

겨자 증류성분중의 항균성 물질

심기환[†] · 서권일 · 강갑석* · 문주석** · 김홍출

경상대학교 식품공학과

*부산전문대학 식품가공과

**한국식품위생연구원 식품위생연구부

Antimicrobial Substances of Distilled Components from Mustard Seed

Ki-Hwan Shim[†], Kwon-Il Seo, Kap-Suk Kang*, Ju-Seok Moon** and Hong-Chul Kim

Dept. of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

*Dept. of Food Processing, Pusan Junior College, Pusan 616-092, Korea

**Dept. of Food Hygiene Research, Korea Institute of Food Hygiene, Seoul 156-050, Korea

Abstract

To investigate the antimicrobial activities of mustard seed (*Brassica juncea*), a series of solvents were examined for extraction of antimicrobial substances from mustard seed and then antimicrobial substances were identified by simultaneous distillation extraction (SDE) and GC-MS methods. Water and methanol extracts of mustard seed showed antimicrobial activities against experimental strains while those from hexane extract almost was not observed. The distilled components of mustard seed by SDE method showed strong antimicrobial activities, methanol extract of residues fraction exhibited a little, and water layer with the exception of distilled components showed no antimicrobial activities. The 30 varieties of distilled components including 3 types of isothiocyanate such as 3-isothiocyanate-1-propene, 4-isothiocyanate-1-butene, and 3-isothiocyanatoethyl benzene were identified from mustard seed.

Key words : mustard seed, distilled components, antimicrobial activity

서론

겨자를 비롯한 향신료 및 그 정유성분이 정균 혹은 살균작용을 갖고있다는 것은 오래 전 부터 알려져 왔으나 향신료의 항미생물 작용에 대하여 화학적으로 연구된 것은 19세기 후반 부터이고, 본격적으로 조사된 것은 20세기에 들어와서이다. 그 후 많은 연구자들이 향신료 정유성분의 항균성에 대하여 연구하였는데, Okazaki 등(1-6)은 생약적 관점에서 향신료의 항균성에 대하여 일련의 연구를 하였으며, 홍과 윤(7)은 김치 발효시 겨자유를 첨가하면 젖산균의 성장을 억제하여 적숙기에 이르는 시간이 지연된다고 보고하였다. 또한 Kojima 등(8)은 GC-MS를 이용하여 겨자에서 allyl, 3-butenyl 및 β -phenylethyl isothiocyanate 등의 휘발성분을 동정하였

고, 조 등(9)은 돌산갓에서 allyl, 3-butenyl, n-hexyl 및 β -phenylethyl isothiocyanate가 주요 휘발성 물질이라고 보고하였다. 그러나 겨자의 항균성에 대한 연구는 아직 미약하여 겨자의 항균력 유무와 항균물질로 알려진 isothiocyanate류의 분석에 불과하며, 우리나라에서 생산된 겨자의 항균성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 전남 여천군 돌산 지방에서 다량 생산되고 있는 겨자의 항균효과를 구명하여 식품의 향신료와 양념 뿐만 아니라 천연항균제로의 이용 가능성을 모색하고자 추출용매에 따른 항균력을 비교 검토하고, GC 및 GC-MS를 이용하여 겨자의 항균물질을 동정하였으며, 그 결과를 보고하고자 한다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

재료

겨자 (mustard, *Brassica juncea*)는 전남 여천군 돌산지방에서 1994년도 5월에 수확한 것을 구입하여 사용하였다.

사용균주 및 배지

항균시험용으로 사용된 균주는 *Bacillus subtilis* (ATCC 9372), *Staphylococcus aureus* (ATCC 13301), *Streptococcus mutans* (ATCC 27607), *Streptococcus faecalis* (IFO 3971)와 같은 그람양성균 4종, *Escherichia coli* (ATCC 15489), *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 11250), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Vibrio parahaemolyticus* (ATCC 17802), *Vibrio cholera non 01 f-3* (동의대학교 미생물학과 분양)과 같은 그람음성균 4종, *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014), *Lactobacillus brevis* (IFO 13110), *Leuconostoc mesenteroides* (IFO 12060)와 같은 젖산균 3종, *Saccharomyces cerevisiae* (IFO 1950), *Saccharomyces coreanus* (IFO 1833)와 같은 효모 2종 및 *Aspergillus oryzae* (ATCC 22787), *Fusarium solani* (IFO 8506)의 곰팡이 2종을 사용하였다. 각종 미생물의 배양에 사용된 배지는 세균은 nutrient broth와 agar, *Vibrio*는 3% NaCl이 첨가된 TS (tryptic soy) broth와 agar, 젖산균은 Lactobacilli MRS broth와 agar, 효모와 곰팡이는 PD (potato dextrose) broth와 agar를 각각 사용하였다.

