

IQF 굴(*Crassostrea gigas*) 복합엑스분을 이용한 굴 소스의 가열향기 성분

황영숙 · 김상현¹ · 신태선² · 조준현 · 이인석 · 오광수^{3*}

경상대학교 해양식품생명의학과, ¹부산테크노파크 해양생물산업육성센터, ²전남대학교 식품영양과학부,
³경상대학교 해양식품생명의학과/농업생명과학연구원

Volatile Flavor Constituents of Cooked Oyster Sauce Prepared from Individually Quick-frozen Oyster *Crassostrea gigas* Extract

Young-Suk Hwang, Sang-Hyun Kim¹, Tai-Sun Shin², Jun-Hyun Cho,
In-Seok Lee and Kwang-Soo Oh*

Department of Seafood and Aquaculture Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹Marine Life Industry Promotion Center, Busan Technopark, Busan 64048, Korea

²Division of Food Science and Nutrition, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

³Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

The pacific oyster *Crassostrea gigas* has a desirable taste and flavor that differs from those of other fish and shellfish. In order to develop a high value-added product from individually quick-frozen oyster extract (IQFOE), we prepared an oyster sauce from IQFOE and characterized its volatile compounds using vacuum simultaneous steam distillation-solvent extraction / gas chromatography / mass spectrometry. The moisture, crude protein, crude ash, salinity, pH and volatile basic nitrogen contents of the oyster sauce were 60.6%, 8.2%, 9.2%, 9.3%, 5.7 and 21.0 mg/100 g, respectively. Seventy-six volatile compounds were detected in the cooked odor of the oyster sauce. These volatile compounds included 14 esters, including ethyl acetate, 13 nitrogen-containing compounds, including 2,4,6-trimethyl pyridine, 13 acids, including hexadecanoic acid, 12 alcohols, including ethyl alcohol and 6-methyl heptanol, 6 alkanes, 5 aldehydes, including benzaldehyde, 5 ketones, including 1-(2-furanyl)-ethanone, 4 furans, including 2-furancarboxaldehyde and 2-furanmethanol, 3 aromatic compounds, including *d*-limonene, and 1 miscellaneous compound. Esters, acids and nitrogen-containing compounds, and alcohols were the most abundant compounds in the odor of the cooked oyster sauce, with some aldehydes, ketones, and furans.

Key words: *Crassostrea gigas*, Oyster sauce, Volatile compound, Cooked odor

서 론

굴(*Crassostrea gigas*)은 타 어패류와는 달리 상쾌하면서 시원한 맛과 특유의 가열향기를 지니고 있는데, 이러한 맛과 가열향기들은 오래 전부터 바람직한 향미성분으로서 수산가공 및 조리분야에서 주목을 받아왔다. 저자 등은 상품 가치를 거의 상실한 장기저장 개체동결(individually quick-frozen, IQF) 굴을 이

용하여 천연 풍미소스의 주소재로 활용할 수 있는 복합엑스분의 추출조건을 구명하였고, 본 IQF 굴 복합엑스분의 향미증진을 위한 reaction flavoring 최적화 반응조건에 관하여 검토한 바 있다(Hwang et al., 2014). 굴 소스는 굴 특유의 향미와 영양성분으로 중화요리에서 사용되는 기본 조미료의 특성을 갖는 제품으로 1980년대 이후 다수의 식품회사가 새로운 굴 소스를 개발하였고, 현재 국제적인 상품화가 이루어져 있다. 우리나라는

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0668>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 48(5) 668-673, October 2015

Received 23 September 2015; Revised 20 October 2015; Accepted 21 October 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9144 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: ohks@gnu.ac.kr

