

## Purge-and-Trap법에 의해 추출한 참기름 향기성분 분석

이상화 · 주광지  
계명대학교 식품영양학과

### Analysis of Volatile Flavor Compounds in Sesame Oil Extracted by Purge-and-Trap Method

Lee, Sang Hwa and Joo, Kwang Jee

Department of Food Science and Nutrition, Keimyung University

#### Abstract

In this study, volatile flavor compounds in sesame oils were analyzed by using pure-and-trap method and a gas chromatography. 2-ethoxy-3-ethylpyrazine was used as an internal standard and retention index (Kovat's number) for the volatiles were determined through the use of a n- paraffin ( $C_7-C_{25}$ ) standards. A total of 33 volatile compounds including 14 pyrazines, 7 thiazoles, 4 pyridines, 2 oxazoles and 6 others were identified in the sesame oils. By comparing the total yields of volatile flavor compounds, the pyrazines are the most abundant compounds all of the oil samples and considered as good contributor to characteristic flavor of sesame oil. The oil from the seeds roasted in the electric pan at 200°C and 230°C for 10 minutes generated 277.06 ppm, 264.81 ppm in pyrazine and 15.16 ppm, 13.19 ppm in thiazole, respectively. The sensory evaluation of oil samples was also investigated. The sesame oil obtained from the sesame seeds roasted at 200°C for 10 minutes with electric pan showed good flavor scores and quality among the all of samples.

Key words: Sesame oil, volatile components, pure-and-trap

#### 서 론

참기름은 고소한 맛과 향기 때문에 식용유, 조미료, 향신료로서 우리 식생활에서 빼놓을 수 없는 중요한 식품 재료로 옛부터 널리 사용되어왔다. 참기름 특유의 고소한 향기와 진한 갈색은 참깨를 볶는 과정에서 참깨속에 함유된 당질과 단백질의 Maillard 반응 및 지질과의 상호 작용에 의해 나타난다<sup>(1)</sup>. Maillard 반응에 의한 갈색화 및 향기 성분의 생성은 가열 온도와 시간에 의하여 크게 좌우되므로 참깨의 볶음 방법과 온도와 시간이 참기름 향기 성분의 중요한 인자가 될 수 있다<sup>(2)</sup>. 연구자들의 보고문헌에 의하면 참깨를 볶는 온도와 시간에는 상당한 차이를 나타내고 있다. 참깨를 200°C에서 90분간 가열한후 제조한 참기름이 바람직한 향기성분을 생성시킨다는 보고<sup>(3)</sup>가 있는 반면에 200°C에서 30분간 가열한 볶음 방법<sup>(4)</sup>이나, 210°C에서

참깨를 10분간 가열하여 제조한 참기름에서 향기성분을 추출한 보고가 있다<sup>(5)</sup>. 최근에 Shimoda 등<sup>(6)</sup>은 참기름 향기성분을 연속증류동시추출법으로 분리하고 TLC로 분획하여 팝콘이나 땅콩 같은 고소한 냄새 성분으로 alkylpyrazines과 thiazoles을 보고하였다. Manley 등<sup>(7)</sup>도 연속증류동시추출법을 이용하여 참기름 향기성분을 추출하고 18개의 pyrazine을 분리하였으며 이 성분들이 아미노산과 당질의 축합 반응에서 생성되어진 것이라고 하였다. 참기름의 향기 성분을 추출하는 방법으로는 연속증류동시추출법이 주로 사용되어져 왔으나 하<sup>(8)</sup>는 연속증류동시추출법과 head space법으로 향기 성분을 추출하는 방법을 비교하기도 하였다.

본 연구에서는 참기름의 향기성분을 분리 추출하는 실험과정을 간단한 purge-and-trap 방법을 응용하여 추출시간과 분리과정을 간편하게 하며, 참깨의 볶음 온도와 볶음 방식을 달리하여 참기름을 제조하고 향기성분을 확인 동정 하며 그 함량을 밝히고자 한다. 그리고 관능 검사를 실시하여 향기 성분의 분석 결과와 관능 검사와의 상관 관계도 알아보고자 한다.

