

Aroma Compounds and Antimicrobial Effect of Garlic from Different Areas in Korea

Jung-Hye Shin¹, Ra-jeong Kim¹, Soo-Jung Lee², Min-Jung Kang¹, Jong-Kwon Seo³
and Nak-Ju Sung^{1,2*}

¹Namhae Garlic Research Institute, Namhae 668-812, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Department of Food Science, International University of Korea, Jinju 663-759, Korea

국내 산지별 마늘의 향기성분 및 항균활성

신정혜¹ · 김라정¹ · 이수정² · 강민정¹ · 서종권³ · 성낙주^{1,2*}

¹(재)남해마늘연구소, ²경상대학교 식품영양학과,

³한국국제대학교 식품과학부

Abstract

Physico-chemical characteristics such as width, weight, color and aroma compounds of garlic from 9 different areas were analyzed. Also, antimicrobial activity was tested for their juices. Width of garlic bulb was larger in growing worm-season garlics (Jeju, Namhae, Hapcheon, Hampyeong and Muan) than those of cool-season garlics (Taeon, Seosan, Uiseoung) and imported from China. But numbers of nuts were smaller in growing cool-season garlics than others. L color levels of garlics were 80.73~87.40 and a color level have not significantly difference in all samples. b color level was lower in growing Namhae (20.79±1.20) and Muan (20.91±1.62). 25~30 peaks obtained from aroma compounds analysis of various garlics. Among these compounds, 17 kinds of aroma compounds were identified by GC-MS. And, we showed that 15 kinds of compounds were sulfur containing aroma compounds. Diallyl disulfide was contained 34.90~60.54% in various garlic and the highest contents than other compounds in total compounds. It was detected the highest in China garlic but the lowest in growing Muan garlic. All of garlic samples showed antimicrobial activity against *Strep. mutans*, *B. subtilis*, *E. coli*, *V. parahaemolyticus*, *Asp. flavus*, and *C. albicans*. Especially antimicrobial activity was stronger against *E. coli* and *C. albicans*. Antimicrobial activity was enhanced by sample addition volume and the highest in Namhae garlic sample.

Key words : garlic, growth area, aroma compounds, antimicrobial effect

서 론

마늘(*Allium sativum*)은 예부터 독특한 향과 맛으로 향신료로 이용되었고, 항산화, 항혈전 및 항암 등의 다양한 생리활성이 밝혀져 있는데(1), 이러한 생리활성은 마늘의 폴리페놀 화합물, allicin을 포함한 sulfide류 및 cystein 유도체 등의 함황화합물에 기인한다고 알려져 있다(2,3). 또한 항생제나 항생물질이 나오기 전부터 전염병치료(4)에 사용되었을 정도로 생마늘의 항균작용은 매우 오래전부터 알려져

있으며 세균, 효모, 곰팡이 및 원생동물에도 생육저해작용이 있는 것으로 밝혀져 있다(5). 마늘의 항균작용은 alliin (S-propenyl-L-cysteine sulfoxide)이 alliinase에 의해 분해되어 생성되는 allicin (allyl 2-propenethiosulfinate)에 의해 특징지어진다(6,7). 마늘의 항균작용에 관해서는 마늘추출물의 식중독균에 대한 항균작용(8), 김치재료로 이용되는 마늘즙의 항균작용(9), 마늘 황화합물의 병원성미생물 번식억제작용(5) 및 조리법을 달리한 마늘추출물의 항균작용(10) 등이 연구되어있다.

마늘이 천연 기능성 식물로 활용됨에 따라 가공품이 다양화되고 소비가 증가하면서 우리나라 각지에서 재배되고 있다. 우리나라에서 재배되는 마늘은 휴면성이나 맹아습성

*Corresponding author. E-mail : snakju@gnu.ac.kr
Phone : 82-55-772-1431, Fax : 82-55-772-1439

에 따라 난지형과 한지형으로 구분되며(11,12), 재배적 특성 차이도 크고(13), 또한 같은 생태형 내에서도 지역재래종별로 생육 및 수량 특성이 다르다고 알려져 있다(12). 난지형 마늘은 남해, 함평 및 무안 등 비교적 겨울이 따뜻한 남해안 지방에서 재배되며 월동 전에 맵아하며, 한지형 마늘은 의성, 서산 및 단양 등 상대적으로 추운 중부지방에서 재배되며 휴면기간이 길고 저온 요구기간이 길어 월동 후에 싹이 나는 마늘이다(14,15). 또한 한지형 마늘은 조직이 단단하며 저장성이 좋고(16), 난지형 마늘은 재래종에 비하여 구가 크고 인편이 많으며, 단위면적당 수확량이 많다(17). 이처럼 마늘은 기온 분포와 상관관계가 높고, 따라서 마늘의 성분에도 차이가 있을 것이라 추측된다.

이러한 특성으로부터 마늘은 재배지역의 기후 등 환경 조건에 따라 일반적인 특징이 상이함을 알 수 있으며, 채소류의 품질 특성은 재배지의 토양성분과 상관성이 높다는 연구결과(18)로 미루어 볼 때 산지별 마늘의 주요 특성 및 생리활성 등도 서로 차이가 있을 것으로 생각된다. 아직까지 토양이나 산지의 자연환경과 마늘의 품질 특성과의 상관성에 대한 연구는 미흡하여 경북 마늘 주산지의 토양성분과 마늘의 생육 및 품질 특성에 관한 Kim 등(19)의 연구와 서로 상이한 토양에 동일한 품종의 마늘을 재배한 경우 품질 특성간의 상관관계를 규명하기 위한 Lee 등(20)의 연구만이 진행되어 있다.