세계적인 굴 양식 생산 및 굴 가공품의 수출 국가이면서도 최근까지 굴 가공부산물인 굴 자숙엑스분을 부분정제하여 저부가가치 상품으로 수출하는 수준에 머물러 왔다. 따라서 이들의 효율적인 활용을 위해서는 국제상품화가 가능한 독자적인 굴 소스의 개발 및 브랜드화가 필요하며, 이러한 고부가가치 제품의 개발에는 굴 소스 특유의 바람직한 가열향기인 processed flavor (Manley, 1994)에 대한 정밀분석이 선행되어야 할 것으로 생각된다. 지금까지 바람직한 수산물의 가열향기나 가공 중 향기성분의 생성·변화에 관하여 국내외에서 다양한 연구(Oh and Lee, 1989; Hayashi et al., 1990; Cha et al., 1993; Chung, 1999; Oh et al., 2001; Ahn et al., 2006) 결과가 보고된 바 있으나, 굴과 관련된 향기성분에 관한 연구는 상업효소를 이용한 굴 가수분해물의 향기성분(Cha, 1995), 삶은 굴 향기의 발현원인물질 및 향기성분(Kang et al., 2010), 그리고 전자코에 의한 감마선 조사 생굴과 굴 자숙액의 향기패턴 변화(Han et al., 2009) 등 소수의 연구만이 보고되어 있을 뿐이다. 따라서 본 연구는 IQF 굴 복합엑스분을 이용한 고부가가치 제품의 개발을 위한 연구의 일환으로 이를 주소재로 제조한 굴 소스의 바람직한 가열향기 성분을 추출, 분리 동정하였다.

재료 및 방법

재료

재료로 사용한 IQF 굴(*Crassostrea gigas*)은 동결저장 기간이 18개월 이상 경과한 것으로 D사(경남 통영)에서 구입하여 -20°C 동결고에 저장하면서 실험에 사용하였다. IQF 굴 복합엑스분의 조제 및 풍미개선을 위한 reaction flavoring은 전보(Hwang et al., 2014)에서 구명한 최적화 조건에 준하여 실시하였다.

굴 소스(oyster sauce) 시작품의 가공

각종 부원료 즉, 설탕 15%, 식염 6.0%, MSG 4.0%, 간장 4.0%, 전분 3.5%, 효모 추출물 3.0% 및 소맥분 3.5%를 물 21.0%와 잘 혼합한 후 여기에 reaction flavoring을 통해 풍미를 개선시킨 IQF 굴 복합엑스분(Brix 30°) 40.0%를 첨가하여 $90-95^{\circ}\text{C}$ 에서 20분간 잘 저어주면서 가열하였다. 다음 이를 가열된 상태에서 유리병에 일정량씩 충전 밀봉하여 95°C 에서 40분간 열탕살균한 후 상온에 저장하면서 향기성분 분석용 시료로 사용하였다. 굴 소스의 부원료 조성과 proportioning 비율은 요리전문가의 자문과 예비 관능시험을 통하여 결정하였다.

