

시판 밴댕이젓의 Aroma-Active 성분의 구명

차용준[†] · 김 훈 · 장성민 · 유영재*

창원대학교 식품영양학과

*창원대학교 화학과

Identification of Aroma-Active Components in Salt-Fermented Big-Eyed Herring on the Market

Yong-Jun Cha[†], Hun Kim, Sung-Min Jang and Young-Jae Yoo*

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

*Dept. of Chemistry, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

Abstract

Volatile flavor compounds in salt-fermented big-eyed herring were analyzed by vacuum simultaneous distillation-solvent extraction/gas chromatography/mass spectrometry/olfactometry and aroma extract dilution analysis. A total of 44 volatile compounds were detected by GC/O analysis. Of these, 23 were positively identified, and composed of aldehydes(7), esters(5), ketones(4), sulfur-containing compounds(3), aromatic hydrocarbons(2), alcohol(1) and nitrogen-containing compound(1). Predominant odorants ($\text{Log}_3\text{FD} \geq 5$) in sample were ethyl butanoate(bubble gum-/sweet candy-like), 3-methylbutyl butanoate(almond-/nutty), 1-octen-3-one(earthy/mushroom-like), (E,E)-2,6-nonadienal(roasted wheat/grainy), dimethyl trisulfide(soy sauce-/cooked cabbage-like), 2-acetylpyrazine(nutty/baked potato-like) and unidentified compound(RI=1867, seaweed-like).

Key words: aroma-active components, volatile compounds, big-eyed herring, fermented fish

서 론

우리나라의 전통적인 수산발효식품인 젓갈의 생산량은 1970년대 이후부터 현재에 이르기까지 증감이 없이 일정 수준에 머물고 있다(1). 여러 가지 원인이 있겠지만 근본적인 이유는 젓갈 제조업체의 영세성과 함께 기존 젓갈이 천연조미료를 선호하는 현대인의 기호에 부응하도록 개량되지 못한 점으로 볼 수 있다. 이에 관능적 평가에 의한 젓갈의 품질개선 작업이 선행되어야 할 것이며, 특히 향기성분에 관한 연구는 필수적이라 생각된다.

근래에 들어 젓갈의 향기성분에 관한 연구가 많이 보고되고 있다(2-5). 그러나 대부분의 연구가 GC/MSD에 의한 향기성분 분석에만 그쳐 실제 젓갈의 관능적 냄새 결과와는 상당한 차이가 있어 산업적 적용성이 매우 낮았다. 따라서 보다 더 체계적인 방법에 의해 젓갈의 냄새를 평가하는 것이 젓갈의 품질개선에 더욱 바람

직한 지표가 될 것으로 생각된다.

본 실험에서는 aroma extract dilution analysis(AE-DA) 및 GC/olfactometry(GC/O) 방법을 적용하여 시판 밴댕이젓의 실제 지배적인 냄새성분을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 밴댕이젓은 부산 자갈치시장에서 시판되는 것을 구입하여 두겹의 폴리에틸렌 필름백(두께 0.03mm)에 넣고 아이스박스(4~5°C)에 담아 실험실로 운반하였다. 그리고 시료의 균일성을 유지하기 위해 Waring blender(Waring Product Co., USA)로 60초간 균질화시킨후 두겹의 폴리에틸렌 필름백(두께 0.03mm)에 넣고 -20°C 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 모든 휘발성 표준품은 Aldrich사(USA)

[†]To whom all correspondence should be addressed

의 특급품을 사용하였다.

Flavor 성분의 추출 및 방법

Chung과 Cadwallader의 방법(6)에 따라 vacuum SDE (V-SDE) 장치를 이용하였다. 균질화된 시료(700g)와 냄새를 미리 제거한 증류수(1.5L), 그리고 내부 표준물질로서 2,4,6-trimethylpyridine(TMP, Aldrich Chemical Co., USA) 2ml(90.8µg)를 함께 시료용기(5L 용량)에 넣고, 추출용매로는 200ml의 재증류한 methylenechloride를 사용하여 2시간(540-580torr, 45~60°C) 동안 추출하였다. 그외의 추출방법은 Cha 등(7)의 방법에 따랐으며 최종적으로 1ml까지 재농축하여 분석용 시료로 하였다. 휘발성 성분의 추출은 두번 반복 수행되었다.