따라서 본 연구에서는 한지형, 난지형 및 중국산 마늘을 수집하여 마늘의 재배환경에 따른 물리적 특성 및 향미특성을 분석하였고, *Streptococcus mutans*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Vivrio parahaemolyticus*, *Aspergillus flavus* 및 *Candida albicans*에 대한 항균활성을 실험하고 비교 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 마늘은 국내 한지형 마늘의 주요 산지인 태안, 의성, 서산과 난지형 마늘의 주산지인 제주, 남해, 함천, 함평, 무안에서 각 지역의 농업기술센터로부터 산지 확인된 것을 제공받아 사용하였으며 수입산 마늘은 중국산(지양산)을 수입업체로부터 제공받아 시료로 사용하였다. 수집된 마늘은 통마늘 형태로 운반하여 형태적 특성을 분석한 다음 껍질을 제거하고 흐르는 물에 2회 씻은 다음 자연 건조하여 물기를 제거하였다. 물리적 특성을 분석하고 남은 시료는 모두 -40°C 냉동고에 보관하면서 향기 성분 분석 및 항균활성 실험에 사용하였다.

구폭, 구중량 및 인편수 측정

수집된 각 마늘 시료 중 크기가 너무 크거나 작지 않은

것을 10개 이상 취해 caliper를 이용하여 구폭을 각각 5곳씩 측정하고, 가장 넓은 폭과 가장 좁은 폭을 측정하여 평균값을 산출하였다. 구중량은 뿌리를 최대한 제거하고 줄기부분을 1.5 ± 0.5 cm 길이로 절단한 다음 무게를 측정하였다. 인편수는 각각의 마늘 구를 분리하여 크기에 관계없이 분리된 인편수를 모두 산정하였다.

마늘의 표면색 측정

마늘의 표면색은 색차계(Chroma meter, CR 301, Minolta Co, Japan)를 이용하였으며, 명도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였고, 총 색택의 차이는 색차(ΔE)로 나타내었다(21). 이때 색표준색판의 L값은 96.02, a값은 0.81, b값이 0.63이었다.

pH 및 가용성 고형분 함량 측정

산지별 마늘의 pH는 다음과 같이 측정하였다. 즉, 분쇄한 마늘 시료 5 g에 3차 증류수 15 mL을 가한 다음 진탕혼합한 것을 4,000 rpm에서 15분간 원심분리 한 후 상정액을 취하여 여과지로 여과한 여액을 pH meter (Model 720, Thermo Orion, USA)로 측정하였다. 마늘의 가용성 고형분의 함량은 Jang과 Hong (22)의 방법을 변형하여 pH 측정시와 동일하게 처리된 시료액 0.5 mL을 취하여 자동 굴절당도계(PR-201a, Atago, Japan)로 시료 당 3회 이상 반복 측정하여 brix로 나타내었다.

향기성분

마늘의 향기성분은 Maarse와 Kepner (23)의 방법에 준하여 Likens와 Nikerson (24)이 고안한 연속증류추출법(simultaneous seam distillation and extraction apparatus; SDE)으로 추출하였다. 즉, 100°C 로 유지된 시료 플라스크에 마쇄된 마늘 시료 100 g과 증류수 300 mL를 혼합하여 넣고, 40°C 로 유지된 용매 플라스크에는 에테르 100 mL를 넣은 후 2시간 동안 휘발성분을 포집한 뒤 sodium sulfate anhydrous로 수분을 제거하였다. 수분을 제거한 ether층을 진공회전증발기로 감압 농축하였으며, 향기성분의 분석은 flame ionization detector (FID)와 DB-5 칼럼($60\text{ m} \times 0.32\text{ i.d.}, 0.25\text{ }\mu\text{m film thickness}$)이 장착된 GC (Agilent 6890N, USA)에 주입하여 분리하였다. 이때 분석 조건으로 오븐온도는 $60\sim 250^{\circ}\text{C}$ ($5^{\circ}\text{C}/\text{min}$), injector 온도는 260°C 로 하였으며, carrier gas인 helium의 유속은 $1.0\text{ mL}/\text{min}$, split ratio는 1 : 30으로 유지하였다. 마늘의 향기성분은 피크면적을 기준으로 상대적인 비교를 하였다.

GC에 의하여 분리된 향기성분의 동정은 GC-MS (GC Mate II, Jeol, Japan)를 이용하였으며, total ionization chromatogram (TIC)에서 분리된 각 peak는 mass spectrum library (NIST 12, NIST 62, WILEY 139)와 참고문헌 상의

retention index와 비교하여 동정하였다.

항균활성

마쇄한 마늘시료에 멸균수를 가하여 50 mg/100 μL로 농도를 조절한 후 3시간 동안 추출한 다음 7,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상청액만을 취하여 0.45 μm filter를 통과시킨 여액을 시료로 하여 항균활성을 측정하였다. 항균활성 측정에 사용된 균주는 한국미생물 보존센터(KCCM)에서 *Streptococcus mutans*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Vivrio parahaemolyticus*, *Aspergillus flavus* 및 *Candida albicans* 6종을 분양받아 실험에 사용하였으며, 본 실험에 사용된 균주는 Table 1과 같다. 균주는 해당 배지에 접종하여 각각 37℃와 30℃에서 12~14시간 진탕배양하고 660 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도가 0.5이하일 때 항균력 실험에 사용하였다. 마늘 추출액의 항균력 측정은 paper disc법에 따라 배양한 균주 배양액 100 μL를 해당 배지에 도말한 후 50 mg/100 μL를 함유한 직경 8 mm의 paper disc (Toyo Roshi Co, Japan)를 올려놓고 24~48시간 배양하여 생육저해환(clear zone)의 크기(mm)를 측정하였다.