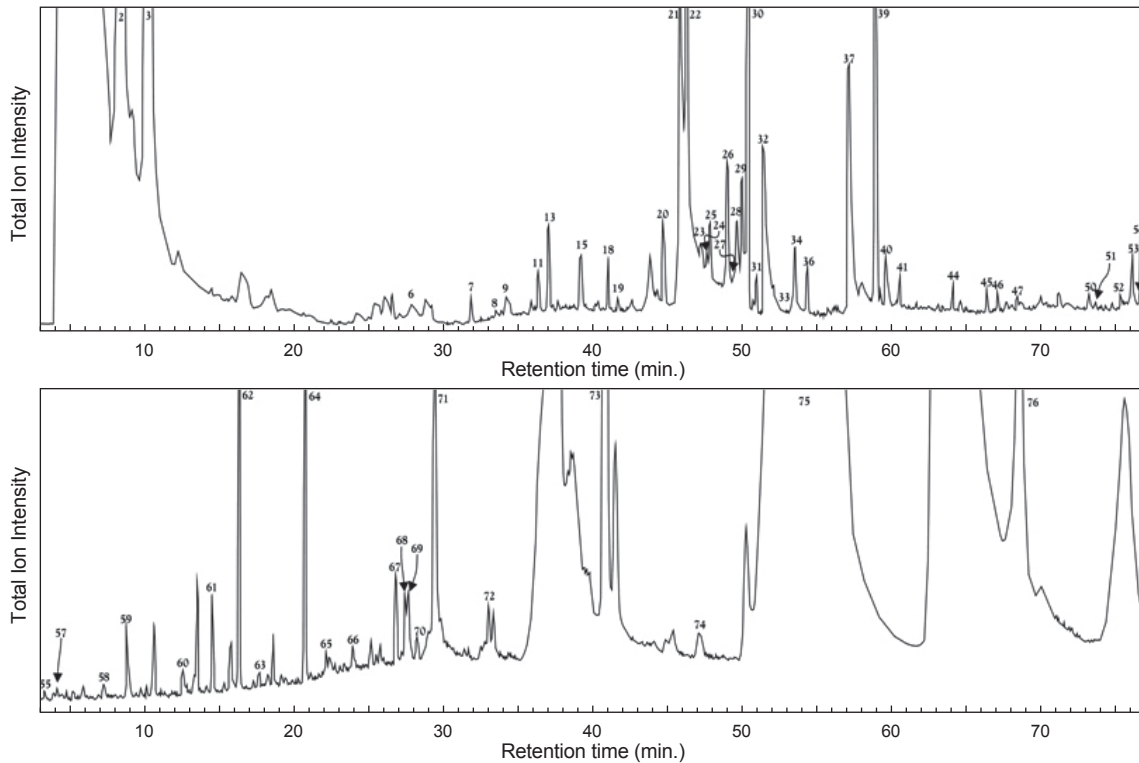


Fig. 1. Total ion chromatogram (TIC) of volatile flavor compounds of the cooked oyster *Crassostrea gigas* sauce by simultaneous steam distillation-solvent extraction.

Peak numbers correspond to those in Table 3-7.

일반성분, pH, 염도 및 휘발성염기질소

일반성분의 조성은 상법(KSFSN, 2000a)에 따라 수분함량은 상압가열건조법, 조단백질 함량은 semi-micro Kjeldahl법, 조회분 함량은 건식회화법으로 측정하였다. pH는 시료를 균질화한 다음 pH meter (Accumet Basic, Fisher Sci Co., USA)로 측정하였고, 염도(salinity)는 염도계(460CP, Istek Co., Korea)로 측정하였다. 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)는 Conway unit를 사용하는 미량화산법(KSFSN, 2000b)으로 측정하였다.

가열향기 성분의 분석 및 동정

가열향기 성분의 추출 및 포집

가열향기 성분의 추출은 굴 소스 시작품 300 mL를 1 L 용량의 추출용기에 넣고, 추출용매로서 재증류한 diethyl ether를 사용하여 Lickens-Nickerson형 simultaneous steam distillation and solvent extraction (SDE) 장치로 상압 하에서 3시간 동안 증류, 추출하였다. 이 추출액을 -20℃에서 하룻밤 방치하여 얼음층을 제거하고, Kuderna-Danish 농축장치로 농축한 다음 무수 망초를 가하여 탈수하였다. 이를 일정량으로 재농축하여 가열향기 성분 분석용 SDE 추출액으로 하였다.

GC, GC/MS 분석 및 동정

GC : SDE 추출액 3 µL를 Supelcowax-10 capillary column (50 m × 0.25 mm, 0.25 µm film thickness, Sigma-Aldrich Co. LLC., Germany)이 장착된 HP 5890 GC (Hewlett-Packard Co., USA)에 SDE 추출액 3 µL를 주입하여 분석하였고, 분석 조건은 전보(Kang et al., 2010)와 같다.

GC/MS : GC와 동일한 Supelcowax-10 capillary column이 장착된 HP 5890A GC/5970 MS (Hewlett-Packard Co., USA)에 주입하여 splitless mode로 분석하였고, 분석조건은 전보(Kang et al., 2010)와 같다. 휘발성 성분은 분리된 화합물의 mass spectrum을 standard MS library database인 Wiley 138 (Hewlett-Packard Co.)에 의해 search하여 relative similarity가 85% 이상인 화합물에 대하여 동일물질로서 유의성을 인정하였다.