각종 용매에 의한 항균물질의 추출

물 추출물은 겨자 10g을 분쇄하여 증류수 90ml을 첨가하여 교반 추출한 다음 여과한 상징액과 남은 잔사에 다시 증류수를 첨가하여 2, 3차 교반하고 추출 여과하여 상징액을 함께 모아 농축하였다. 메탄올 및 헥산 추출물은 겨자 10g을 각각 분쇄하고 메탄올 및 헥산을 90ml씩 첨가하여 교반한 후 물 추출물과 동일한 방법으로 추출 및 농축하였다.

연속증류 추출법에 의한 항균물질의 추출

연속증류 추출 (simultaneous distillation extraction : SDE)법에 의한 추출은 연속증류 추출장치를 이용하여 증류성분, 물 추출물 및 잔사 추출물로 구분하여 추출하였다. 즉, 증류성분은 겨자 물 추출물 중 SDE 장치를 이용하여 증류성분을 포집하여 농축하였으며, 물 추출물은 증류성분을 포집하고 남은 물을 농축하였고, 잔사 추출물은 물 추출물을 회수하고 남은 잔사를 메탄올로

재추출하여 농축하였다.

항균력 측정

항균력 측정은 Farag 등의 방법 (10)을 변형하여 실험하였다. 즉, agar 1.5%가 함유되어 있는 생육배지를 petri dish의 밑면에 얇게 펴고, 그 위에 다시 0.6%의 agar가 함유된 생육배지를 부어 2층의 평판배지를 만들었다. 만들어진 평판배지에 각 균주를 도말한 다음, 직경 0.8 cm 여지 disc에 겨자 물 추출물 일정량을 가한 다음 균주가 도말된 평판 생육배지위에 올려놓고 각 균주의 최적 온도 및 시간으로 배양하여 생성되는 생육저해환을 측정하여 항균력을 검토하였다.

연속증류 추출법에 의한 증류성분 동정

증류성분은 Maarse와 Kepner의 방법 (11)에 준하여 Likens와 Nikerson (12)이 교안한 연속증류 추출 (SDE)법에 따라 100°C로 유지된 시료 플라스크에 마쇄한 겨자 30g과 증류수 270ml 및 내부 표준물질로 4-decanol (5ppm)을 혼합하여 10분간 교반하여 넣고, 40°C로 유지된 용매 플라스크에는 에테르를 넣은 후 2시간 동안 증류성분을 포집한 뒤 에테르층을 농축하여 GC 및 GC-MS (Shimadzu GC-MS QP 1000)로 동정하였으며, 그 조건은 다음과 같다. 칼럼은 HP-INNO wax 모세관 칼럼 (25m)을, Detector는 FID를 사용하였고, Injector 및 Detector 온도는 250°C로 하였으며, 칼럼 오븐 온도는 70~230°C까지 2°C/min씩 상승한 후 최종 20분간 지속되도록 프로그램하였다. 운반 가스는 헬륨을 사용하였으며, Split ratio는 100 : 1로 하였다. Mass spectrometry의 ion source 온도는 200°C로 하고 EI⁺ Mode에 ion energy는 70 eV였다.

Tenax GC 흡착법에 의한 휘발성분 동정

Tenax GC를 이용한 휘발성분 분석은 Olafsdottir 등의 방법 (13)에 따라 겨자 30g을 마쇄한 후 270ml의 증류수와 내부 표준물질로 4-decanol (5ppm)을 첨가하고, 흡착제로 60~80mesh Tenax GC (ENKA, The Netherlands)가 충전된 칼럼을 부착한 휘발성분 추출장치에 넣고 실온에서 추출가스 (N₂)를 150ml/min씩 흘려 2시간 동안 휘발성분을 흡착 포집하였다. 그 후 Tenax GC에 흡착된 휘발성분을 디에틸에테르로 용출하여 GC-MS에 주입하여 동정하였다.

결과 및 고찰

각종 용매추출물에 의한 겨자의 항균성

겨자 중의 항균성 물질을 가장 잘 용출시킬 수 있는 용매를 선정하기 위하여 각종 용매에 따른 겨자 추출물의 항균성을 조사한 결과는 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

겨자 추출물의 항균성은 *Bacillus subtilis*의 균주를 도말한 배지가 담긴 petri dish 위에 각종 용매 추출물을 가한 paper disc를 올려 놓고 일정시간 균을 배양하여 관찰한 결과 물 추출물은 균이 제대로 성장하지 못하여 환이 크게 나타난 것을 볼 수 있으며, 메탄올 추출물은 작은 환이 형성되었으나, 헥산 추출물은 환이 전혀 생성되지 않았다.

