

발효기간에 따른 감동젓무 김치의 휘발성 향기 성분 특성

윤미경 · 권미정 · 이상미 · 김지원¹ · 조미숙¹ · 이종미¹ · 김영석*

이화여자대학교 식품공학과, ¹이화여자대학교 식품영양학과

Characterization of Volatile Components according to Fermentation Periods in *Gamdongchotmoo* Kimchi

Mi Kyung Yoon, Mi Jung Kwon, Sang Mi Lee, Ji Won Kim¹, Mi Sook Cho¹, Jong Mee Lee¹, and Young-Suk Kim*

Department of Food Science and Technology, Ewha Womans University

¹Department of Food and Nutritional Sciences, Ewha Womans University

Abstract The volatile components in *Gamdongchotmoo* kimchi, unfermented and fermented for 3 or 25 days, were extracted via solvent-assisted flavor evaporation (SAFE), and then analyzed via gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS). A total of 57 components, including 14 S-containing compounds, 22 terpene hydrocarbons, 13 aliphatic hydrocarbons, 4 alcohols, and 4 miscellaneous components, were detected in *Gamdongchotmoo* kimchi. Among them, the S-compounds were quantitatively dominant. The aroma-active compounds were also determined via gas chromatography-olfactometry (GC-O), using aroma extract dilution analysis (AEDA). A total of 16 aroma-active compounds were detected via GC-O. The most intense aroma-active compounds in *Gamdongchotmoo* kimchi included 4-isothiocyanato-1-butene (Log₃ FD factor 7, rancid), an unknown (Log₃ FD factor 7, spicy) and another unknown (Log₃ FD factor 7, seasoning-like). In addition, other aroma-active compounds, including dimethyldisulfide (Log₃ FD factor 6, rotten onion-like/sulfury), 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin (Log₃ FD factor 5, spicy/garlic-like), and an unknown (Log₃ FD factor 5, rancid/cheese-like) might be crucial to the flavor characteristics of *Gamdongchotmoo* kimchi.

Key words: volatile components, aroma-active compounds, *Gamdongchotmoo* kimchi, gas chromatography-mass spectrometry, gas chromatography-olfactometry

서 론

2001년 7월 Codex 국제 식품규격을 획득하여 세계 각국의 절임류와는 차별화된 자연 발효식품으로 인정받은 김치는 주원료인 절임 배추에 여러 가지 양념류(고춧가루, 마늘, 생강, 파 및 무 등)와 젓갈을 혼합하여 저온에서 주로 유산균들에 의해 발효되어지는 전통식품이다(1-5). 김치는 사용하는 재료와 제조 방법 및 지역에 따라 그 종류가 매우 다양하며, 김치 부재료와 양념류의 성분은 미생물의 생육을 촉진 또는 억제하기도 하고, 이들의 배합비는 김치 숙성에 큰 영향을 미치기도 한다(3-5). 또한 염도와 발효기간 및 온도는 김치의 품질에 영향을 주는 중요한 요소이며, 특히 젓갈은 풍부한 영양성분을 함유할 뿐만 아니라 김치의 휘발성 향미 성분들의 형성에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다(6-8). 그러나, 젓갈류나 해산물의 첨가는 김치의 맛 성분에는 현저한 영향을 끼치는 것으로 알려져 있으나 향기활성 성분의 형성에는 거의 영향을 주지 못하는 것으로 보고된 바 있다(9).

김치는 발효과정 중 수분과 유기산 등 여러 가지 성분들의 변화로 인해 관능적 특성에 영향을 주어 일정기간의 맛있는 상태 이후에는 신맛이 강해지고, 조직이 물러지며, 또한 휘발성 성분들의 조성 및 함량이 바뀌게 되어 특성이 달라지게 된다(10-11).

감동젓무 김치는 절인 배추와 무, 전복, 낙지, 밤, 배, 잣 등과 삭힌 감동젓을 재료로 한 서울지방의 대표적인 고급 깍두기로 주로 조선시대 왕실에서 사용되던 궁중 김치류 중의 하나이다(12). 감동젓은 곤쟁이젓의 별칭으로 아주 어린 새우로 담근 젓갈이며, 싱싱한 새우의 향과 함께 감칠맛을 느낄 수 있는 것이 특징이다. 일반적으로 김치류는 지방함량이 낮고 비타민, 무기질, 섬유질이 높은 저열량 식품이지만, 야채류만의 섭취로 인해 단백질, 아미노산, 지방질이 부족하기 쉽다. 이에 비해 감동젓무 김치에는 전복, 낙지, 감동젓이 첨가되어 있어 자칫 부족되기 쉬운 동물성 영양소들을 보충해 주며, 칼슘함량이 높아 알카리성 식품으로서 체액을 중화시켜주는 역할을 할 수 있다(13-14).

