

산지별 마늘의 이화학적 특성 및 생리활성 작용

신정혜 · 주종찬 · 권오천* · 양승미** · 이수정** · †성낙주**

창신대학 호텔조리제빵과, *남해전문대학 호텔조리제빵과,
**경상대학교 식품영양학과

Physicochemical and Physiological Activities of Garlic from Different Area

Jung-Hye Shin, Jong-Chan Ju, O-Chen Kwen*, Sung-Mi Yang**, Soo-Jung Lee**
and †Nak-Ju Sung**

Dept. Hotel Curinary Arts & Bakery, Changshin College, Masan 630-522, Korea

**Dept. Hotel Curinary Arts & Bakery, Namhae College, Namhae 668-801, Korea*

***Dept. Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea*

Abstract

The physicochemical and physiological activities of domestic garlic from 3 different areas (Namhae, Jeju and Uiseong) were analyzed. The contents of moisture, ash, crude protein and crude fiber in garlic were little different in 3 kinds of area. Total sugar and water soluble phenolic compounds were higher in garlic from Namhae. The free sugars found in garlic were fructose, sucrose and lactose. Five kinds of organic acids were determined. Malonic acid and citric acid contents in garlic from Namhae were 23.7±1.16 mg% and 22.1±0.82 mg%, respectively. Total mineral content of garlic samples were in a range of 7112.6~9067.3 mg%, the potassium content showed the highest concentration (4117.3±7.19~5175.3±9.61 mg%). The electron donating abilities in 0.2% of garlic from Namhae and Uiseong showed 46.2±1.25% and 37.0±1.16%, respectively. The nitrite scavenging effect was measured at different conditions (pH 1.2 and 4.2). The nitrite scavenging effects were higher at pH 1.2, and reached more than 95% by adding 0.2% and 0.1% of garlic juice at pH 1.2. Addition 0.02~0.001% garlic juice in showed the SOD-like activities. Its activity of garlic from Namhae. was a range of 6.0±0.37~14.4±0.69%. It was found that 0.2% and 0.1% garlic showed strong antimicrobial action against growth of all the tested bacteria. Antimicrobial action was showed 74.7±0.70% and 51.7±1.11% on *Sal. typhimurium* in 0.2% of garlic from Namhae and Uiseong and 28.6±0.90% on *B. subtilis* in garlic from Jeju.

Key words: garlic, physicochemical components, nitrite scavenging, SOD-like activity, antibacterial action.

서론

백합과 파속에 속하는 1년생 숙근초 식물인 마늘 (*Allium sativum* L.)은 중앙아시아와 지중해 연안 지역이 그 원산지라고 추정되고 우리나라에서 주로 재배되

는 마늘은 크게 난지형과 한지형으로 분류되는데, 난지형은 제주, 남해, 해남, 무안 등지가 주산지이며, 한지형은 의성, 서산, 삼척 등이 주산지이다¹⁾. 마늘은 특유한 맛과 향기 성분뿐만 아니라 각종 생리 활성 물질이 함유되어져 있으므로 옛부터 우리나라 식생활에서

† Corresponding author : Nak-Ju Sung, Dept. Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea.

Tel : 82-055-751-5975, Fax : 82-055-751-5971, E-mail : snakju@gsnu.ac.kr

필수적인 조미료 및 강장식품으로 애용되어 왔으며 육가공품, 통조림 등 가공식품의 향신료로 각광을 받아 왔다²⁾.

이와 같이 마늘이 오랜 재배 역사와 더불어 식용 및 의약품으로 널리 이용되게 된 것은 마늘에 함유된 함황아미노산의 일종인 alliin이 분해되면서 마늘 특유의 자극성 신미성분인 allicin을 생성시키기 때문이다³⁾. Allicin은 thiosulfonates 화합물의 주요 성분이며 마늘의 생리 활성을 가지는 황화합물로 알려져 있다⁴⁾. 또한 매우 불안정한 화합물로서 마늘 중에는 직접 존재하지 않으며, 마늘의 마쇄 또는 절단시 마늘세포가 파괴되면서 자체 효소인 allinase에 의해 allicin으로 분해되어 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulfide 및 저급 sulfide 류로 분해된다⁵⁾. 결국 alliin의 분해 과정에서 생성된 allicin의 thiosulfinate기가 SH기와 반응함으로써 세포 대사가 억제되며⁶⁾, 혈압 강하 작용, 항균, 항산화성 작용, 콜레스테롤 저하작용 및 항암작용 등의 건강 유지에 효과적인 생화학적 활성을 나타낸다^{7,8)}.

최근 생활 수준이 향상됨에 따라 식품의 인스턴트화와 가공식품의 수요가 증가하고 있는데, 식품의 가공은 부패, 변질의 방지 및 저장기간을 연장하기 위하여 여러 가지 화학적 합성보존제가 사용되고 있다. 이들 합성보존제는 효과는 크지만 안전성에 문제가 제기됨에 따라 소비자들의 합성 첨가물에 대한 기피현상⁹⁾과 안전성에 문제가 없는 천연물인 식품의 원료 및 부재료에서 그 기능성 물질을 찾고자 하는데 관심이 집중되고 있다^{10,11)}. 이에 본 연구에서는 지금까지 향신료 및 조미료로 애용되어 온 마늘을 대상으로 다양한 제품을 개발하기 위한 기초 연구로서 남해, 제주 및 의성산 마늘의 일반성분, 이화학적 성분 및 생리활성과 관련한 실험을 통하여 마늘에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