또한 그람 양성균, 그람 음성균, 젖산균, 효모 및 곰팡이와 같은 다른 시험균주에서도 물 및 메탄올에 의한 겨자 추출물의 항균활성은 모두 나타났으나, 헥산에 의한 겨자 추출물은 항균활성이 거의 나타나지 않았다. *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium* 및 *Vibrio parahaemolyticus*에 대한 물 추출물의 항균력은 다른 균주에 비하여 크게 나타났으며, 젖산균 및 곰팡이에 대한 항균력은 작게 나타났다 (Table 1).

이와 신 (14)은 겨자 6종의 미생물에 대하여 겨자의 에탄올 및 물 추출물의 항균력을 검색한 결과 에탄올 및 물 추출물은 *Bacillus subtilis*, *Leuconostoc mensenteroides* 및 *Pseudomonas fluorescens*에 대하여 항균활성을 나타내었으나, *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae* 및 *Bacillus cereus*에서는 항균활성이 나타나지 않았다고 보고하였는데, 이 보고와 본 결과와 일치하지 않는 것은 추출방법 및 겨자 추출물의 첨가량 차이에 의한 것으로 생각된다. 또한 박 등 (15)은 20종의 한약재를 95% 에탄올과 물로 추출하여 항균성을 검색한 결과 치자, 구기자, 오미자에서 물 추출물은 항균활성을 나타내었으며, 치자, 오미자, 자초에서 에탄올 추출물은 대부분의 시험균주에서 항균활성을 나타내었다고 보고하였다. 이와 같이 항균력 검색을 위한 용매는 물, 메탄올 및 에탄올과 같이 대체로 극성이 큰 것이 주로 사용된다. 따라서 겨자 항균성 물질의 추출용매로는 물과 메탄올이 적절한 것으로 생각된다.

연속증류 추출법에 의한 겨자 물추출물의 항균성

겨자의 항균물질을 분리하기 위하여 SDE 장치를 이용하여 겨자 물 추출물의 증류성분, 증류성분을 추출한 후 남은 물층 및 남은 잔사를 메탄올로 재추출한 것의 항균성을 조사한 결과는 Fig. 2 및 Table 2와 같다.

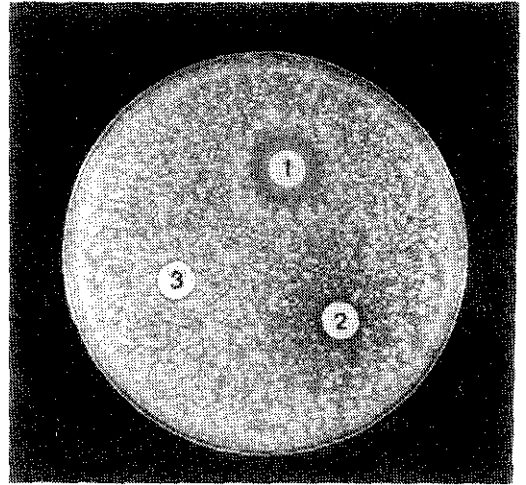


Fig. 1. Antimicrobial activities of water, methanol and hexane extracts from mustard seed against *Bacillus subtilis*.
1 : Water extract 2 : Methanol extract
3 : Hexane extract

Table 1. Antimicrobial activities of water, methanol and hexane extracts from mustard seed

Strains	Extract solvent		
	Water	Methanol	Hexane
Gram (+) bacteria			
<i>Bacillus subtilis</i>	++	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	-
<i>Streptococcus mutans</i>	+	+	-
<i>Streptococcus faecalis</i>	+	+	-
Gram (-) bacteria			
<i>Escherichia coli</i>	+	+	-
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	+	+	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	++	++	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	++	++	-
<i>Vibrio cholera non 01 J-3</i>	+	+	-
Lactic acid bacteria			
<i>Lactobacillus plantarum</i>	±	±	-
<i>Lactobacillus brevis</i>	±	±	-
<i>Leuconostoc mensenteroides</i>	±	±	-
Yeast			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	+	+	-
<i>Saccharomyces coreanus</i>	+	±	-
Mold			
<i>Aspergillus oryzae</i>	±	±	-
<i>Fusarium solani</i>	±	±	-