Corresponding author: Kwangjee Joo, Department of Food Science and Nutrition, Keimyung University, 1000 Sindang-dong, Dalseogu, Taegu 704-701, Korea

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용한 참깨는 1996년 6월에 대구 대신동 서문시장에서 구입하였다. 예열한 산업용볶음기(Dorige-열풍순환식, 태환 자동화 산업, 1000×1290×1690 mm)와 전기팬(Electric pan, Farberware, U.S.A.)으로 각각 170°C, 200°C, 230°C에서 10분간 참깨를 볶은 후 즉시 착유기(Endolphin Power 참기름 제조기-동양전자 주식회사, 부산)에서 제조한 참기름을 시료로 사용하였다.

### 향기 성분의 추출

참기름의 향기 성분을 분리하기 위하여 간단한 purge-and-trap의 원리를 응용하였다<sup>7)</sup>. 밀이 둥근 2L 짜리 sample flask에 시료인 참기름 200 g을 넣고 internal standard로 2-ethoxy-3-ethylpyrazine 0.0020 g을 넣어 magnetic stirrer로 혼합하면서 질소 gas를 분당 400 mL로 흘려 보내어 향기 성분을 70 mL의 11.7% HCl 용액이 담긴 trap에 5시간 동안 포집하였다. 이때 sample flask의 water bath의 온도는 80±2°C였고, trap은 50±2°C로 유지하였다.

포집된 향기 성분을 30% NaOH 용액으로 pH를 12로 상승시킨 후 분액깔때기 에 옮겨 동량의 methylene chloride를 넣어 잘 혼합하여 향기 성분만을 추출하였다. 이 조작을 3회 반복 시행한 후 추출된 향기 성분을 함유한 methylene chloride를 합하여 무수황산나트륨(anhydrous sodium sulfate)으로 수분을 제거시킨 다음 Kuderna Danish (Macro Kuderna-Danish Type Concentrator, CAT NO 6-4685, Supelco)장치에 넣었다. 이 때 water bath는 55±2°C로 유지시켜 향기 성분을 2 mL까지 농축시킨 다음 methylene chloride 용액을 사용하여 기구 주변에 잔존하는 향기 성분을 씻어낸 후 작은 병에 옮겨 담아 질소 gas로 0.3 mL가 되도록 농축 하였다.

### 향기 성분의 분석

시료에서 추출한 농축된 향기 성분은 Gas Chromatograph (Hewlett Packard 5890A-Hewlett Packard Company, U.S.A.)를 사용하여 분석하였다. 검출기는 flame ionization detector (FID)를 사용하였으며 column은 DB-1 (60 m×0.32 mm×1 µm film thickness, J&W Scientific, U.S.A.)이었다. Carrier gas인 질소 gas를 분당 1 mL씩 흘려 보냈으며 split ratio는 80:1으로 하였다. Detector 온도는 280°C, injector 온도는 250°C였으며 오

븐 온도 설정은 처음 3분 동안 50°C를 유지하다가 분당 1.5°C씩 상승시켜 200°C에 도달한 후 10분간 유지시켜서 전체 분석 시간을 113분으로 정하였다.

### GC-MS 분석

GC에서 분석한 참기름의 농축된 향기 성분을 GC-MS를 이용하여 다시 분석하였다. 기기는 Hewlett-Packard 5890II GC에 연결된 Hewlett-Packard 5988 MS (Hewlett-Packard Company, U.S.A.)를 사용하였고, carrier gas는 helium gas를 분당 0.5 mL로 흘려보냈으며 column은 HP-1 (50 m×0.2 mm×0.33 µm film thickness, Hewlett-Packard Company, U.S.A.)을 사용하였다. 오븐의 온도 설정은 처음 4분 동안 40°C를 유지하다가 분당 3°C씩 상승시켜 210°C에 도달한 후 다시 분당 10°C씩 상승시켜 280°C까지 온도를 높였다. MS 분석 조건으로 ion source temperature는 200°C, ionization voltage (EI)는 70 eV, trap current는 300 µA이었다.