Table 1. List of microorganisms used test strains

Strains	
G(+)	<i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175
G(+)	<i>Bacillus subtilis</i> KCTC 9372
G(-)	<i>Escherichia coli</i> KCTC 25922
G(-)	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> KCTC 2471
	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231
	<i>Aspergillus flavus</i> KCTC 6961

Table 2. Width and weight of garlic bulbs from different area

	Cultured area	Width (mm)			weight (g)	No of clove (No)	
		narrow	wide	average			
Cool-Season	Taeam	44.86±5.70 ^{bl)}	46.56±6.49 ^b	45.72±5.95 ^b	26.25±8.40 ^b	6.77±0.93 ^a	
	Seosen	39.45±1.72 ^a	41.34±2.29 ^a	40.32±1.81 ^a	18.22±1.89 ^a	6.62±0.96 ^a	
	Uiseoung	43.82±1.30 ^b	45.84±2.00 ^b	44.83±1.40 ^b	31.55±2.54 ^c	6.69±0.75 ^a	
Domestic	Jeju	51.74±3.34 ^c	50.27±5.12 ^c	51.01±4.06 ^c	34.89±7.93 ^c	8.00±0.91 ^b	
	Namhae	52.02±2.07 ^{cd}	53.02±3.60 ^{cd}	52.55±2.49 ^{cd}	40.05±5.69 ^d	8.15±0.99 ^b	
	Warm-Season	Hapcheon	54.57±4.41 ^d	55.33±4.41 ^d	54.95±2.89 ^d	44.51±5.76 ^c	9.31±1.38 ^c
	Hampyeong	49.37±3.36 ^c	50.32±3.03 ^c	49.85±2.90 ^c	31.53±4.48 ^c	7.08±0.86 ^a	
	Muan	49.46±3.39 ^c	50.06±2.95 ^c	49.76±2.82 ^c	30.43±3.31 ^{bc}	6.38±1.50 ^a	
Imported	China	49.17±2.36 ^c	53.21±4.18 ^{cd}	51.19±2.82 ^c	51.05±5.28 ^f	9.38±1.26 ^c	

^{l)}Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

통계처리

반복 실험하여 얻은 결과는 SPSS 12.0 package를 사용하여 분산분석 하였으며, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 실험군에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple test를 실시하였다.

결과 및 고찰

마늘의 구폭, 구중량 및 인편수 측정

산지별 마늘의 구폭, 구중량 및 인편수를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 구폭을 측정한 결과 한지형인 서산산이 40.32±1.81 mm로 가장 작았으며, 난지형인 합천산이 54.95±2.89 mm로 가장 넓었고, 다음으로 남해산(52.55±2.49 mm), 중국산(51.19±2.82 mm)의 순이었다. 구중량은 중국산이 51.05±5.28 g으로 가장 무거웠고 서산산이 18.22±1.89 g으로 가장 가벼웠으며, 한지형보다는 난지형의 구중량이 유의적으로 높았다. 평균 인편수는 중국산이 9.38±1.26개로 가장 많았으며, 국내산 중에서는 합천산이 9.31±1.38개로 가장 많았고, 무안산이 6.38±1.50개로 가장 적었다. 또한 난지형 마늘이 한지형보다 약 1.1개 더 많았다.

마늘은 보호엽, 저장엽, 발아엽의 원기(原基)를 각각 하나씩 가지고 있는 비늘줄기(鱗莖, clove)로 되어 있으며 지하분 엽맥에 형성된 인편을 식용하게 되는데 대략 10여개의 인편이 형성되고 월동기를 지나 기온이 10℃ 이상으로 되면 생장점에서 화서가 분화하여 그 주위에서 분화되는데 5℃ 이상 되면 비대가 급속히 진행 된다(25). 마늘의 인편수는 기온의 영향을 많이 받게 되므로 난지형 마늘은 한지형 마늘에 비해서 구가 크고 인편수가 많으며(26), 국내산 마늘의 구중은 인편수가 증가할수록 무겁다고 하였는데(27) 이는 본 연구 결과와도 일치하였다. 난지형 마늘은 한지형 마늘보다 구형지수가 높아 구형이 더 편평하다고 알려져 있다(28).

마늘의 표면색

산지별 마늘의 표면색을 측정된 결과(Table 3), 명도를 나타내는 L값은 서산산이 87.40±0.75로 가장 밝았으며, 제주산이 80.73±1.98로 가장 낮았다. 적색도를 나타내는 a값은 +이면 적색, 0이면 회색, -이면 녹색을 나타내는데 (29) 전체적으로 -3.73±0.30~-2.31±0.39의 범위로 녹색에 가까웠으며, 시료간의 유의적인 차이가 없었다. 황청도를 나타내는 b값은 20.91±1.62~26.38±2.08 범위였으며 제주산에서 가장 높았고, 무안산과 남해산이 각각 20.91±1.62와 20.97±1.20로 가장 낮은 값을 나타내었다. Yang 등(30)은 고흥 재래산, 스페인산 및 대만산 마늘의 색도를 비교한 결과 깎마늘의 색은 산지에 따른 유의적인 차이가 없다고 보고하였으며, 이는 본 연구결과와도 같다.

