

## SPME-GC/MS 이용 식용곤충 페이스트형 발효조미료의 향기성분분석

조주형<sup>1</sup> · 조혜령<sup>1</sup> · 정장호<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>세종대학교 조리외식경영학과

### Analysis of volatile compounds in fermented seasoning pastes using edible insects by SPME-GC/MS

Joo-Hyoung Cho<sup>1</sup>, Huiling Zhao<sup>1</sup>, and Chang-Ho Chung<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Culinary Science and Foodservice Management, Sejong University

**Abstract** Fermented seasoning pastes were prepared by *Aspergillus oryzae* and *Bacillus subtilis* using three edible insects, *Tenebrio molitor* larvae (TMP), *Gryllus bimaculatus* (GBP), and *Bombyx mori* pupa (SPP), with soybean (SBP) as a negative control. Volatile compounds were extracted by the headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) method and confirmed by gas chromatograph-mass spectrometry (GC-MS). In total, 121 volatiles from four samples were identified and sub-grouped as 11 esters, 18 alcohols, 23 aldehydes, 5 acids, 10 pyrazines, 2 pyridines, 7 aromatic hydrocarbons, 10 ketones, 19 alkanes, 9 amides, 4 furans and 3 miscellaneous. TMP, GBP, SPP and SBP had 48, 54, 36, and 55 volatile compounds, respectively. Overall, 2,6-dimethylpyrazine and trimethylpyrazine were found by a high proportion in all samples. Tetramethylpyrazine, a main flavor of doenjang, a Korean fermented seasoning soybean paste, was identified as one of the major compounds in TMP, SPP, and SBP. SBP had benzaldehyde, hexanal, n-pentanal, and aldehydes and SPP with pyrazines.

**Keywords:** edible insects, fermented seasoning paste, volatile compounds, HS-SPME, paste flavor

## 서 론

한국은 (대)두장(豆醬) 문화권으로 간장, 된장, 청국장과 같은 콩을 발효하여 만든 장류를 조미료로 이용하게 되었다(Yoon, 2007). 그 중에 된장은 콩을 주원료로 활용하는 발효식품으로써 특유의 맛과 향을 지니고 있으며, 단백질의 함량이 높아 곡류와 채소 위주의 한국 식단에 영양학적으로 중요한 단백질 공급식품으로 알려져 있다(Kim과 Rhee, 1990). 된장의 종류는 사용하는 원료에 따라 콩된장, 쌀된장, 밀된장, 보리된장 등으로 나눌 수 있지만 공통적으로 콩의 단백질을 주 원료로 이용한다(Park 등, 1994a). 그러나 콩 단백질이 아닌 다른 고단백질 식품원료로 이용한 된장 발효 방식의 식품에 관해서는 연구 및 제품화에 대해 현재까지 알려진 바가 거의 없는 실정이다.

콩 단백질의 대체 가능성이 있는 고단백 식품원료 중에는 최근 폭발적 세계 인구증가에 따른 동물 단백질 자원 수급불안을 해소할 수 있을 것으로 기대되고 있는 ‘식용곤충’이 있다(Premalatha 등, 2011). 곤충은 전반적으로 단백질이 50-60% 정도로 풍부하고, 쇠고기에 비해 생산성이 좋을 뿐만 아니라 환경적인 측면에서도 온실가스 발생률이 낮고, 지구온난화 지수가 육류

생산에 비해 현저히 낮은 비율을 보여 육류를 대체할 수 있는 미래 단백질 자원으로 관심받고 있다(Bukkens, 1997; Ooninx과 de Boer, 2012). 이러한 식용곤충은 육류, 어패류, 콩과 같은 단백질 식품의 대체 원료로 이용된다면 다양한 생산물이 개발 될 수 있다. 특히 단백질 발효식품으로써 가공할 경우 발효에 의한 단백질 분해로 인해 단백질의 원활한 소화흡수를 진행할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 곤충을 식품으로 섭취하는데 있어 아직까지 국내와 같이 사회적인 부정적 인식이 있어, 곤충의 심리적, 문화적 인식 장벽을 변화시키고, 식량 자원으로 받아들일 수 있도록 태도의 변화를 가져올 수 있는 새로운 시도가 필요하다(Looy 등, 2014). 이를 위해 무엇보다도 곤충의 새로운 식품가공 가능성을 제시하는 것이 필요하고, 이러한 시도들을 통해 곤충을 식품으로 섭취할 경우 소비자의 관능적인 측면에 대한 연구가 또한 필수적으로 제시되어야 할 것이다.

식물자원인 콩을 이용하여 미생물로 발효시킨 된장의 경우, 발효과정에서 생성되는 미생물들의 효소분해에 의해 콩 단백질로부터 분해되어 나오는 저분자 단백질 분해물, 펩타이드류, 유리 아미노산 및 기타 분해물질들은 맛과 풍미에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 색상, 물성 등과 더불어 된장의 전체적 향미 특성의 매우 중요한 품질지표가 된다(Jang과 Kim, 1984; Kim 등, 2010). 이와 관련된 선행연구로는 재래식 메주와 고지 균주를 달리하여 발효 숙성 중 된장의 관능적 중요 향미물질 특성 차이를 확인한 향기성분을 분석한 연구(Park 등, 1994b)와 한국의 재래식 된장에 있어서 어떠한 미생물이 된장의 향미에 주요 영향을 미치는지에 관한 분석연구(Song 등, 1984) 등 발효 미생물이 된장의 향기 성분에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대하여 규명한 연구가 진행된 바 있고, 된장 제조방법과 숙성기간 차이에 따라 향기성분

\*Corresponding author: Chang-Ho Chung, Department of Culinary Science and Foodservice Management, Sejong University, Seoul 05006, Korea  
Tel: +82-2-3408-3222  
Fax: +82-2-3408-4314  
E-mail: cchung@sejong.ac.kr  
Received December 28, 2017; revised February 27, 2018;  
accepted February 27, 2018

을 분석한 연구(Choi 등, 1997), 전통식과 개량식 된장의 가열 조리 시 향기 성분의 변화를 분석한 연구(Lee와 Ahn, 2008) 등도 진행되었다. 또한, 전통식, 일본식, 혼합식 메주로 담근 된장의 향미성분 차이를 확인 한 연구(Lee 등, 2003), 재래식과 개량식으로 담근 된장의 향기성분 분석(Ji 등, 1992) 등 된장의 주 재료인 메주종류에 따라 향미성분 특성을 파악한 연구, 재래식 된장의 발효 및 숙성 중에 생성되는 향기성분을 증성, 폐놀성, 염기성과 산성 분획물 등 분획에 따라 향기성분 특성을 파악한 연구(Kim 등, 1992) 등 다양한 된장의 향기성분에 관한 연구가 보고된 바 있다. 이러한 연구들에서 콩 단백질 이용 시 된장 가공, 부재료, 담금방식 등에 따라서도 그 발효산물들의 향미 특성이 다르게 나타나는 결과를 보였다. 이에 만일 콩 단백질을 곤충 단백질로 대체하고 전통 콩 발효 미생물로 처리할 경우 원료 자체의 변화로 새로운 형태의 제품향미 특성을 가질 것으로 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 된장 가공방식을 이용하여 생산된 식용 곤충 소재 발효물의 향미성분 특성파악을 위해 2016년 식품의약품안전처에서 식품원료로 등록된 식용곤충 갈색거저리유충(*Tenebrio molitor* larvae), 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*), 번데기(*Bombyx mori* pupa; silkworm pupa)를 된장 가공방식으로 발효한 식용곤충 페이스트 형태의 발효조미료(된장형) 3종과 같은 제조법으로 만든 대두 된장을 대조군으로 이용해 SPME 방법으로 4종 시료들의 휘발성 화합물 추출 후 gas chromatograph-mass spectrometry (GC-MS)를 이용하여 각 시료의 휘발성 향기성분들을 분석 및 동정하였다. 또한 이를 통한 향미의 관능적 기호성에 미치는 영향을 파악하여 곤충 소재의 발효 식품 가능성을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

본 실험에 사용한 갈색거저리유충, 쌍별귀뚜라미, 번데기는 2017년에 양주시 농업기술센터에서 건조 처리가 된 것을 받아 사용하였다. 메주와 고지의 제조에 이용된 균주는 바실루스 수브틸리스(*Bacillus subtilis* KACC No. 17798; 국립농업과학원 미생물은행(Korean Agricultural Culture Collection, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea), 아스페르길루스 오리자에(*Aspergillus oryzae*, Chungmu Fermentation Co., Uisan, Korea))에서 제공 받은 균주를 사용하였다. 메주 제조에 사용된 대두(신선백대, Yeosu Farm, Yeosu, Korea)와 고지 제조에 이용된 백미와 소금은 서울시 화양동 소재 지역시장에서 구매하여 사용하였다.

### 페이스트형 발효조미료 제조

곤충 3종과 대두를 이용한 페이스트형 발효조미료의 제조 방식은 된장 제조 선행연구를 참조하여 진행하였다(Ko 등, 2012). 각 재료는 *A. oryzae* 0.5%와 *B. subtilis* 1%를 접종하여 30°C에서 48시간 동안 발효시킨 메주(27.2%)와 *A. oryzae* 0.5%를 접종하여 30°C에서 48시간 동안 발효시킨 고지(18%), 소금(10%) 및 증류수를 비율별로 스토마커(Stomacher; Bag mixer 400W, Interscience, Saint Nom, France)를 이용하여 속도 8, 2분 동안 혼합한 후 30°C에서 35일을 발효시켰다. 35일차에 발효가 완료된 페이스트형 발효조미료의 시료를 채취하여 향기성분을 분석하였다. 본 연구에서 제조된 시료의 경우 제조방식이 식품공전상 된장의 유형에 해당되나 대두가 함유되어 있지 않으므로 본 연구의 곤충을 이용한 페이스트형 발효조미료의 경우 된장이라 정의 할 수 없어 쌍별귀뚜라미 페이스트형 발효조미료(GBP), 번데기 페이스트형 발효조미료(SPP), 갈색거저리 유충 페이스트형 발효조미료

(TMP)로 명명하였고, 대두로 제조한 시료의 경우는 대두 된장(SBP)으로 구분하였다.