### 향기 성분의 동정 및 정량

참기름 시료에서 분리한 각 향기 성분의 동정은 GC-MS의 결과와 n-paraffin C<sub>5</sub>-C<sub>25</sub> (Hydrocarbons)에서 얻은 Retention Index에 의한 Kovats retention indices에 의하였다<sup>8)</sup>. 각 성분의 구조 확인은 GC-MS의 computer library file-Wiley 275. L에 의하였다. 그리고 이미 발표된 보고<sup>9,10)</sup>에 의하여서 재확인하였다. 시료의 각 향기 성분의 함량을 계산하기 위하여 다음의 식에 의해 내부 표준 물질(internal standard)과 각 성분 peak의 면적비에 의하여 계산하였다<sup>11)</sup>.

$$\text{ppm} = \frac{\text{Area of compound} \times \text{Amount of I.S.}}{\text{Area of I.S.} \times \text{Amount of sample}} \times 10^6$$

I.S.: Internal Standard

### 관능 검사

각 시료의 향기 성분을 판별하기 위하여 관능 검사를 실시하였다. 6개의 시료를 검사자의 인지 여부를 고려해 세자리수의 난수로 표시하여 뚜껑이 달린 용기에 각각 5 mL씩 넣고 깊게 흡이 패인 알루미늄 block에 담아 참기름의 향기 성분이 잘 발향될 수 있도록 60°C oven에 뚜껑을 닫은 채로 60분간 넣어 가온한 후 시료를 제시하였으며 검사자가 직접 용기의 뚜껑을 열어 검사하였다. 검사자는 16명의 식품영양학과 대학원생으로 하였고 각 시료를 제시한 후 참기름의 전체적인 기호 여부를 5점 기준인 평점법에 의해 평가하도록 하였다. 도출된 결과는 SAS package를 이용하여

ANOVA 분석하였으며 Duncan's Multiple Range test ( $\alpha < .05$ )로 각 시료간의 유의성을 검증하였다<sup>(12)</sup>.