GC/Mass spectrometry(GC/MS)분석

Cha 등(7)의 방법에 따라 얻어진 V-SDE 추출액 0.6µl를 HP 5890 Series II GC/HP 5972 mass selective detector(MSD)(Hewlett-Packard Co., USA)에 주입하여 splitless mode(valve delay 30sec)로 분석하였다. Column은 fused silica open tubular(FSOT) Supelcowax 10 capillary column(60m length×0.25mm i.d.×0.25µm film thickness, Supelco Inc., USA)을 사용하였고, 운반기체인 He의 선상속도는 26cm/sec였다. 오븐온도 및 MSD조건은 Cha와 Cadwallader의 방법(8)에 따랐다. 그리고 각 휘발성 물질의 추출액은 두번씩 반복 실험을 수행하였다.

Aroma Extract Dilution Analysis(AEDA) 및 GC/Olfactometry(GC/O) 분석

V-SDE법으로 얻은 휘발성 물질 추출액을 methylenechloride를 이용하여 1:3의 비율로 단계별로 희석(Flavor Dilution; FD)을 하였으며 희석비는 Log_3FD 로 표시하였다. 희석은 FD=8까지 행하였고 각 단계의 휘발성 물질 희석액을 GC/O 분석하였다. GC/O분석은 Varian series 3300 GC(Varian Instrument Group, USA)를 이용하였다. 검출기로는 FID를 사용하였고 sniffing port를 column에 부착하였다. 즉 Chung과 Cadwallader의 방법(6)에 따라 시료 1µl를 DB-WAX capillary column(30m length×0.32mm i.d.×0.25µm film thickness, J&W Scientific Inc., USA)에 주입하면 column 끝부분에서 1:1 비율로 split되어 각각 FID 및 sniffing port로 가도록 장치하여 화합물 검출과 sniffing을 동시에 수행하도록 하였다. Column의 조건은 40°C에서 5분간 머문후 200°C까지 6°C/min의 속도로 승온한 다음 30분간

머물도록 조정하였다. Injector와 FID의 온도는 각각 200°C와 250°C로, 그리고 sniffing port 및 transfer line은 200°C로 유지하였다. GC/O분석은 표준물질을 가지고 냄새묘사 및 강도 표현에 전문적으로 훈련된 관능요원 3명으로 구성하여 수행하였으며 검출된 각 화합물에 대한 냄새 표현방법은 객관적이면서도 자유로운 용어를 표현하도록 하였다.

화합물의 동정, 정량분석 및 odor value 계산

GC/O분석과 AEDA에서 최종적으로 검출된 휘발성 물질은 GC/MSD상에서 표준품과의 retention indices (RI)(9)와 냄새 profile을 상호 비교하든가 또는 standard MS library data(10)에 의하여 동정하였다. 동정된 휘발성 화합물의 정량적 분석은 total ion chromatogram에서 나타난 TMP에 대한 각 화합물의 상대적 함량(factor=1)으로 계산하였으며 co-eluting된 화합물의 피크는 Hites와 Biemann의 방법(11)에 따라 오차를 최대한 줄였다. Odor value는 각 화합물의 역치(threshold)를 이용하여 계산하였다(12).