다. 가용성 고형분은 시료액 중의 당분을 측정하는 간섭법으로 널리 쓰이는데 단순히 당분뿐만 아니라 각종 아미노산, 단백질, 염 및 산 등을 포함한다. 한지형 마늘이 8.87±0.08~10.20±0.10 Brix, 난지형 마늘이 9.63±0.15~11.18±0.08 Brix 범위로 난지형 마늘의 고형분이 한지형 마늘보다 유의적으로 높았다. 또한 남해산 마늘이 10.43±0.12 Brix로 고형분의 함량이 가장 높았으며, 중국산 마늘은 국내산 마늘보다 낮은 7.44±0.13 Brix였다. Jeong 등(31)은 산지별 마늘의 수분을 측정된 결과 남해산 마늘의 수분 함량이 가장 작다고 하였는데, 이는 반대로 고형분의 함량이 많다고 할 수 있으며, 본 실험결과와도 일치하였다. Kim 등(32)은 마늘 고형분의 농도는 수확시기, 품종 및 예비건조 정도에 따라 차이가 있다고 하였다.

Table 3. Colorimetric characteristics of garlic from different area

Cultured area		L	a	b	Δ E	
Cool-Season	Taeon	86.97±1.55 ^{de1)}	-3.16±0.31 ^{NS2)}	23.07±2.16 ^c	90.07±1.06 ^c	
	Uiseoung	84.80±0.71 ^b	-3.73±0.30	24.79±0.85 ^d	88.43±0.63 ^c	
	Seosen	87.40±0.75 ^c	-2.70±0.31	22.57±1.13 ^{bc}	90.31±0.75 ^e	
Domestic	Jeju	80.73±1.98 ^a	-3.04±0.75	26.38±2.08 ^e	85.02±1.57 ^a	
	Namhae	86.32±0.96 ^{cd}	-2.60±0.30	20.97±1.20 ^a	88.88±0.88 ^d	
	Warm-Season	Hampyeong	85.72±0.83 ^c	-2.80±0.38	23.18±1.14 ^c	88.85±0.82 ^{cd}
		Muan	86.67±0.64 ^{de}	-2.31±0.39	20.91±1.62 ^a	89.20±0.41 ^{cd}
		Hapcheon	86.60±1.19 ^{de}	-3.25±0.36	21.63±1.04 ^{ab}	89.33±1.05 ^d
Imported	China	84.15±0.47 ^b	-2.62±3.94	22.10±0.58 ^{bc}	87.13±0.45 ^b	

¹⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

²⁾Not significantly.

pH 및 가용성 고형분의 함량

산지별 마늘의 pH와 가용성 고형분의 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. pH를 측정된 결과 5.91±0.01~6.85±1.73의 범위였으며, 시료간에 유의적인 차이는 없었

마늘의 향기성분

마늘의 중요한 관능지표인 향기성분을 분석한 결과는 Table 5와 같다. GC를 이용하여 마늘의 향기성분을 분석한 결과 총 25~30개의 피크를 얻었으며, 이 중 GC/MS로 17종의 화합물을 동정하였다. 산지별 마늘의 향기성분을 총 피크면적을 기준으로 산출 할 때 난지형인 무안산이 36.52 area%로 가장 낮았으며, 한지형인 의성산은 무안산에 비해 약 1.4배 높은 52.17 area%로 가장 높은 함량이었고, 다음으로는 함천, 태안 및 남해산 순이었다. 또한 태안산과 함평산은 화합물 17종이 모두 검출되었으나 한지형 중 제주산과 무안산은 12종, 남해산은 11종이 검출되었다. 이 결과로 보아 난지형 시료에 비하여 한지형 시료에서 전체적인 향기성분의 함량이 더 높음을 확인할 수 있었다. 향기성분 총면적에 대한 화합물 함량비를 계산한 결과 황화합물 15종이 약 98%를 차지하였으며, 마늘의 주요 생리활성을 나타내는 성분이자 향기성분인 diallyl disulfide가 34.90~60.54%로 가장 비율이 높았으며, 중국산이 가장 많이 함유하였고 다음으로 의성산 및 제주산 순이었다. 다음으로는 diallyl trisulfide가 17.55~38.72%, allyl methyl trisulfide가 2.33~

Table 4. pH and Brix of garlic from different area

Cultured area		pH	Brix	
Cool-Season	Taeon	6.47±0.01 ^{NS2)}	8.87±0.08 ^{b1)}	
	Uiseoung	6.42±0.01	9.82±0.13 ^c	
	Seosen	6.66±0.01	10.20±0.10 ^d	
Domestic	Jeju	6.38±0.01	9.80±0.10 ^c	
	Namhae	6.31±0.01	10.43±0.12 ^c	
	Warm-season	Hampyeong	6.34±0.01	10.40±0.10 ^c
		Muan	5.91±0.01	9.63±0.15 ^c
		Hapcheon	6.85±1.73	11.18±0.08 ^f
Imported	China	6.14±0.01	7.44±0.13 ^a	

¹⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

²⁾Not significantly.

9.03%, dimethyl disulfide가 2.11~6.08%로 산지별 마늘에서 가장 많은 함량을 차지하였다.

다른 연구에 의하면 Lee 등(33)은 생마늘 총 피크면적 중 diallyl disulfide가 약 44.41%, diallyl trisulfide가 30.17%라고 하였으며, Kim 등(34)은 diallyl disulfide가 37.72%, diallyl trisulfide가 34.72%, allyl methyl trisulfide가 7.70%를 함유한다고 보고하였고, Brondnitz 등(35)은 diallyl disulfide가 60~66%, diallyl sulfide가 14%로 마늘추출물의 대부분을 차지한다는 보고하였는데 본 연구결과와도 유사한 경향이였다.