## 결과 및 고찰

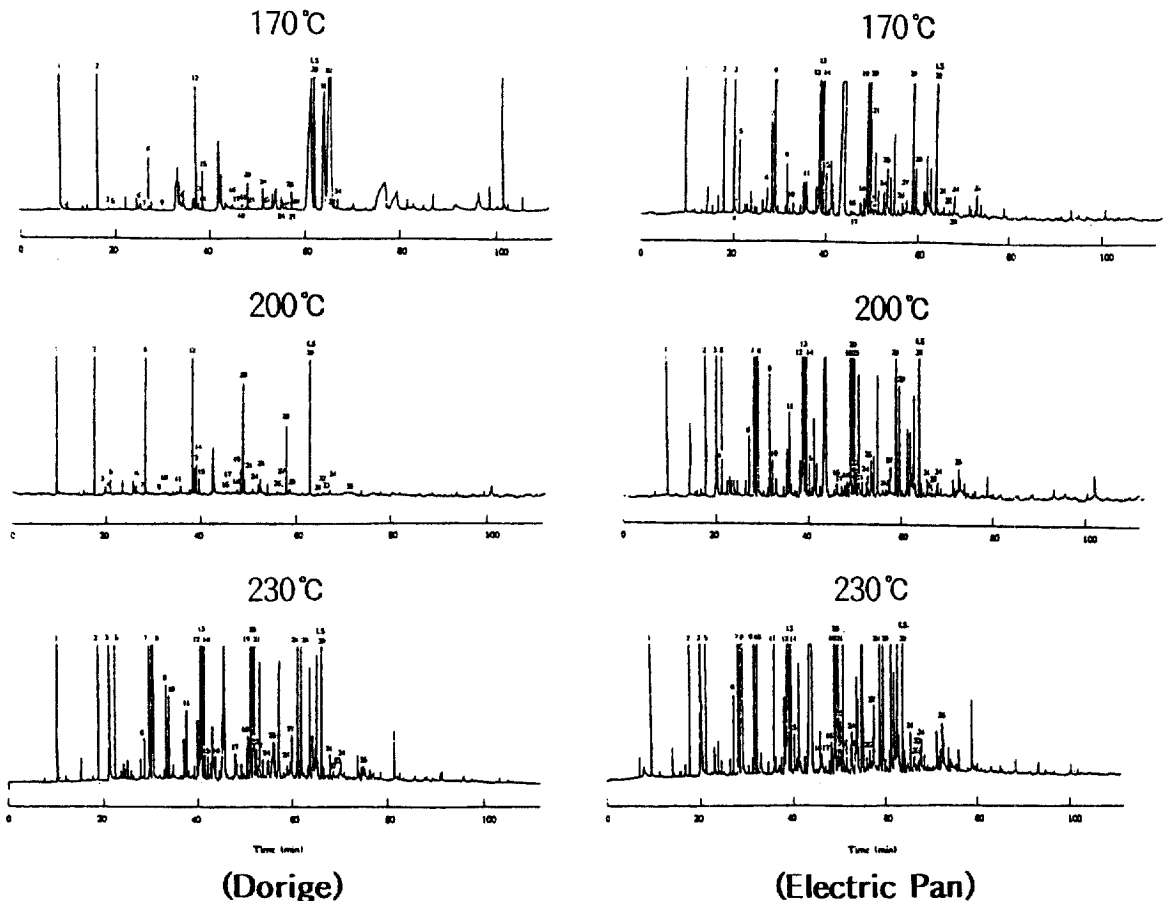
### 참기름 향기 성분의 GC 분석

참깨를 전기팬과 열풍순환식 방법으로 170, 200, 230°C에서 볶아서 만든 6개의 참기름 향기 성분을 분리 포집하고 농축시킨 시료의 GC chromatogram을 Fig. 1에 나타내었다. 대부분의 주요향기 성분의 peak들이 retention time 25분에서 70분 사이에 나타나 있다. 전기팬에 참깨를 볶아 제조한 참기름의 GC profile 상에 나타난 peak의 수는 열풍순환식의 것보다 현저히 많았다. 이 결과는 시료가 직접 가열된면에 닿아서 Maillard 반응을 일으키는 것이 일정한 온도를 유지하는 공간에서 반응하는 것보다 더 많은 향기성분을

생성할 수가 있다는 사실을 시사한다고 생각된다. 특히 열풍순환식에서 170°C로 10분간 처리한 참기름 시료의 향기 성분의 개별 peak는 분리가 잘되지 않았으며 몇 개의 peak가 하나로 뭉쳐져서 나타났다. 전기팬에 볶은 시료의 향기 성분의 peak들은 GC chromatogram 상에서 산업용 뷰음기에서 뷰았을때보다 향기성분의 peak수가 증가함과 동시에 개별 성분의 분리가 잘 이루어진 것으로 나타났다.

### GC-MS에 의한 향기성분의 동정

참기름 향기 성분의 GC-MS의 분석 결과와 retention indices에 의하여 확인 동정된 성분을 정량적으로 계산하여 그 함량을 ppm으로 표시하여 Table 1에 나타내었다. GC profile상에 나타난 총 peak의 수는 130개이었으나 다만 14개의 pyrazine, 7개의 thiazole, 4개의 pyridine, 2개의 oxazole, 기타 furan을 포함한



I.S. : internal standard  
 Fig. 1. Gas chromatogram of volatile flavor compounds isolated from sesame oils roasted by Dorige and electric pan.