결과 및 고찰

지배적인 냄새성분

시판 밴딩이것을 GC/O로 분석한 결과 총 44종의 화합물이 검출되었고, 이중 28종이 MS, RI 및 표준품과의 냄새확인에 의하여 동정되었다(Table 1). 그리고 AEDA에 검출된 flavor dilution(FD) chromatogram은 Fig. 1에 나타내었다. 이중 FD 7 이상에서 검출된 화합물은 4종으로서 풍선껌 및 달콤한 캔디향을 가지는 ethyl butanoate(No.4), 알몬드 및 고소한 향을 가지는 3-methylbutyl butanoate(No.14), 흙 냄새 및 버섯향을 가지는 1-octen-3-one(No.15) 및 묽은 밀과 곡물향을 가지는 (E,E)-2,6-nonadienal(No.27)이었다. Cha 등(13)은 ester화합물이 멀치것의 향기성분에 지배적으로 작용한다고 하였는데, 본 실험의 경우 동정된 ethyl butanoate와 3-methylbutyl butanoate를 제외한 나머지 isopropyl butanoate(No.5)와 ethyl pentanoate(No.9) 등은 상대적으로 낮은 FD값(<2)을 나타내었다.

함황화합물로는 상한 양파 냄새와 신 냄새를 가지는 dimethyl disulfide(No.7), 마늘 또는 황 냄새를 가지는 allyl sulfide(No.8), 실과나 양파향을 가지는 methyl thiobutanoate(No.11), 콩간장 또는 삶은 양배추향을 가지는 dimethyl trisulfide(No.17) 및 양념류나 묽은 마늘향의 dimethyl tetrasulfide(No.34) 5종이 동정되었다. 이중 dimethyl trisulfide만이 FD=6까지 검출되었으며,

Table 1. Aroma-active compounds in salt-fermented big-eyed herring on the market

| Peak No. ¹⁾ | Compound | Methods of identification | RI ²⁾ | Odor description ³⁾ |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|
| 1 | 2-Methylbutanal | MS, RI, odor | 937 | dark chocolate |
| 2 | 3-Methylbutanal | MS, RI, odor | 938 | dark chocolate |
| 3 | 2,3-Butanedione | MS, RI, odor | 976 | sour, buttery |
| 4 | Ethyl butanoate | MS, RI, odor | 1031 | bubble gum, sweet candy |
| 5 | Isopropyl butanoate | MS, RI, odor | 1036 | floral, sweet candy |
| 6 | Unknown | | 1063 | floral |
| 7 | Dimethyl disulfide | MS, RI, odor | 1064 | rotten onion, sour |
| 8 | Allyl sulfide | MS | 1111 | sulfurous, garlic |
| 9 | Ethyl pentanoate | MS, RI, odor | 1129 | floral, sweet candy |
| 10 | Heptanal | MS, RI, odor | 1177 | chocolate, spicy |
| 11 | Methyl thiobutanoate | MS | 1182 | onion, green onion |
| 12 | 2-Heptanone | MS, RI, odor | 1188 | fatty, green, fishy |
| 13 | (Z)-4-Heptenal | MS, RI, odor | 1235 | fishy, rancid |
| 14 | 3-Methylbutyl butanoate | MS | 1275 | almond, nutty |
| 15 | 1-Octen-3-one | MS, RI, odor | 1277 | earthy, mushroom |
| 16 | 2-Acetyl-1-pyrroline | RI, odor | 1354 | nutty, popcorn |
| 17 | Dimethyl trisulfide | MS, RI, odor | 1378 | soy sauce, cooked cabbage |
| 18 | Unknown | | 1408 | mushroom |
| 19 | (E)-2-Octenal | MS, RI, odor | 1428 | baked potato, nutty |
| 20 | 2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine | MS, RI, odor | 1438 | nutty, baked potato |
| 21 | 1-Octen-3-ol | MS, RI, odor | 1443 | mushroom |
| 22 | 3-(Methylthio)propanal | MS, RI, odor | 1450 | soy sauce, baked potato |
| 23 | Unknown | | 1484 | floral, sweet candy |
| 24 | Unknown | | 1509 | cucumber |
| 25 | (E)-2-Nonenal | RI, odor | 1524 | fatty, cucumber, bitter |
| 26 | Unknown | | 1558 | onion, garlic salt |
| 27 | (E,E)-2,6-Nonadienal | MS, RI, odor | 1567 | roasted wheat, grainy |
| 28 | 2-Acetylpyrazine | RI, odor | 1624 | nutty, baked potato |
| 29 | Phenylacetaldehyde | RI, odor | 1642 | floral, honeysuckle |
| 30 | Unknown | | 1658 | seaweed soup, sweet |
| 31 | Unknown | | 1690 | cucumber, fatty |
| 32 | Unknown | | 1710 | roasted sesame, nutty |
| 33 | Unknown | | 1737 | fatty |
| 34 | Dimethyl tetrasulfide | odor ⁴⁾ | 1749 | spicy, meaty, roasted garlic |
| 35 | Unknown | | 1786 | floral, cinnamon |
| 36 | 2-Tridecanone | MS, odor | 1801 | sweet candy, floral |
| 37 | Unknown | | 1851 | spicy, garlic salt |
| 38 | Unknown | | 1867 | seaweed |
| 39 | 1-Methylnaphthalene | MS, RI, odor | 1889 | inky, metallic |
| 40 | Unknown | | 1905 | garlic salt, rotten onion |
| 41 | Unknown | | 1971 | savory, meaty |
| 42 | Unknown | | 1984 | stale, ammonia |
| 43 | Unknown | | 2020 | skunky |
| 44 | Phenol | MS, RI, odor | 2021 | hospital |

