

산지별 고아라 마늘의 주요 성분과 항균활성 비교

김주성^{1,*} · 라중환¹

¹제주대학교 생명자원과학대학 친환경연구소

Comparison of the major compounds and antimicrobial activities of Koara garlic cultivated in different regions

Ju-Sung Kim^{1,*} and Jong Hwan Ra¹

¹Majors in Plant Resource and Environment, College of Applied Life Sciences, SARI, Jeju National University

Abstract Although the chemical compositions and biological characteristics of some species of garlic have been investigated, data on Koara garlic are currently lacking. In order to investigate the major compounds and antimicrobial activity of Koara garlic, which was registered as a cultivar in 2012, it was cultivated in Seogwipo, Damyang, and Namhae. Analysis of the chemical composition of the cultivated garlic showed that the alliin, pyruvate contents, and antimicrobial activity were high in garlic grown in Seogwipo (9.44 ± 0.28 mg/g, 127.52 ± 5.50 μ M/g, and 0.31-1.25%, respectively). The total phenol content and reducing sugar contents were abundant in garlic grown in Namhae (82.23 ± 0.00 g GAE/100 g and 28.59 ± 0.54 mg GE/g, respectively), and the total flavonoid content was high in garlic grown in Damyang (22.41 ± 0.77 g QE/100 g). Although garlics grown in different cultivation areas had different chemical compositions, major compound contents and biological activities of Koara garlic were similar to those of other garlic varieties reported so far. These data will be useful for local farmers, distributors, and consumers.

Keywords: *Allium sativum* L, antimicrobial activity, organosulfur compound, total pyruvate, reducing sugar

서 론

마늘은 오래전부터 향신료 및 의약품으로 사용되어 왔다. 백합속에 포함된 마늘은 250-300 여종이 알려져 있으며 이들 식물체의 특징으로 강력한 향을 들 수 있다. 마늘의 강력한 향은 휘발성 오일성분인 다수의 황화합물로 구성되어 있으며 그 중 하나가 allicin (diallylthiosulfinate)이다. Allicin은 비단백 아미노산인 alliin과 인경내에 존재하는 alliinase (alliin lyase)에 의해 생성되는 물질이다(Miron 등, 2002). Alliin과 alliinase는 마늘 인경내의 다른 장소에 저장되어 있으나 세포가 파괴되면서 반응을 시작하게 되며(Stool과 Seebeck, 1948), 그 결과 thiosulfinate, 피루브산, 암모니아가 만들어지며 thiosulfinate 화합물 중 가장 풍부한 것이 allicin이다(Olech와 Zaborska, 2012). Allicin은 지금까지 향균, 항염증, 항혈전, 항암, 항천식 활성뿐만 아니라 혈중 지질 수준을 낮추어 준다고 알려져 있다(Block, 1992; Koch와 Lawson, 1996; Lawson, 1998).

재배식물의 수량 증가에 있어서 품종이 기여하는 정도는 작물의 종류나 재배지역에 따라 차이가 있으나 대략 50%정도이며, 그 외 재배기술과 기상요인이 차지하는 것으로 알려졌다. 토양에 재배하는 대부분의 작물 등은 기본적으로 토양의 화학성분 조성

에 따라 생육 및 성분 차이를 보이게 되므로 관련된 연구가 많이 이루어졌다. 마늘의 경우 논과 밭 재배에 따른 생육과 품질과의 상관관계(Kim 등, 2000), 매운맛 관련인자 분석(Oh 등, 2012) 등이 보고되었다. 또 산지별 난지형과 한지형 마늘의 마늘종과 마늘에 대한 항산화능 비교(Chung과 Kim, 2008), 이화학적 품질 특성(Kim 등, 2009), 생리활성(Hyun 등, 2008), 향기 특성(Jeong 등, 2007), 화산회토 및 비화산회토에서 재배한 난지형마늘의 성분비교(Kim 등, 2015a; Kim 등, 2015b; Kim과 Ra, 2016)에 대한 연구가 보고되어져 있다.

2000년 농촌진흥청 온난화대응농업연구센터에서 남도마늘의 대주아를 이용한 종구생산 과정 중에 추대가 빠르고 주아가 큰 돌연변이 계통을 발견하여 특성조사 및 지역적응시험(제주, 남해, 무안)을 거쳐 고아라 품종을 등록하였다. 고아라 품종은 남도마늘에 비해 추대기가 3-4일 빠르고 잎이 넓고 길며 인편수가 8-10 개로 화경이 굵고 주아가 큰 특성을 보인다(RDA, 2019). 고아라의 경우 2012년 품종으로 등록되어 재배되고 있으나 아직까지 고아라 품종에 대한 주요 성분 연구가 전무한 실정이다. 따라서, 같은 품종이라도 재배지역에 따라 관련 성분들의 차이가 있을 것으로 예상되어 고아라 종구를 분양 받아 재배한 제주도 서귀포시, 경상남도 담양군 및 전라남도 남해군 농가로부터 수확한 마늘을 채취하여 주요 성분(무기성분, 함유량 성분, 총 페놀 및 플라보노이드, 환원당)과 항균활성을 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