마늘의 주요 성분이며, 휘발성 유기성분인 diallyl disulfide는 세포막과 세포질의 -OH기를 함유한 물질을 변화시켜 항암작용을 하고(36), 항균 및 항산화 작용을 하며, 신선한 마늘의 향기성분이다. Jeong 등(37)은 산지별 생마늘 중에서 서산산 및 남해산 마늘의 향기성분 추출물의 항산화활성이 중국산 마늘이나 타 지역 마늘에 비해 높은 것으로 보고하였다. Jo와 Lee (14)는 마늘 중 유허화합물의 항균성은 alkyl group의 황 원자 개수에 따라 달라지는데 3~4개의 황원자로 구성된 sulfide는 높은 항균성을 가지고 있다고 하였으며, diallyl trisulfide 및 allyl methyl trisulfide는 항균작용 및 혈소판 응집 억제 작용이 있다고 알려져 있다

(38,39). 또한 미량이지만 3-vinyl-[4H]-1,2-dithiin이 검출되었는데, 이 화합물은 allicin으로부터 생성되는 화합물로 약하지만 항혈전 작용이 있고, 태안산과 함평산에서만 검출된 2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin 또한 allicin으로부터 생성되며, 지질저하 작용이 있다고 밝혀져 있다(40-42).

마늘의 항균활성

산지별 마늘 추출물을 이용하여 세균(*Strep. mutans*, *B. subtilis*, *E. coli*, *V. parahaemolyticus*), 곰팡이(*Asp. flavus*) 및 효모(*C. albicans*)에 대한 항균활성을 측정된 결과는 Table 6과 같다. *B. subtilis*에 대한 생육저해환은 13.33±0.58~25.33±0.58 mm로 서산, 제주 및 남해산에서 유의적으로 항균활성이 높았다. 병원성 대장균인 *E. coli*균에서는 모든 시료에서 생육저해환이 20 mm 이상으로 나타났으며, 태안산에서 30.67±0.58 mm로 가장 컸으며, 다음으로 남해산(27.00±1.00 mm) 이었다. 어류에 부패를 일으키는 *V. parahaemolyticus*균에 대한 생육저해환은 13.00±1.00~21.33±0.58 mm였는데, 태안산에서 가장 활성이 높았고, 다음으로 서산, 제주, 남해산이었다. 곰팡이인 *Asp. flavus*에 대한 생육저해환은 13.33±0.58~21.67±0.58 mm로 제주 및 남해산에서 유의적으로 높은 항균활성을 보였다. 효모인

Table 5. Identification of volatile compounds in garlics from different area

No.	Compound name	Mw ¹⁾	MF ²⁾	Cool-Season			Warm-season					China
				Taean	Ui-seoung	Seosen	Jeju	Namhae	Ham-pyeong	Muan	Hap-cheon	
1	3-(methyl thio)-1-propene	88	C4H8S	0.65	0.75	0.92	0.52	0.52	0.73	0.56	1.01	0.61
2	3-methyl-pyridine	93	C6H7N	0.48	0.30	0.16	-	-	0.21	-	0.28	0.30
3	2,4-dithiapentane	108	C3H8S2	0.14	0.33	0.22	0.27	-	0.16	-	0.13	0.18
4	Dimethyl disulfide	94	C2H6S2	1.55	1.64	0.94	2.27	1.55	1.42	0.77	1.05	2.56
5	Methyl thiofuran	114	C5H6OS	3.77	2.25	0.76	1.53	0.88	0.93	0.63	1.36	1.80
6	Methyl 2-propenyl disulfide	120	C4H8S2	0.38	0.49	0.46	-	-	0.30	0.28	0.52	0.26
7	Diallyl disulfide	146	C6H10S2	21.08	23.14	17.87	22.28	20.53	18.29	13.55	17.77	25.50
8	Dithioallyl propionic acid	146	C6H10S2	1.60	1.98	1.85	1.01	1.91	1.36	1.45	2.42	0.82
9	trans-propenyl propyl disulfide	148	C6H12S2	1.94	2.73	2.78	0.95	2.98	2.16	2.32	3.79	0.57
10	Allyl methyl trisulfide	152	C4H8S3	4.30	2.99	2.11	1.05	1.54	0.96	1.65	3.27	0.98
11	3-vinyl-[4H]-1,2-dithiin	144	C6H8S2	0.27	0.33	0.68	0.23	0.49	0.33	0.52	0.63	0.25
12	2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin	144	C6H8S2	0.19	-	-	-	-	0.21	-	-	-
13	Diallyl trisulfide	178	C6H10S3	10.16	13.53	6.69	7.57	14.79	9.54	14.14	16.49	7.39
14	Ethyl 3-methoxypropionic acid	132	C6H12O3	0.24	0.65	0.41	0.22	0.41	0.32	0.27	0.54	0.21
15	1,2-dithiacyclopentane	106	C3H6S2	0.34	0.54	0.57	-	0.45	0.46	0.38	0.71	0.29
16	2-ethyl-1-thiacyclohexane	130	C7H14S	0.38	0.40	0.21	0.39	-	0.36	-	0.73	0.29
17	Diallyl tetrasulfide	210	C6H10S4	0.16	0.12	0.11	-	-	0.18	-	0.21	0.11
Total				47.47	52.05	36.63	38.29	46.05	37.74	36.52	50.7	42.01

¹⁾Molecular weight, ²⁾Molecular formula.

