

## 산지별 마늘의 향기 항산화활성과 열처리 효과

- 연구노트 -

정지영<sup>1</sup> · 우관식<sup>1</sup> · 황인국<sup>1</sup> · 윤향식<sup>2</sup> · 이연리<sup>1</sup> · 정현상<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과

<sup>2</sup>충청북도농업기술원

### Effects of Heat Treatment and Antioxidant Activity of Aroma on Garlic Harvested in Different Cultivation Areas

Ji Young Jeong<sup>1</sup>, Koan Sik Woo<sup>1</sup>, In Guk Hwang<sup>1</sup>, Hyang-Sik Yoon<sup>2</sup>,  
Youn Ri Lee<sup>1</sup>, and Heon-Sang Jeong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

<sup>2</sup>Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Service, Cheongwon 363-883, Korea

#### Abstract

The objectives of this study were to compare the aroma characteristics and antioxidant activity of raw and heated garlic (130°C, 2 hr) from different cultivation areas (Danyang, Seosan, Uiseong Namhae, Namdo, Daeseo and China). The volatile compounds were extracted by simultaneous steam distillation extraction and identified with gas chromatography/mass spectrometer. The major volatile compounds of raw garlic were sulfur compounds such as diallyl disulfide, methyl-2-propenyl trisulfide, di-2-propenyl trisulfide etc. After heating, the major volatile compounds were allyl mercaptan, methyl pyrazine, 2,2-dimethyl-1,3-dithiane, 2-propenyl propyl disulfide, allyl methyl sulfide, allyl alcohol, and allyl sulfide etc. The DPPH radical scavenging activity (EDA, %) of volatile compounds from raw garlic and heated garlic was increased in a dose-dependent manner. The antioxidant activities (EDA, %) of volatile compounds from raw garlic cultivated in Danyang, Namhae and China were 20.07, 34.62, and 9.71% respectively. After heating, these values were increased to 79.90, 93.59, and 77.26% respectively. Results showed that heat treatment significantly enhanced the antioxidant activities (EDA, %) of the garlic.

**Key words:** garlic (*Allium sativum*), aroma characteristic, antioxidant activity, heat treatment

#### 서 론

마늘(*Allium sativum*)은 4,000년 전부터 재배되어온 작물로 원산지는 중앙아시아로 추정되며, 혈중 지질을 낮추고 혈압을 저하시키고 혈전을 억제하고 항바이러스, 항곰팡이, 항세균 활성이 있고 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다(1-3). 마늘과 *Allium*속 작물의 생리활성을 가진 대표적인 화합물은 dithiines, allyl sulfides 및 ajoene 등이며, 이들 화합물에 대한 많은 연구가 이루어졌으며(1) 몇몇 질병에 대해 치료효과가 있는 것으로 확인되었다(3). 마늘의 정유 성분은 황화합물로 allicin(2-propene-1-sulfinothioic acid S-2-propenyl ester; C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>S<sub>2</sub>), allyl disulfide(4,5-dithia-1,7-octadiene; C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>S<sub>2</sub>), allyl trisulfide(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>S<sub>3</sub>) 및 그 밖에 다른 황화합물로 알려져 있다. 이러한 향기성분은 일반적으로 마늘의 의약적인 특성을 나타내는 것으로 알려져 있으며, 지난 수년간 마늘에 대한 연구는 이러한 성분들의 특성을 규명하

고 심혈관계 질환과 암에 대한 연구로 진행되었다(2).

향기성분은 과채류의 중요한 관능적인 지표이며, 구조의 변화는 특히 민감한 것으로 알려져 있다. 과채류의 향에 기인한 향기성분은 숙성, 수확 및 저장 중에 합성되며, 품종과 기술적인 처리 등의 많은 변수에 영향을 받는다(4). 마늘의 향기성분에 대한 연구로는 마늘 정유물의 향기성분 및 저장 안정성(5), 마늘 추출물의 향기성분에 관한 연구(6), 마늘 풍미유의 휘발성 향기 성분의 변화(7) 등 많은 연구가 진행되어 있으며, 산지별 마늘에 대한 연구로는 산지별 마늘의 이화학적 특성 및 생리활성의 작용(8), 국내산 마늘의 향미성분(9) 등의 연구가 진행되어 있다. 마늘의 열처리에 관한 연구로는 고온고압처리에 따른 마늘의 이화학적 특성(10), 열처리 방법에 따른 마늘의 성분 분석(11) 등의 연구가 보고되어 있으며, 마늘 향기성분의 항산화활성(12), 초임계 추출에 따른 알몬드 잎의 향기성분과 항산화활성(13) 등에 대한 연구가 보고되었다. 그러나 열처리에 따른 산지별 마늘의 향기성