### 헤드스페이스 고체상 미량추출(headspace solid-phase microextraction, HS-SPME)을 이용한 휘발성 향기성분의 추출

페이스트형 발효조미료의 향기성분을 포집하기 위해 균질화된 각 시료 5g을 취하여 20 mL 헤드 스페이스 바이알(Headspace glass vial, Supelco, Bellefonte, PA, USA)에 넣고 증류수 5 mL와 내부표준 용액 1 mL (2-methyl-1-pentanol 10 µg/mL distilled water) 넣은 뒤, 염화나트륨(NaCl) 2g을 넣고 실리콘(Supelco, Bellefonte, PA, USA)으로 입구를 밀봉하였다. 각 시료가 들어있는 바이알(vial)은 평행상태를 만들어주기 위해 가열온도(50°C)에서 30분 동안 막대자석(magnetic bar)을 이용하여 교반한 후 바이알에 SPME 섬유바늘(fiber needle)을 넣고 30분 동안 휘발성 물질을 흡착시켰다. 휘발성 물질이 흡착된 바늘을 220°C의 GC-MS 주입구(injection port)에서 5분간 탈착하여 분석하였다. 페이스트형 발효조미료의 휘발성분 회수에 적합한 SPME fiber (Supelco, Bellefonte, PA, USA)는 divinylbenzene/carboxen/PDMS (85 µm)를 선택하여 분석을 실시하였다(Lee와 Ahn, 2008).

### GC/MS를 이용한 된장의 향기성분 정성 분석

HS-SPME를 이용하여 얻어진 각 시료의 향기성분은 GC/MS (Agilent 7890B-GC/5977A-MS/Combi-Pal-Headspace, Agilent Co., Palo Alto, CA, USA)로 분석을 실시하였다. 분석에 사용된 칼럼(column)은 DB-wax (60 m×320 µm×0.5 µm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)를 사용하였고, 이동상 기체는 헬륨을 이용해 유속을 1 mL/min로 유지하였다. 오븐 온도는 40°C에서 5분간 유지한 후, 180°C까지 5°C/min 속도로 올린 다음 20분 동안 유지시켰다. 주입 히터(inlet heater)의 온도는 250°C이며, splitless mode에서 휘발성분이 흡착된 fiber를 1분간 주입(injection)하여 분석하였다. 질량분석(MS)의 조건은 질량분석 이온전압(ionization voltage)이 70 eV, 열원온도(source temperature)는 200°C, 인터페이스온도(interface temperature)는 280°C, 질량 스펙트럼 스캔 범위(mass spectrum scan range)는 10-400 m/z로 진행하였다. 분석결과 각 화합물의 잠정적인 동정은 Agilent technologies에서 제공하는 Masshunter data analysis를 통한 표준 MS library data (Wiley library 2011, Hewlett-Packard Co., Bellefonte, PA, USA) 확인과 CAS Registry Number를 통하여 정성분석 데이터를 확인하였다. 그리고 각 시료에서의 동정된 휘발성 성분은 전체 피크면적(peak area)에서 차지하는 퍼센트(%)로 나타내었다.

### 관능검사

검사원은 세종대학교 조리·식품경영학과 대학원 학생 40명을 대상으로 기호도 검사를 실시하였다. 본 실험에서는 각각의 시료는 물과 된장의 비율을 20:1로 2분 끓인 후 종이컵에 20 mL씩 담아 제공하였다. 된장의 평가 항목은 향에 대해 7점 척도로 나누어(1: 매우 싫음, 5: 좋지도 싫지도 않음, 7: 매우 좋음) 점수를 주도록 하였다. 시료의 평가는 코로 향을 맡아 확인하였고, 각 시료의 평가 사이에 휴식을 취한 뒤 다음 시료의 관능 평가를 실시하도록 하였다.

### 통계처리

각 시료의 분포와 휘발성 화합물간의 상관성을 검증하기 위해 XLSTAT ver. 2013.5.05 (Addinsoft, New York, NY, USA)을 이용

하여 부분 최소제곱 회귀분석(partial least square regression analysis, PLSR) (Aishima, 2004; Martens 등, 2000)을 실시하여 결과를 해석하였다.

## 결과 및 고찰

### 대두 된장 및 식용곤충 페이스트형 발효조미료의 휘발성 향기 성분

HS-SPME를 이용하여 얻어진 대두 된장(SBP) 및 식용곤충 페이스트형 발효조미료(GBP, SPP, TMP)의 향기성분을 GC/MS로 분석한 결과 Table 1과 같이 조사되었다. 또한, 각 시료의 휘발성 향기성분을 Wiley mass-spectrum library에 따라 확인하기 위해 조사된 qualifier ions ( $m/z$ )을 Table 2에 제시하였다. 4개의 시료에서 정성된 휘발성 화합물은 총 121종으로 에스테르류(esters)는 11종, 알코올류(alcohols)는 18종, 알데하이드류(aldehydes)는 23종, 산류(acids)는 5종, 피라진류(pyrazines)는 10종, 피리딘류

(pyridines)는 2종, 방향족화합물(aromatic hydrocarbons)은 7종, 케톤류(ketones)는 10종, 알케인류(alkanes)는 19종, 아마이드류(amides)는 9종, 퓨란류(furans)는 4종 마지막으로 기타 화합물(miscellaneous compounds)은 3종으로 검출되었다. 본 분석에 이용된 HS-SPME의 경우 휘발성이 강하고 비극성인 화합물의 측정에 용이하여 극성이 낮고 휘발성이 낮은 퓨란류의 경우 분석이 어려워 많은 양이 분석되지 못한 것으로 보인다(Kafkas 등, 2005). 각 향기성분의 냄새에 대한 서술을 선행연구를 참고하여 Table 1에 제시하였다.

각 시료에 따른 휘발성 화합물의 경우 대조군으로 제조한 대두 된장(SBP)의 경우 총 55종의 화합물(알코올류 8종, 알데하이드류 15종, 산류 3종, 피라진류 7종, 방향족 화합물 4종, 케톤류 6종, 알케인류 7종, 아마이드류 2종, 퓨란류 2종 및 기타 1종)이 분석되었으며, 쌍별귀뚜라미 페이스트형 발효조미료(GBP)의 경우 54종의 화합물(에스테르류 7종, 알코올류 9종, 알데하이드류 9종, 산류 2종, 피라진류 3종, 방향족 화합물 4종, 케톤류 3종, 알

Table 1. Volatile flavor compounds of soybean and insects paste samples at 35 days

(Unit: %)<sup>1)</sup>

KI <sup>2)</sup>	Code	Volatile compound <sup>3)</sup>	RT <sup>4)</sup>	Soybean and insect paste <sup>5)</sup>				Odor description	Ref. <sup>6)</sup>
				SBP	GBP	SPP	TMP		
<b>Esters (11)</b>				<b>0</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		
838	et1	L-alanine methyl ester	5.1	- <sup>7)</sup>	-	2.40	-		
1270	et2	Trimethylsilyl ester	21.4	-	0.54	-	-		
1637	et3	1-Triazene	31.7	-	-	1.48	-		
1732	et4	Methyl N-hydroxybenzenecarboximidate	34.0	-	4.95	-	4.66		
1839	et5	Phenethyl acetate	36.7	-	1.97	-	-	Flowery	(Peinado 등, 2004)
1902	et6	Ethyl oleate	38.4	-	-	1.48	-	Coconut, sweet	(Chung, 2000)
1908	et7	Phenethyl butyrate	38.6	-	2.78	-	-		
2002	et8	Prenyl-2-methylpentoate	41.9	-	0.47	-	-	Musty, sweet, fruity, weak chemical	(Rettinger, 1991)
2017	et9	Phenylethyl isovalerate	42.5	-	0.61	-	-		
2060	et10	Ethyl myristate	44.5	-	0.20	-	-		
2102	et11	Ethyl linoleate	46.4	-	-	-	1.93	Grease, creamy, mild, sweet	(Chung, 2000; Zhao 등, 2011)
<b>Total esters peak area %</b>				<b>0.00</b>	<b>11.53</b>	<b>5.37</b>	<b>6.59</b>		
<b>Alcohols (18)</b>				<b>8</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>9</b>		
893	al1	1,3-Butanediol	7.4	-	0.75	-	-		
977	al2	Ethanol	10.8	0.55	0.47	-	0.44	Ethanol	
1157	al3	3-Methyl-1-hexen-3-ol	17.6	-	0.27	-	-		
1226	al4	Isoamyl alcohol	19.9	0.70	0.68	-	1.32	Fusel oil, whisky	(Zea 등, 2001)
1267	al5	Pentanol	21.3	0.30	-	-	-	Balsamic	(Zhu 등, 2015)
1311	al6	Acetoin	22.7	-	-	-	2.37	Buttery, cream	(Peinado 등, 2004)
1314	al7	Diethylene glycol	22.8	-	0.34	-	-		
1322	al8	Cetyl alcohol	23.0	0.30	-	-	-	Very faint	
1564	al9	Isopropyl ether	29.9	-	-	1.37	-	Sweet	
1565	al10	Isooctanol	29.9	0.85	-	-	-		
1580	al11	2,3-Butanediol	30.3	1.20	1.36	-	2.28	Burning	(Zhao 등, 2011)
1667	al12	Furfuryl alcohol	32.4	-	1.29	-	3.51	Caramel-like, sweet	(Afoakwa 등, 2009)
1749	al13	2-Hexadecanol	34.4	-	-	1.26	-		
1799	al14	2-(2-(Dodecyloxy)ethoxy)ethanol	35.6	-	-	-	1.76		
1821	al15	2-Nonadecanol	36.2	0.60	-	-	-		
1872	al16	Octaethylene glycol monododecyl ether	37.6	-	0.34	-	0.70		
1934	al17	Phenylethyl alcohol	39.5	2.20	2.99	5.02	3.87	Honey, spice, rose, lilac, owery, caramel	(Frauendorfer, 2006; Jordan 등, 2002)
1976	al18	2-Cyclohexylethanol	40.9	-	-	-	1.05		
<b>Total alcohols peak area %</b>				<b>6.69</b>	<b>8.48</b>	<b>7.65</b>	<b>17.31</b>		