Table 6. Antimicrobial activity of garlic juice from different area

	Cultured area	Clear zone (mm)					
		<i>Strep. mutans</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>Asp. flavus</i>	<i>C. albicans</i>
Cool-Season	Tae'an	14.33±0.58 ^{cd1)}	17.33±0.58 ^b	30.67±0.58 ^f	21.33±0.58 ^f	20.00±0.00 ^c	29.33±0.58 ^d
	Uiseoung	11.33±0.58 ^a	16.33±0.58 ^b	25.00±1.00 ^d	15.67±0.58 ^e	17.33±0.58 ^b	27.33±0.58 ^c
	Seosen	15.33±0.58 ^{de}	25.33±0.58 ^c	21.67±0.58 ^b	19.33±0.58 ^e	16.67±0.58 ^b	22.33±0.58 ^a
Domestic	Jeju	15.33±0.58 ^{de}	25.33±1.15 ^c	24.00±1.00 ^{cd}	20.33±0.58 ^{ef}	21.33±0.58 ^d	27.33±1.15 ^c
	Namhae	13.33±0.58 ^{bc}	24.67±0.58 ^c	27.00±1.00 ^e	19.33±0.58 ^e	21.67±0.58 ^d	26.67±0.58 ^c
	Hampyeong	14.00±1.00 ^c	22.33±0.58 ^{cd}	20.00±1.00 ^a	14.33±0.58 ^b	12.33±1.15 ^a	21.33±0.58 ^a
	Muan	16.00±1.00 ^e	23.33±0.58 ^d	23.00±1.00 ^{bc}	13.00±1.00 ^a	13.33±0.58 ^a	22.33±0.58 ^a
	Hapcheon	14.33±0.58 ^{cd}	21.67±0.58 ^c	20.00±0.00 ^a	13.33±0.58 ^{ab}	13.33±0.58 ^a	24.33±0.58 ^b
Imported	China	12.33±0.58 ^{ab}	13.33±0.58 ^a	24.00±1.00 ^{cd}	18.00±1.00 ^d	16.33±0.58 ^b	22.33±0.58 ^a

¹⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

*C. albicans*에 대한 생육저해환은 시험된 균주 중 가장 큰 생육저해환을 보여 $21.33 \pm 0.58 \sim 21.33 \pm 0.58$ mm의 범위였으며, 태안산에서 가장 활성이 컸으며, 의성, 제주 및 남해산 마늘에서는 시료 간에 유사한 활성을 보였다.

Sheo (9)의 연구에 의하면 마늘즙 1% 이상 농도에서는 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해 거의 100%의 항균효과를 나타내었으며, 마늘즙 2.5% 농도에서 *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* 및 *Enterobacter cloacae*균에 대해 약 70% 이상의 항균력을 나타내었다. Choi (43)의 연구에서는 마늘의 대장균 증식저지영역은 마늘 추출액 농도 증가에 유의하게 증가하여, 대장균에 대한 마늘의 항균성을 인정하였으며, 이는 본 연구결과와도 일치하였다. 또한 마늘 중 allicin은 thiosulfinate의 일종인 휘발성 물질로서 그람양성균 및 음성균의 발아와 곰팡이 균사의 성장을 저지하는 대표적인 항균성 물질이며(44), acetyl Co A-SH를 선택적으로 억제하여 항균효과를 낸다고 알려져 있다(45).

6종의 미생물에 대한 마늘 50 mg/100 μ L 추출액의 항균

활성을 측정 한 결과 생육저해환의 크기가 20 mm 이상인 태안, 제주 및 남해산 마늘을 시료로 하여 disc당 10, 20 및 40 mg/100 μ L의 마늘 추출액을 함유하도록 농도를 조절 한 후 항균활성을 측정 한 결과는 Table 7과 같다. 태안산은 *E. coli*, 제주산은 *Asp. flavus*와 *C. albicans*에서만 항균활성이 있었으며, 남해산 마늘 추출액은 시험한 4종 균주 모두에 대해 항균활성이 있었다. 항균활성은 평가된 모든 균주에 대해서 시료의 첨가농도가 높을수록 더 높았는데, *E. coli*균에 대해서는 태안산과 남해산을 20 mg/100 μ L 첨가하였을 때 생육저해환의 크기가 20 mm 이상으로 높은 활성을 나타내었다. 남해산 마늘 추출액은 *E. coli*균에 대해 20 mg/100 μ L 이상 첨가 시, *B. subtilis*균에 대해서는 40 mg/100 μ L 첨가 시 생육저해환의 크기가 20 mm 이상으로 다른 균주에 비해 항균활성이 더 높았다.

Shin 등(46)은 남해산, 제주산 및 의성산 마늘의 항균활성을 비교한 결과 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* 및 *Salmonella typhimurium*

Table 7. Antimicrobial activity of garlic juice from Tae'an, Jeju and Namhae

Cultured area	Added conc. (mg/disc)	Clear zone (mm)			
		<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>Asp. flavus</i>	<i>C. albicans</i>
Tae'an	10	-	14.67±0.58 ^a	-	-
	20	-	24.67±0.29 ^b	-	-
	40	-	25.33±0.29 ^b	-	-
Jeju	10	-	-	12.17±0.29 ^a	10.67±0.29 ^a
	20	-	-	13.50±0.87 ^b	13.50±0.50 ^b
	40	-	-	16.67±0.29 ^c	17.33±0.58 ^c
Namhae	20	12.67±0.29 ^{a1)}	15.00±0.00 ^a	12.83±0.29 ^a	11.33±0.58 ^a
	40	15.50±0.50 ^b	22.00±1.00 ^b	12.67±0.58 ^a	14.33±0.58 ^b
	80	20.33±0.58 ^c	26.17±0.29 ^c	13.67±0.29 ^b	16.33±0.58 ^c