마늘 시료는 2013년 신도영농조합법인으로부터 고아라 종구를

*Corresponding author: Ju-Sung Kim, College of Applied Life Sciences, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-754-3314
Fax: +82-64-725-2351
E-mail: aha2011@jejunu.ac.kr
Received March 22, 2019; revised April 26, 2019;
accepted April 29, 2019

분양 받아 재배한 제주도 서귀포시, 경상남도 남해군과 전라남도 담양군 재배농가로부터 제공받았다. Folin-Ciocalteu reagent와 알리인은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서, 알리신은 Toronto Research Chemicals (Toronto, Canada)에서, 아세토니트릴은 Fisher Scientific (Springfield, NJ, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 외 시약들은 특급시약을 사용하였다.

무기성분 분석

고아라 품종을 씻어 말린 다음 인편을 갈아서 분석시료로 이용하였다. 곱게 갈은 시료 0.5 g을 왕수분해법으로 처리한 후 무기물 함량을 ICP (JY 138 Ultrace, Jobin Yvon, France)를 이용하여 정량하였다.

총 페놀, 플라보노이드 및 환원당 함량 측정

Folin-Ciocalteu 실험법을 사용하여 총 페놀 함량을 측정하였다. 마늘 무게 대비 10배액의 증류수를 첨가한 후 PRO 200 Homogenizer (PRO Scientific Inc., Oxford, CT, USA)로 고르게 갈은 다음 10분 동안 원심분리하여 상층액(이하 착즙액이라 함)을 얻어 이후 실험에 이용하였다. 마늘 착즙액 100 µL/mL에 50 µL Folin-Ciocalteu 시약을 첨가하고 5분 동안 반응시킨 후 0.3 mL 20% sodium carbonate를 첨가하였다. 그리고 UV-spectrophotometer (UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준품으로 gallic acid를 사용하여 검량선을 구한 후, 얻어진 방정식을 이용하여 g당 gallic acid equivalents (GAE)로 표현하였다. 총 플라보노이드 함량 측정을 위하여 시료 200 µL에 10% aluminium nitrate 100 µL와 1 M potassium acetate 100 µL를 혼합하였다. 그 후 4.6 mL의 80% 에탄올을 넣고, 40분 뒤 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준품으로 quercetin을 사용하여 검량선을 구한 후, 얻어진 방정식을 사용하여 g당 quercetin equivalent (QE)로 표현하였다. 마늘의 환원당 함량을 측정하였다. 시료 200 µL에 동량의 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 시약(7.5 g DNS, 14.0 g NaOH, 126.1 g Rochelle 염, 5.4 mL phenol, 5.9 g Na₂S₂O₅/L)을 혼합하여 95°C 히팅블럭(HD-96D, Daihan, Korea)에서 15분 동안 반응 후 증류수를 첨가하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였다. 농도별로 포도당을 측정하여 검량선을 구한 후 g당 glucose equivalent (GE)로 표현하였다.

Alliin, allicin 및 total pyruvate 함량 분석

Alliin 및 allicin 함량 분석은 Kim 등(2015a; 2015b)의 방법으로 측정하였다. Alliin 함량은 1g의 시료에 20% 에탄올 30 mL를 가하여 30분 동안 초음파 추출하였으며, 추출액은 10분 동안 원심분리 후 상층액을 여과하여 HPLC-DAD (Agilent 1260, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 분석하였다. 칼럼은 Agilent Zorbax SB-C18를 사용하였고, 이동상은 0.4 mL/min, 시료는 10

µL, UV 파장은 208 nm에서 측정하였다. Allicin 함량은 시료에 증류수를 가하여 30분 동안 교반하여 추출하였으며, 이후 과정은 alliin 측정방법과 동일하게 진행되었다. 이동상은 0.7 mL/min, 시료는 20 µL, UV 파장은 254 nm에서 측정하였다. Schwimmer과 Weston(1961)의 방법으로 total pyruvate 함량을 측정하였다. 1g의 시료에 10% trichloroacetic acid 10 mL를 가하여 골고루 섞고 1시간 뒤에 여과하였다. 0.2 mL 여과액에 동량의 0.0125% 2,4-dinitrophenylhydrazine을 가하여 37°C에서 10분 동안 반응시킨 후 0.6 N 수산화나트륨 1 mL를 혼합하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Total pyruvate 함량의 계산은 sodium pyruvate를 표준품으로 작성한 검량식으로 계산하였다.

