

## 산지별 마늘의 향기 항산화활성과 열처리 효과

정 헌 상

충북대학교 농업생명환경대학 식품공학과

### I FTA시대 무엇이 달라지는가?

최근 질병조절식품 원료 및 기능성 성분이 영양과 임상적인 연구에서 관심을 끌고 있다. 마늘은 인간의 건강에 이익을 줄 수 있는 복합적인 구성성분을 가진 식품으로 논문, 잡지 및 대중매체를 통해 마늘의 효과에 관련된 여러 가지 의학적 발견들이 보고되고 있다. 여러 건강협회들은“garlic”을 심장질환과 암에 연관된 위험요소를 감소시키는데 도움을 주는 저가의“기능성식품”및“nutraceutical(기능식품)”의 발전을 위한 제일 중요한 후보로 지목하고 있다. 항산화활성을 갖는 phytochemical이 풍부한 식품이나 항산화제를 섭취하는 것은 산화스트레스를 중화시키는 중요한 수단이며, 마늘은 자연 항산화제의 좋은 예이다.

한국인의 식생활에서 중요한 마늘은 생체기능을 조절하는 성분을 함유한 건강유지 식품인데 반해 현재 마늘의 소비 형태는 주로 향신료로만 사용되고 있으며, 생마늘 형태로 98% 정도, 가공되는 제품 2%정도에 그치고 있다. 마늘 가공제품은 가공 중에 발생하는 녹변·갈변 등의 변색, 고유의 자극적인 냄새로 인한 문제점을 안고 있어 마늘의 우수한 생리활성인 항암, 항균, 고혈압강하, 항혈전, 혈중 cholesterol 저하, 중금속 해독작용 등 각종 효능에도

불구하고 가치에 대한 평가가 절하되고 있어 효과적인 활용방안 마련이 시급하다.

마늘은 파, 골파, 양파, 부추, 달래 등과 함께 식물분류학적으로 백합과(Liliaceae) Allium속 식물로 학명은 Allium sativum이다. 대표적인 Allium속 식물인 마늘은 다년초 식물로 60-90 cm까지 자라며 줄기 끝에 꽃을 피운다. 마늘쪽의 외피는 성숙하면서 죽어 생명력을 잃으나 단단한 섬유로 되어있어 내부를 보호하게 된다. 원산지는 중앙아시아로 알려져 있으며, 우리나라에는 중국을 거쳐 전래된 것으로 알려져 있고, 단군신화에도 소개되어 우리 한민족에게는 매우 중요한 기호식품의 하나로 알려져 있다. 한방에서는 대산(大蒜)이라 하며 품종으로서는 내륙과 고위도지방에서 주로 재배하는 한지형과 남해안 지방에서 주로 재배하는 난지형이 있다. 기호식품으로 연 판매액이 2억불 이상이고 또한 다양한 마늘제제가 건강보조식품 시장을 넓혀가고 있다. 마늘의 분류는 식물학적 특성에 따라 나누는 것이 좋으나 재배환경에 따라 종의 표현형에 영향이 커서 재배 특성을 분류의 기준으로 쓰는 경우가 많다. 마늘 구근의 색, 모양, 줄기의 꼬임, 단단함, 새끼 마늘의 형성조건에 따라 나누는 경우도 있고 수확시기에 따라 조생종, 만생종으로, 재배환경의 온도에 따라 난지, 한지 종으로 재배지의 상태에 따라 논마늘 혹은 밭마늘로 나누기도 한다.

마늘은 고대부터 영양식품, 강장제, 향신료 등으로 애용되어 왔으며, 다른 채소들에 비해 에너지량, 비타민, 미네랄을 월등히 많이 함유하고 있고, 인, 칼륨, 게르마늄, 비타민 B1, 비타민 B2 등이 풍부하다. 마늘은 식품의 맛을 증진시킬 뿐만 아니라 보존능력이 있으며, 식중독균과 같은 균의 증식을 억제하는 항균작용, 고혈압 예방 및 혈압강하 효과, 항암 효과, 세포의 항돌연변이 효과 등이 알려져 있으며, 그 작용기전이 규명되고 있다. 또한, 항혈전 작용, 결핵예방 및 치료 작용, 감기예방 및 치료 작용, 루마티스 관절염 치료 작용, ketosteroid의 배설촉진 작용, 자궁수축 작용, 식욕증진 작용, 피로회복 작용, 강장 작용 등 다양한 생리활성 및 효능을 나타내는 것으로 알려져 있다. 우리나라는 민간 한방요법의 약재로 널리 사용되어 강장, 구충, 항균, 신경안정, 진해작용 등의 효과가 이미 알려져 있다.

마늘의 기능성은 allicin (diallyl thiosulfinate) 등의 thiosulfates 화합물이 가장 큰 역할을 하며, 이들은 항혈전작용, 항암작용, 혈압강하 작용, 콜레스테롤저하 및 노화방지 작용 등이 확인된 바 있다. 이러한 마늘을 섭취할 때 생마늘의 경우 특이한 냄새와 과량 섭취시 위벽을 자극하는 부작용이 있어 마늘은 대부분의 조리과정 중에 가열 처리된다. 마늘이 정상세포의 성장은 오히려 촉진시키고 사람의 여러 암세포주의 성장은 저해시키며, 생마늘 수용액이나 끓인 상태나 소금 첨가시 암세포주에 미치는 성장저해 효과는 마늘의 농도가 증가함에 따라 나타나 조리 상태가 크게 문제되지 않음을 확인하였으며, 마늘을 항암제로 함께 병용시켰을 때 항암제의 단독 처치 때보다 암세포에 대한 독성 효과가 증가한다고 보고하였다. 또한, 마늘에서 추출한 DADS가 백혈병 세포주인 HL-60 세포에 농도와 시간에 비례하여 apoptoasis를 유발한다고 보고하였다.

마늘의 가공에 대한 연구로 식중독 세균과 젖산균에 대한 생마늘의 항균활성을 알아보고, 또한 마늘에 열처리를 하여 항균활성을 측정함으로써 마늘

이 이들 균의 증식에 어떠한 영향을 미치는지 조사한 결과, 생마늘의 경우, 식중독 세균은 0.5%(w/v) 이상, 젖산균은 1.5%(w/v) 이상에서 많은 집락 감소를 보였으며, 열처리 마늘의 경우, 전반적으로 생마늘이 보였던 항균활성보다는 낮은 항균활성을 나타냈지만, Bifido bacteria의 경우에는 열처리 마늘첨가시 낮은 마늘 농도에서 일시 증가하는 경향을 보이는 것으로 보고하였다. 또한 조리방법을 달리한 마늘 추출물의 항균활성에 관한 연구에서도 열처리한 자숙마늘, 구운 마늘, 전자레인지로 익힌 마늘은 항균활성이 나타나지 않았으며 이러한 결과로 볼 때 마늘의 항균성물질은 가공방법 중 열처리에 의하여 활성이 급격히 소실된다고 보고하였다. 마늘을 여러 가지 방법으로 열처리해 새로운 형태의 식품으로 개발하기 위한 기초자료로 사용하기 위해 생마늘과 열처리(삶기, 굽기, 전자레인지) 마늘의 일반성분과 특수성분을 분석 결과, 일반성분의 변화는 거의 나타나지 않았고, 향기성분 함량은 열처리시 전체적으로 감소하는 경향을 나타낸다고 보고하였다. 또한 가공방법(잘게 다지기, 열탕, 극초단파조사)에 따른 마늘의 기능성 성분 함량을 측정한 결과, 프럭탄은 과당의 중합체로서 비교적 열에 안정한 것으로 보이나 alliin과 pyruvic acid는 allinase에 의해 분해 또는 생성되므로 전체적인 기능성 성분 섭취를 위해서는 적절한 열처리가 효과적이며, 고함량의 기능성 성분을 함유한 조미채소로 이용하기 위해서 고온의 열은 회피하는 것이 유리하다는 보고를 하였다.