¹⁾Numbers correspond to those in Fig. 1.

²⁾Retention indices were determined on DB-WAX capillary column.

³⁾Odor description perceived by 3 panelists during GC/O analysis.

⁴⁾Odor description was compared with Cha et al.(32)

dimethyl disulfide(FD=4)를 제외한 나머지 3종은 FD 3에서만 검출되었다. Dimethyl disulfide와 dimethyl trisulfide 같은 직쇄상의 함황화합물은 불포화지방산과 함황아미노산의 가열반응 중에 생성된다고 알려져 있고(14), Swiss 치즈(15), 꽃게(16) 등과 같은 다양한

종류의 식품에서도 검출되었다. 특히 가재육(crayfish)에서 dimethyl disulfide는 양파향성분으로, dimethyl trisulfide는 삶은 양배추향을 가진다고 보고되어 있다(17). 한편 Chung과 Cadwallader(16)는 꽃게육에서 고농도의 dimethyl disulfide와 dimethyl trisulfide가 식

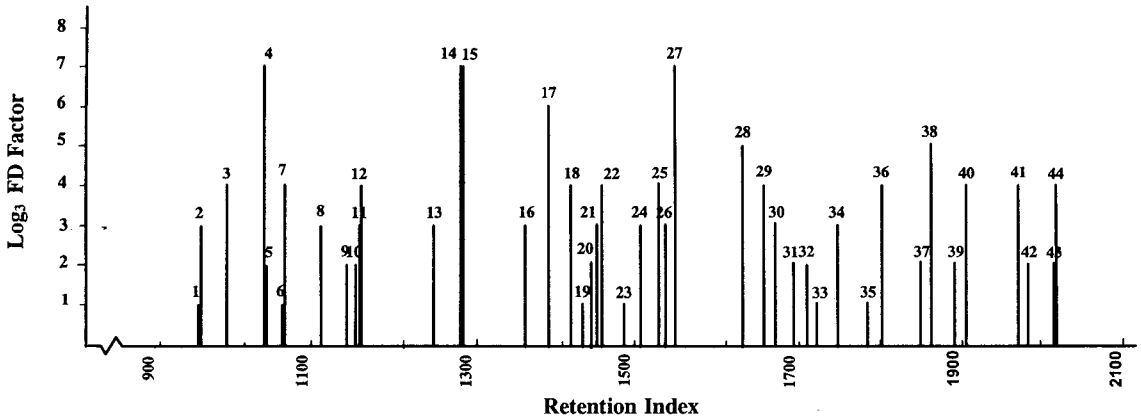


Fig. 1. Flavor dilution chromatograms of volatiles isolated from salt-fermented big-eyed herring on the market. Peak numbers correspond to those in Table 1.