\*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

분과 항산화활성에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 산지별 마늘과 중국산 마늘에 대하여 simultaneous distillation and extraction(SDE) 추출물에 대한 향기특성과 항산화활성을 분석하고 열처리 시 향기성분의 변화와 향기성분의 항산화활성을 비교검토하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 시료는 한지형 마늘 3종(단양, 서산, 의성)과 난지형 마늘 3종(남해, 남도, 대서) 및 중국산 마늘을 사용하였으며, 국내산은 산지에서 2005년 6월에 수확한 것을 구입하였으며, 중국산은 2005년 5월경에 수확한 것을 다진 마늘 상태로 수입된 것을 사용하였다. 마늘 시료는 polyethylene 필름으로 포장하여 -20°C에서 저장하면서 사용하였다.

### 시료 처리

본 실험에 사용된 시료는 무처리와 열처리 시료로 구분하였다. 열처리 시료는 한지형과 난지형 마늘 각각 1 품종인 단양 및 남해마늘과 중국산 마늘을 선행 연구(10,14)를 바탕으로 130°C에서 2시간 열처리하였다. 즉, 일정량의 시료를 내부용기에 넣은 후 일정량의 물을 첨가하여 고온고압처리 장치(Jisico, Seoul, Korea)에 넣고 밀봉하여 온도조절장치가 부착된 oil bath(JS Research, Gongju, Korea)에 넣고 정해진 온도와 시간에 따라 가열됨으로서 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계된 장치에서 열처리한 후 향기 추출 시료로 사용하였으며, 무처리 시료는 추출 용매에 담근 후 마쇄한 다음 향기 추출을 실시하였다.

### 향기성분의 추출

열처리 및 무처리 마늘의 휘발성 향기성분의 추출은 연속 증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)(15)를 사용하여 상압 하에서 추출하였다. 즉, 50 g의 시료에 증류수 2 L를 첨가한 후 마쇄한 다음 diethyl ether(Wako Pure Chemical, Osaka, Japan)를 추출 용매로 2시간 동안 향기성분을 추출하였다. 여기서 얻은 추출액을 무수황산나트륨(Wako Pure Chemical, Osaka, Japan)으로 탈수한 후 질소가스(99.99%) 하에서 1 mL까지 농축하여 GC/MS로 분석하였다.

### GC/MS 분석

추출된 향기성분은 gas chromatography/mass spectroscopy(HP 6890N/5973N MSD, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)로 분석하였으며, 컬럼은 HP-FFAP(30 m×0.32 mm×0.25 μm, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)를 사용하였고, 오븐온도는 50°C에

서 5분간 유지한 후 분당 3°C로 220°C까지 상승시켰으며, 220°C에서 20분간 유지하였다. 주입구와 검출기 온도는 각각 250°C, carrier gas는 헬륨을 사용하였다. 향기성분의 동정은 GC-MS를 이용하여 얻은 mass spectrum을 Wiley 275L data base로 검색하여 동정하였다.

### DPPH에 의한 전자공여능 측정

전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois(16)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 추출 농축된 시료 0.2 mL에 0.2 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액(99.9% methanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, vortex mixer로 20초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(Beckman Coulter, DU-650, Anaheim, CA, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 diethyl ether만의 흡광도를 측정하여 보정해 주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였다. 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

### 통계 분석

각각의 조건에서 얻어진 데이터의 통계분석은 SAS 프로그램(Statistical Analysis System)을 이용하여 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 산지별 마늘의 향기 특성