마늘은 현대적 임상보고에서 각종 세균성 질환에 유효한 것이 입증되기도 했지만 한방 또는 민간에서 성인병과 각종 신체질환의 예방과 치료에 좋다고 주장하고 있고 우리나라뿐만 아니라, 아시아 여러 나라와 이집트, 그리스, 로마에서도 옛날부터 식품뿐만 아니라 각종 질환에 대한 예방 및 치료효과가 있는 것으로 알려져 있다. BC 1552년에 발간되었다는 이집트의 Ebers Papyrus에는 700 종의 약물

과 811 종의 처방이 수록되어 있는데 심장, 두통, 물린 상처, 기생충 그리고 종양치료에 사용되는 약 처방에 마늘이 22번이나 언급되어 있다고 한다. 또한 경마용 말의 스태미나를 개선하기 위하여 마늘을 사료에 혼합하여 먹였으며, 히포크라테스, 아리스토텔레스 그리고 로마인들도 마늘을 치료제로 권장했다.

마늘의 현대적 연구는 1844년 독일의 화학자 Wertheim이 steam distillation을 통해 처음으로 garlic oil을 제조 및 성분 분석하여 주성분이 유기유황 화합물임을 밝히고, 보고한 이래 오늘날까지 연구가 꾸준히 수행되어 왔다. 과거 민간요법 수준에서 주장하거나 응용되던 효능들이 과학적인 연구를 통해 입증되고 또한 그 작용기전이 규명되고 있으며 새로운 생리활성이 밝혀지고 있다. 즉 과거부터 알려져 있던 각종 병원균에 대한 성장억제 및 살균작용 이외에 최근 마늘의 효능 중 순환기계통 질환의 예방용 이외에 최근 마늘의 효능 중 순환기계통 질환의 예방 및 개선효과, 암 질환의 예방 및 치료효과, 간독성과 간질환의 예방 및 방어효과 등이 밝혀짐으로서 신약개발에 관심 있는 많은 연구자들에게 관심의 대상이 되고 있다.

## 1. 마늘의 주요성분

마늘의 생리활성 성분으로는 alliin( $C_6H_{11}O_3NS$ ), allicin, ajoene, scordinin, fructooligosaccharide, allithiamine, essential oil 등이 있다. Alliin은 allinase에 의해 allicin과 pyruvic acid로 분해되어지고, 효소작용에 의해 분해된 allicin은 함유물질로 실온에서도 매우 불안정한 물질로 diallyl disulfide(60%), diallyl sulfide(14%), allyl propyl disulfide(6%), methyl allyl trisulfide(4-10%)로 분해된다. Ajoene은 3분자의 allicin으로부터 2분자의 ajoene이 생성된다. Fructooligosaccharide는 마늘 중의 30% 정도의 탄수화물이 존재하는데

이는 주로 fructosan으로 알려져 있고, allithiamine은 1분자의 allicin과 thiamine 2분자가 결합된 물질이다. Essential oil은 citral, geraniol, linanol,  $\alpha$ ,  $\beta$ -phellandrene 등이 생리활성을 나타낸다.

마늘의 유효 성분은 alliin, 즉 결정성 아미노산인 S-allyl-L-cysteine sulfoxide라고 알려져 있으며, 마늘 특유의 휘발성 휘발성분은 마늘 조직이 파괴될 때 자체효소인 allinase에 의하여 alliin이 분해되어 생성된 allicin이 다시 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulphide 및 저급의 sulfide류로 분해되어 발생된다고 보고되었지만, 이러한 연구는 생마늘을 대상으로 대부분 연구 되어졌으며, 열처리 마늘에서는 이와 같은 마늘의 생리적 기능이 감소되거나 소멸하는 것으로 알려져 있으나 최근 들어 열처리에 대한 연구가 진행되면서 열처리에 따른 연구가 보고되고 있다.

마늘의 성분 중에 중요하게 다루어지는 것은 비타민 B<sub>1</sub>과 마늘 성분이 결합한 소위 마늘 비타민 B<sub>1</sub>이다(알리티아민). 비타민은 우리 몸의 에너지원 또는 구성성분으로 쓰이지는 않지만, 미량으로 생리작용을 조절하는 기능을 한다. 동물체내에서는 잘 합성되지 않으므로 음식을 섭취함으로써 그 기능을 충족시키게 된다. 비타민이 부족하게 되면 몸에 여러 가지 이상을 불러일으키게 되는데, 그 중에서 비타민 B<sub>1</sub>이 부족하게 되면, 각기병에 걸리거나, 쉽게 지치고 몸이 나른해 지거나 설사 등 위장장애를 일으킨다. 또한 신경이상을 수반하기도 하기 때문에 피부신경의 둔감현상까지 나타내게 된다. 또한 저항력 저하현상으로 여러 가지 병에 걸리기도 쉽다.

일반적으로 비타민은 아주 소량으로 작용하므로 많은 양의 비타민은 필요한 소량만이 사용되고, 나머지는 소변으로 체내로 배출되어 버린다. 그러나 마늘비타민B<sub>1</sub>은 체내로 섭취하면 필요량이 사용된 후 나머지는 일반적으로 비타민과는 달리 몸 여러 곳에서 저장 보존되어 필요한때에 이용된다.

## II 마늘의 주요효능

### 2.1 항균 및 살충작용

마늘은 과학적 연구 훨씬 전에도 수세기 동안 많은 나라에서 항균제로 사용된 기록이 있다. 인도에서는 상처와 중기 소독제로, 중국에서는 전염성 발열과 콜레라 치료용으로, 그리고 아프리카에서는 Albert Schweizer가 아메바성 이질치료에 사용했고, 1, 2차 세계대전 중에는 탄저병, 발진 티프스, 디프테리아 및 결핵의 예방을 위한 소독제로 사용했으며, Allium속 식물 전반에 대한 항균, 항진균, 살충작용 등에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다.