항균활성 측정

한국농업미생물자원센터(Korean Agricultural Culture Collection, Suwon, Korea)에서 분양 받은 균주를 이용하여 실험하였다. 마늘의 항균활성을 측정하기 위하여 3종의 그람음성균 *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*과 3종의 그람양성균 *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Kocuria rhizophila*을 사용하였다. 마늘 착즙액은 two-fold dilution법을 이용하여 최소발육억제농도(Minimum Inhibitory Concentration (% v/v))로 표시하였다. 농도별로 희석한 샘플을 96-웰플레이트에 분주 후 각 균주의 생육에 알맞은 온도에서 24시간 배양후 각 균주의 생육억제효과를 측정하였다.

통계처리

통계적 분석에는 SPSS(Ver. 20, IBM Corp., 2011) 통계 프로그램을 이용하여 처리간 평균값을 5% 유의수준에서 최소유의차검정(Least Significant Difference (LSD)) 방법으로 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

수확된 마늘의 무기물 함량을 Table 1에 나타냈다. 고아라 품종에 함유된 인산의 함량은 남해에서 0.62%로 가장 높았으며 다음으로 서귀포에서 0.50%였으며 가장 낮은 것은 담양(0.46%)에서 생산된 것이었다. 고아라 품종의 황 함량은 서귀포에서 재배한 마늘에서 가장 높게 나타났(0.71%). 다음으로 담양에서 0.67%, 남해에서 0.54%의 황 함량을 나타냈다. 그러나, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 세 재배지역간 유의적인 함량차이를 보이지 않았다. Chang과 Lee(1999)는 마늘의 무기 성분이 수확시기에 따라 차이가 난다고 보고하였으며, Jeong 등(2009)은 고흥, 남해, 의성, 해남 및 중국산 마늘을 수집하여 무기물을 분석한 결과 각 지역별 차이가 났으며 이는 각 지역의 토질과 살포하는 비료의 종류에 따른 차이일 것으로 보고하였다. 또한 고아라 품종에 함유된 무기물 함량은 칼륨이 가장 많았으며 다음으로 황, 인

Table 1. Total mineral concentration of Koara garlic grown in Seogwipo, Namhae, and Damyang

Cultivation area	Macroelement (%)					Microelement (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	Fe	
Seogwipo	0.50±0.02 ^{ab}	1.29±0.01	0.043±0.003	0.072±0.004	0.71±0.02 ^a	7.45±0.21 ^b	10.40±0.42 ^c	2.40±0.57	35.70±2.40 ^b	
Namhae	0.62±0.07 ^a	1.57±0.14	0.042±0.004	0.066±0.012	0.54±0.01 ^b	6.45±0.07 ^b	19.20±0.57 ^b	4.25±0.35	28.55±0.07 ^b	
Damyang	0.46±0.01 ^b	1.40±0.08	0.040±0.004	0.060±0.006	0.67±0.01 ^b	11.40±1.70 ^a	41.30±4.10 ^a	11.40±6.51	66.10±8.63 ^a	
CV (%)	15.59	10.27	7.08	12.3	13.69	29.21	60.76	85.76	42.07	
LSD (5%)	0.15	0.27	0.02	0.04	0.07	4.09	10.24	16.02	25.01	

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly at 5% level of probability.

Table 2. Alliin, allicin, and total pyruvate concentrations of Koara garlic grown in Seogwipo, Namhae, and Damyang

Cultivation area	Alliin (mg/g)	Allicin (mg/g)	Total pyruvate ($\mu\text{M/g}$)
Seogwipo	9.44±0.28 ^a	1.70±0.13	127.5±5.50 ^a
Namhae	6.41±1.16 ^b	1.92±0.09	108.5±1.32 ^b
Damyang	4.28±0.08 ^c	1.67±0.43	97.9±3.26 ^b
CV (%)	37.85	8.95	12.35
LSD (5%)	0.38	0.75	19.80

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly at 5% level of probability.

순으로 나타났으며, 난지형 품종인 남도 마늘이나 대서 마늘의 경우도 같은 경향을 나타내었으며 함량 역시 비슷하였다(Kim 등, 2015a; Kim 등, 2015b; Kim과 Ra, 2016).