Table 1. Continued

(Unit: %)<sup>1)</sup>

KI <sup>2)</sup>	Code	Volatile compound <sup>3)</sup>	RT <sup>4)</sup>	Soybean and insect paste <sup>5)</sup>				Odor description	Ref <sup>6)</sup>
				SBP	GBP	SPP	TMP		
<b>Aldehydes (23)</b>				<b>15</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>		
847	ad1	Acetaldehyde	5.4	4.49	-	-	-	Ethereal, pungent	(Zea 등, 2001)
892	ad2	Isobutyraldehyde	7.4	1.35	-	-	1.14	Rotten butter	(Pause 등, 2003)
963	ad3	n-Pentanal	10.3	7.74	-	-	-	Almond, malt, pungent	(Zhu 등, 2015)
963	ad4	3-Methylbutanal	10.3	-	2.71	-	5.62	Chocolate, malt	(Zhu 등, 2015; Afoakwa 등, 2009)
1107	ad5	Hexanal	15.8	8.99	-	-	-	Green,herbal,grass	(Jordan 등, 2002)
1156	ad6	(E)-2-pentenal	17.5	-	-	0.57	-	Fruity,strawberry	(Jordan 등, 2002)
1206	ad7	Heptanal	19.3	-	-	-	0.62	Dry fish,pesticide,solvent,smoky	(Jordan 등, 2002)
1326	ad8	3-Ketobutyraldehyde dimethyl acetal	23.2	-	-	0.34	0.79		
1407	ad9	Nonanal	25.7	1.15	0.95	2.63	-	Oxidated oil, fat, citrus, green	(Fu 등, 2009; Zhu 등, 2015)
1450	ad10	(2E)-2-octenal	26.9	3.74	-	-	1.14	Green, nut, fat	(Zhu 등, 2015)
1479	ad11	2-Furancarboxaldehyde	27.6	2.30	3.12	5.25	-	Woody, almond, Caramel-like, sweet	(Afoakwa 등, 2009; Jeong 등, 2011)
1489	ad12	2,5-Bis[(trimethylsilyl)oxy]benzaldehyde	27.9	-	0.27	-	-		
1514	ad13	2,4-Heptadienal	28.6	-	1.36	-	-	Orangeoil,oily	(Jordan 등, 2002)
1552	ad14	Benzaldehyde	29.5	9.63	5.56	-	-	Burnt sugar, almond, savory	(Jeong 등, 2011; Kim 등, 1993)
1608	ad15	(2E,6E)-2,6-nonadienal	31.0	-	-	1.37	-	Bananacandy,green,herbal	(Jordan 등, 2002)
1643	ad16	2,3,4-Trimethylbenzaldehyde	31.8	-	-	1.37	-		
1670	ad17	Benzene acetaldehyde	32.5	3.34	-	-	-	Osmanthus, rosy	(Chung, 2000; Zhao 등, 2011)
1682	ad18	4-Methylbenzaldehyde	32.8	3.89	5.29	-	6.85	Cherry	
1741	ad19	4-Ethylbenzaldehyde	34.2	1.90	-	-	-		
1835	ad20	(E,E)-2,4-decadienal	36.6	1.85	-	4.22	2.55	Deep fat avor, chicken avor at 10 ppm, citrus/orange/grapefruit avor at lower dilutions	(Calkin과 Hodgen, 2007)
1961	ad21	2-Phenyl-2-butenal	40.5	1.00	1.36	2.28	0.70	Floral, prune-like	(Chung, 2000)
2048	ad22	1H-pyrrolicarboxaldehyde	44.0	0.40	-	-	-	Honey, candy (low)	(Afoakwa 등, 2009)
2102	ad23	5-Methyl-2-phenyl-2-hexenal	46.4	0.50	0.68	-	-	Prune-like	(Chung, 2000)
<b>Total aldehydes peak area %</b>				<b>52.27</b>	<b>21.30</b>	<b>18.04</b>	<b>19.42</b>		
<b>Acids (5)</b>				<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		
1449	ac1	Acetic acid	26.8	-	0.95	-	-	Sour, astringent, vinegar	(Frauendorfer, 2006)
1490	ac2	3-Hydroxymandelic acid	27.9	0.90	-	-	-		
1564	ac3	Propanoic acid	29.8	-	0.95	-	1.41	Sour, pungent, rancid, soy	(Frauendorfer과 Schieberle, 2008; Ruth, 1986)
1756	ac4	3,5-Bis(methylthio)isothiazole-4-carboxylic acid	34.5	1.55	-	-	-		
1897	ac5	Pentanoic acid	38.3	0.60	-	-	-	Sour	(Zhao 등, 2011)
<b>Total acids peak area %</b>				<b>3.05</b>	<b>1.90</b>	<b>0.00</b>	<b>1.41</b>		

케인류 10종, 아미이드류 6종, 퓨란류 1종), 번데기 페이스트형 발효조미료(SPP)의 경우 36종의 화합물(에스테르류 3종, 알코올류 3종, 알데하이드류 8종, 피라진류 5종, 방향족 화합물 4종, 케톤류 5종, 알케인류 5종, 퓨란류 1종 및 기타 2종), 갈색겨저리 유충 페이스트형 발효조미료(TMP)의 경우 48종의 화합물(에스테르류 2종, 알코올류 9종, 알데하이드류 8종, 산류 1종, 피라진류 8종, 피리딘류 2종, 방향족 화합물 5종, 케톤류 4종, 알케인류 6

종, 아미이드류 1종, 퓨란류 2종 및 기타 1종)이 검출되었다. SBP에서 많은 비율을 차지하는 화합물의 계열은 알데하이드류(52.27%), 피라진류(16.17%)로 확인이 되었다. 각 화합물 중 대두 된장에서 높은 함량을 나타내는 대표적 화합물을 확인한 결과 알데하이드류 중에서도 벤즈알데하이드(benzaldehyde, 9.63%), 헥산알(hexanal, 8.99%), 노말펜탄알(n-pentanal, 7.74%), 아세트알데하이드(4.49%)의 성분이 높은 비율을 차지하고 있으며, 피라진류에

Table 1. Continued

(Unit: %)<sup>1)</sup>

KI <sup>2)</sup>	Code	Volatile compound <sup>3)</sup>	RT <sup>4)</sup>	Soybean and insect paste <sup>5)</sup>				Odor description	Ref <sup>6)</sup>
				SBP	GBP	SPP	TMP		
<b>Pyrazine (10)</b>				<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>8</b>		
1292	py1	Methylpyrazine	22.1	0.30	0.41	-	0.62	Nutty, green	(Afoakwa 등, 2009)
1349	py2	2,5-Dimethylpyrazine	23.9	-	-	0.57	-	Roasted, cooked	(Afoakwa 등, 2009)
1354	py3	2,6-Dimethylpyrazine	24.0	1.60	2.17	3.65	1.85	Baked potato, nutty, fruity, cooked rice	(Jeong 등, 2011; Zhao 등, 2011)
1371	py4	2,3-Dimethylpyrazine	24.6	0.45	-	-	0.44	Cooked, nutty	(Afoakwa 등, 2009)
1429	py5	Trimethylpyrazine	26.3	3.64	4.95	8.33	4.22	Cocoa, roasted, cooked	(Afoakwa 등, 2009)
1460	py6	2-Vinylpyrazine	27.1	-	-	-	0.35		
1467	py7	3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine	27.3	0.55	-	-	0.44	Roasty	(Matsui 등, 1998)
1499	py8	Tetramethylpyrazine	28.2	8.34	-	19.06	7.03	Milk-coffee, roasted, chocolate	(Afoakwa 등, 2009)
1536	py9	2,3,5-Trimethyl-6-ethylpyrazine	29.1	1.30	-	-	1.14	Candy, sweet	(Afoakwa 등, 2009)
1537	py10	2-Methyl-3,5-diethylpyrazine	29.1	-	-	0.46	-	Nutty, roasted aroma	(Moio과 Addeo, 1998)
<b>Total pyrazine peak area %</b>				<b>16.17</b>	<b>7.53</b>	<b>32.08</b>	<b>16.08</b>		
<b>pyridine (2)</b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>		
1518	pd1	Bis[1,4]benzodithiino[2,3-b:2',3'-e]pyridine	28.7	-	-	-	1.93		
1597	pd2	Pyrazolo[1,5-a]pyridin-5-ol	30.7	-	-	-	4.39		
<b>Total pyridine peak area %</b>				<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6.33</b>		
<b>Aromatic hydrocarbons (7)</b>				<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		
1281	ah1	Styrene	21.7	0.30	-	0.68	0.53	Solventy, rubbery	(Ruth, 1986)
1783	ah2	Naphthalene	35.2	1.95	2.65	4.45	1.67	Mothball, tar-like	(Ruth, 1986)
1882	ah3	1-Naphthol	37.8	1.25	1.70	-	-		
1926	ah4	Butylated hydroxytoluene	39.2	-	-	-	0.35	Slight phenolic	(Shahidi과 Zhong, 2005)
2019	ah5	Phenol	42.6	-	-	0.23	0.70	Phenol	(Zhao 등, 2011)
2076	ah6	8-Isopropyl-1-naphthol	45.2	-	0.27	-	-		
2212	ah7	2-Methoxy-4-vinylphenol	53.4	1.30	1.76	2.97	1.23	Spicy, phenolic	(Matsui 등, 1998)
<b>Total aromatic hydrocarbons peak area %</b>				<b>4.79</b>	<b>6.38</b>	<b>8.33</b>	<b>4.48</b>		
<b>Ketones (10)</b>				<b>6</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		
1013	ke1	2,3-Butanedione	12.2	-	-	1.03	2.02	Buttery (low)	(Zhu 등, 2015)
1205	ke2	2-Heptanone	19.3	-	-	0.46	-	Fruity, spicy, cinnamon, penetrating fruity odor in liquid	Calkins
1337	ke3	2,3-Octanedione	23.5	0.20	-	-	-	Cream, butter, wax	(Zhu 등, 2015)
1616	ke4	2-Undecanone	31.2	2.00	-	-	2.02	Grassy	(Fu 등, 2009)
1682	ke5	Acetophenone	32.8	-	-	11.07	-	Cherry, strawberry, honey	(Burdock, 2016)
1826	ke6	2-Tridecanone	36.3	0.75	-	-	1.05	Fatty(very weak)	(Qian과 Reineccius, 2002)
1873	ke7	Geranylacetone	37.6	1.00	-	-	-	Fragrant	
1996	ke8	2-Acetylpyrrole	41.6	0.60	0.81	1.37	0.79	Floral	(Chung, 2000)
2037	ke9	2-Pentadecanone	43.5	0.25	0.75	0.57	-	Jasmine, celery-like	(Tamura 등, 2013)
2172	ke10	$\gamma$ -decalactone	50.7	-	0.61	-	-	Fruity, peach, caramel	(Zea 등, 2001)
<b>Total ketones peak area %</b>				<b>4.79</b>	<b>2.17</b>	<b>14.50</b>	<b>5.89</b>		

서는 테트라메틸피라진(8.34%)이 높은 비율을 차지하였다.