- : No inhibition (8mm)
± : Very slight inhibition (8~9m)
+ : Slight inhibition (9~10mm)
++ : Moderate inhibition (10~14mm)
Each disc contains 60µl extracts equivalent to 300mg mustard seed

*Bacillus subtilis*에 대하여 증류성분은 생육저해환이 아주 크게 나타나 항균성이 매우 강함을 알 수 있었고,

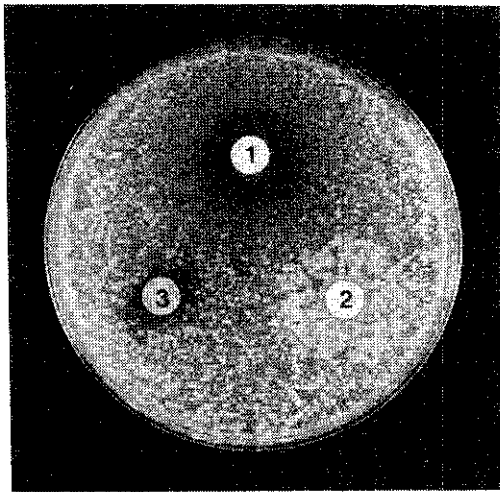


Fig. 2. Antimicrobial activities of mustard seed extracts against *Bacillus subtilis*.

1 : Distilled components 2 : Water layer
3 : Solid layer

Table 2. Antimicrobial activities of each extract in mustard seed by SDE method

Strains	Distillation	Water	Methanol ¹⁾
Gram (+) bacteria			
<i>Bacillus subtilis</i>	+++	-	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	-	+
<i>Streptococcus mutans</i>	+++	-	+
<i>Streptococcus faecalis</i>	+++	-	+
Gram(-) bacteria			
<i>Escherichia coli</i>	+++	-	+
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	++	-	±
<i>Salmonella typhimurium</i>	+++	-	+
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	+++	-	+
<i>Vibrio cholera non 01 J-3</i>	+++	-	+
Lactic acid bacteria			
<i>Lactobacillus plantarum</i>	++	-	±
<i>Lactobacillus brevis</i>	++	-	±
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	++	-	±
Yeast			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	+++	-	±
<i>Saccharomyces coreanus</i>	+++	-	±
Mold			
<i>Aspergillus oryzae</i>	++	-	±
<i>Fusarium solani</i>	++	-	±

- : No inhibition (8mm)
± : Very slight inhibition (8~9mm)
+ : Slight inhibition (9~10mm)
++ : Moderate inhibition (10~14mm)
+++ : Heavy inhibition (14mm~)

¹⁾Methanol extract from residual solid of water extract

메탄올에 의한 잔사 추출물도 증류성분 보다는 작지만 항균력이 조금 있음을 알 수 있었으나, 증류성분을 포함하고 남은 물층에서는 항균성이 거의 없음을 알 수

있었다 (Fig. 2).

또한 실험균주 모두에서 *Bacillus subtilis*와 같이 증류 성분에서는 항균력이 강하게 나타났고, 메탄올에 의한 잔사 추출물에서도 조금 나타났으나 증류성분이 제거된 물층에서는 항균력이 거의 나타나지 않았으며, 특히 *Pseudomonas fluorescens*와 젖산균 3종 및 곰팡이 2종에서 증류성분이 다른 균주에 비하여 항균력이 약하게 나타났다 (Table 2).

Farag 등 (10)은 sage, rosemary, cumin, caraway, clove 및 thymine 오일이 항균력을 나타내었으며, 정 등 (16)은 카레 향신료의 정유성분이 항균력을 나타내었다고 보고하였고, 다른 많은 연구자들 (17,18)도 향신료의 정유성분이 항균력을 나타낸다고 보고하였다. Mori (19)와 Salzer (20)는 향신료의 정유성분이 소시지 부패미생물의 성장을 억제하여 소시지의 저장성을 향상시킨다고 보고하였고, Tokuoka 등 (21)도 5종의 곰팡이에 대하여 겨자 휘발성 추출물의 항균성을 검색한 결과 실험균주 모두에서 항균활성을 나타내었다고 보고하였다.

이상의 연구보고와 본 실험결과를 종합하여 볼 때 겨자의 향균물질은 증류성분이 가장 강한 물질로 추측되며, 증류되지 않은 물질에는 항균활성이 극히 적은 것으로 생각된다.