품의 전체적인 향에 마이너스 효과를 가질 것이라고 하였는데, 본 실험에서 검출된 합황화합물은 밴딩이것의 특유의 냄새성분에 관여할 것으로 생각된다.

케톤류는 1-octen-3-one(No.15) 이외에 신 냄새와 버터향을 가지는 2,3-butanedione(No.3), fatty, green 향을 가지는 2-heptanone(No.12) 및 달콤한 캔디향과 꽃향기를 가지는 2-tridecanone(No.36) 3종이 모두 FD 4이상에서 검출되었다. 이러한 케톤류는 지방산화 분해물의 일종으로 알려져 있으며(18), 가재육 및 부산물의 매우 중요한 냄새성분으로 보고되어 있다(17,19).

알데히드류는 9종이 동정되었는데 이는 초콜렛향을 가지는 2-methylbutanal(No.1) 및 3-methylbutanal(No.2), 초콜렛이나 양념류향을 가지는 heptanal(No.10), 비린내 냄새의 (Z)-4-heptenal(No.13), 고소하고 구운 감자향을 가지는 (E)-2-octenal(No.19), 공간장 또는 구운 감자향을 가지는 3-(methylthio)propanal(No.22), 오이 또는 fatty 향의 (E)-2-nonenal(No.25), 붉은 밀냄새를 가지는 (E,E)-2,6-nonadienal(No.27) 및 꽃향기 또는 honeysuckle 향을 가지는 phenylacetaldehyde(No.29)이었다. 이 중 2-methylbutanal, (E)-2-octenal 및 heptanal을 제외한 알데히드류는 모두 FD 3 이상의 값을 나타내어 밴딩이것의 전체적인 냄새에 있어 좋은 영향을 미칠것으로 생각된다. 알데히드류중 직쇄상의 alkanal이나 alkenal은 고도 불포화지방산의 산화에 의해 생성된다고 보고되고 있다(18). 3-Methylbutanal은 아미노산의 Strecker degradation 또는 미생물학적 분해에 의해 생성된다고 알려져 있으며(20), (Z)-4-heptenal은 (E,Z)-2,6-nonadienal로부터 Retro-Aldol 분해반응을 통해서 전환되어진다고 알려져 있다(21). 그리고 3-(methylthio)propanal은 가재육(17)과 멸치젓(22)의 향기성분에 중요한 영향을 미친다고 하였으며, methionine

의 Maillard반응을 통해 형성되어진다고 보고되었다(23).

고소하고 짭짤한 및 구운 감자향을 가지는 2-acetyl-1-pyrroline(No.16), 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine(No.20) 및 2-acetylpyrazine(No.28)과 같은 3종의 합질소 화합물이 각각 FD 3, 2 및 5에서 검출되었다. Buttery 등(24)은 2-acetyl-1-pyrroline은 cooked rice에서 중요한 역할을 한다고 보고하였으며, Specht와 Baltes(25)는 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine은 2-hydroxypropanal과 acetol의 반응 및 glycolaldehyde와의 축합반응을 통해 생성된다고 보고하였으며, 튀긴 쇠고기의 향기성분에 크게 기여한다고 하였다.

방향성화합물로는 인크 또는 금속 냄새를 가지는 1-methylnaphthalene(No.39)과 병원냄새를 가지는 phenol(No.44) 2종이 검출되었고 각각 FD 2와 4의 값을 나타내었다. 1-Methylnaphthalene과 phenol은 가재 부산물(19) 및 멸치젓(22)에서도 검출되었고, Tanchotikul과 Hsieh(19)는 phenol이 가재 부산물에서 강한 medicinal 냄새를 가진다고 보고하였다. 그리고 버섯향의 1-octen-3-ol(No.21)이 FD 3에서 동정되었는데, 알콜류는 지방산의 2차적 분해산물로 알려져 있다(19).