GBP의 경우에 많은 비율을 차지하는 화합물의 계열은 아마이 드류(27.20%), 알데하이드류(21.30%), 에스테르류(11.53%) 그리고 알 케인류(11.20%)로 높은 비율을 보였다. 각 화합물에서는 아마이 드류에서 1-메틸노말부틸아민(1-methyl-n-butylamine, 21.57%)가 높았으며, 알데하이드류에서 벤즈알데하이드(5.56%)와 4-메틸벤즈알

데하이드(4-methylbenzaldehyde, 5.29%)가 높았고, 에스테르류의 메틸엔하이드록시벤젠카복시미데이트(methyl N-hydroxybenzenecarboximidate, 4.95%)와 피라진류의 트라이메틸피라진(trimethylpyrazine, 4.95%)이 높은 비율을 차지하였다.

SPP의 경우는 높은 비율을 차지하는 계열이 피라진류(32.08%), 알데하이드류(18.04%), 케톤류(14.50%)로 확인이 되었으며, 각 화

Table 1. Continued

(Unit: %)<sup>1)</sup>

KI <sup>2)</sup>	Code	Volatile compound <sup>3)</sup>	RT <sup>4)</sup>	Soybean and insect paste <sup>5)</sup>				Odor description	Ref <sup>6)</sup>
				SBP	GBP	SPP	TMP		
<b>Alkanes (19)</b>				<b>7</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		
1209	ak1	Dodecanal	19.4	0.75	-	-	-	Coriander-like	(Tamura 등, 2013)
1347	ak2	Trans-2-heptenal	23.8	1.35	-	-	1.23	Pesticide, onion	(Jordan 등, 2002)
1401	ak3	Tetradecanal	25.5	1.45	1.97	3.31	-	Fatty, waxy, dairy	(Tamura 등, 2013)
1497	ak4	Pentadecanal	28.1	-	0.81	0.68	-	Tallowy, soapy	(Tamura 등, 2013)
1592	ak5	3,5-octadien-2-one (E,E)	30.6	-	-	2.05	-	Fatty	(Fu 등, 2009)
1600	ak6	Hexadecanal	30.8	2.15	2.92	-	-		
1614	ak7	15-Crown-5	31.1	-	1.22	-	-		
1699	ak8	Heptadecane	33.2	1.65	1.63	-	2.90	Odorless	(Fu 등, 2009)
1767	ak9	Bicyclo[13.1.0]hexadecan-2-one	34.8	-	-	-	0.97		
1774	ak10	1,13-Tetradecadiene	35.0	-	-	-	1.67		
1776	ak11	Cyclohexadecane	35.0	0.65	-	-	-		
1800	ak12	Octadecanal	35.6	-	0.75	-	-	Tenacious	(Tamura 등, 2013)
1819	ak13	Bicyclo(5.1.0)octane	36.1	-	0.95	-	-		
1820	ak14	1,2-Dimethyl-1-cyclooctene	36.1	-	-	-	0.79		
1852	ak15	Anethole	37.0	-	0.68	-	-	Sweet, anise	(Ashurst, 1995)
1926	ak16	12-Crown-4	39.2	-	0.20	-	-		
1976	ak17	21-Crown-7	41.0	0.60	-	-	1.93		
2003	ak18	Icosane	41.9	-	-	0.46	-		
2067	ak19	18-crown-6	44.8	-	0.07	0.23	-		
<b>Total alkanes peak area %</b>				<b>8.59</b>	<b>11.20</b>	<b>6.74</b>	<b>9.49</b>		
<b>Amides (9)</b>				<b>2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		
821	am1	n-Butylamine	4.3	-	21.57	-	-	Fishy, Sour, ammoniacal	(Hellman과 Small, 1974)
829	am2	sec-Butylamine	4.7	-	-	-	10.28	Fishy, ammoniacal	(Hellman과 Small, 1974)
847	am3	Dimethylacetamide	5.4	-	3.12	-	-	Amine, burnt, oily, ammoniacal	(Ruth, 1986)
1015	am4	Urea,N-(aminoiminomethyl)-	12.3	-	0.27	-	-	Ammoniacal	(Ruth, 1986)
1213	am5	Triethylamine	19.5	-	0.14	-	-	Fishy, amine	(Ruth, 1986)
1309	am6	6-Methyl-2-benzothiazolamine	22.6	0.65	-	-	-		
1768	am7	Acetamide	34.8	-	1.90	-	-	Odorless	
1913	am8	2-Amino-4-(4-nitrophenyl)thiazole	38.8	0.35	-	-	-		
1975	am9	Glycolamide	40.9	-	0.20	-	-		
<b>Total amides peak area %</b>				<b>1.00</b>	<b>27.20</b>	<b>0.00</b>	<b>10.28</b>		
<b>Furans (4)</b>				<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		
893	fu1	2-Methyltetrahydro-3-furanone	7.4	-	-	0.68	-	Caramel, soy sauce	(Zhao 등, 2011)
1156	fu2	2-Butylfuran	17.5	0.40	-	-	-	Odorless	(Zeng 등, 2009)
1243	fu3	2-Pentyl furan	20.5	1.70	2.31	-	1.41	Nutty, bean	(Zeng 등, 2009)
1881	fu4	3-Phenylfuran	37.8	-	-	-	1.32	Green bean-like	(Feng 등, 2015)
<b>Total Furans peak area %</b>				<b>2.10</b>	<b>2.31</b>	<b>0.68</b>	<b>2.72</b>		
<b>Miscellaneous compounds (3)</b>				<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>		
847	mc1	Topotecan	5.5	-	-	5.25	-		
1709	mc2	7,8-Dihydro[1,3]thiazolo[3,2-e]purin-4(1h)-one	33.4	-	-	1.37	-		
2004	mc3	Maltol	42.0	0.55	-	-	-	Caramel, sweet	(Feng 등, 2015)
<b>Total miscellaneous compounds peak area %</b>				<b>0.55</b>	<b>0.00</b>	<b>6.62</b>	<b>0.00</b>		
<b>Total volatile compound</b>				<b>55</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>48</b>		

<sup>1)</sup>Peak area %<sup>2)</sup>Kovats retention index of unknown compounds on DB-WAX column.<sup>3)</sup>Masshunter data analysis library of unknown compounds on DB-WAX column (Wiley library 2011)<sup>4)</sup>Retention time<sup>5)</sup>SBP: *Doenjang* with soybean *meju*, TMP: paste seasoning with *Tenebrio molitor* (Mealworm) larvaemeju, GBP: paste seasoning with *Gryllus bimaculatus*meju, SPP: paste seasoning with *Bombyx mori* (silkworm) pupa meju<sup>6)</sup>Reference aroma and odor.<sup>7)</sup> -: Not detected.