연속증류 추출법 및 Tenax GC 흡착법에 의한 겨자의 증류 및 휘발성분 동정

겨자 향균물질의 대부분을 함유하고 있는 증류성분을 동정하기 위하여 SDE 및 Tenax GC 흡착법에 의한 추출시료를 GC 및 GC-MS에 의하여 분리, 동정한 증류성분의 gas chromatogram과 그 함량은 Fig. 3, 4 및 Table 3과 같다.

SDE법에 의한 겨자의 증류성분은 겨자의 주요 향균 물질로 알려져 있는 3-isothiocyanato-1-propene을 비롯하여 4-isothiocyanato-1-butene 및 2-isothiocyanatoethyl benzene의 3종류 isothiocyanate와 2종류의 nitrile류, 6종류의 산류 및 3종류의 aldehyde류를 비롯한 30여종의 화합물이 분석되었으며 (Fig. 3 및 Table 3), 겨자의 주요 증류성분의 mass-spectra는 data base에 입력된 표준물질인 3-isothiocyanato-1-propene, 4-isothiocyanato-1-butene 및 3-isothiocyanatoethyl benzene과 비교하여 볼 때 시료에서 분리한 성분이 동일 물질임을 확인할 수 있었다 (Fig. 4). 이들 중 3-isothiocyanato-1-propene 이 1537.16ppm으로 전체의 약 80%를 차지하고 있으며, 4-isothiocyanato-1-butene 및 2-isothiocyanatoethyl benzene의 함량은 각각 88.78과 83.43ppm을 함유하였다

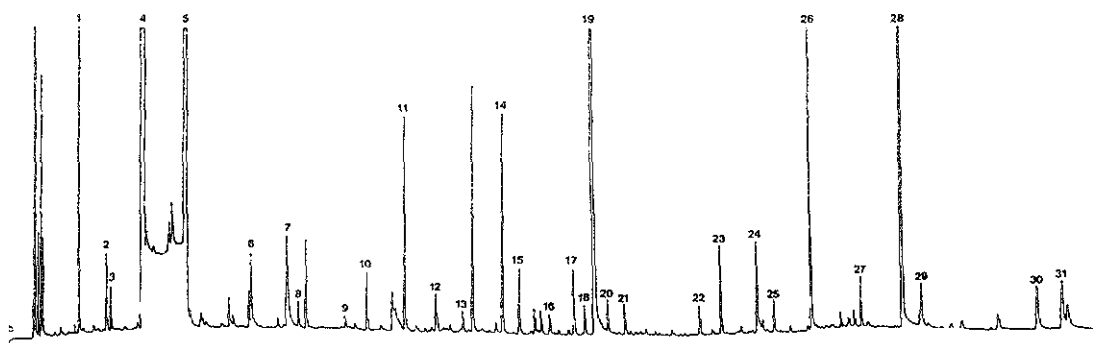


Fig. 3. Gas chromatogram of distilled components in water extract from mustard seed by SDE.

Table 3. Distilled and volatile components from mustard seed identified by GC-MS

(Unit : ppm)

Peak No.	Components ¹⁾	R.T.	Methods	
			SDE	Tenax GC
1	2-Methyl propenenitrile	6.477	63.23	11.02
2	1,1-Dichloro cyclohexane	9.165	2.87	ND ²⁾
3	Isocyano methane	9.597	1.51	ND
4	3-Isothiocyanato-1-propene (Allyl isothiocyanate)	12.751	1537.16	1389.39
5	4-Isothiocyanato-1-butene (3-butenyl isothiocyanate)	16.655	88.781	43.29
6	4-Decanol (Internal standard)	23.042	5.00	5.00
7	Benzeneacetaldehyde	26.480	8.96	ND
8	2-Furancarboxaldehyde	27.626	1.45	ND
9	Methyl-2-prophenyl disulfide	32.087	0.63	ND
10	2-(Methylthio) Ethanol	34.152	2.64	ND
11	Hexanoic acid	37.815	9.11	ND
12	2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-phenol	40.870	1.71	ND
13	Pentanoic acid	43.425	1.09	ND
14	Benzene propane nitrile	47.199	10.27	2.98
15	Octanoic acid	48.804	2.88	ND
16	1-Undecanol	51.697	1.19	ND
17	6-Methyl-1-heptene	54.010	3.77	ND
18	4-Hydroxy-3-methylacetophenone	55.075	1.48	ND
19	2-Isothiocyanatoethyl benzene (2-phenylethyl isothiocyanate)	56.044	83.43	1.23
20	1-Dodecanol	57.282	1.39	ND
21	Semicarbazone butyraldehyde	58.915	1.51	ND
22	Unknown	66.138	1.66	ND
23	Diocyl ester hexanedioic acid	68.290	3.98	ND
24	2,6-Dimethyl-3-(methoxymethyl)-p-benzoquinone	71.704	4.95	ND
25	Trichloroeciosyl silane	74.280	1.42	ND
26	Decanoic acid	76.825	14.03	ND
27	Diocyl ester hexanoic acid	81.596	2.30	ND
28	Hexadecanoic acid	85.579	26.38	4.57
29	Bicyclo[7.1.0] decane	87.384	3.44	ND
30	Tetrahydro-3-methyl-4-methylene-furan	98.423	4.04	ND
31	Glaudelsine	100.802	5.01	4.19