마늘의 항균성에 대한 과학적인 연구로는 Cavallito 등에 의해 처음 수행되었으며, 마늘을 ethanol로 추출한 garlic oil에서 allicin을 분리하고 항균작용과 항진균작용을 입증했다. 물론 추출한 추출액도 각종 곰팡이균, 즉 *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Cryptococcus neoformans*, *Histoplasma capsulatum*에 효과를 나타냈으며, ajoene의 항진균 작용도 우수하여 20 µg/mL 농도에서 *A. niger*, *Candida albicans*, *Fusarium*속 및 *Paracoccidioides brasiliensis* 등의 진균 성장을 억제했다. 생마늘 추출액과 건조 마늘분말 엑기스의 *C. albicans*에 대한 살균력 시험에서 생마늘 추출액이 더 강했으며, *Aspergillus*속 진균에 대한 7종의 Allium속 식물 엑기스의 항균력 시험에서도 마늘 엑기스가 가장 강했고 *A. flavus*의 aflatoxin 생성을 억제했다. 마늘 추출물의 이러한 *Candida albicans* 항 성장억제작용은 필수단백질의 thiol group의 산화로 효소가 불활성화 됨으로서 또는 지질합성이 환전 봉쇄됨으로서 균의 성장이 억제된다. 또한 L-cysteine, glutathione, 2-mercaptoethanol의 thiol group은 진균활성을 길항한다. Allicin의 항균작용은 DNA와 protein 합성이 allicin에 의해서 지연 내지 부분 억제되며 RNA 합성은 전체적으로 즉시 억제된다.

유황원자의 수가 다른 diallyl 유기유황화합물 4종, 즉 diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide, diallyl tetrasulfide의 methicillin-resistant *S. aureus*, *Candida*속, *Aspergillus*속, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*에 대한 항균력을 측정한 결과 항균력은 유황원자의 수가 많은 tetrasulfide > trisulfide > disulfide > monosulfide 순이었으며, *E. pylori*에 대해서도 동일한 결과를 얻었으며, 따라서 sulfide의 항균성은 disulfide bond가 중요한 인자라고 생각된다. Ajoene의 항균성도 disulfide bond로 인한 것이며 이러한 사실은 cysteine을 사용하여 disulfide bond로 인한 것이며 이러한 사실은 cysteine을 사용하여 disulfide bond를 환원시키면 항균성이 소멸되는 것으로 입증되었다. Ampicillin 내성 *E. coli* B-103을 표준균으로 선택하여 신선한 마늘즙의 항균성을 측정 한 결과 methyl methanesulfinate의 농도가 높을수록 항균강도가 컸으며, propenyl allylthiosulfinate, methyl allylthiosulfinate, propenyl methylthiosulfinate의 항균력 비교실험에서는 allyl 유도체의 항균력이 가장 강했고 garlic oil에서는 diallyl disulfide함량이 높을수록 항균작용이 증가했다.

### 2.2 심장혈관에 대한 작용

많은 임상연구에서 생마늘이나 마늘 가공제품을 먹게 되면 cholesterol 저하를 통해 혈액지질성분에 유리하게 작용하며 혈소판의 응집작용을 억제하는 한편 혈전용해작용을 촉진하여 혈액순환을 개선하고 모세혈관의 혈액순환을 증가시킨다. 따라서 마늘을 다량 섭취하는 사람은 관상동맥 심장질환에 잘 걸리지 않는 것으로 조사되고 있다. 독일 의사협회 소속 30명의 의사가 261명의 고지혈증환자를 대상으로 실시한 마늘의 약효에 대한 임상시험에서 총 cholesterol은 12%, 그리고 triglyceride는 17% 감소했다는 결론을 얻었고 독일연방 보건성에서는 마늘의 심장혈관에 대한 유익한 효능을 확신하고 혈전과 동맥경화 예방을 위하여 1일 4 g의 생마늘 섭

취를 권장하고 있다. 1989년 전에는 임상연구에서 고용량의 마늘을 섭취하게 했지만, 최근에는 현실적인 양에 해당하는 3-10 g을 사용하고 있으며, 600 mg, 800 mg, 또는 900 mg 건조마늘 정제를 12주 동안 복용 후 혈액 cholesterol, 지질 또는 혈소판 응집 작용이 플라세보 보다 현저하게 감소되었으며, 하루에 생마늘 반 쪽 내지 한 쪽을 매일 섭취할 경우 cholesterol이 약 9% 정도 감소했다.

Allicin, ajoene, diallyl disulfide 그리고 마늘의 대사물인 allyl mercaptan은 cholesterol 합성을 억제하지만 alliin의 효능에 대해서는 서로 상반된 보고가 있다. Allicin은 식물성 acetyl CoA synthetase의 특이 억제제이고, S-alk(en)yl cysteine과 diallyl disulfide는 3-hydroxy-3-methylglutamyl CoA (HMG-CoA) reductase 불활성화로 cholesterol 합성이 억제되는 것으로 사료되며, squalene monooxygenase 억제로 cholesterol 합성을 억제하기도 한다. Allyl mercaptan, diallyl disulfide, diallyl trisulfide, S-allyl cysteine, S-ethyl cysteine, S-propyl cysteine은 [3H]-acetate에서 cholesterol 합성을 억제하며, cholesterol 합성억제와 squalene epoxidase 억제작용이 마늘에 함유되어 있는 텔루륨 (tellurium; Te) 때문이라는 보고도 있다.

생마늘이나 혹은 생마늘 추출액이나 사람과 동물에 대한 임상실험에서 혈전 용해작용은 증가하였고 혈소판 응고 작용은 억제되어 혈전 예방에 유효했다. 혈전용해능력의 손상은 결국 혈액응고 가능성을 높혀 주고 심장마비 위험성을 증가시킨다. Allicin, ajoene, dithiin도 혈소판 응집억제 작용으로 동맥경화를 감소시켰으나, S-allyl cysteine은 이러한 활성이 없었다. 마늘은 혈소판 응고억제를 통한 항혈액응고작용을 나타내며 건조 마늘이 oil 제재보다 효력 우수했다. 인간혈소판 응집억제효과는 allicin, allin, ajoene, polysulfides, 그리고 vinyl dithiin의 작용에 기인한다는 것이 이미 밝혀진 바 있으며, 다른 한편으로 allicin은 cyclooxygenase, thromboxane synthetase 활성 또는 cyclic AMP에 영향을 미치는 것은 아니

며 칼슘(Ca)이동에 영향을 미침으로서 혈소판 응고를 억제할 수도 있다는 상반된 연구도 있다.

마늘 추출물이 지질 과산화 억제를 통해 혈관내피세포를 보호하거나, low density lipoprotein (LDL)의 산화를 방지함으로써 혈관의 노화, 동맥경화 및 암발생을 예방한다. Allicin의 항산화활성은 cytochrome-induced No synthetase (iNOS)로 인한 nitric oxide (NO) 생성억제에 기인하는데 저 농도에서는 CAT-2 mRNA 저하로 인한 arginine 수송 억제로 인한 것이며, 또한 단백질의 thiol기와의 반응에 기인한다. 마늘과 allicin이 혈청 cholesterol 저하와 혈압강하에 유효하며,  $\gamma$ -glutamyl-S-alkylcysteine은 혈압조절호르몬을 억제한다는 보고도 있으며, 마늘즙의 혈압강하 작용은 심장 평활근에 대한 직접적인 이완효과에 기인한다.