산지별 마늘의 향기성분을 GC/MS로 분석한 결과는 Table 1과 같다. 한지형인 단양, 서산, 의성 마늘과 난지형인 남해, 남도, 대서 마늘 및 중국산 마늘 총 7종의 마늘에서는 공통적으로 acetaldehyde와 allyl methyl sulfide, methyl-2-propenyl disulfide, diallyl disulfide, 2-ethylidene-1,3-dithiane, methyl-2-propenyl trisulfide, di-2-propenyl trisulfide 및 2-vinyl-4H-1,3-dithiin 등의 함황화합물이 다량 검출되었다. 생리활성이 우수한 것으로 알려진 diallyl disulfide, methyl-2-propenyl trisulfide, di-2-propenyl trisulfide 및 2-ethylidene-1,3-dithiane 등의 성분은 중국산 마늘이나 난지형 마늘보다 한지형 마늘에서 더 높게 검출되었다. Diallyl disulfide(DADS)는 세포막이나 세포질의 -OH기를 함유하고 있는 물질을 변화시켜 대장암, 식도암, 폐암, 피부암, 위암 및 유방암의 발생을 억제하는 것으로 알려져 있는데(17), 본 실험 결과 DADS의 함량은 한지형 마늘인 서산마늘이 난지형 마늘이나 중국산 마늘에 비해 많은 양이 함유된 것으로 나타났다. Di-2-propenyl trisulfide는 서산 마늘에서 가장 높은 함량을 보였으며, 남도 마늘과 단양마늘에서도 비교적 높은 함량을 나타내었다. 또한 methyl-2-propenyl trisulfide, 2-vinyl-4H-1,3-dithiin 및 allyl alco-

**Table 1. Volatile compounds of garlic harvested in different cultivation areas**

Retention time (min)	Compounds	Peak area						China
		Northern type			Southern type			
		Danyang	Seosan	Uiseong	Namhae	Namdo	Daeseo	
1.87	Acetaldehyde	771.29	678.65	532.14	362.41	322.47	718.34	238.24
1.97	Dimethyl sulfide	21.24	-	-	-	-	-	-
2.08	Propanal	-	5.73	-	11.27	9.95	11.73	-
2.32	2-Propenal	-	-	-	-	14.13	-	-
2.47	Butanal	64.18	-	23.15	119.13	126.06	-	8.10
2.88	Ethanol	15.85	-	-	-	-	-	837.71
3.14	Allyl methyl sulfide	87.28	75.95	36.91	-	29.38	31.28	159.01
4.49	2-Butenal	291.32	198.70	166.56	64.70	-	147.57	123.53
5.12	Dimethyl disulfide	-	-	-	-	-	-	41.42
5.33	Hexanal	-	-	-	-	-	-	26.45
5.72	2-Methyl-2-butenal	65.15	12.61	10.08	9.01	-	2.69	-
6.47	Allyl alcohol	93.68	130.66	65.35	-	95.97	-	-
6.98	Allyl sulfide	161.81	130.04	-	-	-	-	187.38
7.22	2-Methyl-2-pental	89.61	-	-	-	-	-	-
11.14	Methyl-2-propenyl disulfide	414.21	522.85	374.68	58.06	185.23	238.81	745.71
13.98	Dimethyl trisulfide	-	15.69	-	-	-	-	39.64
16.33	Diallyl disulfide	3564.96	4185.44	2088.69	1593.81	1891.14	1772.93	2980.69
16.92	2-Ethylidene-[1,3]-dithiane	922.99	1026.85	512.41	284.43	416.09	687.48	-
19.51	Methyl-2-propenyl trisulfide	464.13	835.27	141.97	144.69	490.70	500.76	546.86
22.71	5-Methoxy-thiazole	-	24.68	-	-	-	-	-
24.11	Di-2-propenyl trisulfide	3268.80	5470.40	778.93	2850.26	3470.49	2956.93	1820.34
25.31	2-Vinyl-4H-1,3-dithiin	4.22	74.84	5.99	13.81	59.17	33.36	13.75

hol은 서산마늘에서 가장 높은 함량을 나타내었다. Methyl-2-propenyl disulfide는 중국산 마늘에서 가장 많이 검출되었으며, 서산마늘 또한 많은 함량을 가지는 것으로 나타났다. 마늘의 주요 향기성분의 하나인 allyl methyl sulfide(18) 및 allyl sulfide는 중국산 마늘이 국산 마늘보다 높은 함량을 보이는데, 이는 Bae와 Chun(19)의 보고와 같이 통마늘에 비해 다진 마늘은 저장 전 통마늘을 마쇄함과 동시에 효소가 급격히 활성화되어 휘발성 물질의 전구체로 알려져 있는 alliin은 allicin으로 되고, 이들은 매우 불안정하기 때문에 저급 황화합물 등으로 분해되어 휘발성 물질을 다량으로 생성하여 다진 마늘의 향기성분 발현이 더 많은 것으로 생각된다.