김치의 휘발성 향기성분에 관한 연구로는 목은 배추김치의 휘발성 성분 특성(15), 청각 김치의 휘발성 성분과 발효 숙성시의 변화(16), 신선초 김치 숙성 중 엽록소 함량 및 휘발성 향기 성분의 변화(17), 가열에 의한 김치의 pH, 관능성 및 휘발성 냄새 성분의 변화(18), 김치를 이용한 스테이크소스의 휘발성 향기 성분(19), 재료 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미 성분(20)에 관한 연구 등이 있다. 현재까지 김치의 휘발성 향기성분에 대한 연구는 새로운 재료를 사용하여 발효·숙성시킨 김치의 휘발성 향기성분들의 특성 규명에 관하여 주로 이루어져 왔으며,

*Corresponding author: Young-Suk Kim, Department of Food Science and Technology, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

Tel: 82-2-3277-3091

Fax: 82-2-3277-4213

E-mail: yskim10@ewha.ac.kr

Received June 25, 2008; revised July 28, 2008;

accepted July 28, 2008

사용한 재료 및 숙성 조건 등에 따라 함량과 조성이 달라짐을 보여주었다.

이에 비해 감동젓무 김치에 관한 연구는 현재까지 충분히 이루어져 있지 않으며, 감동젓무 김치의 휘발성 향기성분에 관한 연구는 아직까지 수행된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 전통적인 방법으로 제조된 감동젓무 김치의 발효기간에 따른 휘발성 성분(volatile component)과 향기활성 성분(aroma-active compound)을 gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS)와 GC-olfactometry(GC-O)를 이용하여 분석하고, 이를 통해 감동젓무 김치의 향미특성을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

감동젓무 김치의 제조 및 발효

본 연구에서는 다양한 조리서들(21-24)을 참고하여 표준화된 방법에 따라 감동젓무 김치를 제조하였다. 제조된 감동젓무 김치는 1L 유리병에 담아 10°C에서 산도 0.3까지 발효시켰으며, 이후에는 1°C에서 저장·발효시키면서 실험을 진행하였다. 감동젓무 김치의 발효기간별 휘발성 향기성분을 분석하기 위해 시료는 0일(담금 직후의 김치), 3일(1°C, 산도 0.5-0.6), 25일(1°C, 산도 0.8-0.9)의 기간으로 김치냉장고(R-K249FR, LG, Seoul, Korea)에서 저장모드로 숙성 및 저장 보관하였다. 감동젓무 김치는 보통 실온에서 3-4일 정도 익힌 뒤에 먹는 김치이며, 배추김치의 경우 산도가 0.4-0.75일때를 가식기간으로 본다(5). 또한 본 시료의 산도를 측정할 결과 저장 일주일 동안 산도가 급격한 변화를 나타내었고, 그 이후에는 변화가 천천히 일어났다. 따라서 본 실험에서 3일 동안 발효시킨 시료를 잘 익은 김치로, 25일 동안 발효시킨 시료를 묵은 김치로 실험에 사용하였다. 제조에 사용된 각종 재료와 함량은 Table 1에 나타내었다.

SAFE(Solvent-Assisted Flavor Evaporation)법을 이용한 휘발성 성분 추출

제조된 감동젓무 김치를 잘 섞어 커터기(HMC-300T, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 5분간 분쇄한 후 이를 면포로 여과하였다. 250 mL의 삼각플라스크에 여과한 김치액 100 g을 취하여 재증류한 methylene chloride(J.T Baker, Phillipsburg, NJ, USA) 150 mL를 넣고 400 rpm에서 30분간 교반하였다. 시료의 상층액을 분리하기 위해 원심분리기(3,000 rpm, 20 min, 4°C)를 사용하였고, 여기에서 얻어진 methylene chloride층은 무수 Na₂SO₄로 탈수처리하였다. 수분이 제거된 시료는 SAFE로 휘발성 향기성분만을 포함하는 추출물을 얻었다. 탈수처리가 된 시료를 10⁻⁵ torr의 초고압 영역에서 40°C, 300 rpm으로 유지된 등근 플라스크에 한 방울씩 떨어뜨려 분산시키며, 액체질소에 담긴 2개의 trap에 휘발성 성분들만이 포집되도록 하였다. SAFE 방법을 90분간 수행하여 포집된 용매와 휘발성 성분들은 질소가스를 이용하여 최종 0.1 mL까지 농축하였다.