### 2.3 항암작용

1957년 ethyl ethanethiosulfinate의 항암작용이 발견 이래 *Allium*속 식물의 암 예방효과에 대해 많은 관심이 집중되었다. 특히 마늘 사용량이 많은 중국에서 마늘 사용량과 위암 발생빈도 및 위암과 밀접한 관계가 있다는 것으로 알려진 *Helicobacter pylori* 감염의 상관관계에 관한 많은 역학조사가 수행되었으며, 긍정적인 예방효과가 확인되었다. Diallyl trisulfide의 위암억제 효과, 생마늘과 요리한 마늘 섭취의 위암 및 직장암예방효과, diallyl sulfide (DAS)의 위장관암, S-allyl cysteine을 비타민 C, E와 복합투여 시 위암 전구증의 진행억제, allyl methyl disulfide, allyl methyl trisulfide, diallyl sulfide, diallyl trisulfide의 benzo[a]pyrene 유도 위암과 폐암 종양 형성에 대한 억제효과, ajoene의 위장관암 예방작용 등의 연구보고가 있다. 위암과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려진 *Helicobacter pylori*의 감염 및 증식에 대한 마늘의 억제효과에 관한 연구도 많다. 마늘을 물, acetone, ethanol 그리고 hexane 용매로 추출한 추출물의 *H. pylori* 항균활성을 측정한 결과 4 가지 모두



고도의 항균활성을 나타냈으며, 특히 thiosulfinate는 40 µg/mL 농도에서 *H. pylori* 증식을 억제했으나 마늘 다량섭취 지역의 낮은 위암 발생율이 thiosulfinate와 관계 있는지는 확인되지 않았다. *H. pylori*와 *Klebsiella pneumoniae*에 diallyl sulfide (DAS)와 diallyl disulfide (DADS)를 혼합한 후 aryl-amine N-acetyltransferase (NAT)를 측정된 결과 DAS와 DADS의 농도증가에 따라 NAT의 활성이 감소한 것으로 보아 DAS와 DADS의 *H. pylori*에 대한 살균작용은 농도 의존적이며, diallyl 유기유황 화합물의 항균성은 유황원자의 수가 많을수록 강했다. 마늘의 항암작용은 위암에 국한하지 않고 다른 많은 각종 암에 대해서도 광범위하게 효력이 입증되고 있으며 특히 간과 관련하여 간보호 및 간암예방작용이 큰 것으로 알려져 있다. 이외에 직장암, 폐암, 전립선암, 식도암, 유방암, 방광암, 구강암, 설암, 피부암, 백혈병, 복수종양세포, 햄스터 볼주머니암, 신경아세포종, 암예방 및 면역조절효과 등에 대해서도 마늘 또는 마늘 유황성분의 예방 또는 억제효과가 확인되었고 이러한 항암작용기전을 분자생물학적으로 규명한 연구가 있다.

Ajoene은 benzo[a]pyrene과 4-nitro-1,2-phenylenediamine (NPD)로 유도된 돌연변이를 억제하며, 12 µM의 EC<sub>50</sub> 농도에서 림프 종양세포에 세포독성을 나타냈다. 지용성 allyl polysulfide는 피부암의 암발생 초기 단계 몇 개의 유방암 세포와 배양된 인간 대장암 세포의 성장을 억제하지만 수용성 S-allyl cysteine은 그러한 작용이 없었다. 또한 마늘의 selenium 함유 화합물이 일반적으로 다른 마늘 성분보다 항암활성이 더 강하다는 사실이 밝혀짐으로서 마늘의 selenium 함유성분에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 특히 최근 마늘에서 분리된 gamma-glutamyl-S-methylseleno-cysteine (GG-MSC)의 강력한 암 예방효과에 대한 연구가 있다.

## 2.4 간보호 및 간질환 치료작용

마늘의 간보호작용, 면역항진작용, 항암 및 암예방효과, 혈액의 지질저하 및 혈액응고 억제 등의 다양한 효과는 마늘추출과정에서 형성되는 S-allyl cysteine, S-allyl mercapto cysteine, N(alpha)-fructosyl arginine 등에 기인하며, sulfane sulfur인 diallyl disulfide, 2-mercapto ethanol disulfide, cystamine은 인간의 Hep G2 세포 증식을 억제했으며, 특히 diallyl disulfide는 인간 hepatoma Hep G2 세포배양에서 [3H]-thymidine 결합을 억제했다. Diallyl sulfide(DAS)와 diallyl disulfide (DADS)를 diethylnitrosamine(DEN) 유도 간암발생 실험에서 병용투여 할 때 예방효과가 확인되었다. 마늘성분과 대사물인 DADS (200 mg/kg), allyl mercaptan (100 mg/kg) 그리고 butanethiol (100 mg/kg)로 랫드를 처리하여 간과 *Morris hepatoma 7777*에서 histone acetyl화를 증가시켰다. DAS는 25-100 mg/kg 용량에서 1,2-dimethylhydrazine (200 mg/kg)으로 유도된 간괴사를 완전히 억제하였으며, 가능한 간 보호기전은 DAS로 인한 예비발암제의 간활성화 억제임이 규명되었다. 마늘 성분인 scordinin 함유 사료로 사육한 랫드에서 diethylnitrosamine (DEN)과 phenobarbital (PB)로 유도 형성시킨 간암세포 종양의 크기가 대조군에 비해 적었고 또한 간암세포 핵의 평균수도 훨씬 적었다.

*Allium*속 성분인 dimethyl sulfide (DMS), dimethyl disulfide (DMDS), methylpropyl disulfide (MPDS), dipropyl sulfide (DPS), dipropyl disulfide (DPDS), diallyl disulfide (DADS)의 간 약물 대사 효소의 조절에 대한 연구결과 DADS와 alkyl sulfide는 암대사와 관련이 있는 효소의 조절을 통한 암발생 초기단계에서 보호효과를 나타내었으나 methyl group 을 함유한 성분들은 아무런 효과도 없다고 했다. 마늘 섭취가 많은 사람의 간암 발생율이 낮은 것은 pholine 형성과 활성화를 억제하기 때문이며, diallyl disulfide가 nitrosamine의 체내 활성을 억제한다는 사실도 밝혀졌다. 마늘의 모든 성분이 함유하고 있는 allylthio

group을 약리단(pharmacophore)으로 간주하고 이것을 pyridazine에 성분인 diallyl sulfide의 종양세포 증식억제 작용과 마찬가지로 SK-Hep-1간암세포가 caspase-3 의존 기전으로 apoptosis로 유도되어 사멸한다는 것이 밝혀졌다. 또한 이 화합물은 사염화탄소로 유발시킨 급성 간장애에 대한 보호 작용과 UV-C(200-290 nm)조사에 대한 방어효과가 입증되었다.