**Table 2. Qualifier ions (*m/z*) of volatile flavor compounds in soybean and insects paste samples at 35 days**

Code	Volatile compound <sup>1)</sup>	<i>m/z</i>	Code	Volatile compound	<i>m/z</i>
<b>Esters (11)</b>			<b>Acids (5)</b>		
et1	L-alanine methyl ester	28, 18, 117, 45	ac1	Acetic acid	45, 43, 41, 70
et2	Trimethylsilyl ester	151, 135, 134, 152	ac2	3-Hydroxymandelic acid	192, 28, 209, 268
et3	1-Triazene	43, 91, 105, 28	ac3	Propanoic acid	45, 73, 74, 18
et4	Methyl N-hydroxybenzenecarboximide	45, 18, 43, 55	ac4	3,5-Bis(methylthio)isothiazole-4-carboxylic acid	73, 221, 45, 43
et5	Phenethyl acetate	43, 105, 28, 71	ac5	Pentanoic acid	28, 43, 45, 18
et6	Ethyl oleate	28, 57, 105, 45	<b>pyridine (2)</b>		
et7	Phenethyl butyrate	28, 105, 57, 45	pd1	Bis[1,4]benzodithiino[2,3-b:2',3'-e]pyridine	355, 147, 221, 281
et8	Prenyl-2-methylpentoate	88, 45, 101, 18	pd2	Pyrazolo[1,5-a]pyridin-5-ol	52, 28, 93, 45
et9	Phenylethyl isovalerate	45, 43, 79, 18	<b>Aromatic hydrocarbons (7)</b>		
et10	Ethyl myristate	32, 44, 18, 58	ah1	Styrene	28, 103, 78, 18
et11	Ethyl linoleate	28, 18, 117, 45	ah2	Naphthalene	73, 28, 45, 69
<b>Alcohols (18)</b>			ah3	1-Naphthol	115, 121, 91, 28
al1	1,3-Butanediol	43, 17, 32, 41	ah4	Butylated hydroxytoluene	45, 18, 205, 73
al2	Ethanol	28, 45, 207, 46	ah5	Phenol	28, 45, 18, 66
al3	3-Methyl-1-hexen-3-ol	28, 17, 32, 45	ah6	8-Isopropyl-1-naphthol	171, 45, 18, 186
al4	Isoamyl alcohol	70, 42, 41, 43	ah7	2-Methoxy-4-vinylphenol	135, 28, 107, 77
al5	Pentanol	42, 55, 41, 70	<b>Ketones (10)</b>		
al6	Acetoin	43, 88, 28, 27	ke1	2,3-Butanedione	28, 86, 18, 32
al7	Diethylene glycol	28, 75, 43, 18	ke2	2-Heptanone	18, 43, 58, 32
al8	Cetyl alcohol	43, 55, 70, 18	ke3	2,3-Octanedione	43, 18, 71, 32
al9	Isopropyl ether	45, 18, 73, 29	ke4	2-Undecanone	58, 43, 45, 71
al10	Isooctanol	45, 43, 18, 55	ke5	Acetophenone	77, 120, 51, 91
al11	2,3-Butanediol	28, 43, 57, 29	ke6	2-Tridecanone	58, 43, 45, 59
al12	Furfuryl alcohol	28, 97, 41, 81	ke7	Geranylacetone	28, 69, 45, 41
al13	2-Hexadecanol	45, 18, 43, 133	ke8	2-Acetylpyrrole	109, 28, 66, 45
al14	2-(2-(Dodecyloxy)ethoxy)ethanol	45, 57, 43, 71	ke9	2-Pentadecanone	58, 43, 45, 59
al15	2-Nonadecanol	45, 18, 81, 67	ke10	$\gamma$ -Decalactone	28, 45, 18, 29
al16	Octaethylene glycol monododecyl ether	43, 45, 18, 69	<b>Alkanes (19)</b>		
al17	Phenylethyl alcohol	92, 122, 65, 28	ak1	Dodecenal	57, 43, 18, 71
al18	2-Cyclohexylethanol	45, 18, 43, 55	ak2	Trans-2-heptenal	41, 108, 55, 42
<b>Aldehydes (23)</b>			ak3	Tetradecanal	74, 43, 85, 41
ad1	Acetaldehyde	32, 44, 29, 43	ak4	Pentadecanal	43, 28, 71, 85
ad2	Isobutyraldehyde	43, 41, 72, 32	ak5	3,5-Octadien-2-one ( <i>E,E</i> )	45, 28, 43, 81
ad3	n-Pentanal	44, 58, 43, 57	ak6	Hexadecanal	71, 43, 85, 28
ad4	3-Methylbutanal	44, 58, 43, 57	ak7	15-Crown-5	43, 77, 45, 58
ad5	Hexanal	44, 41, 57, 43	ak8	Heptadecane	71, 43, 85, 28
ad6	( <i>E</i> )-2-pentenal	28, 17, 55, 32	ak9	Bicyclo[13.1.0]hexadecan-2-one	57, 45, 43, 55
ad7	Heptanal	28, 18, 58, 44	ak10	1,13-Tetradecadiene	41, 70, 57, 83
ad8	3-Ketobutyraldehyde dimethyl acetal	28, 18, 75, 93	ak11	Cyclohexadecane	45, 43, 55, 57
ad9	Nonanal	28, 41, 43, 55	ak12	Octadecanal	57, 43, 71, 45
ad10	(2 <i>E</i> )-2-octenal	55, 41, 83, 57	ak13	Bicyclo(5.1.0)octane	67, 45, 81, 18
ad11	2-Furancarboxaldehyde	95, 39, 38, 28	ak14	1,2-Dimethyl-1-cyclooctene	67, 81, 45, 41
ad12	2,5-Bis[(trimethylsilyl)oxy]benzaldehyde	28, 45, 18, 193	ak15	Anethole	88, 45, 18, 148
ad13	2,4-Heptadienal	28, 120, 18, 193	ak16	12-Crown-4	45, 18, 73, 59
ad14	Benzaldehyde	105, 77, 51, 50	ak17	21-Crown-7	45, 18, 43, 32
ad15	(2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> )-2,6-nonadienal	28, 70, 69, 45	ak18	Icosane	45, 18, 43, 135
ad16	2,3,4-Trimethylbenzaldehyde	148, 66, 28, 54	ak19	18-Crown-6	45, 18, 43, 32
ad17	Benzene acetaldehyde	92, 120, 28, 65	<b>Amides (9)</b>		
ad18	4-Methylbenzaldehyde	120, 91, 105, 65	am1	n-Butylamine	44, 32, 40, 14
ad19	4-Ethylbenzaldehyde	133, 119, 105, 91	am2	sec-Butylamine	44, 32, 40, 14
ad20	( <i>E,E</i> )-2,4-decadienal	28, 41, 67, 45	am3	Dimethylacetamide	32, 44, 29, 43

Table 2. Continued

Code	Volatile compound <sup>1)</sup>	m/z	Code	Volatile compound	m/z
ad21	2-Phenyl-2-butenal	115, 146, 28, 91	am4	Urea,N-(aminoiminomethyl)-	43, 18, 32, 17
ad22	1H-pyrrolicarboxaldehyde	95, 45, 94, 18	am5	Triethylamine	18, 142, 100, 32
ad23	5-Methyl-2-phenyl-2-hexenal	117, 45, 115, 43	am6	6-Methyl-2-benzothiazolamine	43, 45, 57, 207
<b>Pyrazine (10)</b>			am7	Acetamide	44, 43, 42, 28
py1	Methylpyrazine	28, 67, 18, 32	am8	2-Amino-4-(4-nitrophenyl)thiazole	45, 73, 221, 147
py2	2,5-Dimethylpyrazine	42, 28, 39, 18	am9	Glycolamide	45, 18, 32, 43
py3	2,6-Dimethylpyrazine	42, 40, 39, 28	<b>Furans (4)</b>		
py4	2,3-Dimethylpyrazine	67, 28, 18, 57	fu1	2-Methyltetrahydro-3-furanone	43, 32, 41, 72
py5	Trimethylpyrazine	42, 81, 39, 123	fu2	2-Butylfuran	28, 18, 124, 55
py6	2-Vinylpyrazine	106, 45, 43, 18	fu3	2-Pentyl furan	73, 342, 325, 343
py7	3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine	28, 136, 57, 71	fu4	3-Phenylfuran	144, 115, 121, 91
py8	Tetramethylpyrazine	54, 42, 53, 39	<b>Miscellaneous compounds (3)</b>		
py9	2,3,5-Trimethyl-6-ethylpyrazine	150, 28, 122, 43	mc1	Topotecan	32, 44, 29, 43
py10	2-Methyl-3,5-diethylpyrazine	149, 150, 18, 45	mc2	7,8-Dihydro[1,3]thiazolo[3,2-e]purin-4(1h)-one	108, 43, 28, 93
			mc3	Maltol	126, 45, 71, 43

<sup>1)</sup>Masshunter data analysis library of unknown compounds on DB-WAX column (Wiley library 2011)

Table 3. Consumer flavor preference of paste seasoning with soy and insect edibles

Flavor	SBP <sup>4)</sup>	TMP	GBP	SPP	F-value
	3.60±1.45 <sup>ab2)</sup>	3.08±1.79 <sup>bc</sup>	2.38±1.35 <sup>c</sup>	3.28±1.63 <sup>ab</sup>	12.58 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Mean±SD

<sup>2)a-d</sup>Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Tukey HSD test.

<sup>3)</sup>\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

<sup>4)</sup>SBP: Doenjang with soybean meju, TMP: paste seasoning with *Tenebrio molitor* (Mealworm) larvae meju, GBP: paste seasoning with *Gryllus bimaculatus*meju, SPP: paste seasoning with *Bombyx mori* (silkworm) pupa meju

합물에서 높은 함량 비율을 보이는 것이 피라진류의 테트라메틸 피라진(tetramethylpyrazine, 19.06%), 트라이메틸피라진(8.33%), 케톤류의 아세트페논(acetophenone, 11.07%), 알데하이드류의 2-퓨란 카복스알데하이드(2-furancarboxaldehyde, 5.25%) 그리고 알코올류의 페닐에틸알코올(phenylethyl alcohol, 5.02%) 등이 높은 비율을 보였다.

TMP의 경우에는 높은 비율의 계열이 알데하이드류(19.42%), 알코올류(17.31%), 피라진류(16.08%) 그리고 아마이드류(10.28%)로 나타났다. 각 화합물 성분 중 높은 비율을 차지하는 성분은 아마이드계열의 이차부틸아민(sec-butylamine, 10.28%), 피라진류의 테트라메틸피라진(7.03%)와 트라이메틸피라진(4.22%), 알데하이드류의 4-메틸벤즈알데하이드(6.85%), 3-메틸부탄알(3-methylbutanal, 5.62%), 에스테르 계열의 메틸엔하이드록시벤젠카복시메이트(4.66%) 등이 높은 비율을 차지하였다.