GC-MS를 이용한 감동젓무 김치 내 휘발성 성분의 동정 및 정량

감동젓무 김치 내 휘발성 성분은 추출된 농축액 1 µL를 HP6890 gas chromatograph-HP 5975A mass selective detector(Hewlett-Packard Co., Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 Table 2의 조건하에서 분석하였다. 시료 내 휘발성 성분들은 mass spectral data와 retention index(RI) value를 이용하여 잠정적으로(tentatively) 동정하였다. 각 휘발성 성분의 mass spectral data는 on-computer library(Wiley 2751, 1995)(Hewlett-Packard Co.)와 manual interpretation에 의하여 비교 분석하였고, RI는 외부 표준물질로 사용된 *n*-paraffins(C₈-C₂₀)의 머무름 시간과 비교하여 계산하였다. 한편, 감동젓무 김치의 각 휘발성 성분의 정량은 500 ppm 1-dode-

Table 1. Ingredients used for preparation of *Gamdongchotmoo* kimchi

Ingredients	Contents (g)	Ingredients	Contents (g)
Chinese cabbage	1600	Common octopus	200
Radish	1800	Salt	170
Pear	750	Sugar	30
Cucumber	320	Salted tiny shrimp	100
Small green onion	100	Red pepper powder	80
Dropwort	100	Garlic	110
Chest	110	Ginger	60
Pine nut	50	Abalone	100
Raw oyster	120	Globefish	80

Table 2. GC-MS conditions for the analysis of volatile components in *Gamdongchotmoo* kimchi

Column	DB-5 (Length 30 m×I.D. 0.25 mm×Film thickness 0.25 µm)
Carrier gas	He (flow rate 0.8 mL/min)
Injector temp.	200°C
Detector temp.	250°C
Oven temp.	40°C (5 min) to 200°C (15 min), at a rate of 4°C/min
Injection volume	1 µL
Split ratio	Splitless
Mass spectra ionization energy	70 eV
Mass scan range	40-550 a.m.u.
Scanning rate	2.86 scan/sec

Table 3. Volatile components and aroma-active compounds identified in *Gamdongchotmoo* kimchi