### III. 마늘의 함황화합물

화학자들은 일찍이 마늘의 강한 냄새, 매운맛 그리고 최루성과 같은 생리작용에 오랫동안 흥미를 갖고 있었지만 마늘성분의 실제, 즉 자연에는 매우 희귀한 유황을 함유하고 있는 저분자물질이라는 사실이 밝혀지기까지는 1세기 이상의 세월이 소요되었다. 1844년 독일의 화학자 Wertheim이 마늘을 steam distillation하여 garlic oil을 제조했고 이를 분석하여 주성분이 유기유황 화합물임을 밝힌 것이 마늘의 과학적 연구의 효시라고 할 수 있으며, oil 성분의 탄화수소 group을 마늘의 속명인 "Allium"에서 본따 allyl이라는 명칭을 제안했으며, allyl은 오늘날 "CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>-"를 의미한다. 거의 50여 년 후인 1892년 역시 독일 화학자인 Semmler가 Wertheim의 수증기증류법으로 garlic oil을 다시 제조하고 그 주성분인 diallyl disulfide임을 규명했고 이 때 diallyl trisulfide와 diallyl tetrasulfide도 소량 확인되었다. 1944년 Cavallito는 수증기증류법이 아닌 실온에서 alcohol 추출법으로 제조하여 diallyl disulfide의 oxide형인 allicin을 분리했다. 1948년 Stoll과 Seebeck은 0°C이하에서 ethanol로 추출하여 α-아미노산의 일종인 alliin [(+)-S-2-propenyl-L-cysteine S-oxide]을 얻었다. 추출조건에 따라 서로 다른 성분이 분리되는 이유는 마늘성분이 불안정하여 추출과정에서 쉽게 분

해되기 때문이라는 사실이 규명되었다.

본래 마늘에는 alliin이 함유되어 있으며, alliin은 allicin의 전구물질로서 마늘 중에 함유되어 있는 효소인 alliinase에 의해서 allicin으로 분해되고 allicin은 화학적으로 매우 불안정함으로 열에 의해 용이하게 분해되어 주 분해산물인 diallyl disulfide로 변한다. Alliin은 아무런 냄새가 없으나 분해화합물인 allicin은 불쾌한 냄새를 갖고 있으며 결국 마늘 냄새는 allicin에 기인한다. 마늘은 썰거나 분쇄되기 전에는 냄새가 극히 적거나 거의 없는 원인이 이러한 이유 때문인 것이다. 마늘에는 alliin 이외에 isoalliin (S-(E)-1-propenyl cysteine S-oxide), S-methyl cysteine S-oxide와 cysteine을 함유한 20 여종의 γ-glutamylpeptide 유도체가 함유되어 있으며, alliinase는 이들 성분을 기질로 하여 일련의 화학반응을 통해 유황을 함유하고 있는 다른 많은 화합물을 형성한다. Alliinase는 2종이 알려져 있으며, alliin에 작용하여 allicin과 ammonium pyruvate를 형성한다. 즉 alliin은 2-propenesulfenic acid와 α-aminoacrylic acid로 분해된 다음 2 분자의 2-propenesulfenic acid가 축합하여 allicin이 되고 매우 불안정한 화합물인 α-aminoacrylic acid는 형성되는 즉시 물과 반응하여 ammonium pyruvate가 된다.

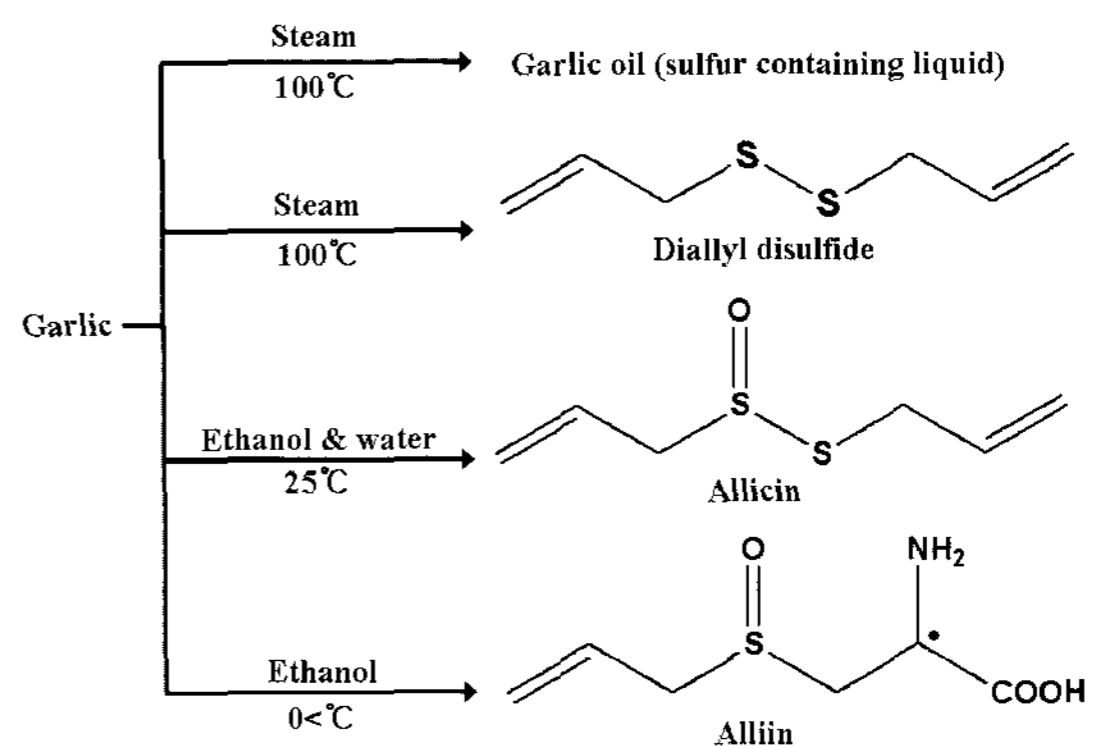


Figure 1. Extraction methods of garlic oil, diallyl disulfide, allicin and alliin from garlic