¹⁾Components isolated from water extract with mustard seed by SDE and Tenax GC adsorption method²⁾Not detected

(Table 3).

Tenax GC 흡착법에 의한 휘발성분은 3-isothiocyanato-1-propene, 4-isothiocyanato-1-butene 및 2-isothiocy-

anatoethyl benzene의 3종류의 isothiocyanate 화합물과 2종류의 nitrile류를 비롯한 7종의 물질이 동정되었으며, 그 함량도 SDE법 보다 훨씬 적었다(Table 3).

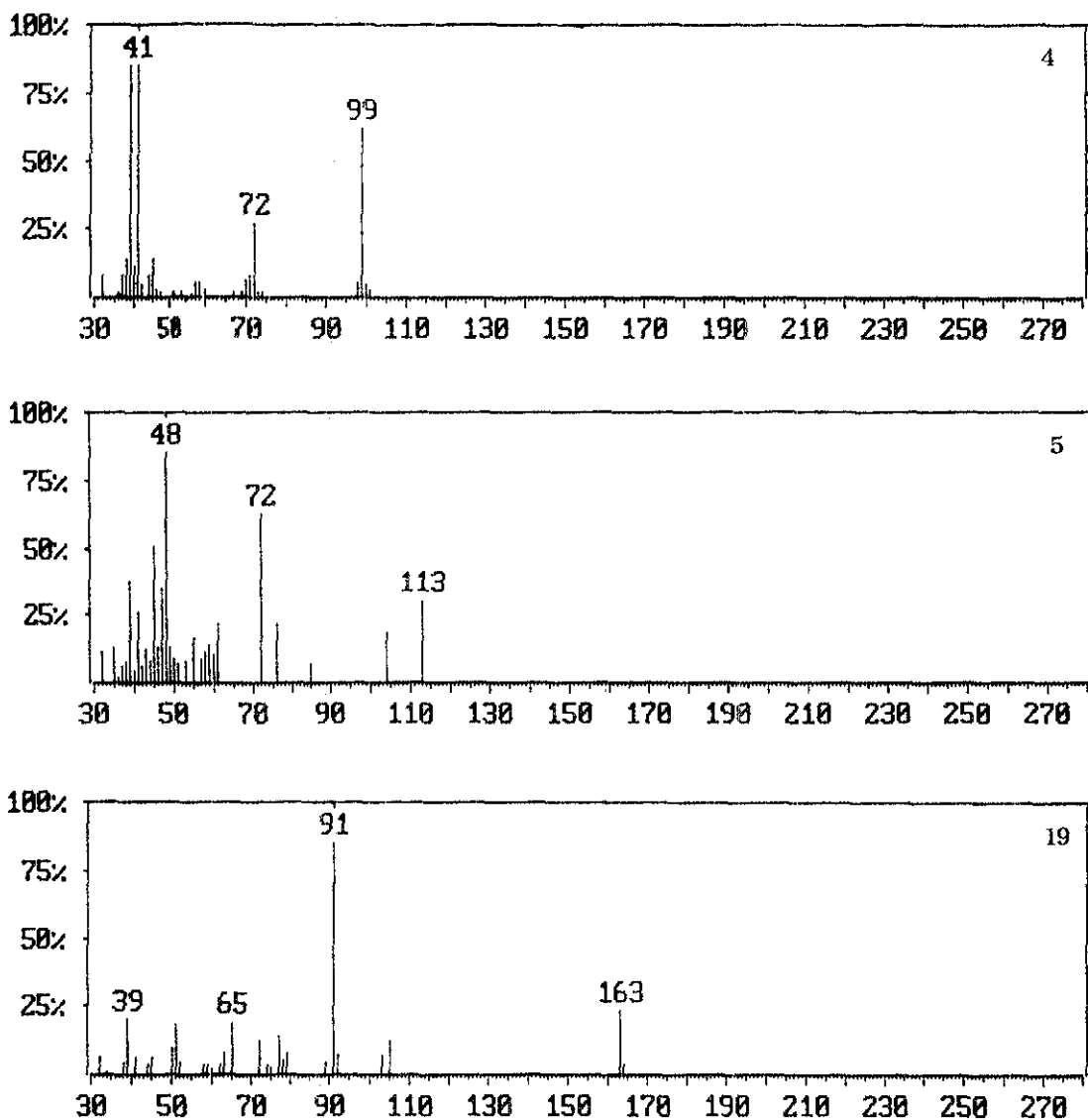


Fig. 4. Mass spectrum of major distilled components.