난지계 마늘의 산지인 남해 및 제주도와 한지계 마늘의 주산지인 의성에서 생산된 마늘을 사용하였다. 2003년 6월에 탈피하지 않은 통마늘 상태로 망에 포장·유통되는 것을 진주시 농산물 도매시장에서 산지 확인 후 구입하였다. 탈피 후 흐르는 물로 2회 세척하고 자연 건조하여 물기를 제거한 후 polyethylene 필름으로 포장해 -40°C 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 일반성분, 비타민 C 및 수용성 페놀 화합물의 정량

일반성분은 상법에 따라 수분은 상압 가열 건조법, 회분은 직접회화법, 조지방은 Soxhlet추출법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법으로 정량하였다. 조섬유는 A.O.A.C.법, 총당은 황산페놀법으로 분석하였다. 비타민 C는 시료에 metaphosphoric acid를 가하여 원심분리시킨 상층액을 총 비타민 C 추출액으로하여 hydrazine 비색법에 따라 측정하였다. 수용성 페놀화합물은 시료 5 ml에 0.2 N Folin-Ciocalteu's phenol 시약 0.5 ml와 포화 무수탄산나트륨용액 5 ml를 가한 다음 잘 혼합하여 30분간 방치한 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다¹²⁾. Caffeic acid를 농도별로 제조하여 동일한 방법으로 시험하고 얻은 표준검량곡선으로부터 정량하였다.

3. 유리당의 분석

시료 10 g에 에탄올 30 ml를 가하여 homogenizer (3,000 rpm×5 min)를 이용해 균질화한 후 에탄올로 최종 농도가 80%가 되도록 조정하고 환류 냉각관을 부착한 80°C 수욕상에서 2시간 가온한 다음 방냉하여 원심분리(8,000×g, 30 min) 하였다. 상기의 조작을 2회 반복하여 실시한 후 상층액을 모아 감압 농축한 다음 3차 증류수를 사용하여 25 ml로 만든 후 0.45 µm membrane filter 및 sep-pak C₁₈ cartridges에 차례로 통과시킨 것을 HPLC(Pharmacia LKB LCC 2252, Sweden)로 측정하였으며, HPLC 칼럼은 carbohydrate analysis column (3.9×300 mm)을 사용하였다. 용매는 80% acetonitrile을 사용하였으며, 유속은 분당 2 ml를 유지하였다.

4. 유기산의 분석

시료 10 g을 취해 증류수 50 ml를 가하여 homogenizer(3,000 rpm×3min)로 균질화 하고 20분 간격으로 교반하면서 두시간 동안 냉장 온도에서 보관한 후 원심분리한 상층액을 시료액으로 하였다. 시료액 25 ml에 동량의 에탄올을 가해 5분 동안 진탕한 후 원심분리하여 얻어진 상층액은 회전 진공 증발기로 에탄올을 제거하고 Seo와 Morr¹³⁾의 방법에 따라 메탄올, 증류수 및 0.01 N HCl로 미리 활성화시킨 sep-pak C₁₈ cartridge에 통과시켰다. 이 여액을 Jayaprakasha와 Sakariah¹⁴⁾의 방법을 응용하여 2 N HCl로 미리 활성화시킨 양이온 교환수지(Dowex 50W× 8, 50~100 mesh, H⁺)에 통과시킨 다음 증류수로 세척하여 총량을 50 ml로 만들어 0.2 µm membrane filter를 통과시켜 HPLC (Waters Model 201, Sweden)로 분석하였다. 칼럼은 µbondapak C₁₈ 칼럼을 사용하였고, 용매는 8 mM sulfuric acid로 분당 0.8 ml를 유지시켰다. 유기산의 확인·동정은

동일조건에서 분석한 표준물질과 머무름 시간 비교 및 동시주입을 통하여 실시하였으며 표준검량곡선으로부터 정량하였다.

5. 무기물의 분석

분해용 플라스크에 시료 2 g을 취하고 진한 황산과 진한 질산을 각각 10 ml씩 차례로 가하여 hot plate상에서 무색으로 변할 때까지 분해한 후, 100 ml로 정용·여과하여 Inductively Coupled Plasma(Atom Scan 25, Thermo Jorell Ash Co., France)로 분석하였으며, approximate RF power는 1150W, pump rate는 100 rpm, nebulizer pressure는 30 psi, observation height는 15 mm로 하였다.

6. DPPH에 대한 전자공여능

전자 공여 작용은 Blois의 방법¹⁵⁾을 변형하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)에 대한 전자 공여 효과로 시료의 환원력을 측정하였다. 즉 시료액 1 ml에 1×10^{-4} M DPPH용액 3 ml를 가하여 혼합한 다음 30분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여 효과는 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 이용하여 백분율로 나타내었다.

7. 아질산염 소거작용

1 mM 아질산나트륨 용액 1 ml에 시료액 1 ml를 첨가하고, 0.1 N HCl 및 0.2 M 구연산 완충액으로 반응용액의 pH를 각각 pH 1.2 및 4.2로 조정하여 다음 반응용액의 총 부피를 10 ml로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 ml 취하여 2% acetic acid 5 ml, 30% 초산용액으로 용해한 Griess 시약을 차례로 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 분광광도계로 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 산출하였다. 아질산염 소거작용은 시료의 첨가 전·후에 잔존하는 아질산염의 백분율(%)로써 나타내었다.

8. SOD 유사 활성

Marklund와 Marklund의 방법¹⁶⁾에 따라 일정 비율로 희석한 시료액 0.2 ml에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 3 ml와 7.2 mM pyrogallol 0.2 ml를 가하여 25°C에서 10분간 방치한 후 1 N HCl 1 ml로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD(superoxide dismutase)유사활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 비교하여 백분율(%)로 나타내었다.