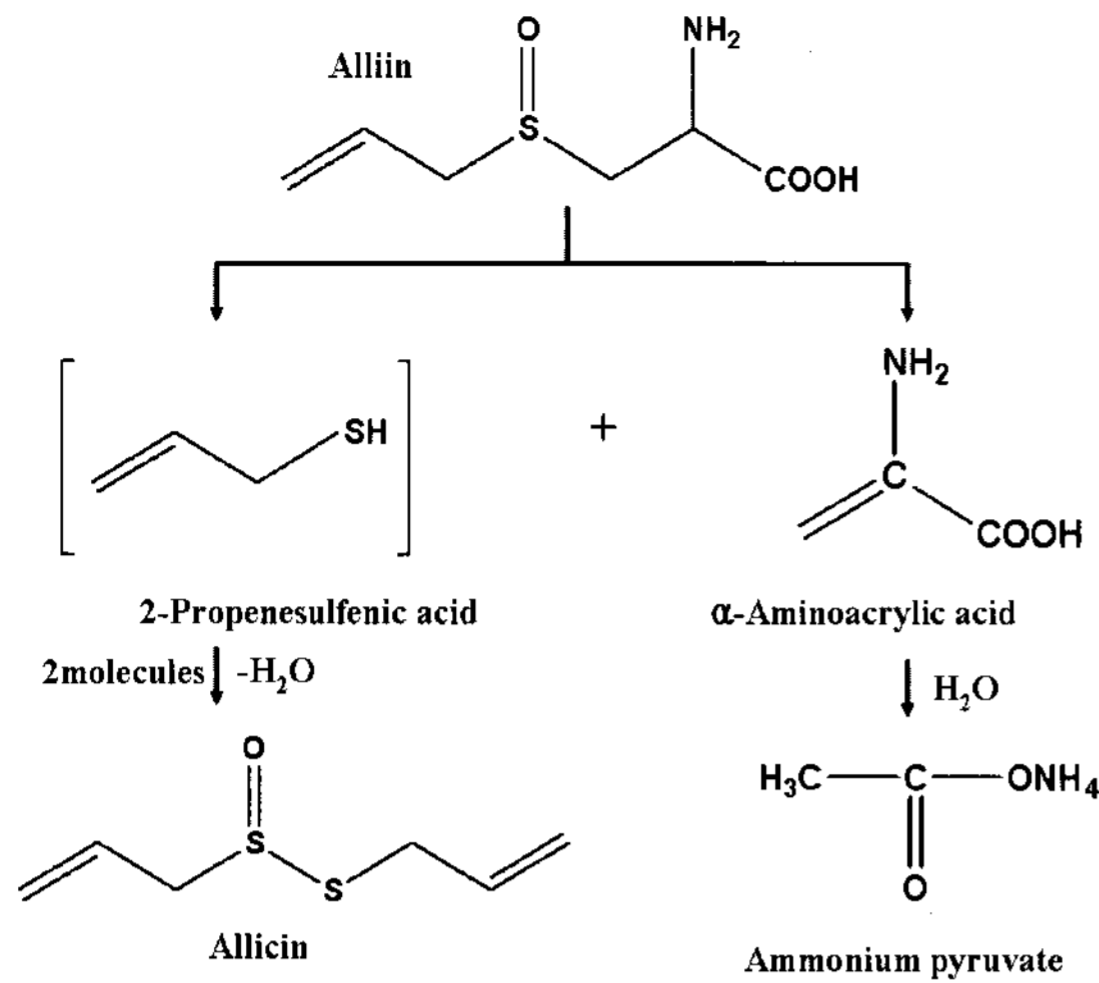


Figure 2. Formation process of allicin and ammonium pyruvate.

Alliin의 분해는 몇 가지 경로가 알려져 있다. 그 중의 하나는 3 분자 alliin이 재조합하여 2 분자의 ajoene (4,5,9-trithiadodeca-1,6,11-triene 9-oxide)을 형성한다. 또 다른 분해경로로 2-propenesulfenic acid와 thioacrolein이 형성되는데 이 분해화합물들은 반응성이 매우 강해서 서로 재결합하여 새로운 화합물로 전환된다. 2-Propenesulfenic acid 2분자가 다시 축합하여 allicin이 재형성되기도 하고, 또한 2 분자 thioacrolein이 Diels-Alder 반응하여 6각형 환성화합물인 dithiin 유도체 2종(2-vinyl-[4H]-1,3-dithiin과 3-vinyl-[4H]-1,2-dithiin)이 형성된다.

마늘은 대부분 생마늘보다는 요리하여 사용함으로 요리과정에서 많은 성분이 분해되기도 하고 새로운 성분이 형성되기도 한다. 껍질을 벗기지 않은 통마늘을 물에서 15분 정도 끓이거나 또는 650 W 마이크로웨이브에서 15-30초 정도 노출하면 alliinase는 불활성화 된다. 끓는 물중에서 allicin이 diallyl polysulfide로 변하며, 마늘을 미리 잘게 썰거나 으갠 후 밀폐용기에서 100°C로 20분간 가열하면 처음 형성되었던 allicin과 thiosulfinate가 diallyl polysulfide (n=1-5; mono, di, tri, tetra 및 penta)로 전환된다. 마늘을 100°C 이상에서 조리하면 alliin은 cysteine과

allyl alcohol로 변한다. 잘게 썰은 마늘을 뜨거운 기름 중에서 1분간 튀길 때 allicin은 완전히 파괴되고 polysulfides는 소량 남아 있게 된다.

마늘분말이나 garlic oil, 추출물 그리고 마늘을 원료로 제조된 제제에서는 항혈액응고 활성을 나타내는 ajoene과 dithiin 성분이 전혀 발견되지 않는다는 점이다. 그 원인은 대부분의 마늘 제제들이 수증기 증류로 제조된 garlic oil을 원료로 사용하기 때문이라고 생각된다. 수증기 증류로 제조된 garlic oil은 실온 추출물에서 나타나는 항균작용과 항혈전작용은 없지만 항암성과 항산화작용을 갖고 있다. Lipoxygenase는 arachidonic acid 대사와 관련이 있는 효소의 하나로서 항종양활성, 통증, 또는 염증과 같은 생리활성과 관련이 있다. 이것은 garlic oil의 열에 의한 변화를 의미하는 것으로서 연구결과 diallyl disulfide가 100°C에서 적어도 25종의 새로운 화합물로 변한다는 사실이 밝혀졌다. 가열하면 할수록 lipoxygenase 억제활성이 증가하는데 분석결과 전에는 알려져 있지 않았던 유황을 2-5개 갖는 고리형 또는 비고리형(acyclic)의 고비점 유기유황화합물들이 확인되었다. 고리형은 2-치환 또는 3-치환 3,4-dihydro-2H-thiopyran 유도체이고 비고리형은 allyl group이 유황에 결합한 형태의 화합물이다. 이들 모든 유도체들은 garlic oil 중에 함유되어 있던 diallyl disulfide가 가열할 때 형성된다는 것이 밝혀졌다. 마늘에서 분리된 대부분의 마늘 성분들은 본래 마늘 중에 함유되어 있던 것이 아니며 추출과정에서 alliinase의 효소작용으로 형성된 것임으로 엄밀한 의미에서 천연물 성분이 아니다. 그럼에도 불구하고 넓은 의미에서 이러한 2차 생성성분도 마늘의 성분으로 분류되고 있다.

#### IV. 산지별 마늘의 향기, 항산화활성과 열처리 효과

국내산 한지형 마늘 3종(단양, 서산, 의성)과 난지



형 마늘 3종(남해, 남도, 대서)은 산지에서 2005년 6월에 수확한 것을 구입하였고 중국산 마늘은 2005년 5월경에 수확한 것을 다진 마늘 상태로 수입된 것을 사용하였으며, 시료는 polyethylene 필름으로 포장하여 -20°C에서 저장하면서 사용하였다. 본 연구에 사용된 시료는 무처리와 열처리 시료로 구분하여 사용하였는데 열처리 시료는 한지형과 난지형 마늘 각각 1 품종인 단양 및 남해마늘과 중국산 마늘을 고온고압처리장치(Jisico, Seoul, Korea)에 넣어 130°C에서 2시간 열처리하였다.

무처리 및 열처리 마늘의 휘발성 향기성분의 추출은 연속증류추출장치 (Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)를 사용하여 상압 하에서 diethyl ether로 2시간

동안 향기성분을 추출하였다. 여기서 얻은 추출액을 무수황산나트륨으로 탈수한 후 질소 가스로 1 mL까지 농축하여 GC/MS로 분석하였으며, 향기성분의 동정은 GC/MS를 이용하여 얻은 mass spectrum을 Wiley 275L data base로 검색하여 동정하였고 향기성분 추출물의 항산화활성은 DPPH법에 의해 측정하였으며, 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였다.