4 : 3-Isothiocyanato-1-propene

5 : 4-Isothiocyanato-1-butene

19 : 2-Isothiocyanatoethyl benzene

Kojima 등(8)은 GC-MS를 이용하여 겨자(*Brassica juncea*)에서 allyl, 3-butenyl 및 β -phenylethyl isothiocyanate 등의 휘발성분을 동정하였고, 조 등(9)은 들산갯에서 allyl, 3-butenyl, n-hexyl 및 β -phenylethyl isothiocyanate가 주요 휘발성 물질이라고 보고하였다. Maeda 등(22)은 갯(*Brassica juncea*)에서 11가지 휘발성 물질을 분리동정하였는데, 그 중 allyl, pentenyl, 3-methylthiopropryl isothiocyanate가 주요 화학성분이라고 보고하였다. Kanemaru 등(23)은 탈지된 겨자씨에서 HPLC를 이용하

여 allyl isothiocyanate를 동정 및 정량하였으며, 그 함량은 9.040~0.095mg/g이라고 보고하였다. Hemingway 등(24)은 겨자(*Brassica juncea*)에서 allyl 및 3-butenyl isothiocyanate를 동정하였고, Kishima 등(25)도 흑겨자에서 allyl 및 3-butenyl isothiocyanate 등을 비롯하여 8종의 휘발성분을 동정하였다고 보고하였다.

또한 Kameoka와 Hashimoto(26)는 겨자 꽃, 줄기, 잎 및 뿌리의 휘발성분을 분석한 결과 그들의 주요 성분은 3-butenyl propionitrile, allyl isothiocyanate, dimethyl

trisulfide, n-butyl isothiocyanate, 3-butenenitrile, phenylacetoneitrile, benzyl isothiocyanate, 2-phenylethylisocyanate, 3-phenylpropionamide이었다고 보고하였으며, Shelef 등(27)은 향신료의 휘발성분은 aldehydes, esters, terpenes, phenols, 유기산 및 기타 다른 물질로 구성되어 있다고 보고하였다.

이상의 연구보고와 본 실험 결과를 비교하여 볼 때 대체로 겨자의 주요 휘발성분들은 비슷한 경향이었고, 갓이나 기타 다른 향신료 성분과 약간 다른 결과가 나왔으나 이는 각 시료의 차이에 의한 것이라 생각된다.

요 약

겨자의 항균성을 조사하기 위하여 추출용매에 따른 겨자의 항균성을 비교하고, 항균물질을 동정한 결과물, 메탄올 및 헥산에 대한 겨자 추출물의 항균성은 물 및 메탄올 추출물이 실험군주 모두에서 나타났으나 헥산에 의한 겨자 추출물은 항균활성이 거의 나타나지 않았다. SDE장치를 이용한 겨자 추출물의 항균성은 증류성분에서 항균활성이 아주 크게 나타났고, 메탄올에 의한 잔사 추출물도 항균활성이 조금 나타났으나 물층은 항균활성이 거의 나타나지 않았다. 겨자로 부터 3-isothiocyanate-1-propene, 4-isothiocyanato-1-butene 및 4-isothiocyanatoethyl benzene과 같은 3종류의 isothiocyanate를 포함하여 30여종의 증류성분이 동정되었다.