**Table 1. Quantification of identified volatile compounds isolated from sesame oils roasted by Dorige and electric pan at 170, 200, 230°C**

No.	Peak No.	Compounds	Ik <sup>1)</sup> (DB-1)	Quantification (ppm)					
				Dorige			Electric pan		
				170°C	200°C	230°C	170°C	200°C	230°C
Pyrazine									
1.	8	2-methylpyrazine	787	0.81	8.84	137.90	47.05	150.44	136.71
2.	12	2,6-dimethylpyrazine	876	2.56	18.10	65.68	38.42	70.69	67.66
3.	13	Ethylpyrazine	879	0.16	1.11	11.50	3.62	10.65	10.93
4.	14	2,3-dimethylpyrazine	882	0.10	1.32	8.71	3.80	9.10	9.20
5.	19	2-ethyl-6-methylpyrazine	962	0.09	1.18	8.97	3.23	7.26	8.56
6.	20	2-ethyl-5-methylpyrazine	967	0.72	5.71	11.84	9.72	13.29	13.34
7.	21	Trimethylpyrazine	969	0.07	0.79	4.08	1.67	3.46	3.99
8.	22	2-ethyl-3-methylpyrazine	973	-- <sup>2)</sup>	0.13	0.91	0.26	0.77	0.91
9.	27	Isopropenylpyrazine	1034	0.09	0.33	1.57	0.42	1.05	1.25
10.	28	2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine	1044	0.39	3.21	8.14	5.59	7.32	8.67
11.	31	2-methyl-3t-propenylpyrazine	1099	0.81	0.17	0.94	0.24	0.74	0.85
12.	33	2,3-diethyl-5-methylpyrazine	1120	0.10	0.14	0.55	0.39	0.48	0.67
13.	34	3,5-diethyl-2-methylpyrazine	1122	0.26	0.30	0.77	0.53	0.53	0.69
14.	35	Pyrrolo (1,2-A) pyrazine	1163	--	0.40	0.78	0.52	1.28	1.38
Total pyrazines				6.16	41.73	262.34	115.46	277.06	264.81
Thiazole									
15.	6	2-methylthiazole	768	0.14	0.52	1.04	0.44	1.42	1.22
16.	9	4-methylthiazole	778	0.04	0.14	5.43	1.87	7.60	5.77
17.	11	4-methylthiazole	809	0.02	0.10	3.20	0.80	2.79	2.76
18.	16	2,4-dimethylthiazole	850	0.29	0.41	2.08	0.62	2.29	2.31
19.	17	2-ethyl-4-methylthiazole	934	0.23	0.26	0.31	0.10	0.25	0.36
20.	23	2,4,5-trimethylthiazole	938	0.08	0.22	0.60	0.09	0.47	0.39
21.		5-ethyl-2-methylthiazole	976	--	0.34	0.37	0.12	0.34	0.38
Total Thiazoles				0.80	1.99	13.03	4.04	15.16	13.19
Pyridine									
22.	5	Pyridine	706	0.02	0.78	3.05	0.98	3.10	2.90
23.	18	3-methoxypyridine	957	0.07	0.31	1.51	0.44	0.44	0.56
24.	25	2-pyridinecarbonitrile	997	0.06	0.50	0.99	1.47	1.58	0.59
25.	32	3-(methylthio)-pyridine	1107	--	0.24	0.36	0.09	0.30	0.43
Total pyridines				0.15	1.83	5.91	2.98	5.42	4.48
Oxazole									
26.	4	2,4-dimethyloxazole	696	--	0.11	2.20	0.15	0.77	0.91
27.	10	Trimethyloxazole	817	--			0.11	0.99	2.50
Total oxazoles				--	0.49	2.86	0.26	1.76	3.41
Others									
28.	2	Cyclohexene	662	20.30	32.09	5.28	15.29	14.10	6.70
29.	3	Pyrimidine	692	0.07	0.29	11.23	4.04	18.82	14.23
30.	15	2-cyclohexene-1-one	886	0.72	0.75	0.76	0.75	0.93	0.73
31.	24	2-acetyl-5-methylfuran	991	0.56	1.11	0.94	0.55	0.78	0.99
32.	26	1-phenylethanone	1025	0.07	0.38	0.59	0.26	0.37	0.48
33.	29	2-methoxyphenol	1051	0.03	0.54	10.34	1.66	0.25	4.02
Overalls				28.86	81.20	313.28	145.29	334.65	313.04

<sup>1)</sup>Calculated kovats retention indices with n-paraffin (C<sub>5</sub>-C<sub>20</sub>) as reference on a DB-1 column<sup>(10)</sup>.