9. 항균력 측정

한국생명공학연구원으로부터 *Bacillus subtilis* (KCTC 1021), *Escherichia coli* (KCTC 1039), *Staphylococcus aureus* (KCTC 1621), *Salmonella typhimurium* (KCTC 2515) 균주를 분양 받아 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*균은 nutrient 배지에 *Staphylococcus aureus* 균은 trypticase soy 배지에 접종하여 각각 37°C와 30°C에서 12~14시간 진탕 배양한 후 균의 생육 정도를 spectrophotometer (cecil, England)를 사용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도 값이 0.1~0.2 범위일 때 항균력 실험에 사용하였다.

마늘즙의 항균력 측정은 paper disc법과 시험관 회석 배양법으로 각각 측정하였다. Paper disc법은 미리 배양한 균주 배양액 100 μ l를 도달해 놓은 nutrient agar (Difco Co., USA)와 trypticase soy agar(Difco Co., USA) 배지에 시료액 40 μ l를 함유한 직경 5 mm의 paper disc(Toyo Roshi Co., Japan)를 올려 놓고 24시간 배양하여 생육 저지환의 크기를 측정하였다. 시험관 회석 배양법은 균주 배양용 배지 5 ml에 검정균 100 μ l를 주입하고 시료액 100 μ l를 첨가한 후 잘 혼합하고 24시간 배양한 후 검정균의 생육정도를 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료액 대신 100 μ l의 멸균된 증류수를 공시험으로 하여 생육저해율(%)을 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 일반성분, 비타민 C 및 수용성 페놀화합물의 함량

남해, 제주 및 의성산 마늘로부터 수분, 회분, 조지방, 조단백, 조섬유, 총당, 비타민 C 및 수용성 페놀화합물을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분의 함량은 제주산 마늘에서 $68.4 \pm 0.36\%$ 였고 다음으로 의성, 남해산 마늘의 순서였다. Shin 등¹⁷⁾은 의성 및 남해산 마늘에서 수분함량이 각각 62.4% 및 66.7%로 나타나 의성산 마늘이 예건처리가 이루어진 마늘인 것으로 보고한 바 있다. 마늘은 장기간 저장을 위하여 통풍이 잘 되는 곳에서 건조시켜 수분함량이 64% 이하로 하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다¹⁸⁾. 본 실험의 결과 산지별 마늘의 수분 함량차는 마늘의 특성상 일반적으로 산지에서 예건처리하여 출하되고 있음을 고려할 때 출하 전 산지에서 예건 정도의 차이에 기인하는 바가 클 것으로 추정된다. 회분과 조단백의 함량은 의성산 마늘, 조지방은 남해산 마늘, 조섬유는 제주 및 의성산 마늘에서 다소 높게 정량되었으나, 수분, 회분, 조지방, 조단백 및 조섬유의 함량이 산지에 따른 두드러진 함량 차이가 나타나지는 않았다. Kim 등¹⁹⁾은 박피된 마늘 중 일반성분은 회분 1.26%, 조지방 0.52%, 조

Table 1. Contents of chemical components in garlic from different area (%)

	Namhae	Jeju	Uiseong
Moisture	62.7±0.62 ¹⁾	68.4±0.36	64.8±0.22
Ash	1.3±0.17	1.3±0.21	1.5±0.12
Crude lipid	1.0±0.17	0.9±0.22	0.9±0.12
Crude protein	7.8±0.69	7.6±0.29	8.8±0.42
Crude fiber	0.6±0.16	0.7±0.19	0.7±0.17
Total sugar (mg%)	21.3±1.11	15.3±0.51	20.9±0.49
Vitamin C (mg%)	10.2±0.49	17.0±0.45	6.3±0.33
Water soluble phenolic compounds (mg%)	24.0±0.45	19.6±0.61	18.3±0.29

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

단백 6.86% 및 조섬유 0.81%를 보고하였고, Lee 등²⁰⁾은 충남 서산지역에서 재배된 마늘에서 회분 4.71%, 조지방 0.17%, 조단백 8.77% 및 조섬유 1.21%로 보고한 바 있다.

총당 및 수용성 페놀화합물은 남해산 마늘에서 각각 21.3±1.11%, 24.0±0.45 mg%로 남해산 마늘에서 가장 높았고, 비타민 C의 함량은 제주산 마늘에서 17.0±0.45 mg%로 가장 높게 나타났다. Lee 등²⁰⁾은 서산지역에서 재배된 마늘에서 총당의 함량이 76.19%(건물량)로 보고하였는데, 본 실험 결과에서 나타난 바와 같이 마늘 중 성분의 차이는 수확시기, 품종 및 재배지역에 따른 차이인 것으로 사료된다.

2. 유리당의 함량

산지별 마늘의 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과 fructose, sucrose 및 lactose가 검출되었다(Table 2). Fructose의 함량은 제주산 마늘에서 8.1±0.21 mg%로 남해 및 의성산 마늘에 비해 각각 2.5배, 1.8배 정도로 높았으며 lactose의 함량은 남해산 마늘에서 5.5±0.14 mg%로 나타나 의성산 마늘에 비해 7.9배 더 높은 함량으로 정량되었다.