감사의 글

본 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Okazaki, K., Kato, H. and Matsui, K. : Relation between bactericidal and insecticidal activities. *Yakugaku Zasshi*, **71**, 495 (1951)
- Okazaki, K. and Oschima, S. : Antibacterial activity of higher plants. XIX. Antibacterial activity of crude drugs on *E. coli* and *B. dysenteriae*. *Yakugaku Zasshi*, **71**, 1335 (1951)
- Okazaki, K. and Oschima, S. : Antibacterial activity of higher plants. XX. Antibacterial effect of essential oils. I. Clove oil and eugenol. *Yakugaku Zasshi*, **72**, 558 (1952)
- Okazaki, K. and Oschima, S. : Antibacterial activity of higher plants. XXI. Antibacterial effect of essential oils. III. Fungistatic effect of clove oil and eugenol. *Yakugaku Zasshi*, **72**, 564 (1952)
- Okazaki, K. and Oschima, S. : Antibacterial activity of higher plants. XXIV. Antibacterial effect of essential oils. *Yakugaku Zasshi*, **73**, 344 (1953)
- Okazaki, K. and Kogawara, Y. : Antibacterial activity of higher plants. XV. Antibacterial activity of crude drugs. *Yakugaku Zasshi*, **71**, 481 (1951)
- 홍완수, 운현 : 열처리 및 겨자유 의 첨가가 김치 발효에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **21**, 331 (1989)
- Kojima, M., Uchida, M. and Akahori, Y. : Studies on volatile components of *Wasabia japonica*, *Brassica juncea* and *Cochleria armoracia* by gas chromatography-mass spectrometry. I. Determination of low mass volatile components. *Yakugaku Zasshi*, **93**, 453 (1973)
- 조영숙, 박석규, 전순실, 박정로 : 돌산갓의 isothiocyanate류의 분석. *한국식품화학회지*, **8**, 147 (1993)
- Farag, R. S., Daw, J. Y., Hewedi, F. M. and El-Baroty, G. S. A. : Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J. Food Prot.*, **52**, 665 (1989)
- Maarse, H. and Kepner, R. E. : Changes in composition of volatile terpenes in douglas fir needles during maturation. *J. Agric. Food Chem.*, **18**, 1095 (1970)
- Likens, S. T. and Nikerson, G. B. : Detection of certain hop oil constituents in brewing products. *Proc. Am. Soc. Brew. Chem.*, **5**, 13 (1964)
- Olatsdottir, G. J., Steinke, A. and Lindsay, R. C. : Quantitative performance of a simple Tenax-GC absorption method for use in the analysis of aroma volatiles. *J. Food Sci.*, **50**, 1431 (1985)
- 이병완, 신동화 : 식품부패미생물의 증식을 억제하는 천연항균성 물질의 검색. *한국식품과학회지*, **23**, 200 (1991)
- 박옥연, 장동석, 조학래 : 한약재 추출물의 항균효과 검색. *한국영양식품학회지*, **21**, 91 (1992)
- 정창기, 박완규, 유익제, 박기문, 최준연 : 카레 향신료 정유성분의 항균성. *한국식품과학회지*, **22**, 716 (1990)
- Adnan, A. I. and Pierson, M. D. : Inhibition of termination, outgrowth, and vegetative growth of *Clostridium botulinum* 67B by spice oils. *Food Prot.*, **53**, 755 (1990)
- Conner, D. E. and Beuchat, L. R. : Effects of essential oils from plants on food spoilage yeasts. *J. Food Sci.*, **49**, 429 (1984)
- Mori, K. : The effects of essential oils and spice extracts on prevention of slimy spoilage of wieners. *J. Food Sci. and Techno (Japan)*, **21**, 285 (1974)
- Salzer, J. : Wirkung von pfeffer und pfefferinhaltsstoffen auf die mikroflora von wurstwaren. *Die Fleischwirtschaft*, **57**, 2011 (1977)
- Tokuoka, K., Mori, R. and Isshiki, K. : Inhibitory effects of volatile mustard extract on the growth of yeasts. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 68 (1992)
- Maeda, Y., Ozawa, Y. and Uda, Y. : Steam volatile isothiocyanates of raw and salted Cruciferous vegetables. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **53**, 261 (1979)
- Kanemaru, K., Takaya, T. and Miyamoto, T. : Separation and quantitation of allyl isothiocyanate in brown mustard and cinnamaldehyde in cinnamon by reverse-phase high performance liquid chromatography. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **37**, 565 (1990)
- Hemingway, J. S., Schofield, H. J. and Vaughan, J. G. :

- Volatile mustard oils of *Brassica juncea* seeds. *Nature (London)*, **192**, 993 (1961)
25. Kishima, I., Shibata, Y. and Ina, K. : Volatile components of Japanese horseradish and black mustard. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **17**, 361 (1970)
26. Kameoka, H. and Hashimoto, S. : The constituents of the steam volatile oil from *Brassica juncea* Czern. et Coss. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **54**, 99 (1980)
27. Shelef, L. A., Naglik, O. A. and Bogen, D. W. : Sensitivity of some common food-borne bacteria to the spices sage, rosemary, and allspice. *J. Food Sci.*, **45**, 1042 (1980)
(1995년 10월 5일 접수)