No.	RI ¹⁾	Possible components	Relative peak area ²⁾			Aroma descriptions ³⁾	Log ₃ FD factor ⁴⁾	ID ⁵⁾
			Unfermented	Fermented for 3 days	Fermented for 25 days			
S-containing compounds								
1	<700	3-(Methylthio)-1-propene	0.680±0.003	0.707±0.131	1.378±0.116			MS
2	737	Dimethyldisulfide	6.474±1.165	3.349±0.358	3.128±0.333	Rotten onion/sulfury	6	MS/RI/SN
3	852	3,3'-Thiobis-1-propene	0.317±0.112	0.544±0.049	1.232±0.013			MS
4	915	Methyl-2-propenyldisulfide	14.015±1.627	7.165±1.149	4.018±0.232			MS
5	927	Methylpropyldisulfide	1.057±0.095	0.909±0.101	0.488±0.003	Garlic-like/sour	4	MS/RI/SN
6	935	Methyl- <i>trans</i> -propenyldisulfide	1.438±0.033	0.926±0.102	0.971±0.003			MS
7	964	Dimethyltrisulfide	4.655±0.100	3.369±0.242	2.934±0.105	Garlic-like	4	MS/RI/SN
8	978	4-Isothiocyano-1-butene	0.544±0.088	0.116±0.031	-	Rancid	7	MS/SN
9	1082	di-2-Propenyl-trisulfide	54.816±3.977	18.409±3.554	6.177±0.341			MS
10	1091	<i>trans</i> -1-Propenyl-propyldisulfide	0.350±0.009	1.289±0.196	1.009±0.004			MS
11	1181	3-Vinyl-[4H]-1,3-dithiin	2.974±0.421	0.121±0.009	0.158±0.004			MS
12	1206	2-Vinyl-[4H]-1,3-dithiin	5.631±0.385	0.449±0.219	0.414±0.003	Spicy/garlic-like	5	MS/SN
13	1210	1,4-Dimethyltetrasulfide	2.316±0.217	0.598±0.325	0.582±0.037			MS
14	1466	2-Phenylethyl isothiocyanate	0.644±0.192	0.365±0.180	0.265±0.031	Musty, raddish	2	MS/SN
Terpene Hydrocarbons								
15	931	α-Pinene	3.885±0.634	1.313±0.192	1.116±0.037	Piney/plastic bottle	3	MS/RI/SN
16	945	Camphene	5.439±0.897	1.772±0.242	1.447±0.024	Camphor	2	MS/RI/SN
17	970	Sabinene	4.451±0.315	0.229±0.012	0.072±0.018	Woody	3	MS/RI/SN
18	973	β-Pinene	9.173±0.953	1.372±0.352	1.125±0.019			MS/RI
19	989	2-β-Pinene	0.478±0.053	0.690±0.074	0.230±0.398			MS
20	990	Myrcene	1.773±0.162	0.355±0.070	0.230±0.398			MS/RI
21	1001	α-Phellandrene	1.636±0.330	0.195±0.043	0.153±0.065	Fresh	2	MS/RI/SN
22	1027	β-Phellandrene	15.962±2.022	5.165±1.239	4.369±0.506	Mint	4	MS/RI/SN
23	1056	γ-Terpinene	8.419±1.099	2.175±0.479	1.860±0.042			MS/RI
24	1373	α-Copaene	1.518±0.113	0.402±0.083	0.742±0.117			MS/RI
25	1391	β-Elemene	0.636±0.130	0.154±0.035	0.151±0.005			MS/RI
26	1420	β-Caryophyllene	1.374±0.450	0.286±0.039	0.264±0.056			MS/RI
27	1546	β-Farnesene	0.965±0.152	0.406±0.054	-			MS/RI
28	1479	γ-Curcumene	-	0.369±0.132	-			MS
29	1482	ar-Curcumene	3.196±0.498	1.687±0.095	1.665±0.060			MS/RI
30	1494	Zingiberene	0.584±0.095	0.149±0.027	0.090±0.029			MS
31	1497	β-Selinene	-	0.051±0.002	-			MS
32	1494	α-Zingiberene	25.005±3.832	3.786±0.257	5.307±2.122			MS
33	1499	α-Armorphene	1.819±0.035	0.625±0.198	0.446±0.071			MS/RI
34	1507	<i>trans,trans</i> -α-Farnesene	4.837±0.860	2.553±0.549	3.576±0.062			MS/RI
35	1525	β-Sesquiphellandrene	7.963±1.308	3.883±0.341	2.427±1.049			MS/RI
36	1532	β-Bisabolene	-	0.298±0.018	-			MS/RI
Aliphatic Hydrocarbons								
37	776	2,2,5-Trimethylhexane	0.823±0.119	-	0.073±0.008			MS
38	797	Octane	0.701±0.083	0.167±0.033	0.078±0.015			MS/RI
39	836	2,4-Dimethyl-1-heptene	5.067±0.809	0.342±0.037	0.534±0.100			MS
40	873	2,2,6-Trimethyldecane	0.773±0.115	-	-			MS
41	894	2,2,5-Trimethylheptane	0.317±0.112	-	-			MS
42	898	Nonane	-	0.074±0.010	0.056±0.005			MS/RI
43	894	2,2,5-Trimethylheptane	0.317±0.112	-	-			MS
44	998	Decane	0.478±0.053	0.344±0.032	0.186±0.048			MS/RI
45	1007	3,3,5-Trimethylheptane	2.748±0.748	0.401±0.017	0.425±0.048			MS
46	1197	Dodecane	0.488±0.014	0.816±0.036	0.143±0.012			MS/RI
47	1242	4,6-Dimethyldodecane	0.863±0.77	0.217±0.079	0.579±0.204			MS
48	1397	Tetradecane	-	0.387±0.092	0.083±0.006			MS/RI
49	1596	Hexadecane	0.290±0.055	0.105±0.036	0.747±0.029			MS/RI

Table 3. Continued

No.	RI ¹⁾	Possible components	Relative peak area ²⁾			Aroma descriptions ³⁾	Log ₃ FD factor ⁴⁾	ID ⁵⁾
			Unfermented	Fermented for 3 days	Fermented for 25 days			
Alcohols								
50	1028	1,8-Cineole	1.162±0.190	0.419±0.116	0.669±0.205	Peppermint	3	MS/RI/SN
51	1031	Benzenmethanol	-	-	0.172±0.076			
52	1163	l-Borneol	0.987±0.100	0.283±0.105	0.277±0.004			MS/RI
53	1187	β-Fencyl alcohol	-	0.290±0.061	0.211±0.018			MS
Miscellaneous compounds								
54	855	Ethylbenzene	-	-	0.162±0.006			
55	1238	Benzenepropanetirile	-	0.171±0.015	-			MS
56	1268	Geranial	0.809±0.066	0.442±0.041	0.050±0.008			MS/RI
57	1252	1,3-Bis(1,1-dimethylethyl)benzen	10.722±0.695	1.807±0.287	-			MS
Unknown compounds								
58	1127	Unknown				Spicy, hot	7	SN
59	1202	Unknown				Seasoning-like	7	SN
60	1517	Unknown				Rancid/cheese-like	5	SN

¹⁾Retention indices were determined using *n*-paraffins C₈-C₂₂ as external references.

²⁾Relative peak area (peak area of component/peak area of internal standard)

³⁾Aroma descriptions assigned during AEDA.

⁴⁾FD factors determined by two panelists. An FD factor <1 means that the respective compound was not detected during sniffing of the undiluted extract.