<sup>2)</sup>None.

6개의 성분으로 33개의 peak 가 확인 동정되었다.

Pyrazine 류

Pyrazine류는 땅콩을 포함한 볶은 콩류나 튀기거나 구운 식품의 중요 향기 성분이며 Maillard 반응에서 생성되는 향기 성분이다<sup>(13)</sup>. Pyrazine류는 14종류가 확

**Table 2. Relative concentration of total volatile compounds isolated from sesame oils roasted by hot air roasting machine (DORIGE) and electric pan (EP)**

Compounds	Relative Concentration (%)					
	DORIGE			E P		
	170°C	200°C	230°C	170°C	200°C	230°C
Pyrazines	21.34	51.39	83.74	79.47	82.79	84.59
Thiazoles	2.77	2.45	4.16	2.78	4.53	4.21
Pyridines	0.52	2.25	1.89	2.05	1.62	1.43
Oxazoles	--	0.60	0.91	0.18	0.53	1.09
Others	75.36	43.30	9.30	15.52	10.53	8.67

인 되어 졌으며 6개의 참기름 시료의 총 향기 성분 중에 상대적으로 가장 풍부한 양으로 존재하여 참기름의 주요 향기 성분임을 나타내었다. 그 함량이 가장 많은 것은 2-methylpyrazine이며 그 다음 2, 6-dimethylpyrazine 였으며 전기팬에서 200°C로 처리한 시료에서 각각 150.44 ppm, 70.69 ppm이 확인 되었다. Manley 등<sup>(1)</sup>은 볶음 참깨의 주요 성분이 2,5-dimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine이라고 보고하였으나 정량적인 보고는 없었다. 그리고 Shimoda 등<sup>(2)</sup>도 참기름의 특징적인 방향에 기여하는 향기 성분은 땅콩냄새와 비슷한 pyrazine류라고 보고하였으며 그 함량은 대단히 적은 ppb 단위로 나타내었다. Pyrazine 류의 생성량은 참깨의 볶음 온도가 상승함에 따라 그 함량이 증가되었으며 열풍순환식에서 170, 200, 230°C에서 그 함량 백분율이 각각 21, 51, 83%로 증가 하였다. 전기팬에서 200°C로 처리된 시료에서 확인된 총 pyrazine 함량은 277.06 ppm으로 총 향기성분 313.04 ppm의 84.59%에 달하였다. 한편 170°C에서 열풍순환식으로 처리된 시료는 총 pyrazine 함량이 다만 6.16 ppm으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(Table 2).

### Thiazole 류

Thiazole류는 pyrazine류에 비하여 현저히 적은 양이 검출되어졌고 pyrazine류의 함량과 같이 볶음 온도가 상승함에 따라 뚜렷한 증가 현상은 관찰되지 않았다. 확인된 7종이 모두 alkylthiazole로서 4-methylthiazole의 함량이 7.60 ppm으로 비교적 많이 함유되어 있었다. Thiazole류는 참기름의 특징적인 냄새 성분에서 2차적으로 기여하는 성분이며 그 중 dimethylthiazole은 관능적 검사로 확인된 바가 있다<sup>(3)</sup>.

그 외 pyridine류, oxazole류와 furan등이 검출되어졌다. Pyridine류는 볶음 땅콩의 향기 성분으로 달콤한 맛과 향기를 가지고 있으며 참기름 향기 성분에서 기여한다<sup>(4)</sup>. Oxazole류의 함량은 6개의 각 참기름 시료에