결과 및 고찰

일반성분, pH, 염도 및 VBN 함량

굴 소스 시작품의 일반성분, pH, 염도 및 VBN 함량은 Table 1과 같다. 굴 소스 시작품의 수분함량은 60.6%, 조단백질 8.2%, 조회분 9.2%, pH는 5.7, 염도는 9.3, 그리고 VBN 함량은 21.0 mg/100 g이었다.

굴 소스 가열향기 성분의 조성

SDE 장치를 이용하여 굴 소스 시작품의 가열향기 성분을 추

Table 1. Proximate composition, pH, salinity and volatile basic nitrogen (VBN) contents of the oyster sauce prepared from IQF oyster *Crassostrea gigas* (g/100 g)

Items	Moisture	Crude protein	Crude ash	pH	Salinity	VBN (mg/100 g)
Content	60.6±0.2	8.2±0.3	9.2±0.3	5.7±0.1	9.3±0.1	21.0±0.2

Table 2. Number and content of each volatile flavor components groups identified from the cooked oyster *Crassostrea gigas* sauce by simultaneous steam distillation-solvent extraction

Group	Kind	Content (area)
Aldehydes	5	16.20
Ketones	5	23.70
Alkanes	6	9.96
Esters	14	338.92
Alcohols	12	452.35
Furans	4	139.90
Aromatic compounds	3	2.10
N-containing compounds	13	2,177.59
Acids	13	2,554.72
Miscellaneous compound	1	6.25
Total	76	5,721.69

Table 3. Aldehydes, ketones and alkanes identified from the volatile components of the cooked oyster *Crassostrea gigas* sauce

No.	Name	RI	Area
Aldehydes			
9	Octanal	1298	3.09
29	Benzaldehyde	1527	10.84
38	Benzeneacetaldehyde		tr
63	Octadecanal	2292	1.04
70	3,5-di-tert-Butyl-4-hydroxy-benzaldehyde	2483	1.23
Ketones			
11	1-Octen-3-one	1328	3.09
26	1-(2-Furyl)-ethanone	1512	11.21
36	4-Methoxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone	1592	3.23
58	2-Methyl chromone	2077	1.18
69	Benzophenone	2473	4.99
Alkanes			
18	Tetradecane	1392	3.22
25	Pentadecane	1494	2.79
45	Octadecane	1793	1.52
49	Nonadecane		tr
41	Heptadecane	1754	1.98
55	Eicosane	1995	0.45

RI, reference index; tr, trace.

출한 후 이를 GC 및 GC/MS로 분석한 휘발성 성분의 total ion chromatogram을 Fig. 1에, 휘발성 성분의 group별 조성과 함량을 Table 2에 나타내었다.

굴 소스 시작품의 가열향기 성분으로 총 76성분이 동정되었으며, 이들 성분을 group별로 분류하면 aldehyde류 5종, ketone류 5종, alkane류 6종, ester류 14종, alcohol류 12종, furan류 4종, aromatic compound류 3종, N-containing compound류 13종, acid류 13종 및 miscellaneous compound류 1종으로 구성되어 있었고, 계수적인 측면에서 가장 많은 종류의 화합물은 ester류, N-containing compound류, acid류 및 alcohol류 순이었다. 함량 면에서는 TIC 상의 area 기준으로 acid류가 2,554.72로 가장 많았으며, 다음이 N-containing compound류 2,177.59, alcohol류 452.35, ester류 338.92 순이었다.

굴 소스 시작품의 가열향기 성분 중 동정된 휘발성 aldehyde류, ketone류 및 alkane류의 조성은 Table 3과 같다. 굴 가열향기 중 동정된 aldehyde류로는 octanal, benzaldehyde 등 5종이 동정되었으며, 그 중 benzaldehyde가 양적으로 비교적 많이 함유되어 있었다. 이 aldehyde류들은 주로 고도불포화지방산의 산화분해에 의해 생성된 것으로 보인다. 1-octen-3-one 등 5종이 동정된 ketone 화합물은 1-(2-furyl)-ethanone이 양적으로 가장 많이 함유되어 있었다. 이들 카르보닐 화합물은 대부분 고

도불포화지방산의 산화분해물로 특징적인 냄새보다는 굴 소스 가열향기의 감미있는 달콤한 냄새 발현에 기여할 것으로 보인다(Cha et al., 1992). Tetradecane, pentadecane 등 6종이 동정된 alkane 화합물은 타 휘발성 group에 비하여 양적으로 적었으며, 또한 대부분이 역치가 높은 성분들로 굴 소스 가열향기의 발현에는 크게 관여하지 않을 것으로 생각된다.