Table 2. Free sugar contents in garlic from different area (mg%)

	Namhae	Jeju	Uiseong
Fructose	3.3±0.16 ¹⁾	8.1±0.21	4.6±0.26
Sucrose	5.7±0.34	8.8±0.50	11.9±0.65
Lactose	5.5±0.14	3.7±0.46	0.7±0.16

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

서산지역에서 생산된 마늘로부터 유리당 함량을 분석한 결과 fructose, glucose, sucrose 및 maltose가 검출되었으며 그 함량은 각각 0.04%, 0.24%, 1.27% 및 0.26%라는 보고가 있으며²⁰⁾, Park 등³⁾은 화성지역에서 수확된 마늘에 함유된 유리당은 fructose(2.33%), glucose(0.87%) 및 sucrose(0.51%)인 것으로 보고하였다. 수분을 제외한 마늘의 주 성분은 당과 단백질로 이루어져 있으며 당류는 sucrose, fructofuranose의 β-1,2결합으로 이루어진 fructosan이 주 성분이라고 한 보고도 있다²¹⁾. Hong 등²²⁾은 마늘 중 유리당 함량은 한지형에 비해서 난지형 마늘에서 다소 높으나 그 차이는 작으며, 동일 품종의 마늘을 여러 지역에서 재배했을 경우 성분 함량에 차이를 보이는 것으로 보아 재배지역의 기후나 토양 조건이 크게 영향을 미치는 요인으로 보고하였다. 단양산 마늘²³⁾ 및 의성, 서산, 남해, 함평지역¹⁷⁾에서 생산된 마늘에서 유리당은 fructose, glucose, sucrose, 1-kestose, 1-nystose 및 1-F-fructosyl nystose가 검출되었으며, 산지별 시료간의 함량 차이는 품종, 저장조건의 차이라고 보고되어 있다. 국내산 및 수입산의 마늘에서도 유리당의 함량은 지역에 따라 2배 정도까지 차이가 있다고 한 보고²⁴⁾로 보아 본 실험에서 검출된 유리당의 함량은 이들 결과와 다소 차이가 있으나 이 또한 재배지역 및 품종에 따른 차이인 것으로 사료된다.

3. 유기산의 함량

Table 3은 남해, 제주 및 의성산 마늘의 유기산 함량을 나타낸 결과이다. 총 5종의 유기산이 검출되었으며 malonic acid, citric acid, malic acid, succinic acid 및 shikimic acid의 순으로 높게 정량되었다. Malonic acid의 함량은 남해 및 의성산 마늘에서 각각 23.7±1.16 mg%, 23.7±0.79 mg%이었으며, citric acid의 함량은 남해산 마늘에서 22.1±0.82 mg%, 의성산 마늘에서 18.0±0.54 mg%, 제주산 마늘에서 14.9±0.78 mg%이었다.

Table 3. Organic acids contents in garlic from different area (mg%)

	Namhae	Jeju	Uiseong
Malonic acid	23.7±1.16 ¹⁾	15.9±0.76	23.7±0.79
Malic acid	7.8±0.66	10.3±0.67	10.3±0.46
Shikimic acid	0.2±0.08	0.2±0.09	0.2±0.09
Citric acid	22.1±0.82	14.9±0.78	18.0±0.54
Succinic acid	2.1±0.45	2.8±0.31	3.5±0.43

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

Shikimic acid의 함량은 분석한 모든 시료에서 약 0.2 mg%로 정량되었다.

Shin 등¹⁷⁾은 의성, 서산, 남해, 함평 지역의 마늘에서 유기산을 gas chromatography로 분석한 결과 citric, lactic, pyruvic, oxalic, malonic, fumaric, levulinic, succinic, malic, pyroglutamic acid를 검출하였으며, 총 유기산의 함량은 의성산 마늘에서 2137.2 ± 34.6 mg%, 남해산 마늘에서 2359.2 ± 56.9 mg%였다고 하였다. Hwang 등²³⁾은 단양산 마늘에서 pyruvic, levulinic, malic, citric, pyroglutamic acid를 정량하였으며, 총 유기산의 함량은 687.9 mg%, citric acid는 46.3 mg%, malic acid의 함량은 14.1 mg%였다고 보고하였다. Kim과 Kim²⁵⁾은 마늘로부터 lactic, citric, pyruvic, oxalic, fumaric acid 등의 유기산을 검출하였다. 본 실험결과는 상기의 보고들과 비교해 볼 때 유기산의 함량이 낮게 정량되었는데 이는 시료의 품종, 분석조건 차이인 것으로 생각된다.

4. 무기물의 함량

남해, 제주 및 의성산 마늘의 무기물 함량은 Table 4에 나타낸 바와 같다. 본 실험에 사용된 마늘로부터 10종의 무기물이 검출되었으며, 총 무기물 함량은 의성산 마늘에서 9067.3 mg%로 가장 높은 함량이었다. 특히, 의성산 마늘에서는 마그네슘, 칼륨, 칼슘 및 인의 함량이 남해 및 제주산 마늘에 비해 훨씬 높게 정량되었는데, 이는 남해 및 제주지역의 마늘이 난지계 품종인데 반하여 의성산 마늘이 한지계 품종임을 고려해 볼 때 품종의 차이에 기인하는 것으로 사료되며, 재

Table 4. Minerals contents in garlic from different area (mg%)

	Namhae	Jeju	Uiseong
Fe	89.2±2.86 ¹⁾	172.7±2.19	109.6±1.50
Na	111.7±0.67	99.4±0.54	121.0±0.71
Mg	233.0±5.03	249.0±3.59	272.1±1.59
K	4117.3±7.19	4299.0±13.33	5175.3±9.61
Ca	289.3±2.88	241.5±2.77	383.1±2.57
Mn	2.4±0.17	2.3±0.12	2.6±0.14
Cu	1.6±0.17	3.1±0.22	2.4±0.17
Zn	14.5±0.62	15.6±0.47	9.5±0.22
P	2251.7±8.67	2409.7±9.46	2990.6±3.89
Al	1.9±0.25	- ²⁾	1.1±0.22
Total	7112.6	7490.3	9067.3

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

²⁾ Not detected.