#### 4.1 산지별 마늘의 향기특성

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

Table 1. Volatile compounds of garlic harvested in different cultivation area

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-pentenal	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

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, 폐

암, 피부암, 위암 및 유방암의 발생을 억제하는 것으로 알려져 있는데, 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 alcohol은 서산마늘에서 가장 높은 함량을 나타내었다. Methyl-2-propenyl disulfide는 중국산 마늘에서 가장 많이 검

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
6.2	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	-	-	9645
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	-	-

출되었으며, 서산마늘 또한 많은 함량을 가지는 것으로 나타났다. 마늘의 주요 향기성분의 하나인 allyl methyl sulfide 및 allyl sulfide는 중국산 마늘이 국산 마늘보다 높은 함량을 보이는데, 이는 기존의 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.

#### 4.2 열처리에 따른 마늘의 향기 특성

단양, 남해 및 중국산 마늘을 130℃에서 2시간 열처리한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 열처리 시 2-propanone, 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 나타났다. 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 mercaptan (AM)은 콜레스테롤 합성을 감소시키는 기능을 가진 allium 유도체 화합물의 대사산물로 보고되었는데, 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, 항균력을 가지는 것으로 보고되었는데, 본 연구에서는 국산마늘이 중국산 마늘보다 더 높게 검출 되었으며, 열처리 후에 이 화합물의 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

#### 4.3 산지별 마늘 향기 추출물의 항산화활성 (EDA, %)

산지별 생마늘의 향기 추출물에 대한 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 전체적으로 농도 의존적으로 항산화활성(EDA, %)은 증가하는 경향을 보였으며, 일반적으로 중국산 마늘에 비하여 국산 마늘 향기성분 추출물의 항산화활성이 높게 나타났다. 또한 산지별 생마늘 중에서 한지형인 서산마늘과 난지형인 남해 마늘이 높은 항산화활성을 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 diallyl sulfide(DAS), dipropyl sulfide(DPS), diallyl disulfide(DADS) 및 s-allyl cysteine(SAC) 등은 산화성 스트레스를 유발하는 radical에 대한 소거 활성을 갖는 성분이라고 보고되었는데, 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 함황 성분들의 여러 단계 물질들이 관여해서 나타내는 작용으로 보고한 바와 같이 여러 함황화합물들의 복합적인 작용이 마늘의 항산화활성에 영향을 주는 것으로 생각되며, 향기성분 이외의 유용성분들이 항산

화활성에 영향을 미친 것으로 생각된다.

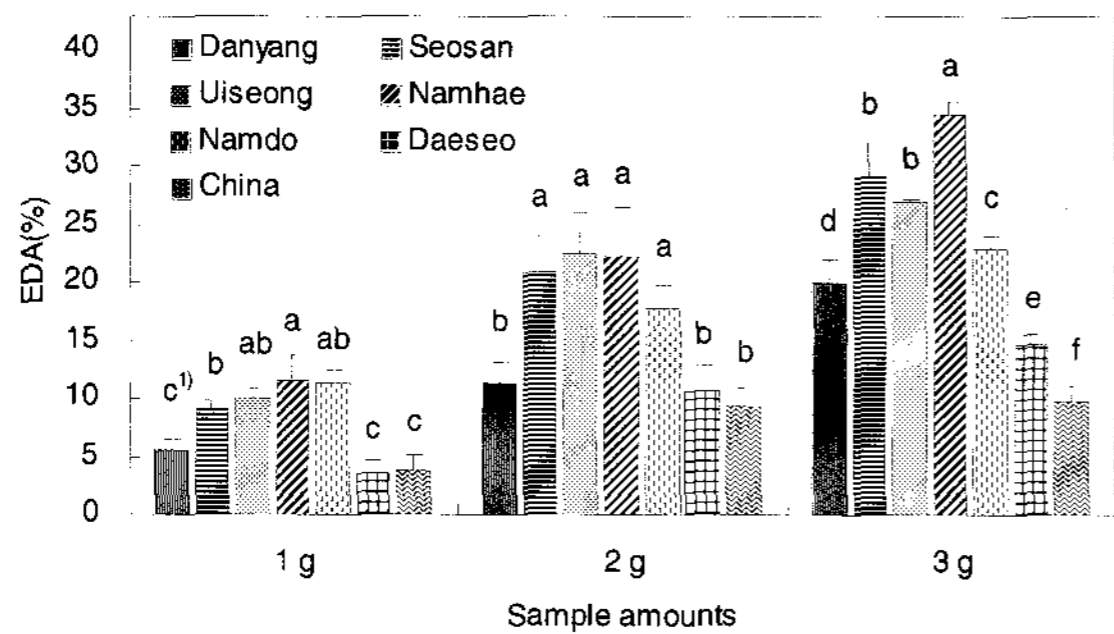


Fig. 1. Changes of antioxidant activities (EDA(%)) by DPPH assay on the volatile compounds of garlic harvested in different cultivation area.

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

#### 4.4 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. 4에서 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 농도에서도 9.71~34.62% 범위에서 77.2

6~93.59% 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, 이에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

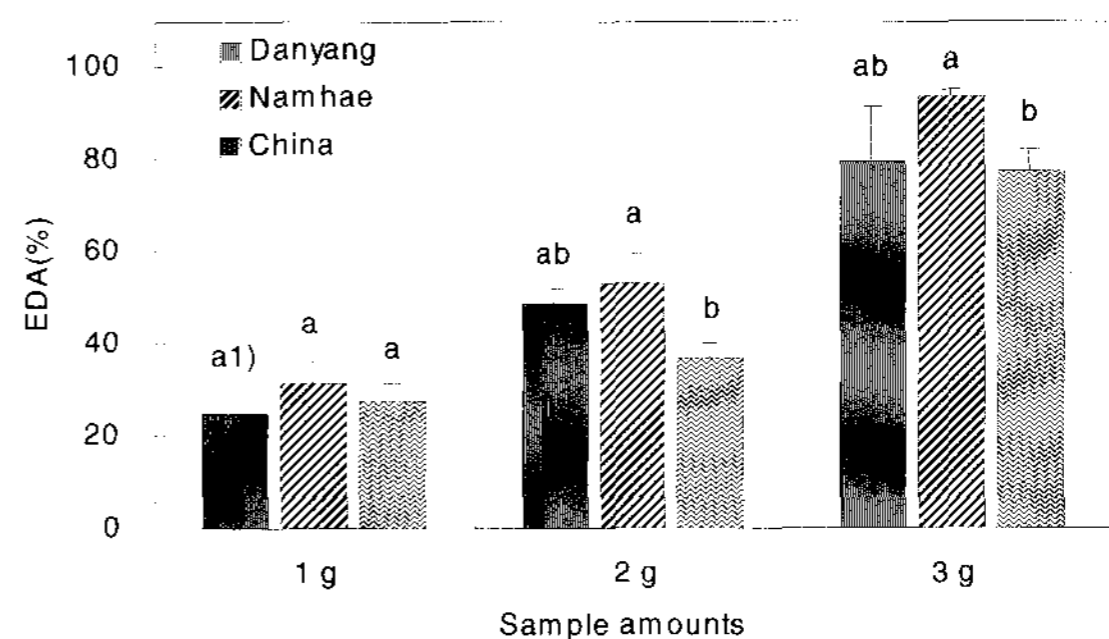


Fig. 2. Change of antioxidant activities (EDA(%)) by DPPH assay on the volatile compounds of heated garlic at 130°C for 2hr.