굴 소스 시작품의 가열향기 성분 중 동정된 ester류 및 aromatic compound류의 조성은 Table 4와 같다. 과일향과 유사한 냄새로 알려진 ester 화합물로서는 ethyl acetate 등 14종이 동정되었으며, aromatic compound류로는 d-limonene 등 3종이 검출되었으나 타 group에 비해 양적으로 미량이었다.

굴 소스 시작품의 가열향기 성분 중 동정된 휘발성 alcohol류와 furan류의 조성은 Table 5와 같다. Ethyl alcohol 등 12종이 동정된 alcohol류 중에서 ethyl alcohol과 6-methyl heptanol 등이 가장 함량이 많았으며, 나머지는 미량이었다. 일반적으로 alcohol류는 지방산의 2차적 분해산물로서(Moga and Sizer, 1973) 높은 역치를 가지기 때문에 많은 양이 존재하지 않는 한 식품의 향기에 크게 영향을 미치지 않는다고 알려져 있다(Cha and Cadwallader, 1995). 따라서 본 alcohol류는 그 함량 및 종류로 보아 굴 소스 가열향기의 특징적인 냄새보다는 일반적인 은은하고 달콤한 냄새를 부여할 것으로 보인다(Heath and

Table 4. Esters and aromatic compounds identified from the volatile components of the cooked oyster *Crassostrea gigas* sauce

No.	Name	RI	Area
Esters			
1	Ethyl formate		tr
2	Ethyl acetate	885	221.48
31	S-Methyl thiobutanoate	1541	1.54
35	2-Cyclohexylethyl acetate		tr
42	Phenyl acetate		tr
47	Dimethyl adipate	1829	0.68
56	Methyl tetradecanoate		tr
65	Diethyl phtalate	2392	1.10
61	Methyl hexadecanoate	2227	6.60
62	Ethyl octadecanoate	2264	27.36
66	Ethyl nonadecanoate	2435	2.24
67	Hexyl oleate	2461	7.42
71	Ethyl linolelaidate	2501	48.34
72	Di-n-octyl phthalate	2642	22.16
Aromatic compounds			
4	d-Limonene		tr
8	1,2,4-Trimethyl benzene	1289	0.65
46	1,11,13-Octadecatriene	1805	1.45

RI, reference index; tr, trace.

Table 5. Alcohols, furans and miscellaneous compound identified from the volatile components of the cooked oyster *Crassostrea gigas* sauce

No.	Name	RI	Area
Alcohols			
3	Ethyl alcohol	930	346.74
6	3-Methyl butanol	1193	1.45
19	2-Butoxy ethanol	1402	0.82
24	2-Ethyl 1-hexanol	1492	2.79
30	6-Methyl heptanol	1532	89.48
43	3-(Methylthio)-1-propanol		tr
44	Decanol	1751	1.66
48	Mequinol		0.00
50	Turbutol	1918	1.02
51	Beta-phenylethanol	1926	0.16
53	Dodecanol	1971	3.84
59	2,4-Bibromophenol	2109	4.39
Furans			
27	2-Acetylfuran	1515	0.30
22	2-Furancarboxyaldehyde	1471	63.28
34	5-Methyl 2-fufural	1580	4.91
39	2-Furanmethanol	1668	71.41

RI, reference index; tr, trace.

Reineccius, 1986). 자숙 중 Maillard 반응에 의해 유도 생성되는 은은한 aroma 계통 화합물인 furan 화합물은 2-acetylfurane 등 4종이 검출되었으며, 2-furancarboxaldehyde와 2-furan-methanol이 양적으로 많았다.