미동정된 화합물중 FD 4 이상에서 검출된 물질을 보면 버섯향의 화합물(No.18)을 제외하고는 대부분이 RI가 1800이상이므로(No.38, 해조류향; No.40, 마늘향; No.41, 고기향), 이는 휘발성성분 추출과정에서 생성된 인공향으로 생각되며 밴딩이것의 냄새성분에 미치는 직접적인 효과는 적을 것으로 생각된다. 그리고 나머지 미동정화합물은 대부분이 낮은 FD값(<3)을 나타내었다.

지배적인 냄새성분들의 odor value

밴딩이것의 휘발성 향기성분중 positive하게 동정된

Table 2. Relative concentrations and odor values for positively identified odorants in salt-fermented big-eyed herring on the market

| Peak No. ¹⁾ | Compound | Concn ²⁾ (ng/g) | Odor ³⁾ threshold(ng/g) | Odor ⁴⁾ value |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2-Methylbutanal | 1.56 | 3 ⁵⁾ | 0.52 |
| 2 | 3-Methylbutanal | 72.50 | 0.2 ⁵⁾ | 362.50 |
| 3 | 2,3-Butanedione | 642.23 | 3 ⁵⁾ | 214.08 |
| 4 | Ethyl butanoate | 828.84 | 1 ⁶⁾ | 828.84 |
| 5 | Isopropyl butanoate | 530.18 | N/A ⁷⁾ | |
| 7 | Dimethyl disulfide | 563.50 | 12 ⁸⁾ | 46.96 |
| 8 | Allyl sulfide | 226.01 | N/A ⁷⁾ | |
| 9 | Ethyl pentanoate | 12.23 | 5 ⁶⁾ | 2.45 |
| 10 | Heptanal | 27.47 | 3 ⁵⁾ | 9.16 |
| 11 | Methyl thioacetate | 72.85 | N/A ⁷⁾ | |
| 12 | 2-Heptanone | 38.39 | 140 ⁹⁾ | 0.27 |
| 13 | (Z)-4-Heptenal | 22.51 | 0.04 ¹⁰⁾ | 562.75 |
| 14 | 3-Methylbutyl butanoate | 88.27 | N/A ⁷⁾ | |
| 15 | 1-Octen-3-one | 20.19 | 0.05 ¹¹⁾ | 403.80 |
| 17 | Dimethyl trisulfide | 127.85 | 0.01 ¹¹⁾ | 12785.00 |
| 19 | (E)-2-Octenal | 30.10 | 3 ⁹⁾ | 10.03 |
| 20 | 2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine | 12.63 | 0.04 ¹¹⁾ | 315.75 |
| 21 | 1-Octen-3-ol | 234.91 | 1 ⁹⁾ | 234.91 |
| 22 | 3-(Methylthio)propanal | 0.77 | 0.2 ¹¹⁾ | 3.85 |
| 27 | (E, E)-2,6-Nonadienal | 8.59 | N/A ⁷⁾ | |
| 36 | 2-Tridecanone | 6.17 | N/A ⁷⁾ | |
| 39 | 1-Methylnaphthalene | 11.65 | N/A ⁷⁾ | |
| 44 | Phenol | 375.37 | N/A ⁷⁾ | |

¹⁾Numbers correspond to those in Fig. 1.

²⁾Relative concentration based on V-SDE data(data not shown).

³⁾Odor thresholds in water.

⁴⁾Odor value=compound concentration divided by odor threshold.