### 대두 된장 및 식용곤충 페이스트형 발효조미료의 휘발성 향기 성분 차이분석

대두 된장과 식용곤충 페이스트형 발효조미료의 휘발성 향기 성분의 차이와 소비자의 관능적 향의 선호성에 관한 연관성을 확인하기 위하여 부분 최소제곱 회귀분석(PLSR)을 실시하였다. 각 시료의 향기에 대한 관능적 선호도 점수결과는 Table 3와 같이 나타내었다. 각 시료에 대한 향기의 기호성을 살펴보면 SBP가 가장 기호성이 좋은 것으로 확인되었으며, SPP의 경우 점수는 SBP에 비해 낮으나 통계적으로 차이는 없어 향기의 선호도에서 다른 두 시료보다 높은 것을 확인하였다. 또한, TMP의 경우 SBP에 비해 선호도가 낮으나 SPP와 통계적으로 유의적 차이가 없었

으며, GBP의 경우 다른 시료에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 값을 나타내 관능적 향기가 좋지 못한 것으로 판단하였다( $p < 0.05$ ). 각 시료에 대한 휘발성 화합물 계열과 향의 선호도를 PLSR 분석을 통해 분석한 결과 Fig 1과 같이 나타났으며, 총 변동의 99.35%의 높은 설명력을 나타내었다. 4개의 시료는 1-4분면까지 각각 자리 잡아 전체적으로 향기 성분의 차이가 명확한 것으로 보이는데, 이는 각 시료 원물에 따른 차이에 기인하는 것으로 판단하였다. SBP의 경우 1사분면에 자리하고 있어 같은 면에 분포해 있는 알데하이드류 화합물 계열과 상관성이 높은 것으로 확인되었다. 특히, 1사분면에 향미(flavor) 선호도가 위치하여 가장 높은 상관성을 보이는 것으로 확인되었고, 알데하이드류 화합물 계열이 향미에 긍정적인 역할을 하며 SBP시료가 관능적 향미에 우수한 것으로 확인되었다. TMP 시료의 경우 2사분면에 분포되어 산류, 퓨란류, 피리딘, 알케인류, 알코올류 등 가장 많은 계열의 화합물과 관련성이 높은 것으로 확인되었다. GBP가 3사분면에 위치하고 있으며 아마이드류, 에스테르 계열의 화합물과 함께 자리하고 있어 상관성이 높은 것으로 분석되었으며, 특히, 향에 대한 관능적 선호도 측면에서 음의 상관성을 보여 관능적인 선호도가 낮게 나타났다. 마지막으로 SPP의 시료의 경우 4사분면에 자리하고 있어 같은 면에 분포해 있는 피리진류, 케톤류, 방향족 탄화수소, 그 밖의 화합물 계열의 화합물과 상관성이 높은 것으로 확인되었다. 에스테르 계열이 낮은 된장의 경우 발효과정 중 질소화합물에 의해 생성되는 피라진 계열의 함량이 상대적으로 높게 나타난다고 보고된 바와 같이(Lee 등, 2015), 본 연구에서 분석한 SBP 시료에서도 유사한 결과를 보였으며 에스테르 계열이 높게 나타난 GBP의 경우 피라진류 계열이 낮게 나타나는 경





acid, ac2), 3,5-bis(methylthio)isothiazole-4-carboxylic acid (ac4), 펜탄산(pentanoic acid, ac5) 등 SBP에서 가장 많이 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이 중에서 GBP와 같이 높은 비율을 차지하는 벤즈알데하이드(ad14)의 경우 아몬드와 같은 고소한 향을 내는 물질로 알려져 있으며(Peinado 등, 2004), 특히 재래식 된장의 발효에 있어서 된장 특유의 향미를 내는 character impact compound라고 알려진 화합물로 알려져 있다(Kim 등, 1993). 또한 헥산알(ad5)의 경우 대두 원료 자체에서 삶았을 때 생성되는 물질로 콩의 풋내를 내는 주요물질로 알려져 있다(Yang 등, 1995). 또한, GBP 시료를 제외하고 모든 시료에서 검출이 된 2,4-데칸다이엔알(2,4-decadienal, ad20)의 경우 단백질 식품의 풍미에 긍정적인 영향을 미치는 물질로 알려져 있어(Melton, 1983), 본 연구의 대두된장에서도 향미적 선호도에 긍정적 상관성을 나타내는 향미로 보여진다. 또한 지방산화 생성물인 노말펜탄알(ad3)의 경우는 삶은 콩에 나타나는 휘발성 화합물로 알려져 있으며 대두된장에서 주로 나타나는 카르보닐 화합물 중 하나이다(Jeong 등, 2008; Kim 등, 1992). 다음으로 높은 비율을 차지하는 화합물은 아세트알데하이드(ad1)로 나타났다.

SBP 시료와 마찬가지로 1사분면에 위치한 SPP시료와 근접하여 상관성이 높은 향기성분으로는 피라진 계열이 가장 많이 나타났는데, SPP에서만 확인이 되는 2,5-다이메틸피라진(2,5-dimethylpyrazine, py2), 2-메틸3,5-다이에틸피라진(2-methyl-3,5-diethylpyrazine, py10) 2종과 2,6-다이메틸피라진(2,6-Dimethylpyrazine, py3), 트라이메틸피라진(py5), 테트라메틸피라진(py8) 등이 검출되었다. 피라진계열의 물질들은 아미노카보닐(amino-carbonyl) 반응에 의해 생성되는 향기성분으로 일반적으로 높은 온도에서 생성되는 물질로 갈변 향미의 대표적인 물질로 알려져 있고, 가열 이외에도 *A. oryzae*의 발효에 의해서도 나타나며, 특히 *B. subtilis*균주의 발효에 의해 증가하는 물질로 알려져 있어(Liardon과 Ledermann, 1980; Sugawara 등, 1985), 본 연구에서도 사용된 미생물 발효에 의해 생성이 증가한 것으로 보여진다. 케톤류에서는 SPP에서만 존재하는 2-헵타논(2-heptanone, ke2), 아세트페논(ke5) 2종과 아세틸피롤(2-acetylpyrrole, ke8), 토포테칸(topotecan, mc1), 7,8-Dihydro[1,3]thiazolo[3,2-e]purin-4(1H)-one (mc2) 등이 분석되었다. 선행 연구에 따르면 2,5-다이메틸피라진(2,5-dimethylpyrazine)과 트라이메틸피라진, 2,6-다이메틸피라진, 테트라메틸피라진의 향기성분이 전통된장에서 고유한 향기성분으로 알려졌는데(Lee과 Ahn, 2008), 본 연구에서도 2사분면과 1사분면 사이에 위치한 2,6-다이메틸피라진(py3), 트라이메틸피라진(py5)의 경우, 전체적으로 모든 시료에서 높은 비중으로 분석이 되었고, 테트라메틸피라진(py8) 경우에도 SPP와 SBP, TMP의 시료에서 가장 높은 비중을 차지하는 향기성분 중 하나로 확인이 되어 본 연구에서 진행한 된장의 경우 개량형 된장보다 전통식 된장 제조방식에 가까우므로 향기성분도 전통식 된장과 유사한 것으로 판단된다. 특히, 테트라메틸피라진(py8)의 경우 전통된장에서 피라진 계열 중에 가장 높은 비율을 보이는 향기성분으로 본 연구에서도 높은 비율을 보이고 있는데(Lee 등, 2015), 이는 관능적 향미 선호도에 상관성이 높은 성분으로 확인되었다. 특히 2,6-다이메틸피라진 의 경우 구운 감자나 조리된 밥 냄새가 나는 것으로 알려져 있어 이는 쌀고지의 전분성분에서 유래된 화합물로 생각되어진다(Zhao 등, 2011). TMP를 제외한 다른 시료들에서 높은 비중으로 확인된 2-푸란카복스알데하이드(ad11)의 경우 재래식과 개량식메주로 제조한 된장에서 모두 동정이 되는 향기성분으로 고소하고 단향의 간장향기를 나타낸다고 보고되었다(Ji 등, 1992). SPP에서만 확인이 되는 에스테르류에서는 알라닌메틸에스터(L-alanine methyl ester, et1), 1-

트리아아젠(1-triazene, et3), 올레산에틸(ethyl oleate, et6) 등이 있다.

2사분면에 해당하는 GBP의 경우 상관성이 높은 계열에서 알케인 계열과 아마이드 계열 그리고 에스테르 계열의 향기성분이 다량 분포되어 있는데, 알케인 계열의 경우 GBP에서만 검출이 된 15-crown-5 (ak7), 옥타데칸알(octadecanal, ak12), bicyclo (5.1.0) octane (ak13), 아네톨(anethole, ak15), 12-crown-4 (ak16) 등 5종이 있고, 펜타데칸알(pentadecanal, ak4), 헥사데칸알(hexadecanal, ak6), 18-crown-6 (ak19) 등 다양한 종류가 확인이 되었다. 특히 GBP에서는 아마이드 계열이 노말부틸아민(n-butylamine, am1), 다이메틸아세트아미드(dimethylacetamide, am3), urea,N-(aminoiminomethyl)-(am4), 트리아에틸아민(triethylamine, am5), 아세트라이드(acetamide, am7), 글리콜아미드(glycolamide, am9) 등 다량 분석되었는데, 노말부틸아민 의 경우 GBP의 가장 높은 비율을 차지하는 주요 향기성분으로 확인이 되었으며, 이는 생선 비린내와 암모니아 냄새 등의 향미를 나타내는 물질로 GBP가 관능적인 선호성에서 낮게 나타나도록 영향을 끼친 것이라 판단하였다(Hellman과 Small, 1974). 3사분면에 나타난 2-펜틸퓨란(2-Pentyl furan, fu3)의 경우, 분석된 퓨란 계열에서 SPP를 제외하고 모든 시료에서 나타났고 특히 GBP와 상관성이 높게 확인이 되었는데, 이는 콩기름이나 콩의 향미가 나는 성분으로 알려져 있다(Krishnamurthy 등, 1967). 또한 GBP와 에스테르 계열의 상관성이 높은 것으로 확인이 되는데, 에스테르 계열의 물질들은 일반적으로 발효제품 원물의 지방산이 곰팡이의 발효 작용에 의해 생성되는 것으로 알려져 있다(Chou와 Hwan, 1994). GBP에서만 확인이 되는 물질은 트리아에틸실릴 에스터(trimethylsilyl ester, et2), 2-펜에틸아세테이트(2-phenethyl acetate, et5), 페네틸부티레이트(phenethyl butyrate, et7), prenyl-2-methylpentoate(et8), 이소길초산 페닐에틸(phenylethyl isovalerate, et9), 미리스트산에틸(ethyl myristate, et10)등 6종을 확인 할 수 있으며, GBP와 TMP의 높은 비율을 차지하는 메틸엔하이드록시벤젠카복시메틸레이트(et4)이 분석되었다.