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

#### V. 참고문헌

1. Kwon SK. Organosulfur compounds from *Allium sativum* and physiological activities. *J. Appl. Pharmacol.* 11: 8-32 (2003)
2. Block E. Is everything coming up roses for garlic? *Med. Health Ann.* 222-229 (1998)
3. Choi HK. A study on the antibacterial activity of garlic against *Escherichia coli* O157. *J. Korean Practical Arts Edu.* 14: 159-167 (2001)

4. Ruffin J, Hunter SA. An evaluation of the effect of garlic as an antihypertensive agent. *Cytobios.* 37: 85-89 (1983)
5. Kim ES, Chun HJ. The anticarcinogenic effect of garlic juice against DMBA induced carcinoma on the hamster buccal pouch (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.* 22: 398-404 (1993)
6. Chung KS, Kim JY, Kim YM. Comparison of antibacterial activities of garlic juice and heat-treated garlic juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 540-543 (2003)
7. Kim DY, Kim KM, Hur CK, Kim ES, Cho IK, Kim KJ. Antimicrobial activity of garlic extracts according to different cooking methods. *Korean J. Food Preserv.* 11: 400-404 (2004)
8. Kim YD, Seo JS, Kim KJ, Kim KM, Hur CK, Cho IK. Component analysis by different heat treatments of garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J. Food Preserv.* 12: 161-165 (2005)
9. Hong GH, Jang HS, Kim YB. Effect of processing treatments on change in quantity of the functional components in garlic, *Allium sativum* L. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 40: 23-25 (1999)
10. Adetumbi MA, Lau BH. *Allium sativum* (garlic) - A natural antibiotic. *Med. Hypotheses* 12: 227-237 (1983)
11. Ankti S, Mirelman D. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes. Infect.* 1: 125-129 (1999)
12. Cavallito CJ, Bailey JH. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. *J. Am. Chem. Soc.* 66: 1950-1951 (1944a)
13. Cavallito CJ, Bailey JH, Suter CM. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. II. Determination of the chemical structure. *J. Am. Chem. Soc.* 67: 1952-1954 (1944b)
14. Cavallito CJ, Bailey JH, Buck JS. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. III. Its precursor and "essential oil" of garlic. *J. Am. Chem. Soc.* 67: 1032-1033 (1945)
15. Barone FE, Tansey MR. Isolation, purification, identification, synthesis and kinetics of activity of the anticandidal components of *Allium sativum* and a hypothesis for its mode of action. *Mycologia.* 69: 713-825 (1977)
16. Ghannoum MA. Studies on the anticandidal mode of action of *Allium sativum* (garlic). *J. Gen. Microbiol.* 134: 2917-2924 (1988)
17. Yoshida S, Kasuga S, Hayashi N, Ushiroguchi T, Matsuura H, Nakagawa S. Antifungal activity of ajoene derived from garlic. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 615 - 617 (1987)
18. Lemar KM, Turner MP, Lloyd D. Garlic as an anti-Candida agent: a comparison of the efficacy of fresh garlic and freeze-dried extracts. *J. Appl. Microbiol.* 93: 398-405 (2002)
19. Small LVD, Bailey JH, Cavallito CJ. Alkyl thiolsulfinates. *J. Am. Chem. Soc.* 69: 1710 - 1713 (1947)
20. Kumar M, Berwal JS. Sensitivity of food pathogens to garlic (*Allium sativum*). *J. Appl. Microbiol.* 84: 213-215 (1998)
21. O'Gara EA, Hill DJ, Maslin DJ. Activities of garlic oil, garlic powder, and their diallyl constituents against *Helicobacter pylori*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 2269-2273 (2000)
22. Banerjee SK, Maulik SK. Effect of garlic on cardiovascular disorder: review. *Nutr. J.* 1: 1-14 (2002)
23. Block E, Zhao SH. Diallyl sulfoxide: A convenient source of thioacrolein for Diels-Alder trapping.



- Tetrahedron Lett. 31: 5003-5006 (1990)
24. Warshafsky S, Kamer RS, Sivak SL. Effect of garlic on total serum cholesterol, A meta-analysis. Ann. Intern. Med. 119: 599-605 (1993)
  25. Focke M, Feld A, Lichtenthaler K. Allicin, a naturally occurring antibiotic from garlic, specifically inhibits acetyl-CoA synthetase. FEBS Lett. 261: 106-108 (1990)
  26. Bordia A, Verma SK, Srivastava KC. Effect of garlic (*Allium sativum*) on blood lipids, blood sugar, fibrinogen and fibrinolytic activity in patients with coronary artery disease. Prostaglandins Leukot. Essent Fatty Acids 58: 257-263 (1998)
  27. Bordia A, Verma SK, Vyas AK, Khabya BL, Rathore AS, Bhu N, Bedi HK. Effect of essential oil of onion and garlic on experimental atherosclerosis in rabbits. Atherosclerosis 26: 379-386 (1977)
  28. Eilat S, Oestraicher Y, Rabinkov A, Ohad D, Mirelman D, Battler A, Eldar M, Vered Z. Alteration of lipid profile in hyperlipidemic rabbits by allicin, an active constituent of garlic. Coron. Artery Dis. 6: 985-990 (1995)
  29. Lawson LD, Wang ZJ, Papadimitriou D. Allicin release under simulated gastrointestinal conditions from garlic powder tablets employed in clinical trials on serum cholesterol. Planta Med. 67: 13-18 (2001)
  30. Liu L, Yeh YY. S-Alk(en)yl cysteines of garlic inhibit cholesterol synthesis by deactivating HMG-CoA reductase in cultured rat hepatocytes. J. Nutr. 132: 1129-1134 (2002)
  31. Gupta N, Porter TD. Garlic and garlic-derived compounds inhibit human squalene monooxygenase. J. Nutr. 131: 1662-1667 (2001)
  32. Lamer AJ. How does garlic exert its hypocholesterolemic action? The tellurium hypothesis. Med. Hypotheses 44: 295-297 (1995)
  33. Ali M, Thomson M: Consumption of garlic clove a day could be beneficial in preventing thrombosis. Prostaglandins Leuko. Essent. Fatt. Acids 153: 211-212 (1995)
  34. Fugh-berman A. Herbs and dietary supplements in the prevention and treatment of cardiovascular disease. Prev. Cardiol. 3: 24-32 (2000)
  35. Mayeux PR, Agrawal KC, Tou JSH, King BT, Lipton HL, Hyman AL, Kadowitz PJ, McNamara DB. The pharmacological effects of allicin, a constituent of garlic oil. Agents Actions 25: 182-190 (1988)
  36. Lau Benjamin HS: Suppression of LDL oxidation by garlic. J. Nutr. 131: 958S-988S (2001)
  37. Sendl A, Elbl G, Steinke B, Redl K, Breu W, Wagner H: Comparative pharmacological investigations of *Allium ursinum* and *Allium sativum*. Planta Med. 58: 1-7 (1992)
  38. Lea MA. Organosulfur compounds and cancer. Adv. Exp. Med. Biol. 401: 147-154 (1996)