**열처리에 따른 마늘의 향기 특성**

단양, 남해 및 중국산 마늘을 130°C에서 2시간 열처리한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 열처리 시 2-propenone, allyl mercaptan, methyl formic acid, 2-methyl thiophene, methyl pyrazine, 2,2-dimethyl-1,3-dithiane 및 2-propenyl propyl disulfide 등이 새롭게 생성되었으며, allyl methyl sulfide, allyl alcohol 및 allyl sulfide 등의 화합물의 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 반면 methyl-2-propenyl disulfide 및 diallyl disulfide 등의 화합물의 함량은 감소하는 것으로 나타났으며, 2-ethylidene-1,3-dithiane, methyl-2-propenyl trisulfide, di-2-propenyl trisulfide 및 2-vinyl-4H-1,3-dithiin 등의 화합물은 열처리 후에는 검출이 되지 않았다. 무처리 마늘과 비교하였을 때, 열처리한 마늘의 향기성분의 총 함량은 전체적으로 감소하였으며, 열처리한 마늘의 주요 향기 성분은 allyl sulfide 및 allyl methyl

sulfide 및 allyl alcohol 등으로 나타났다. 이러한 변화는 열처리가 향기성분의 생성과 증감에 영향을 주며, 열처리를 하였을 경우 분자량이 작은 화합물이 생성된 것으로 판단된다. Allyl mercaptan은 콜레스테롤 합성을 감소시키는 기능을 가진 allium 유도체 화합물의 대사산물로 보고되었는데 (20), 본 실험에서는 allyl mercaptan이 열처리를 함으로써 새롭게 생성된 화합물임을 알 수 있었다. 또한 allyl alcohol은 마늘을 가열시 발현되는 주요 성분의 하나로서, 이의 함량은 alliin 분해 과정 중에 생성되어 마늘 중의 alliin 함량에 의존하며, 향균력을 가지는 것으로 보고되었는데(21), 본 연구에서는 국산마늘이 중국산 마늘보다 더 높게 검출되었으며, 열처리 후에 이 화합물의 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

**산지별 마늘 향기 추출물의 향산화활성(EDA, %)**

산지별 생마늘의 향기 추출물에 대한 DPPH radical 소거활성은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전체적으로 농도 의존적으로 향산화활성(EDA, %)은 증가하는 경향을 보였으며, 일반적으로 중국산 마늘에 비하여 국산 마늘 향기성분 추출물의 향산화활성이 높게 나타났다. 또한 산지별 생마늘 중에서 한지형인 서산마늘과 난지형인 남해 마늘이 높은 향산화활성을 나타내었다. 한지형인 서산마늘과 난지형인 남해마늘을 1 g의 농도로 처리하였을 경우 각각 9.05 및 11.67%의 활성을 보였으며, 중국산 마늘은 3.84%의 활성을 나타내었다. 2 g의 농도에서는 각각 20.90, 22.37 및 9.44%의 활성을 나타내었으며, 3 g의 농도로 처리하였을 경우 각각 29.13, 34.62 및 9.71%의 활성을 나타내었다. 마늘의 함황 성분 중