배지역의 토양 및 생육환경도 영향을 미칠 것으로 판단된다. 산지에 따라 함량에 다소 차이는 있으나 분석된 모든 시료에서 칼륨과 인의 함량이 월등히 높았다. 칼륨의 경우 의성산에서 5175.3±9.61 mg%, 제주산에서 4299.0±13.33 mg%, 남해산에서 4117.3±7.19 mg%로 정량되어 칼륨이 총 무기물 함량의 약 57%를 차지하였다. 다음으로 인, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 철의 순이었으며 그 외 무기물은 16.0 mg/100g 미만으로 정량되었다. 제주산 마늘의 경우 나트륨의 함량은 99.4±0.54 mg%로 다른 시료들에 비하여 낮은 반면, 철은 172.7±2.19 mg%로 남해산(89.2±2.86 mg%)과 의성산(109.6±1.50 mg%)에 비해 약 1.6~1.9배 정도 높게 정량되었다.

5. DPPH에 대한 전자 공여 작용

산지별 마늘즙을 증류수로 희석하여 0.2, 0.1, 0.02, 0.01, 0.002 및 0.001%로 농도로 조절하여 DPPH 래디칼에 대한 전자 공여 작용을 검색한 결과 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 남해 및 의성산 마늘의 0.2% 및 0.1%의 시료 첨가구에서만 DPPH 래디칼에 대한 소거작용이 나타났으며, 희석비율이 증가할수록 효과는 미약하였다. 다른 시료 첨가구에서도 DPPH 래디칼 소거를 통한 항산화 작용이 미약하였으며, 특히 제주산 마늘의 경우 모든 실험구에서 전자 공여 작용이 나타나지 않았다. 남해 및 의성산 마늘의 경우 0.2% 농도의 시료 첨가구에서 각각 46.2±1.25% 및 37.0±1.16%의 전자공여 효과가 있었으며, 0.1% 농도의 남해 및 의성산 마늘에서는 각각 9.4±1.05% 및 15.4±0.78%의 전자공여작용이 나타나 0.2% 농도의 시료에 비해 절반 이하의 효과를 나타내었다.

양파, 파, 생강 및 마늘 추출물을 대상으로 전자 공여능을 실험한 결과에서 마늘 추출물은 18.4%로 양파, 생강 추출물에 비해서 전자 공여 효과가 낮았다는 보

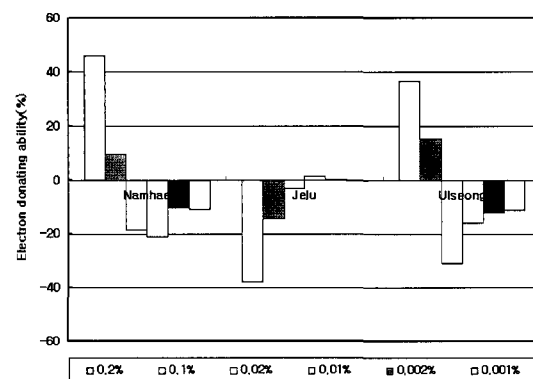


Fig. 1. Electron donating abilities of garlic from different area.

고²⁶⁾도 있으나 Im 등²⁷⁾은 향신료 추출물을 이용하여 전자 공여 작용을 행한 결과 마늘 및 생강 추출물에서 63.0% 및 61.0%의 높은 효과가 나타났는데, 이는 향신료에 존재하는 페놀성 화합물과 allyl 성분이 항산화 효과에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. Jo 등²⁸⁾은 마늘의 essential oil이 lipoxygenase 활성을 저해함으로써 지질의 산화를 억제시킨다고 보고한 바 있다.

6. 아질산염 소거작용

남해, 제주 및 의성산 마늘즙을 증류수로 0.2, 0.1, 0.02, 0.01, 0.002 및 0.001%로 농도로 조절하여 pH를 달리한 반응용액에서 아질산염 소거작용을 실험한 결과는 Table 5와 같다. 마늘의 아질산염 소거작용은 pH 4.2보다 pH 1.2의 반응용액에서 높았으며, 시료의 농도가 높을수록 아질산염의 소거작용이 우수하였다. pH 1.2의 반응용액에서 남해산 마늘의 경우 0.2% 농도 시료의 아질산염 소거작용은 무려 100.0%에 이르렀으며, 의성산 마늘은 99.4±0.24%, 제주산 마늘은 98.6±0.85%로 나타났다. 0.1%의 시료농도에서도 이와 유사한 결과로 97.7±0.88~98.9±0.90%의 높은 소거 효과를 보였다. 0.02% 농도의 제주산 마늘로부터 아질산염 소거작용이 pH 1.2에서 51.6±0.25%를 나타낸 것을 제외하고는 0.02~0.001% 농도의 마늘 시료의 아질산염 소거작용은 pH 1.2의 반응용액에서 모두 50.0% 미만으로 나타났다. pH 4.2의 반응용액에서 남해, 제주 및 의성산 마늘의 아질산염 소거작용은 모든 시료 첨가구에서 3.6±0.17~24.2±1.11%의 낮은 소거작용을 나타내었다. 이러한 결과는 pH 1.2의 반응용액에 마쇄하여 여과한 마늘즙 0.2~2.0 ml를 첨가시 아질산염 소거작용이 95% 이상이었으며²⁶⁾, 2배의 물을 첨가하여 추출한 마늘 물추출물 1 ml 첨가시에는 88.9%에 이르고 한 보고²⁷⁾와 잘 일치하였다. 또한 마늘, 산초, 생