¹⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

균에 대하여 남해산 마늘이 가장 높은 항균활성을 나타내었고, 다음으로 제주산과 의성산 순이라고 보고하였다. 또한 Jeong 등(34)은 산지별 마늘을 1 mg/disc 농도로 첨가하여 *V. parahaemolyticus*균에 대한 활성을 측정한 결과 남해산 마늘 추출물에서 가장 높았다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 태안산 및 제주산 마늘 추출액과 달리 남해산 마늘 추출액은 낮은 첨가량에서도 4종 균주에 대한 항균활성을 보여 남해산 마늘 추출액의 항균활성이 가장 높았다.

요 약

마늘의 산지별 품질특성 비교에 대한 기초자료를 확보하고자 국내의 한지형 및 난지형 마늘 주산지로부터 수집된 마늘 및 중국산 마늘의 물리적 특성, 향기성분과 항균활성을 비교 분석하였다. 마늘 구의 폭은 난지형 마늘이 50 mm 이상으로 한지형 마늘에 비하여 넓었으며 평균 인편수도 난지형 마늘에서 6.38~9.31개로 더 많았다. 마늘의 표면색 중 L값은 80.73~87.40의 범위였으며, a값은 시료간의 유의적인 차이가 없었고, b값은 남해산과 무안산에서 가장 낮아 각각 20.97±1.20과 20.91±1.62였으며, 제주산이 26.38±2.08로 가장 높았다. 마늘의 향기성분을 분석한 결과 총 25~30개의 피크를 얻었으며, 이 중 GC-MS로 17종의 화합물을 동정할 수 있었고, 동정된 화합물 중 황화합물이 15종으로 대부분을 차지하였다. 마늘의 향기성분을 총 피크면적비로 계산한 결과 diallyl disulfide는 검출된 총 화합물 중 34.90~60.54%로써 타성분에 비해 월등히 높은 함량이었는데 중국산에서 가장 높게 검출되었으며 무안산에서 그 함량이 가장 낮았다. 다음으로 diallyl trisulfide가 17.55~38.72%였다. *Strep. mutans*, *B. subtilis*, *E. coli*, *V. parahaemolyticus*, *Asp. flavus*, *C. albicans*에 대해 항균활성을 실험한 결과 모든 마늘 시료에서 *E. coli*와 *C. albicans*에 대해 비교적 활성이 높았으며, 전체적으로 활성이 높았던 태안, 제주 및 남해마늘을 농도별로 가하여 항균활성을 실험한 결과 시료의 첨가량이 증가할수록 항균활성도 증가하였으며, 남해산 마늘에서 가장 항균활성이 높았다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부 지자체연구소육성사업 추진에 따른 기술개발 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kamanna VS, Chandrasekhara N (1983) Biochemical and

- physiological effects of garlic (*Allium sativum* Linn.). J Sci Industrial Res, 42, 353-359
- Horie T, Awazu S, Itakura Y, Fuwa T (1992) Identified diallyl polysulfides from an aged garlic extract which products the membranes from lipid peroxidation. Planta Med, 58, 468-469
- Nuttakaan L, Viboon R, Nantaya C, Janusz MG (2006) Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparation. J Nutr, 22, 266-274
- AL-Delaimy KS, Ali SH (1970) Antibacterial action of vegetable extracts on the growth of pathogenic bacterial. J Sci Food Agric, 21, 110
- Kyung KH (2006) Growth inhibitory activity of sulfur compounds of garlic against pathogenic microorganisms. J Food Hyg Safety, 21, 145-152
- Cavallito CJ, Bailey JH (1944) Allicin, the antibacterial principle of *allium sativum*. I. Isolation, physical properties, and antibacterial action. J Am Chem Soc, 66, 1950-1956
- Stoll A, Seebeck E (1951) Chemical investigation of alliin, the specific principle of garlic. Adv Enzymol, 11, 377-400
- Yoon IS (2009) Sensitivity test on the food poisoning bacteria of the garlic extract. KoCon, 9, 339-349
- Sheo HJ (1999) The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice. J Korean Soc Food Sci Nutr, 28, 94-99
- Kim YD, Kim KM, Hur CK, Kim ES, Cho IK, Kim KJ (2004) Antimicrobial activity of garlic extracts according to different cooking methods. Korean J Food Preserv, 11, 400-404
- Ogawa T, Mori N, Matsubara N (1975) The study on the ecological distribution and bulbing habit of garlic plants. Bull Nagasaki Agri Forest Exp Stat, 3, 9-15
- Hwang JM, Lee BY (1990) Effect of temperature and humidity conditions on rooting and sprouting of garlic. J Kor Soc Hort Sci, 31, 15-21
- Nam SS, Choi IH, Choi HS, Kim CH, Bae SK, Bang JK (2005) Characteristics of new variety 'Saengol' of southern type garlic. Kor J Hort Sci Technol, 23, 409-412
- Lee WS (1974) Studies on dormancy of korean local garlics. Kor J Hort Sci Technol, 15, 119-141
- Jo JS (1990) Food materials. Gijeunungusa, Seoul, p 154-155
- Jo JE, Lee SK (2008) Current research status of postharvest technology of garlic (*Allium sativum* L.). Kor J Hort Sci Technol, 26, 350-356