⁵⁾Buttery et al.(26), ⁶⁾Flath et al.(27), ⁷⁾Not available, ⁸⁾Hansen et al.(28)

⁹⁾Buttery et al.(29), ¹⁰⁾McGill et al.(30), ¹¹⁾Buttery et al.(31)

23종 화합물들의 냄새기여도를 확인하기 위하여 각 농도를 역치로 나눈 값인 odor value를 Table 2에 나타내었다. 이중 2-methylbutanal, ethyl pentanoate와 2-heptanone을 제외하고는 검출된 화합물의 농도는 그 역치보다 높은 함량을 나타내었다. 가장 높은 odor value를 가진 dimethyl trisulfide와 ethyl butanoate 및 1-octen-3-one은 odor value와 FD값이 잘 일치하였으나, (Z)-4-heptenal과 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine은 FD값에 비하여 상대적으로 odor value가 높았고 3-(methylthio)propanal은 낮았다. 그외 나머지 odor value가 높은 화합물들은 대체적으로 FD값도 높았다(>3).

요 약

시판 밴댕이젓의 지배적인 냄새성분을 구명하기 위해 AEDA법, GC/MSD 및 GC/O를 병행한 결과 총 44종의 화합물이 검출되었으며, 28종이 동정되었다. 이중 FD 5이상에서 검출된 화합물은 ethyl butanoate(풍선

껌/달콤한 캔디향), 3-methylbutyl butanoate(알몬드/고소한 향), 1-octen-3-one(흙/버섯향), (E,E)-2,6-nonadienal(볶은 밀/곡류향), dimethyl trisulfide(공간장/삶은 양배추향), 2-acetylpyrazine(구운 감자향) 및 미동정 화합물(RI=1867, 해조류향) 등 7종이었다. 그리고 odor value에서는 dimethyl trisulfide가 가장 높았고 다음으로 ethyl butanoate, (Z)-4-heptenal, 1-octen-3-one, 3-methylbutanal, 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine, 1-octen-3-ol, 2,3-butanedione 순이었다. 이중 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine을 제외하고 모두 FD 3 이상을 가졌다. 이와 같은 높은 FD값을 가지는 화합물들과 함께 높은 odor value를 가지는 8종의 화합물들이 밴댕이젓의 전체적인 독특한 향기성분에 지배적인 역할을 한다고 생각된다.