3사분면과 4사분면의 사이에서 TMP 시료가 확인이 되었는데, TMP와 상관성이 높은 알코올 계열과 알케인 계열의 향기성분들이 다량 분포되어 있다. 알코올 계열에서는 TMP 시료에서만 확인이 된 아세트인(acetoin, al6), 2-(2-(dodecyloxy)ethoxy)ethanol (al14), 2-사이클로헥실에탄올(2-Cyclohexylethanol, al18) 3종과 아이소아밀알코올(isoamyl alcohol, al4), 2,3-부탄다이올(2,3-butanediol, al11), 푸르푸릴알코올(furfuryl alcohol, al12), octaethylene glycol monododecyl ether (al16), 페닐에틸알코올(al17) 등이 확인되었다. 알코올 계열의 경우 단백질 혹은 지방의 대사산물 중에 상응하는 아세트알데하이드나 케톤의 환원반응에 의하여 생성되거나 탄수화물에 의해 생성되는 물질로 된장의 발효과정에서 다량 나타난다고 알려져 있는데, 꽃향을 낸다고 하는 페닐에틸알코올(al17)의 경우 된장의 향미에 좋은 풍미를 주는 물질로 확인되었다(Lee 등, 2015). 이 물질의 경우 본 연구의 시료 중에서 가장 높은 비율을 보이는 알코올 계열 물질로 확인이 되었으며, 곤충 된장 시료 중에서 관능적 향미에 긍정적인 반응을 보인 SPP에서 높은 비율을 나타낸 것에 영향을 미치는 것으로 보인다. 알케인 계열로는 TMP에서만 분석이 된 bicyclo [13.1.0]hexadecan-2-one (ak9), 1,13-tetradecadiene (ak10), 1,2-dimethyl-1-cyclooctene (ak14) 등 3종과 헵타데케인(heptadecane, ak8), 21-crown-7 (ak17) 등이 상관성이 높게 분석되었으나 이 성분 모두 비율이 낮고 향기가 없는 성분들로 알려져 있어 관능적 측면에 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다(Fu 등, 2009). 또한 방향족 화합물에서는 TMP에서만 확인이 된 부틸하이드록시톨루엔(butylated hydroxytoluene,

ah4)과 페놀(phenol, ah5) 등이 조사되었는데 이는 페놀 냄새를 내어 좋지 못한 향기물질로 보고되었다(Shahidi와 Zhong, 2005; Zhao 등, 2011). TMP의 주요 향기 성분으로 아미이드류의 이차뷰틸아민(am2)가 높은 비율을 차지하고 있는데 이 성분의 경우 뷰틸아민(butylamine)과 같이 암모니아의 냄새를 내는 것으로 알려져 있다(Hellman과 Small, 1974). TMP 시료의 경우 다른 시료에서는 나타나지 않은 피리딘 성분이 6.32% 비율로 2종 확인이 되었는데, 이 성분의 경우 일반적으로 생선과 같은 안 좋은 불쾌한 향을 내는 것으로 알려져 있어, 본 연구에서 관능적 향미 점수가 낮게 나온 것과 일치하는 경향을 보인다(Yajima 등, 1983). TMP, GBP 및 SBP에 높은 비율로 나타난 4-메틸벤즈알데하이드(ad18)의 경우 한국의 전통 누룩으로 발효시킨 막걸리에서도 확인이 되는 향기 성분으로 약간의 체리 향이 느껴지는 향기 성분으로 발효에 의해 나타나는 것으로 판단된다(Park 등, 2014). 또한 알데하이드류에서 TMP의 높은 비율을 차지하는 성분으로는 3-메틸뷰틸알(ad4)이 확인되었다.

본 연구에서 타 시료와 겹치지 않는 각 시료 별 특징적인 향기성분을 확인해 보면, SBP의 경우 21 종의 향기성분이 확인이 되었으며, 그 중에서 비율이 높은 향기성분으로는 아세트알데하이드(ad1), 노말펜탄알(ad3), 헥산알(ad5), 벤젠 아세트알데하이드(benzene acetaldehyde, ad17), 4-에틸벤즈알데하이드(ad19) 등 알데하이드류 계열이 가장 많았다. GBP 시료의 경우 25개 종의 GBP에서만 확인이 된 휘발성화합물들이 나타났으며, 비율이 가장 높은 성분으로는 노말뷰틸아민(am1), 다이메틸아세트아미이드(am3) 및 아세트아미이드(am7) 등 아미이드 계열의 향기 성분이 확인이 되어 GBP에 특유의 암모니아 냄새를 내어 관능적으로 나쁜 영향을 미친 것으로 보인다. 그리고 SPP의 시료에서만 나타나는 휘발성화합물은 17종으로 높은 비율을 보이는 성분으로는 아세토펜(ke5)이 대표적이다. 마지막으로 TMP 시료에서만 확인이 되는 휘발성화합물은 14종이 나타났으며, 이 중에서 아민 계열의 이차뷰틸아민(am2) 성분이 높게 분석이 되었는데 이는 GBP와 마찬가지로 특유의 암모니아 냄새로 인해 관능적 향미에 안 좋은 영향을 미치는 것으로 보이며, 피리딘 계열이 높게 분석되었다.

## 요 약

본 연구는 고단백질 식품원료인 식용곤충(*Tenebrio molitor* larva, *Gryllus bimaculatus*, *Bombyx mori* pupa)을 이용하여 대두 된장 가공방식을 접목시킨 페이스트형 발효조미료를 제조하였다. 이들 페이스트형 발효조미료의 휘발성 향기화합물들이 파악하기 위해 HS-SPME법에 의해 휘발성 화합물들을 추출한 후 성분들의 정성분석 및 특성을 확인하였다. 식용곤충 3종과 대두를 발효시킨 대두 된장(SBP)까지 총 4 종의 페이스트형 발효조미료 시료에서 정성된 휘발성 화합물은 총 121종이었으며 에스테르류 11종, 알코올류 18종, 알데하이드류 23종, 산 5종, 피라진류 10종, 피리딘류 2종, 방향족 탄화수소류 7종, 케톤류 10종, 알케인류 19종, 아미이드류 9종, 퓨란류 4종 그리고 그 밖의 화합물 3종으로 검출되었다. 각 시료에 따른 휘발성 화합물의 경우 쌍별 귀뚜라미 페이스트형 발효조미료(GBP)의 경우 54종의 화합물, 번데기 페이스트형 발효조미료(SPP)의 경우 36종의 화합물, 갈색겨저리 유충 페이스트형 발효조미료(TMP)의 경우 48종의 화합물이 검출되었고, 대두 된장의 경우 총 55종의 화합물이 분석되었다. 또한 대두 된장과 식용곤충 페이스트형 발효조미료의 휘발성 향기성분의 차이와 소비자의 관능적 향의 선호성에 관한 연관성을 확인하기 위하여 부분 최소제곱 회귀분석(PLSR)을 실시하였다. SBP

시료의 경우 벤즈알데하이드, 헥산알, 노말펜탄알 등 알데하이드 화합물 계열이 향미 선호도에 긍정적인 역할을 하여 관능적 향미가 우수한 것으로 나타났으며, SPP 시료 역시 관능적 향미 선호도가 긍정적으로 나타났는데, 이 경우는 피라진 계열의 상관성이 높게 분석되었다. 반면 GBP의 경우 관능적 향미 선호도가 가장 낮았다. 이는 노말뷰틸아민, 다이메틸아세트알데하이드 등 암모니아 냄새를 내는 물질인 아미이드 계열의 관련성이 높게 확인되었고, TMP의 경우에도 이차뷰틸아민과 같은 암모니아 냄새가 나는 물질과 다른 시료와 다르게 일반적으로 생선과 같은 안 좋은 불쾌한 향을 내는 물질로 알려져 있는 피리딘 계열이 존재하여 관능적 향미선호도가 부정적으로 나타났다. 본 연구에서 2,6-다이메틸피라진(py3), 트라이메틸피라진(py5)의 경우 전체적으로 모든 시료에서 높은 비중으로 분석이 되었고, 테트라메틸피라진(py8)의 경우 SPP와 SBP, TMP의 시료에서 가장 높은 비중을 차지하는 향기성분 중 하나로 확인이 되었는데, 이는 전통된장의 주요 향기성분으로 알려져 있어 식용곤충 페이스트 발효조미료의 경우 전통된장과 비슷한 향미 특성을 갖는 것으로 파악되었다. 이를 통해 장류 미생물을 이용하여 식용곤충을 된장 제조방식의 페이스트형 발효조미료를 제조할 경우 대두 된장 특유의 향미를 포함할 수 있지만, 원재료의 차이로 인해 각 시료간의 향미 특성 차이가 분명히 나타나는 것을 확인하였다. 또한, 각 시료의 전체적인 관능 선호도 특성에 향기성분의 상관성이 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 장류 미생물을 통해 다양한 휘발성 향미물질을 포함하는 식용곤충 페이스트형 발효조미료 제조 가능성을 확인 할 수 있었으며 원료와 제조법의 조합을 통해 더 많은 응용이 가능할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구결과물은 농림수산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치기술개발사업의 지원을 받아 연구(과제번호316057-03-2-HD030)되었음에 이에 감사 드립니다.