강, 양파 및 파 등은 메탄올보다 물추출물에서 아질산염 소거작용이 더 우수하며²⁹⁾, ascorbic acid, 페놀성 화합물 및 allyl 화합물 등이 다량 함유된 식품일수록 아질산염의 소거작용이 우수하다는 보고³⁰⁾, 마늘 중에 함유된 allicin에 의해 아질산염 소거효과가 나타났다는 보고²⁷⁾로 미루어 볼 때 본 실험에서 아질산염의 소거작용이 뛰어난 것도 마늘에 존재하는 ascorbic acid, 페놀성 화합물, allyl 화합물, 유기산 등에 기인된 결과라 판단된다.

7. SOD 유사 활성

산지별 마늘즙의 농도에 따른 SOD 유사 활성을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 시료의 농도가 낮을수록 SOD 유사활성이 나타났으며, 모든 실험구에서 15.0% 미만의 활성을 보였는데, 0.2% 및 0.1% 농도의 시료에서는 SOD 유사 활성이 나타나지 않았고 0.02~0.001%의 농도에서 비로소 활성을 보였다. 특히 남해산 마늘의 경우 0.02% 시료농도에서 6.0%, 0.01% 시료에서 12.9%, 0.002% 시료에서 11.2%, 0.001% 시료에서는

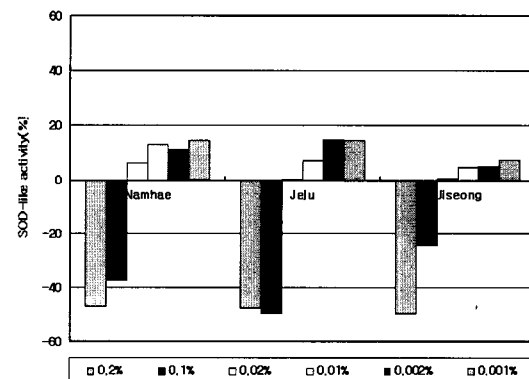


Fig. 2. Superoxide dismutase-like activities of garlic from different area.

Table 5. Nitrite scavenging effect in garlic from different area

Conc. (%)	Nitrite scavenging rate (%)					
	pH 1.2			pH 4.2		
	Namhae	Jeju	Uiseong	Namhae	Jeju	Uiseong
0.2	100.0±0.05 ¹⁾	98.6±0.85	99.4±0.24	24.2±1.11	12.4±0.64	17.4±1.13
0.1	97.7±0.88	98.3±0.24	98.9±0.90	23.8±1.44	11.6±0.78	17.3±0.73
0.02	43.9±0.26	51.6±0.25	43.4±0.78	22.7±0.99	11.5±0.86	17.2±0.47
0.01	25.8±1.77	34.7±0.85	21.5±0.86	21.9±0.95	9.2±0.57	14.5±0.96
0.002	10.0±1.20	15.5±1.66	7.2±0.54	21.4±0.86	5.5±0.62	12.3±1.26
0.001	6.7±0.19	8.0±0.45	4.1±0.19	19.3±0.86	3.6±0.17	8.2±0.37

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

14.4%의 활성을 보여 여타 시료에 비해서 SOD 유사 활성이 다소 높게 나타났다. 의성산 마늘의 경우 0.02% 농도의 시료에서 0.6%, 0.001% 농도 시료에서는 7.3%의 활성을 보여 SOD 유사 활성이 가장 저조하였다.

산소를 이용하는 생물의 경우 산소가 전자전달계의 말단에서 전자의 주고받음에 관여함으로써 산소는 1 전자가 환원된 superoxide를 생성하며 계속 환원되어 H₂O를 생성한다. 이러한 과정에서 생성된 활성 산소는 DNA의 ribose-인산 결합의 개열과 함께 염기의 산화적 저해를 일으키고, 단백질의 산화를 일으켜 불활성화 시키고, 세포막에서는 불포화지방의 과산화와 막의 파괴를 일으키는 생체의 산화적 장애를 초래하게 되므로 생체내에서는 SOD가 superoxide의 소거에 관여하는 것으로 알려져 있다³¹⁾. 또한 지금까지 밝혀진 바로는 ascorbic acid, catechin, glutathione과 같은 항산화 물질이 SOD 유사 활성을 나타내며 flavonoid 중 quercetin, myricetin 등도 superoxide를 제거하는 것으로 알려져 있다³⁰⁾.

8. 항균 활성

산지에 따른 마늘즙을 0.2% 및 0.1%의 농도로 조절하여 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* 및 *Salmonella typhimurium*에 대한 항균 활성을 측정된 결과는 Table 6 및 7과 같다. Paper disc법에 의한 생육 저지환을 측정된 결과(Table 6), 모든 검정균주에 대하여 남해산 마늘이 가장 높은 항균 활성을 나타내었으며, 0.2% 농도 시료 첨가구의 경우 23.5±1.36~28.2±0.65 mm의 생육 저지환을 나타내었다. 동일한 농도의 제주 및 의성산 마늘의 경우 *Escherichia coli*와 *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*에 대해서는 20.0 mm 이상의 생육저지환을 나타내었으나, 여타 균주에 대해서는 20.0 mm 이하의 생육저지환을 나타내어 항균력이 다소 낮았다.