Table 2. Volatile compounds of garlic after heating at 130°C for 2 hr

Retention time (min)	Compounds	Peak area		
		Danyang	Namhae	China
1.87	Acetaldehyde	58.19	59.96	50.46
1.97	Dimethyl sulfide	5.551	15.83	5.80
2.09	Propanal	83.61	76.22	50.29
2.18	2-Propanone	219.80	76.22	33.14
2.53	Allyl mercaptan	-	8.57	12.01
2.58	Methyl formic acid	205.85	108.22	-
2.73	2-Methyl butanal	104.96	99.50	3.83
2.88	Ethanol	27.61	-	499.04
3.14	Allyl methyl sulfide	1055.28	426.89	1130.07
5.12	Dimethyl disulfide	-	-	9.09
5.72	3-Methyl butenal	-	14.85	8.90
6.20	2-Methyl-thiophene	126.81	163.77	70.15
6.57	Allyl alcohol	1511.62	574.52	99.00
6.92	Allyl sulfide	1189.15	1733.82	1872.55
10.82	Methyl-pyrazine	45.35	27.24	4.16
11.13	Methyl-2-propenyl-disulfide	-	-	40.03
11.45	2-Oxopropanoic acid	-	-	11.89
12.61	2,3-Dimethyl pyrazine	8.09	9.60	-
15.31	2-Methyl-1,3-dithiane	-	-	9.65
16.61	2-Furancarboxaldehyde	14.36	43.69	-
16.75	Diallyl disulfide	20.80	94.00	82.10
17.61	1-(2-Furanyl)-ethanone	6.98	15.75	-
18.56	2,2-Dimethyl-1,3-dithiane	78.74	161.05	190.34
19.34	5-Methyl-2-furancarboxaldehyde	3.87	6.50	-
19.79	2-Propenyl propyl disulfide	94.62	214.85	246.62
21.43	2-Furanmethanol	28.10	25.42	-
29.87	3,5-Diethyl-1,2,4-trithiolane	-	-	2.16
32.77	Hexadecanoic acid	5.40	-	-

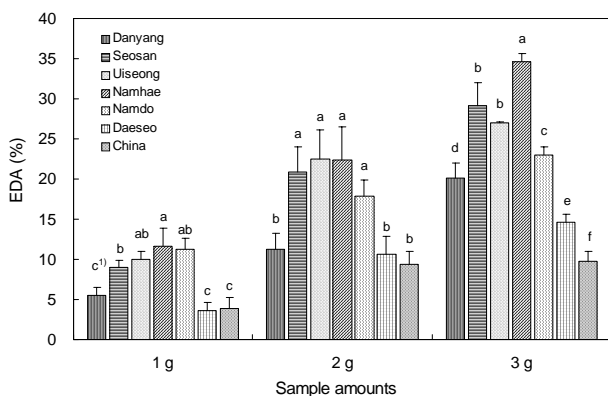


Fig. 1. Changes of antioxidant activities (EDA (%)) by DPPH assay on the volatile compounds of garlic harvested in different cultivation areas.

<sup>1)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

diallyl sulfide(DAS), dipropyl sulfide(DPS), diallyl disulfide(DADS) 및 *s*-allyl cysteine(SAC) 등은 산화성 스트레스를 유발하는 radical에 대한 소거활성을 갖는 성분이라고 보고되었는데(22), 본 연구에서는 diallyl disulfide, Di-2-propenyl trisulfide 및 methyl-2-propenyl trisulfide 등이 중국산 마늘에 비하여 국산 마늘에서 더 높게 나타났기 때문에 radical 소거활성이 더 높게 나타난 것으로 생각된다. 마늘의

항산화 작용은 어느 특정한 성분에 의한 것이 아니라 항상 성분들의 여러 단계 물질들이 관여해서 나타내는 작용으로 보고(23)한 바와 같이 여러 함황화합물들의 복합적인 작용이 마늘의 항산화활성에 영향을 주는 것으로 생각되며, 향기 성분 이외의 유용성분들이 항산화활성에 영향을 미친 것으로 생각된다.