⁵⁾Tentative identification was performed as follows: MS, mass spectrum was consistent with that Wiley mass spectrum database (1995, Hewlett Packard Co.); RI, retention index was consistent with that of the literatures (35); SN, by sniffing test.

canol 0.3 mL를 내부 표준물질로 사용하였으며, 이것의 peak area에 대한 각 성분들의 peak area로 계산하여 독립적인 3번 반복 결과의 평균값과 표준편차로 나타내었다.

GC-O를 이용한 감동젓무 김치의 향기활성 성분의 분석

감동젓무 김치(저장 3일 후)의 휘발성 향기활성 성분(aroma-active compounds)은 향추출물 희석분석법(aroma extract dilution analysis, AEDA)을 사용하여 GC-O로 sniffing test를 실시하여 분석하였다. 향추출물 희석분석법은 추출에 사용한 동일한 용매로 최종 추출물을 일정한 배수로 희석하여, 각 희석물을 대상으로 향이 감지되지 않는 희석배수까지 GC-O를 수행하는 방법으로 더 이상 향이 나지 않는 희석배수 직전의 희석배수를 flavor dilution (FD) factor로 나타내었다(25). 이는 FD factor가 높은 성분들을 그 식품의 향미 특성에 영향을 미치는 주요 휘발성 향기활성 성분으로 선정하는 방법이다. 감동젓무 김치의 휘발성 향기활성 성분을 분석하기 위하여 본 연구에서는 3배수의 희석배수를 사용하였으며, flame ionization detector(FID)와 sniffing port가 연결된 HP6890 gas chromatograph로 sniffing test를 실시하였다. GC-O를 위하여 사용된 컬럼은 injector와 연결한 후 FID와 sniffing port 사이에 장착된 crosspiece-splitter(model Grapjack-3D/2, Gerstel GmbH & Co., Mulheim an der Ruhr, German)와 연결되도록 하였으며, GC에 주입된 각 휘발성 향기성분들이 crosspiece-splitter에서 FID와 sniffing port로 1:1 분지되도록 deactivated capillary column을 연결하였다. 기타 GC-O의 기기분석 조건은 GC-MS와 동일하였다.

결과 및 고찰

감동젓무 김치의 휘발성 성분

SAFE로 추출한 후 GC-MS로 분석하여 얻어진 결과를 Table 3

에 나타내었다. 감동젓무 김치에서는 14개의 S-containing compounds, 22개의 terpene hydrocarbons, 13개의 aliphatic hydrocarbons, 4개의 alcohols, 4개의 miscellaneous components 등 총 57가지의 휘발성 성분들이 동정되었다. 저장 기간에 따라서는 시료 간에 정성적으로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 이는 5°C에서 저장기간에 따른 김치의 휘발성 향기 성분이 정성적으로 크게 다르지 않다는 보고와 일치했다(26). 동정된 휘발성 성분들 중 S-containing compound류와 terpene hydrocarbon류가 정량적으로 주요 성분들로 나타났으며, 대부분 강한 향미 특성을 가지는 S-containing compounds는 주로 감동젓무 김치의 부재료로 사용된 마늘, 양파, 파 등의 *Allium* 속에서 생성된 것들이다(9). 이들 중 dimethyldisulfide, methyl-2-propenyldisulfide, dimethyltridulfide, di-2-propenyltrisulfide, 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin 등의 함량이 전체적으로 높게 나타났다. 이러한 휘발성 향기성분들은 전반적으로 저장기간 0일에서 3일 사이에 대부분 그 양이 크게 감소한 후, 25일에는 그 양이 다시 감소하거나 비슷한 수준을 나타내었다. 일반적으로 대부분의 S-containing compounds의 함량은 저장기간 동안 감소하며, 이러한 결과는 dimethyl disulfide와 dimethyl trisulfide 등의 S-containing compounds는 주로 cystein sulfoxide lyase의 효소 반응에 의해 생성된 후 다른 carbonyl류 및 alcohol류 등과 상호반응하여 다른 성분들로 전환되기 때문인 것으로 여겨진다(27). 특히, floral, musty, raddish 등의 특징을 갖는 양배추의 중요한 향기 성분인 2-phenylethyl isothiocyanate는 낮은 역치(6 ppb in water)를 가지는 것으로 보고된 바 있으며, 본 실험에서는 발효기간이 길어짐에 따라 그 양이 감소하였다(28).