시험관 회석배양법으로 검정균에 대한 생육저해율을 측정된 결과(Table 7), 남해산 마늘의 경우 *Salmonella typhimurium*에 대해 높은 생육저해율을 나타내어 0.2% 농도의 시료첨가구에서 74.7±0.70%, 0.1% 농도의 시료첨가구에서 59.8±0.81%의 생육 저해율을 보였으며, 의성산 마늘에서도 마찬가지로의 결과로 51.7±1.11%

Table 6. Antimicrobial activity of garlic from different area

Strains	Concentration (%)		Clear zone (mm)					
			Namhae		Jeju		Uiseong	
	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1		
<i>Bacillus subtilis</i>	28.2±0.65 ¹⁾	19.2±0.53	17.4±0.78	13.2±0.74	13.2±0.74	13.0±0.71		
<i>Escherichia coli</i>	24.0±1.31	22.1±1.49	22.3±0.90	18.0±1.13	21.2±0.90	18.5±0.93		
<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i>	24.2±2.11	18.2±0.73	22.4±0.98	14.5±0.93	20.2±0.67	14.5±0.29		
<i>Salmonella typhimurium</i>	23.5±1.36	13.2±0.82	15.6±0.83	12.5±0.94	12.3±0.90	11.8±0.65		

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

Table 7. Inhibitory effects of microbial growth in garlic from different area

Strains	Concentration (%)		Inhibitory effect of microbial growth (%)					
			Namhae		Jeju		Uiseong	
	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1		
<i>Bacillus subtilis</i>	57.1±1.02 ¹⁾	7.1±0.50	28.6±0.90	21.4±0.82	14.3±0.86	3.1±0.22		
<i>Escherichia coli</i>	42.2±0.33	8.8±0.49	2.3±0.17	1.9±0.36	8.9±0.57	8.7±0.49		
<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i>	29.8±0.85	28.5±0.70	19.0±0.36	11.3±0.84	10.1±1.01	8.3±0.53		
<i>Salmonella typhimurium</i>	74.7±0.70	59.8±0.81	19.5±0.65	14.9±0.84	51.7±1.11	37.9±1.19		

¹⁾ All values are mean±SD of triplicate measurements.

및 37.9±1.19%의 생육 저해율을 나타내었다. 반면에 제주산 마늘의 경우 *Bacillus subtilis* 균주에 대한 생육 저해율이 28.6±0.90~21.4±0.82%인 것을 제외하면 다른 균주에서의 생육 저해율은 모두 20.0% 미만으로 나타났다. 산지별 마늘 시료 모두 *Escherichia coli*에 대한 생육 저해율이 가장 낮았는데, 남해산 마늘의 0.2% 농도 첨가구에서만 42.2±0.33%의 생육 저해율을 나타내었고 다른 시료는 모두 10.0% 미만의 낮은 효과를 보였다.

Ji 등³²⁾은 마늘즙과 생강즙이 미생물의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 마늘즙만이 세균과 효모 및 곰팡이에 항균작용을 나타내었고, 세균의 경우 Gram 음성균과 양성균 모두에 대하여 항균활성을 나타낸다고 하였다. Sheo³³⁾는 마늘즙 0.5~2.5%에서 4종의 시험균에 대하여 항균력을 실험한 결과 71.9~100.0%의 발육 억제 효과를 보였는데 특히 *Vibrio parahaemolyticus*에 대한 항균력이 가장 우수하다고 보고하였다.

마늘이 미생물 증식의 저해 또는 사멸작용에 미치는 영향은 마늘 중 allicin 및 thiosulfinate가 미생물 대사와 관련된 단백질의 SH기와 반응하여 단백질 활성을 저해시키기 때문으로 보고되고 있다²⁾.

요 약

마늘의 이화학적 및 생리 활성적 특징을 비교하고자 남해, 제주 및 의성산 마늘을 대상으로 이화학적 성분, 전자공여능, 아질산염 소거능, SOD 유사활성 및 항균활성을 분석하였다. 마늘의 수분, 회분, 조단백, 조섬유의 함량은 산지에 따른 차이가 거의 없었으며, 남해산 마늘에서 총당 및 수용성 페놀 화합물의 함량이 높게 정량되었다. 유리당은 fructose, sucrose 및 lactose가 정량되었으며, 유기산은 총 5종 검출되어 남해산 마늘에서 malonic acid가 23.7±1.16 mg%, citric acid의 함량이 22.1±0.82 mg%로 가장 높았다. 무기물은 7112.6~9067.3 mg% 범위였으며, K의 함량이 4117.3±7.19~5175.3±9.61 mg%로 가장 높았다. 전자공여능은 0.2%의 시료첨가구에서 남해 및 의성산 마늘에서 각각 46.2±1.25%, 37.0±1.16%였다. 아질산염 소거작용은 pH 1.2 및 pH 4.2의 반응용액에서 모두 효과가 있었으며, 특히 pH 1.2의 반응용액에 0.2% 및 0.1% 농도의 시료 첨가시 95% 이상의 효과를 나타내었다. SOD 유사활성은 0.02~0.001% 농도의 시료 첨가시 효과가 있었으며 남해산 마늘은 6.0±0.37~14.4±0.69%의 활성을 나타내었다. 항균 활성은 0.2% 및 0.1% 농도의 시료 첨가시 나타났으며, 남해 및 의성산 마늘의 경우 *Sal. typhimurium* 균주에 대해서 74.7±0.70% 및 51.7±

1.11%, 제주산 마늘은 *B. subtilis* 균주에 대해서 28.6±0.90%의 생육 저해율을 나타내었다.