굴 소스 가열향기 성분 중 동정된 휘발성 N-containing compounds와 휘발성 acid 류의 조성은 Table 6과 같다. Pyrazine, methyl-pyrazine, pyrrole, 2,4,6-trimethyl pyridine 및 3-Ethyl 2,5-dimethyl pyrazine 등을 위주로 한 N-containing compound 류는 모두 13종이 검출되었고, 2,4,6-trimethyl pyridine이 양적

Table 6. Nitrogen-containing compounds and acids identified from the volatile components of the cooked oyster *Crassostrea gigas* sauce

No.	Name	RI	Area
N-Containing compounds			
5	Pyrazine		tr
7	Methyl pyrazine	1267	2.31
10	2,6-Dimethyl pyrazine		tr
12	2-Ethyl pyrazine		tr
13	2,5-Dimethyl pyrazine	1337	6.21
14	2,3-Dimethyl pyrazine		tr
15	2,4,6-Trimethyl pyridine	1367	2,148.66
16	2,3,6-Trimethyl pyridine		tr
17	2-Ethyl 6-methyl pyrazine		tr
20	3-Ethyl 2,5-dimethyl pyrazine	1447	10.77
23	2,3,5,6-Tetramethyl pyrazine	1476	1.37
28	1H-Pyrrole	1521	7.81
54	2-Acetyl pyrrole	1985	0.46
Acids			
21	Acetic acid	1463	63.21
32	Propanoic acid	1548	31.47
37	Butanoic acid	1637	41.47
33	2-Methyl propanoic acid	1577	0.59
40	3-Methyl butanoic acid	1679	5.74
52	2-Ethyl hexanoic acid	1957	1.35
57	4-Hydroxy benzensulfonic acid	2020	0.46
60	Decanoic acid	2187	1.34
64	Undecanoic acid	2355	34.20
73	Tetradecanoic acid	2677	195.26
74	Pentadecanoic acid	2775	4.61
75	Hexadecanoic acid	>2800	2,034.83
76	(E)-11-Hexadecenoic acid	>2800	140.19
Miscellaneous compound			
68	Sacorsyl L	2471	6.25

RI, reference index; tr, trace.

으로 가장 많이 함유되어 있었다. 본 실험에서 검출된 pyrazine 류는 일반적으로 대부분의 식품에 고소한 향, 볶은 향, 알몬드 향을 부여하며, 새우 및 가재와 같은 갑각류의 주요한 냄새성분으로 알려져 있다. 이러한 heterocyclic 화합물은 가열하는 동안 Maillard 반응에 의해 형성되며, 가열식품에서는 많이 검출되는 대표적인 화합물이다(Moga and Sizer, 1973; Cha and Cadwallader, 1995; Kusaka et al., 1983). Pyridine류는 다소 불쾌한 냄새를 가지며(Moga and Sizer, 1973), 이 N-containing compounds류들은 주로 Strecker 분해를 통한 Maillard 반응이나 pyrolysis 반응에 의해 생성된다고 보고되어 있다(Ho and Carlin, 1989). N-containing compound류는 그 관능적 특성 및 낮은 역치(Shibamoto and Bernhard, 1976) 등을 고려할 때 이들은 계수적으로나 양적으로 보아 굴 소스 가열향기의 특징적인 냄새발현에 주요한 역할을 할 것으로 생각된다.

Acetic acid 등 13종이 동정된 휘발성 acid류는 타 화합물에 비해 양적으로 월등히 많이 함유되어 있었는데, hexadecanoic acid 및 tetradecanoic acid가 양적으로 타 acid류에 비해 월등히 많았다. 이들 휘발성 acid류는 종류에 따라서 다소 불쾌한 자극적인 냄새 혹은 상쾌한 과실향을 내는 것으로 알려져 있다. 한편, 환황 화합물의 경우 역치가 낮아 적은 양으로도 식품의 특징적인 냄새발현에 영향을 미치며, 대체로 탄내나 양이 미량일 경우 고소한 냄새를 내는데 본 굴 소스의 가열향기 성분에서는 발견되지 않았다.

