C.J. Kim, Y.J. Cho, H.G. Hahn and K.D. Nam. 2005. Effect of chitosan-based feed additive on the growth and quality of cultured Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Chitin Chitosan*, 10, 121-127.
- Kim, K.W., Y.J. Kang, K.D. Kim, S.M. Choi, J.Y. Lee, H.M. Lee and S.C. Bai. 2007. Long-term evaluation of muscle quality of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed with extruded pellet. *J. Aquacult.*, 20, 51-55.
- Koide, K., I. Yanagisawa, A. Ozawa, M. Satake and T. Fujita. 1992. Studies on the kerosene-like off-flavour producing yeast in surimi-based products. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 58, 1925-1930.
- Lee, K.H., H.C. Park and E.S. Her. 1998. Statistics and Data Analysis Method. Hyoil Press. Seoul. Korea. 253-296.
- Lee, K.H., Y.S. Lee, I.H. Kim and D.S. Kim, 1998. Utilization of obosan (dietary herbs) II. Muscle quality of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed with diet containing obosan. *J. Aquacult.*, 11, 319-325.
- McIver, R.C., I.R. Brooks and G.A. Reineccius. 1982. Flavor of fermented fish sauce. *J. Agric. Food Chem.*, 30, 1017-1020.
- Miller, A., R.A. Scanlan, J.S. Lee and L.M. Libbey. 1973. Identification of the volatile compounds produced in sterile fish muscle (*Sebastes melanops*) by *Pseudomonas fragi*. *Appl. Microbiol.*, 25, 952-955.
- Mosciano, G. 2000. Organoleptic characteristics of flavor materials. *Perfum. Flavor*, 25, 25-31.
- Mosciano, G., M. Fasano, J. Cassidy, K. Connelly, P. Mazeiko, A. Montenegro, J. Michalski and S. Sadural. 1993. Organoleptic characteristics of flavor materials. *Perfum. Flavor*, 18, 43-45.
- MSDC. Eight Peak Index of Mass Spectra. 1974. 2nd

- ed. Mass Spectrometry Data Center, AWRZ, Aldermaston, Reading, UK. 101-205 pp.
- Nakamura, K., H. Iida and T. Tokunaga, 1980. Separation and identification of odor in oxidized sardine oil. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, 46, 355-360.
- Olafsdottir, G., R. Jonsdottir, H.L. Lauzon, J. Luten and K. Kristbergsson. 2005. Characterization of volatile compounds in chilled cod (*Gadus morhua*) fillets by gas chromatography and detection of quality indicators by an electronic nose. J. Agric. Food Chem., 53, 10140-10147.
- Piveteau, F., S. Le Guen, G. Gandemer, J.-P. Baud, C. Prost and M. Demaimay. 2000. Aroma of fresh oysters *Crassostrea gigas*: composition and aroma notes. J. Agric. Food Chem., 48, 4851-4857.
- Rodriguez-Bernaldo De Quirós, A., J. López-Hernández, M.J. González-Castro, C. de la Cruz-García and J. Simal-Lozano. 2001. Comparison of volatile components in fresh and canned sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck) gonads by GC-MS using dynamic headspace sampling and microwave desorption. Eur. Food Res. Technol., 212, 643-647.
- Sadtler Research Laboratories. 1985. The Sadtler Standard Gas Chromatography Retention Index Library, Vol. 1-4, Division of Bio-Rad Laboratories, Inc. Philadelphia, PA, USA. 30-350 pp.
- Spurvey, S., B.S. Pan and F. Shahidi. 1988. Flavour of shellfish. In: Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods, 2nd ed., Shahidi, F., ed. Blackie Academic & Professional, London, United Kingdom, pp. 159-196.
- Tanchotikul, U. and T. Hsieh. 1991. Analysis of volatile flavor components in steamed rangia clam by dynamic headspace sampling and simultaneous distillation and extraction. J. Food Sci., 56, 327-331.
- Thierry, A., M.B. Maillard and J.L. Le Quere. 1999. Dynamic headspace analysis of emmental aqueous phase as a method to quantify changes in volatile flavour compounds during ripening. Int. Dairy J., 453-463.
- Triquit, R. and G.A. Reineccius. 1995. Changes in flavor profiles with ripening of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). J. Agric. Food Chem., 43, 1883-1889.
- van den Dool, H. and P.D. Kratz. 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas liquid partition chromatography. J. Chromatogr., 11, 463-471.
- Varlet, V., C. Knockaert and T. Scrot. 2006. Comparison of odor-active volatile compounds of fresh and smoked salmon. J. Agric. Food Chem., 54, 3391-3401.
- Vejaphan, W., T. Hsieh and S.S. Williams. 1988. Volatile flavor components from boiled crayfish (*Procambarus clarkii*) tail meat. J. Food Sci., 53, 1666-1670.
- Yoo, K.M. and I.K. Hwang. 2004. In vitro effect of Yuza (*Citrus Junos* SIEB ex TANAKA) extracts on proliferation of human prostate cancer cells and antioxidant activity. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 339-344.
- Yoo, K.M., J.B. Park, K.S. Seong, D.Y. Kim and I.K. Hwang. 2005. Antioxidant activities and anticancer effects of Yuza (*Citrus junos*). Food Sci. Industry, 38, 72-77.

2009년 4월 10일 접수

2009년 4월 19일 수정

2009년 6월 8일 수리