또한 본 연구에서 동정된 camphene, sabinene, β-pellandrene, γ-terpinene, α-zingiberene, β-sesquiphellandrene, β-bisabolene 등의 terpene hydrocarbone 성분들은 주로 식물의 fruity한 향 특성을 보여 주며, 저장기간이 길어짐에 따라 점차 그 양이 감소되었는데, 차 등의 김치의 저장기간에 따른 향기활성 성분들에 대한 연구

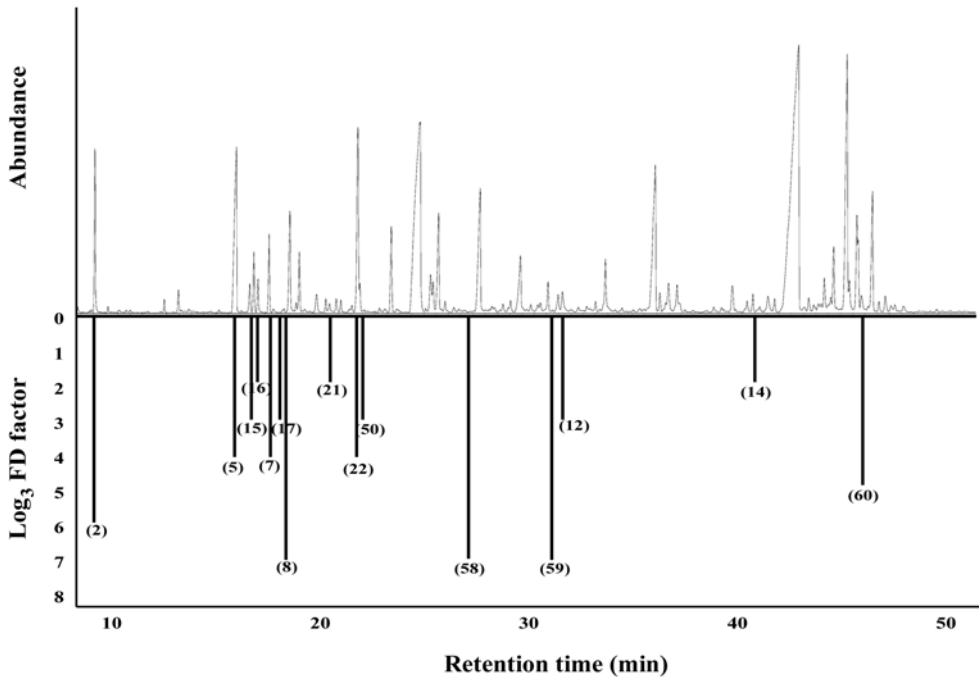


Fig. 1. GC-MS total ion chromatogram (upper) and FD chromatogram (lower) of *Gamdongchotmoo* kimchi

에서 저장 30일 이후부터 현저히 그 양이 적어지는 결과와 비슷한 양상을 나타내는 것이었다(9). 이들 성분 중 α -zingiberene, β -sesquiphellandrene은 산화반응으로 쉽게 ar-curcumene로 전환되며 (29-30), 이러한 terpene hydrocarbons 성분들은 상대적으로 정량 값은 높지만, 역치가가 매우 높아 감동젓무 김치의 향미특성에는 큰 영향을 주지 못할 것으로 여겨진다. 이들은 여러 가지 향신료에서 흔히 분리되는 방향성 물질이며, 김치에서 이들이 분리된 것은 발효과정 중에 생성되는 것이 아니라 첨가된 생강과 같은 향신료에서 유리된 것으로 보인다(29).

본 연구에서 동정된 3-(methylthio)-1-propene, 3,3'-thiobis-1-propene, 4-isothiocyanato-1-butene, 2-phenylethyl isothiocyanate와 같은 성분들은 대체로 mustard oil, pungent, hot-like odor를 나타내는 성분들로, 배추, 양배추, 브로콜리, 컬리플라워 등의 특징적인 향기 성분으로 보고된 바 있다(31). 김치의 숙성 중 생성되는 발효산물인 1,8-cineole, 1-borneol, β -fencyl alcohol 등의 alcohols도 그 양이 소량이지만 다른 성분들에 비해 발효기간에 따라 정성적 및 정량적으로 점차 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 alcohol류는 carbonyl의 환원반응 또는 미생물의 대사활동에 의해 생성된다고 보고된 바 있다(32).

감동젓무 김치의 향기활성 성분

향추출물 회석분석법(AEDA)를 이용하여 감동젓무 김치의 향기활성 성분을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 또한 GC-MS total ion chromatogram과 FD chromatogram을 비교하여 Fig. 1에 나타내었다. SAFE로 추출하여 얻은 농축액을 methylene chloride를 이용해 3배수로 단계별로 회석하였으며, 회석된 추출액의 향이 감지되지 않을 때까지 sniffing test를 계속 진행하는 방법으로 향의 상대적인 강도를 측정하여 모두 15개의 향기활성 성분을 검출할 수 있었다. 전체적인 향의 특성은 김치 특유의 군덕내(rancid), 신선한 향(fresh) 그리고 매운내(spicy/hot)가 공존하여 나타났으며, FD factor가 높은 향기활성 성분들로는 4-isothiocyanato butene(Log₃ FD factor 7, rancid), dimethylsulfide