## References

- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Ryan A. Matrix effects on flavour volatiles release in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC-mass spectrometry and GC-olfactometry. *Food Chem.* 113: 208-215 (2009)
- Aishima T. Correlating sensory attributes to gas chromatography-mass spectrometry profiles and e-nose responses using partial least squares regression analysis. *J. Chromatogr. A.* 1054: 39-46 (2004)
- Ashurst PR. Food flavorings. pp. 140. In: 2nd (ed). Springer Science & Business Media Chapman and Hall, UK. (1995)
- Bukkens SG. The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.* 36: 287-319 (1997)
- Burdock GA. Fenaroli's handbook of flavor ingredients. pp. 103. In: 3rd (ed). CRC press Boca Raton, FL. (2016)
- Calkins CR, Hodgen JM. A fresh look at meat flavor. *Meat Sci.* 77: 63-80 (2007)
- Choi MK, Sohn KH, Jeon HJ. Changes in odor characteristics of doenjang with different preparing methods and ripening periods. *J. Korean Soc. Food Cult.* 12: 265-274 (1997)
- Chou CC, Hwan CH. Effect of ethanol on the hydrolysis of protein and lipid during the ageing of a Chinese fermented soya bean curd-sufu. *J. Sci. Food Agr.* 66: 393-398 (1994)
- Chung HY. Volatile flavor components in red fermented soybean (Glycine max) curds. *J. Agr. Food Chem.* 48: 1803-1809 (2000)
- Feng Y, Su G, Zhao H, Cai Y, Cui C, Sun WD, Zhao M. Characterisation of aroma profiles of commercial soy sauce by odour activ-

- ity value and omission test. *Food Chem.* 167: 220-228 (2015)
- Fors S. Sensory properties of volatile Maillard reaction products and related compounds: A literature review. pp. 185-286. In: *The maillard reaction in foods and nutrition* (ed). ACS Publications Sweden (1983)
- Frauendorfer F, Schieberle P. Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations. *J. Agr. Food Chem.* 54: 5521-5529 (2006)
- Frauendorfer F, Schieberle P. Changes in key aroma compounds of Criollo cocoa beans during roasting. *J. Agr. Food Chem.* 56: 10244-10251 (2008)
- Fu X, Xu S, Wang Z. Kinetics of lipid oxidation and off-odor formation in silver carp mince: The effect of lipoxygenase and hemoglobin. *Food Res. Int.* 42: 85-90 (2009)
- Hellman TM, Small FH. Characterization of the odor properties of 101 petrochemicals using sensory methods. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 24: 979-982 (1974)
- Jang JK, Kim JK. Statistical analysis for the relationship between gas chromatographic profiles of Korean ordinary soybean paste flavor and sensory evaluation. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* 12: 153-153 (1984)
- Jeong EJ, Cho WJ, Cha YJ. Volatile flavor compounds in Omandungi (*Styela plicata*)-Doenjang (Soybean paste) soups and stew by cooking. *J. Life Science.* 18: 1570-1577 (2008)
- Jeong EJ, Jeon SY, Baek JH, Cha YJ. Volatile flavor compounds in commercial vinegar beverages derived from fruits. *J. Life Sci.* 21: 292-299 (2011)
- Ji WD, Lee EJ, Kim JK. Volatile flavor components of soybean pastes manufactured with traditional meju and improved meju. *Appl. Biol. Chem.* 35: 248-253 (1992)
- Jordan MJ, Margaria CA, Shaw PE, Goodner KL. Aroma active components in aqueous kiwi fruit essence and kiwi fruit puree by GC-MS and multidimensional GC/GC-O. *J. Agr. Food Chem.* 50: 5386-5390 (2002)
- Kafkas E, Kafkas S, Koch-Dean M, Schwab W, Larkov O, Lavid N, Bar E, Ravid U, Lewinsohn E. Comparison of methodologies for the identification of aroma compounds in strawberry. *Turk. J. Agric. For.* 29: 383-390 (2005)
- Kim HG, Hong JH, Song CK, Shin HW, Kim KO. Sensory characteristics and consumer acceptability of fermented soybean paste (Doenjang). *J. Food Sci.* 75: S375-S383 (2010)
- Kim GE, Kim MH, Choi BD, Kim TS, Lee JH. Flavor compounds of domestic meju and doenjang. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 21: 557-565 (1992)
- Kim MJ, Rhee HS. Studies on the changes of taste compounds during soy paste fermentation. *Korean J. Soc. Food Sci.* 6: 1-8 (1990)
- Kim JK, Seo JS, Chang HG, Lee SJ. Characteristic flavors of Korean soybean paste. *J. Microbiol. Biotechnol.* 3: 277-284 (1993)
- Ko YJ, Son YH, Kim EJ, Seol HG, Lee GR, Kim DH, Ryu CH. Quality properties of commercial Chungkukjang in Korea. *J. Agric. Life Sci.* 46: 1-11 (2012)
- Krishnamurthy RG, Smouse TH, Mookherjee BD, Reddy BR, Chang SS. Identification of 2-pentyl furan in fats and oils and its relationship to the reversion flavor of soybean oil. *J. Food Sci.* 32: 372-374 (1967)
- Lee SJ, Ahn BM. Thermal changes of aroma components in soybean pastes (doenjang). *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 271-276 (2008)
- Lee SJ, Ahn BM. Comparison of volatile components in fermented soybean pastes using simultaneous distillation and extraction (SDE) with sensory characterisation. *Food Chem.* 114: 600-609 (2009)
- Lee JE, Kang SH, Kim HR, Lim SI. Volatile compounds analysis of certified traditional Doenjang. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 944-950 (2015)
- Lee HD, Lee CH, Lee GG. Changes in sensory characteristics during salt aging of Doenjang (fermented soybean paste) made by different starters. *Food Eng. Progress.* 7: 13-19 (2003)
- Liardon R, Ledermann S. Volatile components of fermented soya hydrolysate. *Eur. Food Res. Technol.* 170: 208-213 (1980)
- Looy H, Dunkel FV, Wood JR. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agr. Hum. Values.* 31: 131-141 (2014)
- Martens M, Bredie W, Martens H. Sensory profiling data studied by partial least squares regression. *Food Qual. Prefer.* 11: 147-149 (2000)
- Matsui T, Guth H, Grosch W. A comparative study of potent odorants in peanut, hazelnut, and pumpkin seed oils on the basis of aroma extract dilution analysis (AEDA) and gas chromatography-olfactometry of headspace samples (GCOH). *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 100: 51-56 (1998)
- Melton S. Effect of forage feeding on beef flavor. *Food Technol.* 37: 239-248 (1983)
- Moio L, Addeo F. Grana Padano cheese aroma. *J. Dairy Res.* 65: 317-333 (1998)
- Ooninx DG, de Boer IJ. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans-a life cycle assessment. *PLoS one.* 7: e51145 (2012)
- Park JS, Lee MY, Kim JS, Lee TS. Compositions of nitrogen compound and amino acid in soybean paste (Doenjang) prepared with different microbial sources. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 609-615 (1994a)
- Park JS, Lee MY, Kim KS, Lee TS. Volatile flavor components of soybean paste (doenjang) prepared from different types of strains. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 255-260 (1994b)
- Park JS, Song SH, Choi JB, Kim YS, Kwon SH, Park YS. Physicochemical properties of Korean rice wine (Makgeolli) fermented using yeasts isolated from Korean traditional nuruk, a starter culture. *Food Sci. Biotechnol.* 23: 1577-1585 (2014)
- Pause BM, Raack N, Sojka B, Göder R, Aldenhoff JB, Ferstl R. Convergent and divergent effects of odors and emotions in depression. *Psychophysiology.* 40: 209-225 (2003)
- Peinado RA, Moreno J, Bueno JE, Moreno JA, Mauricio JC. Comparative study of aromatic compounds in two young white wines subjected to pre-fermentative cryomaceration. *Food Chem.* 84: 585-590 (2004)
- Premalatha M, Abbasi T, Abbasi SA. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 15: 4357-4360 (2011)
- Qian M, Reineccius G. Identification of aroma compounds in Parmigiano-Reggiano cheese by gas chromatography/olfactometry. *J. Dairy Sci.* 85: 1362-1369 (2002)
- Rettinger K, Burschka C, Scheeben P, Fuchs H, Mosandl A. Chiral 2-alkylbranched acids, esters and alcohols. Preparation and stereospecific flavour evaluation. *Tetrahedron-Asymmetr.* 2: 965-968 (1991)
- Ruth JH. Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 47: A-142-A-151 (1986)
- Shahidi F, Zhong Y. Antioxidants: regulatory status. pp. 491-521. In: *Bailey's industrial oil and fat products*. F. Shagidi (ed) John Wiley and Sons Inc., New Jersey (2005)
- Song JY, Ahn CW, Kim JK. Flavor components produced by microorganism during fermentation of Korean ordinary soybean paste. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* 12: 147-147 (1984)
- Sugawara E, Ito T, Odagiri S, Kubota K, Kobayashi A. Comparison of compositions of odor components of natto and cooked soybeans. *Agr. Biol. Chem. Tokyo.* 49: 311-317 (1985)
- Tamura H, Maeyama K, Yoshida E, Kori M. Aroma character of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves: limited odor unit method and sensory perception in preference. pp. 66-73. In: *Nutrition, Functional and Sensory Properties of Foods*. T. Ho, C. Mussinan, F. Shahidi, E.T. Shahidi, & E. T. Contis (ed). Royal Society of Chemistry UK (2013)
- Yajima I, Yanai T, Nakamura M, Sakakibara H, Uchida H, Hayashi K. Volatile flavor compounds of boiled buckwheat flour. *Agr. Biol. Chem. Tokyo.* 47: 729-738 (1983)
- Yang SH, Son DH, Ji WD. The flavor of doenjangs (fermented soybean pastes) manufactured with bacillus species which had been isolated from traditional Korean soybean paste. *Daegu College of Technology.* 9: 123-133 (1995)
- Yoon DI. A study on the Asian fermented soybean sauce culture.

- Asian Comp. Folk. 34: 155-215 (2007)
- Zea L, Moyano L, Moreno J, Cortes B, Medina M. Discrimination of the aroma fraction of Sherry wines obtained by oxidative and biological ageing. *Food Chem.* 75: 79-84 (2001)
- Zeng Z, Zhang H, Zhang T, Tamogami S, Chen JY. Analysis of flavor volatiles of glutinous rice during cooking by combined gas chromatography-mass spectrometry with modified headspace solid-phase microextraction method. *J. Food Compos. Anal.* 22: 347-353 (2009)
- Zhao J, Dai X, Liu X, Zhang H, Tang J, Chen W. Comparison of aroma compounds in naturally fermented and inoculated Chinese soybean pastes by GC-MS and GC-olfactometry analysis. *Food Control.* 22: 1008-1013 (2011)
- Zhu J, Chen F, Wang L, Niu Y, Yu D, Shu C, Chen H, Wang H, Xiao Z. Comparison of aroma-active volatiles in oolong tea infusions using GC-olfactometry, GC-FPD, and GC-MS. *J. Agr. Food Chem.* 63: 7499-7510 (2015)