#### 열처리에 따른 마늘 향기 추출물의 항산화활성

단양, 남해 및 중국산 마늘을 130°C에서 2시간 동안 열처리한 다음 추출한 향기성분에 대한 DPPH radical 소거활성으로 측정된 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 시료량이 증가할수록 항산화활성이 증가하는 것으로 나타났다. 단양 마늘과 남해 마늘 및 중국산 마늘을 1 g의 농도로 처리하였을 경우 각각 25.06, 31.25 및 27.49%의 활성을 나타내었다. 2 g의 농도에서는 각각 48.83, 52.94 및 37.10%의 활성을 나타내었으며, 3 g의 농도로 처리하였을 경우 각각 79.90, 93.59 및 77.26%의 활성을 나타내었다. 열처리 마늘의 향기성분에 대한 항산화활성은 한지형인 단양 마늘이 높게 나타났으나, 전체적으로 큰 차이는 보이지 않았다. 산지별 생마늘의 항산화활성을 나타낸 Fig. 1과 비교해보면, 1 g의 농도에서는 3.84~11.67% 범위이었던 것이 열처리로 인하여 25.06~31.25% 범위로 증가하였으며, 2 g의 농도에서도 9.44~22.51% 범위에서 37.10~52.94% 범위로, 그리고 3 g의 농도

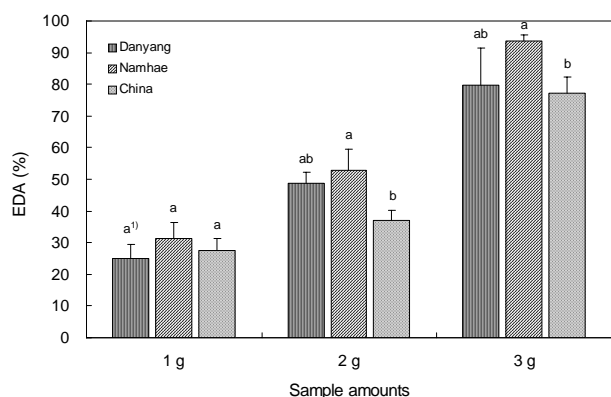


Fig. 2. Change of antioxidant activities (EDA (%)) by DPPH assay on the volatile compounds of garlic heated at 130°C for 2 hr.

<sup>1)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

에서도 9.71~34.62% 범위에서 77.26~93.59% 범위로 증가하였다. 또한 무처리와 열처리에 따른 향기 성분을 비교하였을 때, allyl mercaptan 및 methyl pyrazine 등은 열처리로 인하여 새롭게 생성되었으며, allyl methyl sulfide 및 allyl alcohol 등의 함량은 열처리로 인하여 증가되는 것으로 보아 항산화활성의 증가에 이들 성분들이 영향을 미쳤을 것으로 생각되며, 또한 함황화합물 뿐만 아니라 열처리 과정에서 새롭게 생성되는 항산화활성을 가지는 여러 가지 성분에 의한 것으로 생각되지만(13), 이에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

생마늘과 열처리에 따른 마늘의 향기 특성과 향기추출물의 항산화활성을 확인하고자 국내산 한지형 마늘 3종(단양, 서산, 의성마늘)과 난지형 마늘 3종(남해, 남도, 대서마늘), 중국산 마늘에 대하여 simultaneous distillation and extraction(SDE) 방법으로 향기 성분을 추출하여 GC/MS로 동정하고 항산화활성을 측정하였다. 생마늘의 주요 향기 성분은 allyl methyl sulfide, methyl-2-propenyl disulfide, diallyl disulfide, 2-ethylidene-1,3-dithiane, methyl-2-propenyl trisulfide, di-2-propenyl trisulfide 및 2-vinyl-4H-1,3-dithiin 등으로 나타났다. 항산화활성이 우수한 것으로 알려진 diallyl disulfide, methyl-2-propenyl trisulfide 및 di-2-propenyl trisulfide 등은 중국산 마늘보다 한지형 마늘이 많이 함유하고 있었다. 향기성분은 열처리시 2-propanone, allyl mercaptan, methyl formic acid, 2-methyl butanal 2-methyl thiophene, methyl pyrazine, 2,2-dimethyl-1,3-dithiane 및 2-propenyl propyl disulfide 등이 새롭게 생성되었으며, allyl methyl sulfide, allyl alcohol 및 allyl sulfide 등의 분자량이 작은 화합물의 함량이 증가하였다.

산지별 생마늘의 향기 추출물에 대한 항산화활성은 농도의존적으로 증가하였으며, 단양, 남해 및 중국산은 각각 20.07, 34.62 및 9.71%의 항산화활성을 나타내었고, 열처리 후에는 각각 79.90, 93.59 및 77.26%로 증가하였다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린 21 사업(과제번호: 20050401034603) 예산으로 추진된 연구의 일부로서 연구비를 지원하여 주신 농촌진흥청 바이오그린 사업단에 감사드립니다.