(Log₃ FD factor 6, rotten onion-like/sulfury), 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin(Log₃ FD factor 5, spicy/garlic-like), unknown(Log₃ FD factor 7, spicy), unknown(Log₃ FD factor 7, seasoning-like), unknown(Log₃ FD factor 5, rancid/cheese-like) 등으로 밝혀졌다. 이 중 4-isothiocyanato butene은 군덕내를 갖는 김치의 향미 성분으로 Log₃ FD factor가 7로 높게 나타났으며 이 화합물은 배추에 있는 glucosinolase 또는 β -thioglucoside glucohydrolase에 의한 glucosinolates로 기인한다고 보고되고 있다(33-35). 배추김치에서 isothiocyanate류의 양은 그리 많지 않으나 자체의 강력한 맛과 향으로 김치의 향미특성에 큰 역할을 할 것으로 사료되며, 신선한 배추에 methyl, butyl, butenyl, allyl 그리고 methylthiopropyl isothiocyanate 등이 보고된 바 있다(33). 또한 썩은 양파향을 주는 dimethyldisulfide, 마늘 냄새를 주는 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin 등도 Log₃ FD factor가 높은 수치였다. 본 실험에서 이와 같은 향 추출물 회석분석법(AEDA)으로 확인된 4-isothiocyanato-butene, dimethylsulfide, 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin 등과 같은 sulfide류는 감동젓무 김치의 향미특성에 주요한 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 그 외 미동정된 향기활성 성분 3종이 검출되었다. 이중 특히, spicy한 향, seasoning-like한 향특성의 성분들이 높은 Log₃ FD factor를 나타내었다.

요 약

감동젓무 김치의 발효기간에 따른 휘발성 향기 성분들을 SAFE를 이용하여 분리한 후, GC-MS로 분석하였다. 총 57가지의 휘발성 성분들이 검출되었으며, 14개의 S-containing compounds, 22개의 terpene hydrocarbons, 13개의 aliphatic hydrocarbons, 4개의 alcohols, 4개의 miscellaneous components 등으로 구성되어 있었다. 동정된 휘발성 성분들 중 S-containing compound류와 terpene hydrocarbon류가 정량적으로 주요 성분들로 나타났으며, 이들 중 dimethylsulfide, methyl-2-propenyldisulfide, dimethyltridulfide, di-2-propenytrisulfide, 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin 등의 함량이 전체적

으로 높게 나타났으며, 저장 기간에 따라서는 시료간에 정성적으로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 감동젓무 김치의 향기활성 성분을 규명하기 위해 용매추출을 이용하여 휘발성 성분들을 분리 후 향추출물 희석분석법으로 flavor dilution(FD) factor(Log₃ FD)를 구하였다. 이 결과 감동젓무 김치에서 총 15종의 휘발성 향기활성 성분들이 확인되었다. 이 중 군덕내의 특성을 지닌 4-isothiocyanato-1-butene과 썩은 양파향을 주는 dimethyldisulfide가 높은 FD factor를 보였으며, 이들 성분 외에 높은 FD factor(Log₃ FD>5)를 나타내는 성분들로는 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin(Log₃ FD factor 5, spicy/garlic-like)이 있었다.

감사의 글

이 논문은 서울시 산학연 협력사업(과제번호: 10625)의 연구비 지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사 드립니다.