참고문헌

1. Jo, JS. Food materials, Gijeonyungusa, Seoul, pp. 154-155. 1990
2. Cavallito, CJ, Buck, JS, Suter and Allicin, CM. The antibacterial principle of *Allium sativum*, 1. Determination of the chemical structure. *J. Am. Chem. Soc.* 66:1952. 1944
3. Park, MH, Kim, JP and Kwon, DJ. Physicochemical characteristics of components and their effects on freezing point depression of garlic bulbs. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20:205-212. 1988
4. Small, LD, Bailey, JH and Cavallito, CJ. Comparison of some properties of thiosulfonates and thiosulfonates. *J. Am. Chem. Soc.* 71:3565-3517. 1949
5. Mazelis, M and Crews, L. Purification of the alliin lyase of garlic *Allium sativum* L. *Biochem. J.* 108:725. 1968
6. Small, LD, Bailey, JH and Cavallito, CJ. Alkyl thiosulfonates. *J. Am. Chem. Soc.* 69:1710-1713. 1947
7. Nishimura, H, Hanny, W and Mizutani, J. Volatile flavor components and antithrombotic agent. *J. Agric. Food Chem.* 36:563-569. 1988
8. Watanabe, T. Utilization of principles of garlic. *Food processing* 23:40-42. 1988
9. Lewis, RJ. Their regulatory status their use by the food industry, In Food additives handbook, Robert, WD(ed), pp.3-27. Nostrand Reinhold, N.Y. 1989
10. Sofos, JN, Beuchat, LR, Davidson, PM and Johnson, EA. Naturally occurring antimicrobial in foods. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 28:71-72. 1998
11. Matsuda, T. Biopreservation of foods. *J. Antibact. Antifung. Agents* 23:241-250. 1995
12. Gutfinger, T. Polyphenols in olive oils. *JAOCS* 58:966. 1981
13. Seo, A and Morr, CV. Improved High-Performance liquid chromatographic analysis of phenolic acids and isoflavonoids from soybean protein products. *J. Agric. Food Chem.* 32(3):530-533. 1984
14. Jayaprakasha, GK and Sakariah, KK. Determination of organic acids in leaves and rinds of *Garcinia indica* (Desr.) by LC. *Journal of Pharmaceutical and*

- Biomedical Analysis* 28:379-384. 2002
15. Blois, MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200. 1958
 16. Marklund, S and Marklund, G. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* 47:468-474. 1974
 17. Shin, DB, Seog, HM, Kim, JH and Lee, YC. Flavor composition of garlic from different area. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31(2):293-300. 1999
 18. Kim, BS, Kim, DM, Jeang, MC and Namgoong, B. Freshness prolongation of root vegetables by accelerated curing treatment. Korea Food Research Institute Annual Report, E1435-0886. pp.46. 1997
 19. Kim, BS, Park, NH, Park, MH, Han, BO and Bae, TJ. Manufacture of garlic juice and prediction of its boiling point rise. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22(4):486-491. 1990
 20. Lee, JW, Lee, MK, Lee, HO, Lee, SK, Do, JH and Kim, MW. Comparison of the chemical components between fresh and odorless garlic. *Agricultural Chemistry and Biotechnology* 40(5):400-403. 1997
 21. Park, MH. Cryoprotectivity and subzero temperature storage as affected by physicochemical characteristics of garlic bulbs. Ph. D thesis, Chungang Univ. 1986
 22. Hong, GH, Lee, SK and Moon, W. Alliin and fructan contents in garlics by cultivars and cultivating areas. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:483-488. 1997
 23. Hwang, JB, Ha, JH, Park, WS and Lee, YC. Changes of component on green discolored garlic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36:1-8. 2004
 24. Shin, DB, Hawer, WD, Koo, MS, Kim, YS and Jeun, HS. Quality evaluation of garlic from different cultivation area. *Korea Food Research Institute, Sungnam, Korea* 2001
 25. Kim, DM and Kim KH. On the development of fresh greening of the stored garlic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22:50-55. 1990
 26. Kim, HS. Isolation and identification of nitrosation inhibitor among components separated from extracts of garlic. M.S. thesis, Gyeongsang National Univ. 2001
 27. Im, KJ, Lee, SK, Park, DK, Rhee, MS and Lee, JK. Inhibitory effects of garlic on the nitrosation. *Agricultural Chemistry and Biotechnology* 43(2):110-115. 2000
 28. Jo, KS, Kim, HK, Ha, JH, Park, MH and Shin, HS. Flavor compounds and storage stability of essential oil from garlic distillation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 840-845. 1990
 29. Kim, DS, Ahn, BW, Yeum, DM, Lee, DH, Kim, SB and Park, YH. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components, 1. Nitrite-scavenging effects of vegetable extracts. *Bull. Korean Fish. Soc.* 20(5):463-468. 1987
 30. Kang, YH, Park, YK and Lee, GD. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(2): 232-239. 1996
 31. 川岸舜朗. 活性酸素と蛋白質. *化學と生物.* 30:122. 1992
 32. Ji, WD, Jeong, MS, Choi, UK, Choi, DH and Chung, YG. Growth inhibition of garlic(*Allium sativum* L.) juice on the microorganism. *Agricultural Chemistry and Biotechnology* 41(1):1-5. 1998
 33. Sheo, HJ. The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28(1):94-99. 1999

(2004년 5월 19일 접수)