## 문 헌

- Siegel G, Walter A, Engel S, Walper A, Michel F. 1999. Pleiotropic effects of garlic. *Wien Med Wochenschr* 149: 217-224.
- Block E. 1992. The organosulfur chemistry of the genus *Allium*-Implications for the organic chemistry of sulfur. *Ang Chem Int Ed* 31: 1135-1178.
- Kuettner EB, Hilgenfeld R, Weiss MS. 2002. The active principle of garlic at atomic resolution. *J Biol Chem* 277: 46402-46407.
- Artacho R, Serrano MF, Lopez MD. 1995. Determination of organic sulphur compounds in garlic extracts by gas chromatography and mass spectrometry. *Food Chem* 53: 91-93.
- Jo KS, Kim HK, Ha JH, Park MH, Shin HS. 1990. Flavor compounds and storage stability of essential oil from garlic distillation. *Korean J Food Sci Technol* 22: 840-845.
- Park CJ, Kim SD, Oh SK. 1993. Study on the flavor of garlic extract. *Korean J Food Sci Technol* 25: 593-595.
- Koo BS, Ahn MS, Lee KY. 1994. Changes of volatile flavor components in garlic-seasoning oil. *Korean J Food Sci Technol* 26: 520-525.
- Shin JH, Ju JC, Kwon OC, Yang SM, Lee SJ. 2004. Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. *Korean J Food Nitr* 17: 237-245.
- Shin DB, Seog HM, Kim JH, Lee YC. 1999. Flavor composition of garlic from different area. *Korean J Food Sci Technol* 31: 293-300.
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 331-336.
- Kim YD, Seo JS, Kim KJ, Kim KM, Hur CK, Cho IK. 2005. Component analysis by different heat treatments of garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J Food Preserv* 12: 161-165.
- Woo KS, Lee YR, Yoon HS, Lee JS, Jeong HS. 2007. Characteristics and antioxidative activity of volatile compounds in heated garlic (*Allium sativum*). *Food Sci Biotechnol* 16: 822-827.
- Mau JL, Ko PT, Chyau CC. 2003. Aroma characterization and antioxidant activity of supercritical carbon dioxide extracts from *Terminalia catappa* leaves. *Food Research International* 36: 97-104.
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.

15. Nikerson GB, Likens ST. 1996. Gas chromatographic evidence for occurrence of hop oil components in Beer. *J Chrom* 21: 1-5.
16. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1203.
17. Gu BS, Yang JY, Son HS, Kwon GB, Ji EJ. 2003. Diallyl disulfide enhances daunorubicin-induced apoptosis of HL-60 cells. *Korean J Food Nutr* 36: 828-833.
18. Jo KS, Kim HK, Ha JH, Park MH, Shin HS. 1990. Flavor compounds and storage stability of essential oil from garlic distillation. *Korean J Food Sci Technol* 22: 840-845.
19. Bae HJ, Chun HJ. 2003. Change in volatile sulfur compounds of garlic under short-term storage conditions. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 17-23.
20. Gebhardt R, Beck H. 1996. Differential inhibitory effects of garlic-derived organosulfur compounds on cholesterol biosynthesis in primary rat hepatocyte culture. *Lipids* 31: 1269-1276.
21. Lee SH, Woo YH, Kyung KH. 2006. Allyl alcohol found in heated garlic is a potent selective inhibitor of yeasts. *J Microbiol Biotechnol* 16: 1236-1239.
22. Haber D, Siess MH, Canivenc-Lavier MC, Le-Bon AM, Suschetet M. 1995. Differential effects of dietary diallyl sulfide and diallyl disulfide on rat intestinal hepatic drug-metabolizing enzymes. *J Toxicol Environ Health* 44: 423-434.
23. Fenelli SL, Castro GD, Toranzo EG, Castro JA. 1998. Mechanisms of the preventive properties of some garlic components in the carbon tetrachloride-promoted oxidative stress. Diallyl sulfide; diallyl disulfide; allyl mercaptan and allyl methyl sulfide. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol* 102: 163-174.

(2007년 9월 28일 접수; 2007년 10월 29일 채택)