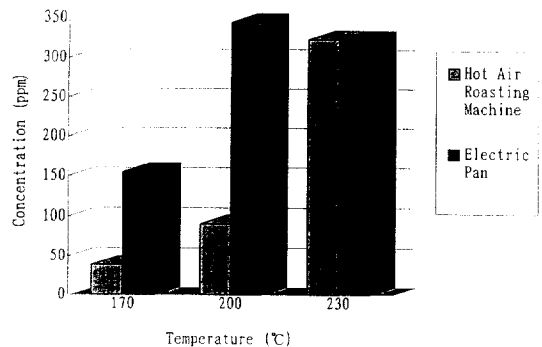
서 생성된 총 향기 성분중에서 가장 낮은 함유 비율을 나타내었다. Oxazole류는 볶음 콩과 코코아 그리고 닭튀김의 냄새 성분에서 동정 되어졌으며 Maillard 반응의 결과에서 생성된 향기성분의 일부라고 사료된다<sup>(4)</sup>.

### 볶음 온도와 방법에 따른 향기 성분의 변화

열풍순환식 볶음기에서 170, 200, 230°C로 10분간 참깨를 볶아서 제조한 참기름에서 생성된 총 향기 성분은 각각 28.86, 81.20, 313.28 ppm이며 170°C와 200°C에서 처리된 참기름에서 생성된 총 향기 성분의 양은 230°C의 것에 비하여 다만 9%와 26%에 불과하여 열풍순환식 볶음 방법에서는 170°C와 200°C의 볶음 온도는 참기름 향기 성분 생성에 바람직한 영향을 미치지 못하다고 생각된다. 전기팬에서 처리된 참기름의 총 향기 성분은 230°C의 볶음 온도에서는 313.04 ppm이며 200°C에서는 334.65 ppm으로 6개의 시료 참기름 중에서 가장 많은 향기 성분이 검출되어졌으며 170°C에서는 145.29 ppm으로 200°C 총 향기 성분의 43%에 불과 하였다(Fig. 2).

### 관능 검사

16명의 관능 검사자에게 6종류의 참기름에 대한 관능적인 평가를 실시하였다. 가장 바람직하고 고소한 향기를 가진 시료는 전기팬에서 200°C로 10분간 볶음 처리하여 착유한 참기름이 였으며 5점을 만점으로한 관능검사의 flavor score가  $4.06 \pm 0.79$ 였다. 한편 열풍순환식의 200°C에서 처리한 시료( $2.50 \pm 0.85$ )와는 확실한 유의적인 차이가 관찰되어졌다(Table 3). 열풍순환식이나 전기팬에서 170°C에서 10분간 처리한 참기름에서는 풀냄새나 비린내가 나서 flavor score가 각각  $1.68 \pm 0.64$ ,  $1.75 \pm 0.65$ 로 그 점수가 낮았다. GC의 분석 결과도 200°C 전기팬에서 10분간 처리한 참기름이



**Fig. 2. Total amount of flavor compounds of sesame oils by roasting temperature and methods.**

**Table 3. Flavor score of sesame oils by sensory evaluation**

Sample No.	Flavor score (Mean $\pm$ SD)
1	3.40 $\pm$ 0.86 <sup>b</sup>
2	2.50 $\pm$ 0.85 <sup>c</sup>
3	1.68 $\pm$ 0.64 <sup>d</sup>
4	3.93 $\pm$ 0.92 <sup>ab</sup>
5	4.06 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>
6	1.75 $\pm$ 0.65 <sup>d</sup>

Sample 1, 2, 3 are roasted by Dorige (hot air roasting machine) for 10 min. at 230, 200, 170°C respectively.

Sample 4, 5, 6 are roasted by electric pan for 10 min. at 230, 200, 170°C, respectively.

<sup>a-d</sup>Means with the same lettered superscripts are not significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

향기 성분의 peak수가 가장 많고 그 함유량도 많았다. 일반적으로 GC 분석의 결과와 관능 검사와의 결과가 반드시 일치할 수는 없으나 본 실험에서는 관능 검사에서 가장 바람직한 향기 성분을 가진 시료가 GC의 분석 결과에서도 향기 성분의 종류와 그 함량이 가장 많았다는 결과를 얻었다. 이와 같은 결과는 참깨가 배전식의 가열에 의하여 Maillard반응을 일으키고 pyrazine과 같은 헤테로사이클릭화합물(heterocyclic compounds)을 생성해 내므로 참기름의 독특한 냄새를 생성시켰다고 생각한다. 참깨의바람직한 볶음방법은 전기팬에서 참깨를 직접 볶으며 그 볶음 온도는 200°C가 가장 적당하다고 할 수 있다.