문헌

- Lee MK, Rhee KK, Kim JK, Kim SM, Jeong JW, Jang DJ. A survey of research papers on Korean kimchi and R&D trends. *Korean J. Food Culture* 22: 104-114 (2007)
- Choi HS. Manufacture and storage of kimchi. pp. 23-25. In: *Preparing and Storing of Kimchi*. Hyoilbooks, Seoul, Korea (2005)
- Cheigh HS. Critical review on biochemical characteristics of kimchi (Korean fermented vegetable products). *J. East Asian Soc. Diet Life* 5: 89-101 (1995)
- Park WS, Lee IS, Han YS, Koo YJ. Kimchi preparation with brined Chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 231-238 (1994)
- Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH. Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 239-245 (1994)
- Choi SY, Kim YB, Yoo JY, Lee IS, Chung KS. Effect of temperature and salt concentration on kimchi manufacture and storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 707-710 (1990)
- Mheen TI, Kwon TW. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 443-450 (1984)
- Park YS, Koo YJ, Ahn BH, Choi SY, Cho DW, Lee MK. Standardization of kimchi-manufacturing process. Korea Food Research Institute Report No. 0449. Korea Food Research Institute, Seongnam, Korea (1994)
- Cha YJ, Kim H, Cadwallader KR. Aroma-active compounds in kimchi during fermentation. *J. Agr. Food Chem.* 46: 1944-1953 (1998)
- Ryu JY, Lee HS, Rhee HS. Change of organic acids and volatile flavor compounds in kimchi's fermented with different ingredients. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11:169-174 (1984)
- Paik JE, Jung HA, Bae HJ. Quality changes of cucumber kimchi prepared with different minor ingredients during fermentation. *Korean J. Food Nutr.* 4: 473-481 (2006)
- Cho JS. The research of kimchi. p.14. In: *The Historical Review of Kimchi*. Yurim, Seoul, Korea (2000)
- Chung HY, Cadwallader KR. Aroma extract dilution analysis of blue crab claw meat volatiles. *J. Agr. Food Chem.* 42: 2867-2870 (1994)
- Dougan J, Howard GE. Some flavouring constituents of fermented fish sauce. *J. Sci. Food Agr.* 26: 887-894 (1975)
- Kim JY, Park EY, Kim YS. Characterization of volatile compounds in low-temperature and long-term fermented *baechu* kimchi. *Korean J. Food Culture* 21:319-324 (2006)
- Pyo YH, Kim JS, Hahn YS. Volatile compounds of mustard leaf (*brassica juncea*) kimchi and their changes during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32:56-61 (2000)
- Chun SS, Cho YS, Shim SY, Shon MY. Changes in chlorophyll contents and volatile compounds of *Angelica keiskei* kimchi during fermentation. *Korean J. Food Nutr.* 13: 59-65 (2000)
- Ko YT, Baik IH. Changes in pH, sensory properties and volatile odor components of kimchi by heating. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 1123-1126 (2002)
- Jung EJ, Lee MJ, Lee YB. Analysis of volatile compounds in kimchi-flavored steak sauce. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 351-355 (2002)
- Ryu JY, Lee HS, Rhee HS. Changes of organic acids and volatile flavor compounds in kimchi's fermented with different ingredients. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 169-174 (1984)
- Chun SB. Korean kimchi recipe. p. 195. In: *Gamdongchotmoo Kimchi*. Yuhan Publishing Co., Seoul, Korea (2004)
- Yoon SJ. Trend of Korean fermented food. p. 45. In: *Kimchi with Fermented Tiny Shrimps*. Shinkwang publishing Co., Seoul, Korea (2004)
- Kye SH, Yoon SI, Lee C. The development and distribution of Korean traditional foods. Korea Foods Industry Association, Seoul, Korea. p. 278 (1986)
- Han BJ. Traditional food. In: *Kimchi*. Daeil Publishing Co., Seoul, Korea. p. 107 (1989)
- Hawer WD. A study on the analysis of volatile flavor of kimchi. *Anal. Sci. Technol.* 7: 125-132 (1994)
- Kang JH, Kang SH, Ahn ES, Yoo MJ, Chung HJ. Effect of the combination of fermentation temperature and time on the properties of *Baechukimchi*. *Korean J. Food Culture* 19: 30-42 (2004)
- Grosch W. Detection of potent odorants in foods by aroma extract dilution analysis. *Trends Food Sci. Tech.* 4: 68-73 (1993)
- Buttery RG, Guadagni DG, Ling LC, Seifert RM, Lipton W. Additional volatile components of cabbage, broccoli, and cauliflower. *J. Agr. Food Chem.* 24: 829-832 (1976)
- Takeoka GR, Flath RA, Mon TR, Teranishi R, Guentert M. Volatile constituents of apricot (*Prunus armeniaca*). *J. Agr. Food Chem.* 38: 471-477 (1990)
- Buttery RG, Turnbaugh JG, Ling LC. Contribution of volatiles to rice aroma. *J. Agr. Food Chem.* 36: 1066-1069 (1988)
- Vanetten CH, Daxenbichler ME, Williams PH, Kwolek WF. Glucosinolates and derived products in cruciferous vegetables. Analysis of the edible part from twenty-two varieties cabbage. *J. Agr. Food Chem.* 24: 452-455 (1976)
- Park HK, Sohn KH, Park OJ. Analysis of significant factors in the flavor of traditional Korean soy sauce (III)-aroma compound analysis. *Korean J. Food Culture* 12: 173-182 (1997)
- Hawer WD. A study on the analysis of volatile flavor of kimchee. *Anal. Sci. Technol.* 7: 125-32
- Kang JH, Lee JH, Min S, Min DB. Changes of volatile compounds, lactic acid bacteria, pH, and headspace gases in kimchi, a traditional Korean fermented vegetable product. *J. Food Sci.* 68: 849-854 (2003)
- Choi SY, Lee MK, Choi KS, Koo YJ, Park WS. Changes of fermentation characteristics and sensory evaluation of kimchi on different storage temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 644-649 (1998)