감사의 글

이 논문은 1997년도 창원대학교 학술진흥재단의 연

구비 지원에 의한 연구결과이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 한국수산물회 : '96 수산연감. 진명사, 서울, p.538(1997)
2. 이응호, 구재근, 차용준, 안창범, 오광수 : 밴댕이 및 주둥치것의 휘발성 성분. 한국식품과학회지, **17**, 437(1985)
3. Cha, Y. J. and Cadwallader, K. R. : Volatile components in salt-fermented fish and shrimp pastes. *J. Food Sci.*, **60**, 19(1995)
4. Cha, Y. J. : Volatile flavor components in Korean salt-fermented anchovy. *J. Korean Soc. Food Nutri.*, **21**, 719(1992)
5. Cha, Y. J. : Volatile flavor compounds in salt-fermented fish pastes on the market. *Food & Biotechnology*, **3**, 189(1994)
6. Chung, H. Y. and Cadwallader, K. R. : Aroma extract dilution analysis of cooked blue crab meat volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 2867(1994)
7. Cha, Y. J., Cadwallader, K. R. and Baek, H. H. : Volatile flavor components in snow crab cooker effluent and effluent concentrate. *J. Food Sci.*, **58**, 525(1993)
8. Cha, Y. J. and Cadwallader, K. R. : Aroma-active compounds in skipjack tuna sauce. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 1123(1998)
9. van den Dool, H. and Kratz, P. D. : A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas liquid partition chromatography. *J. Chromatogr.*, **2**, 463(1963)
10. Hewlett-Packard Co. : Wiley/NBS database(PBN format). Palo Alto, CA., USA(1980)
11. Hites, R. A. and Biemann, K. : Computer evaluation of continuously scanned mass spectra of gas chromatographic effluents. *Anal. Chem.*, **42**, 855(1970)
12. Baek, H. H., Cadwallader, K. R., Marroquin, E. and Silva, J. L. : Identification of predominant aroma compounds in muscadine grape juice. *J. Food Sci.*, **62**, 249(1997)
13. Cha, Y. J., Lee, G. H. and Cadwallader, K. R. : Aroma-active compounds in salt-fermented anchovy. In "Flavor and lipid chemistry of seafood" Shahidi, F. and Cadwallader, K. R.(eds.), American Chemical Society, Washington, DC, p.131(1997)
14. Vercellotti, J. R., Kuan, J. W., Spanier, A. M. and St. Angelo, A. J. : Thermal generation of sulfur-containing flavor compounds in beef. In "Thermal generation of aromas" Parliament, T. H., McGorin, R. J. and Ho, C. T.(eds.), American Chemical Society, Washington, DC, p.452(1989)
15. Yang, W. T. and Min, D. B. : Dynamic headspace analysis of volatile compounds of cheddar and swiss cheese during ripening. *J. Food Sci.*, **59**, 1309(1994)
16. Chung, H. Y. and Cadwallader, K. R. : Volatile components on blue crab(*Callinectes sapidus*) meat and processing by-product. *J. Food Sci.*, **58**, 1203(1993)
17. Vejaphan, W. and Hsieh, T. C.-Y. : Volatile flavor components from boiled crayfish(*Procambarus clarkii*) tail meat. *J. Food Sci.*, **53**, 1669(1988)
18. Josephson, D. B. and Lindsay, R. C. : Enzymic generation of volatile aroma compounds from fresh fish. In "Biogenesis of aromas" Parliament, T. H. and Croteau, R.(eds.), American Chemical Society, Washington, DC, p.201(1986)
19. Tanchotikul, U. and Hsieh, T. C.-Y. : Volatile flavor components in crayfish waste. *J. Food Sci.*, **54**, 1515(1989)
20. Collin, S., Osman, K., Delambre, S., El-Zayat, A. T. and Dufour, J. P. : Investigation of volatile flavor compounds in fresh and ripened domiati cheeses. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1659(1993)
21. Josephson, D. B. and Lindsay, R. C. : Retro-Aldol degradation of unsaturated aldehydes: Role in the formation of c4-heptenal from t2,c6-nonadienal in fish, oyster, and other flavors. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **64**, 132(1987)
22. 김 훈 : 멸치것의 휘발성 성분 중 aroma-active 화합물의 구명에 관한 연구. 석사학위논문, 창원대학교(1997)
23. Morton, I. D., Akroyd, P. and May, C. G. : Flavoring substances. U.S. Pat. 2,934,437, April 26(1990)
24. Buttery, R. G., Ling, L. C., Juliano, B. O. and Turnbaugh, J. G. : Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 823(1983)
25. Specht, K. and Baltes, W. : Identification of volatile flavor compounds with high aroma values from shallow-fried beef. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 2246(1994)
26. Buttery, R. G., Stern, D. J. and Ling, L. C. : Studies on flavor volatiles of some sweet corn products. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 791(1994)
27. Flath, R. A., Black, D. R., Guadagni, D. G., McFadden, W. H. and Schultz, T. H. : Identification organoleptic evaluation of compounds in delicious apple essence. *J. Agric. Food Chem.*, **15**, 29(1967)
28. Hansen, M., Buttery, R. G., Stern, D. J., Cantwell, M. I. and Ling, L. C. : Broccoli storage under low-oxygen atmosphere: Identification of higher boiling volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 850(1992)
29. Buttery, R. G., Turnbaugh, J. G. and Ling, L. C. : Contribution of volatiles to rice aroma. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 1006(1988)
30. McGill, A. S., Hardy, R. and Burt, J. R. : Hept-cis-4-enal and its contribution of the off-flavour in cold stored cod. *J. Sci. Food Agric.*, **25**, 1477(1974)
31. Buttery, R. G., Ling, L. C. and Stern, D. J. : Studies on popcorn aroma and flavor volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 837(1997)
32. Cha, Y. J., Kim, H. and Cadwallader, K. R. : Aroma-active compounds in kimchi during fermentation. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 1944(1998)

(1998년 8월 17일 접수)