## 요 약

참깨를 170, 200, 230°C로 열풍순환식과 전기팬에서 볶아서 함유한 기름의 향기 성분을 GC와 GC-MS로 분석하여 동정 확인하고 관능 검사를 실시하였다. 총 33개의 향기성분이 확인 되어졌으며 pyrazine류 14종, thiazole류 7종, pyridine류 4종, oxazole류 2종 및 기타 6종 이었다. 전기팬에서 170, 200, 230°C에서 처리된 시료의 총 향기성분의 함량은 각각 145.29, 334.65, 313.04 ppm 이었고 열풍순환식에서는 각각 28.86, 81.20, 313.28 ppm이 었다. 그리고 개별향기 성분중에서는 pyrazine류의 함량비가 가장 높았다. 6개의 시료에 대한 관능 검사의 결과는 200°C에서 배전식 방법으로 볶은 참깨로부터 제조된 참기름이 가장 바람직

한 향기를 가진것으로 판단되어졌다. 이런 현상은 GC 분석의 결과와 일치하였다.

## 문 헌

1. Manley, C.H., Vallon, P.P. and Erickson, R.E.: Some aroma components of roasted sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *J. Food Sci.*, **39**, 73-76 (1974)
2. Frank, B.W.: Volatiles from interactions of maillard reactions and lipids. *C.R. in Food Sci. & Nutri.*, **31**(1/2), 1-58 (1992)
3. Lee, Y.G., Lim, S.U. and Kim, J.O.: Influence of roasting conditions on the flavor quality of sesame seed oil (in Korean). *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, **36**(6), 407-415 (1993)
4. Yen, G.C.: Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesame indicum*) oil. *J. Sci. Food Agric.*, **50**, 563-570 (1990)
5. Ha, J.: Changes in the flavor compounds of the oil from sesame seeds with roasting conditions. *Ph. D. Thesis*, Korea Univ., Seoul, Korea (1991)
6. Shimoda, M., Shiratsuchi, H., Nakada, Y., Wu, Y. and Osajima Y.: Identification and sensory characterization of volatile flavor compounds in sesame seed oil. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 3909-3912 (1996)
7. Kuo, M.C., Zhang, Y., Hartman, T. G., Rosen, R. T. and Ho, C.T.: Selective purge-and-trap method for the analysis of volatile pyrazines. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 1020-1022 (1989)
8. Dool, H. V.D. and Kratz, P.D.: A Generalization of the retention Index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J. Chromatogr.*, **2**, 463-471 (1963)
9. Izzo, H.V. and Ho, C.T.: Ammonia affects maillard chemistry of an extruded autolyzed yeast extract: Pyrazine aroma generation and brown color formation. *J. Food Sci.*, **57**(3), 657-659 & 674 (1992)
10. Ho, C.T., Lee, M.H. and Chang, S.S.: Isolation and identification of volatile compounds from roasted peanuts. *J. Food Sci.*, **47**(1), 127-133 (1981)
11. Majlat, P., Erdos, Z. and Takacs, J.: Calculation and application of the retention indices in programmed temperature gas chromatography. *J. Chromatog.*, **91**, 89 (1974)
12. SAS. SAS User's Guide, SAS Institute, Inc. Cary, N. C. (1982)
13. Maga, J.A. and Sizer, C.E.: Pyrazines in foods. a review. *J. Agric. Food Chem.*, **21**, 20 (1973)
14. Jin, Q.Z., Hartman, G.J. and Ho, C.T.: Aroma properties of some oxazoles. *Perfumer & Flavorist*, **9**, 25, August/September (1984)

(1997년 10월 9일 접수)