17. Shin DB, Seog HM, Kim JH, Lee YC (1999) Flavor composition of garlic from different area. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 293-300
18. Hwang KS, Lee SJ, Kwack YH, Kim KS (1997) Soil chemical properties of major vegetable producing open fields. *Korean J Soil Sci Fert*, 30, 146-151
19. Kim CB, Kim CY, Park M, Lee DH, Choi J (2000) Effect of chemical properties of cultivation soils on the plant growth and quality of garlic. *Korean J Soil Sci Fert*, 33, 333-339
20. Lee YK, Sin HM, Woo KS, Hwang IG, Kang TS, Jeong HS (2008) The relationship between functional quality of garlic and soil composition. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 31-35
21. Kim YA (2005) Effects of *Lycium chinense* powders on the quality characteristics of yellow layer cake. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 403-407
22. Jang HS, Hong GH (1998) Change of physicochemical quality according to its storage temperature in garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J Food Sci Technol*, 5, 119-123
23. Maarse H, Kepner PR (1970) Changes in composition of volatile terpenes in douglas fir needles during maturation. *J Agric Food Chem*, 18, 1095-1097
24. Likens ST, Nikerson GB (1964) Detection of certain hop oil constituents in brewing products. *Proc Am Soc Brew Chem*, 5, 13-17
25. Jung DH, Jung SU (2005) *Garlic science*. World science, seoul, Korea, p 4-10
26. Choi HS, Chae WB, Kwack YB, Jeong MI (2008) A new early harvest garlic cultivar 'Allkae'. *Kor J Hort Sci Technol*, 26, 9-12
27. Choi JE, Kim JS, Jung WS (1997) Bulb and clove characteristics local garlic in Korea. *J Agri Sci Chungnam nat'l univ*, 24, 1-5
28. Kim YC, Lee WS (1977) Agronomic characteristics and correlations in ecotypes of garlic. *J Kor Soc Hort Sci*, 18, 36-39
29. Park YJ, Kim BW, Yang SY, Heo BG (2005) Effects of different natural mordants and mordanting methods on the dyeing degree of silk using extracts from *Coreopsis drummondii*. *Korean J Plant Res*, 18, 186-193
30. Yang SY, Cho JY, Heo BG (2005) Morphological characteristics of goheong native garlic variety. *Kcls*, 16, 93-97
31. Jeong CH, Bae YI, Lee JH, Shim KH, Roh JG, Shin CS, Choi JS (2009) Chemical components and antimicrobial activity of garlics from different cultivated area. *J Agri Life Sci*, 43, 51-59
32. Kim BS, Park NH, Park MH, Han BH, Bae TJ (1990) Manufacture of garlic juice and prediction of its boiling point rise. *Korean J Food Sci Technol*, 22, 486-491
33. Lee JW, Lee JG, Do JH, Sung HS (1997) Comparison of volatile flavor components between fresh and odorless garlic. *Agric Chem Biotechnol*, 40, 451-454
34. Kim YS, Seo HY, No KM, Shim SL, Yang SH, Park ER, Kim KS (2005) Comparison of volatile organic components in fresh and freeze dried garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 885-891
35. Brodnitz MH, John PV, Linda VD (1971) Flavor components of garlic extract. *J Agric Food Chem*, 19, 273-275
36. Gu BS, Yang JY, Son HS, Kwon GB, Ji EJ (2003) Diallyl disulfide engances daunorubicin-induced apoptosis of HL-60 cells. *Korean J Food Nutr*, 36, 828-833
37. Jeong JY, Woo KS, Hwang IG, Yoon HS, Lee YR, Jeong HS (2007) Effects of heat treatment and antioxidant activity of aroma on garlic harvested in different cultivation areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 1637-1642
38. Augusti KT, Mathew PT (1974) Lipid lowering effect on allicin on long term feeding to normal rats. *Experientia*, 15, 468-470
39. Bordia MAT, Mustafa T (1999) Effect of raw versus boiled aqueous extract of garlic and onion on platelet aggregation. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 60, 43-47
40. Block E (1985) The chemistry of garlic and onions. *Sci Am*, 252, 114-119
41. Block E, Naganathan S, Putman D, Zhao SH (1992) Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfates from onion, garlic, wild garlic ransoms, leek, scallion, shallot, elephant (great-heated) garlic, chive, and chinese chive. Uniquely high allyl to methyl ratios in some garlic samples. *J Agric Food Chem*, 40, 2418-2430
42. Sendl A, Schliack M, Loser R, Stanislaus F, Wagner H (1992) Inhibition of cholesterol synthesis in vitro by extracts and isolated compounds prepared from garlic and wild garlic. *Atherosclerosis*, 94, 79-85
43. Choi HK (2001) A study on the antibacterial activity of garlic against *Escherichia coli* O157. *KAPAE*, 14, 159-167
44. Buckingham J (1994) *Dictionary of natural products*. Champman & Hall. London, Vol 9, p 5344

45. Focke M, Feld A, Lichtenthaler K (1990) Allicin, a naturally occurring antibiotic from garlic, specifically inhibits acetyl-CoA synthetase. *FEBS Letters*, 261, 106-108
46. Shin JH, Ju JC, Kwon OC, Yang SM, Lee SJ, Sung NJ (2004) Physicochemical and physiological activities of garlic from different areas. *Korean J Food Nutr*, 17, 237-245

(접수 2010년 11월 2일 수정 2011년 3월 2일 채택 2011년 3월 4일)