사 사

이 논문은 2009년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 0074813)의 일부로서 이에 감사드립니다.

References

- Ahn JS, Cho WJ, Jeong EJ and Cha YJ. 2006. Changes in volatile flavor compounds in red snow crab, *Chionoecetes japonicus*, cooker effluent during concentration. Korean J Fish Aquat Sci 39, 437-440. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2006.0437>.
- Cha YJ, Baek HH and Hsieh TC. 1992. Volatile components in flavor concentrates from crayfish processing waste. J Sci Food Agric 58, 239-243.
- Cha YJ, Cadwallader, KR and Baek, HH. 1993. Volatile flavor components in snow crab cooker effluent and effluent concentrate. J Food Sci 58, 525-529.
- Cha YJ. 1995. Volatile compounds in oyster hydrolysate produced by commercial protease. J Kor Soc Food Nutr 24, 420-426.
- Cha YJ and Cadwallader KR. 1995. Volatile components in salt-fermented fish and shrimp pastes. J Food Sci 60, 19-24.
- Chung HY. 1999. Volatile components in crab meat of *Charyb-*

- dis feriatius*. J Agric Food Chem 47, 2280-2287.
- Han IJ, Park JS, Choi JI, Kim JH, Song BS, Yoon YH, Byun MW, Chun SS and Lee JW. 2009. Change in flavor patterns of gamma irradiated raw oyster and oyster cooking drip determined using an electric nose. Korean J Fish Aquat Sci 42, 209-214. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2009.0209>.
- Hayashi T, Ishii H and Shinohara A. 1990. Novel model experiment for cooking flavor research on crab leg meat. Food Rev Int 6, 521-536.
- Heath HB and Reineccius G. 1986. Flavor Chemistry and Technology. MacMillan Pub. LTD., Basingstoke, England, 121.
- Hwang SM, Hwang YS, Nam SG, Lee JD, Ryu SG and Oh KS. 2014. Flavor improvement of a complex extract from poor-quality, individually quick-frozen oysters *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 47, 733-739. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0733>.
- Ho CT and Carlin JT. 1989. *Flavor Chemistry, Trend and Developments*. American Chemical Society, Washington, D.C., U.S.A., 92.
- Kang JY, Roh TH, Hwang SM, Kim YA, Choi JD and Oh KS. 2010. The precursors and flavor constituents of the cooked oyster flavor. Korean J Fish Aquat Sci 43, 606-613. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0606>.
- Kim SG, Hwang SM and Oh KS. 2013. Food component characteristics of cultured sea mussel *Mytilus edulis* and its complex extract. J Agric Life Sci 47, 281-292.
- KSFSN. 2000a. Handbook of Experimental in Food Science and Nutrition. Hyoil Pub. Co., Seoul, Korea, 96-127.
- KSFSN. 2000b. Handbook of Experimental in Food Science and Nutrition. Hyoil Pub. Co., Seoul, Korea, 625-627.
- Kusaka H, Narita H, Iwata, K and Ohta S. 1983. Gas liquid chromatographic determination of flavor component from ascidian. Bull Japan Soc Sci Fish 49, 617-620.
- Manley CH. 1994. Process Flavors. In *Source Book of Flavor*. Reineccius, G.R. (ed). Chapman and Hill, New York, U.S.A., 139-154.
- Moga JA and Sizer CE. 1973. Pyrazines in foods. A review. J Agric Food Chem 21, 22-26.
- Oh KS and Lee EH. 1989. Volatile flavor components of powdered Katsuobushi. Korean J Fish Aquat Sci 22, 169-176. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.1989.0169>.
- Oh KS, Kang ST and Ho CT. 2001. Flavor constituents in enzyme hydrolysates from shore swimming crab and spotted shrimp. J Kor Soc Food Nutr 30, 787-795.
- Shibamoto T and Bernhard RA. 1976. Effect of time, temperature and reaction ratio on pyrazine formation in model system. J Agric Food Chem 24, 847-852.