고아라 품종 내 함유된 미량원소의 함량을 조사하였다(Table 1). 마늘의 땅간 함량은 11.40 ppm으로 담양에서 가장 높게 나타났고, 다음으로 서귀포에서 7.45 ppm, 남해에서는 6.45 ppm을 나타냈다. 아연 함량의 경우 담양에서 재배한 고아라 품종에서 41.30 ppm으로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 남해에서는 19.20 ppm, 서귀포에서는 10.40 ppm을 나타냈다. 구리 함량은 담양에서 11.40 ppm, 남해에서 4.25 ppm, 서귀포에서는 2.40 ppm을 나타냈지만 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 철 함량은 담양에서 재배하였을 경우 철 함량이 66.10 ppm을 나타냈고 서귀포에서는 35.70 ppm, 남해에서는 28.55 ppm을 나타냈다. 마늘내 무기물 함량을 분석한 결과, 다량원소보다는 미량원소의 변이계수가 높게 나타나 수확한 마늘내 함량분포가 다양함을 알 수 있었으며, 특히 담양지역이 다른 두 곳보다 함량이 높게 나타났다. Sanders와 Adams(1987)은 한 곳의 식양토와 두 곳의 사양토에서 추출되는 아연, 구리와 니켈의 함량은 토양의 pH가 감소함에 따라 가파르게 증가한다고 보고하였다. 이는 토양 pH(강산성)로 인한 토양 내 이용 가능한 미량성분이 많이 존재하여 마늘 내로의 흡수가 용이하여 많이 함유된 것으로 보인다.

함유황 관련 성분의 함량을 측정하였다(Table 2). Alliin 함량은 조사 샘플간 함량차이가 크게 나타났다. 고아라 품종을 서귀포에서 재배시 alliin 함량은 9.44 mg/g으로 가장 높았으며, 남해에서 재배시 6.41 mg/g, 담양에서 재배시 4.28 mg/g으로 측정되었다. Allicin 함량은 샘플간 차이가 적었다. Alliin이 체내의 alliinase에 의해 변환된 total pyruvate 함량은 alliin과 비슷한 경향을 보였다. 서귀포에서 재배된 고아라 품종에서 127.5 $\mu\text{M/g}$ 로 가장 높게 나타났으며 다음으로 남해에서 108.5 $\mu\text{M/g}$, 담양에서 97.9 $\mu\text{M/g}$ 로 나타났다. 비록 산지별 allicin 함량의 차이는 보이지 않았으나 alliin의 함량 차이가 크므로 이를 섭취 또는 가공시에 allicin

Table 3. Total phenol, total flavonoid, and total glucose contents of Koara garlic grown in Seogwipo, Namhae, and Damyang

Cultivation area	TPC (mg GAE/100 g)	TFC (mg QE/100 g)	RSC (mg GE/g)
Seogwipo	63.97±4.36 ^b	15.72±0.63 ^b	28.22±1.03 ^b
Namhae	82.23±0.00 ^a	16.08±0.63 ^b	28.59±0.54 ^a
Damyang	54.53±1.09 ^c	22.41±0.77 ^a	24.84±0.64 ^b
CV (%)	19.93	18.89	7.41
LSD (5%)	0.00	0.56	12.10

Total phenol contents (TPC) analysed as gallic acid equivalent (GAE) mg/100 g of extract; Total flavonoid contents (TFC) analysed as quercetin equivalent (QE) mg/100 g of extract; Reducing sugar contents (RSC) analysed as glucose equivalent (GE) mg/g of extract. Means within a column followed by the same letter do not differ significantly at 5% level of probability.

함량이 증가할 것으로 보이며 이로 인한 allicin의 유효효과(혈압 강하 작용, 항균, 항산화 작용, 콜레스테롤 저하 작용, 항암 작용 등)가 나타날 것으로 기대가 된다(Shin 등, 2004). Choi 등(2008)에 의하면 생마늘은 증숙과정을 거치면서 함유황성분들이 감소를 하나 흑마늘로 가공하면서 생마늘보다 함량이 증가되었다고 보고하였으며, Shin 등(2008)은 흑마늘의 숙성온도와 시간에 따라 함유황 성분이 증가함을 보고하였다. 수확된 고아라 착즙액의 allicin 함량은 8.95%의 변이계수를 나타내어 시료들간 안정적으로 존재하였으며 total pyruvate 함량 역시 12.35%의 변이계수를 나타내어 대체적으로 안정적으로 존재하였다. Hong 등(1997)에 의하면 남도마늘을 고흥, 남해, 제주 및 서산에 재배시 alliin 함량이 제주가 가장 낮았다고 보고하였으나 본 연구에서는 반대로 제주에서 alliin 함량이 가장 높게 나타났다. 이는 재배지역의 토양이나 재배 당시의 기상조건, 또는 남도 마늘과 고아라 품종 간의 차이일 것으로 생각된다(Shin 등, 2004).

제주 및 육지부에서 재배한 고아라 품종의 총 페놀, 플라보노이드 및 환원당 함량을 측정하였다(Table 3). 총 페놀 함량의 경우 남해에서 재배된 마늘에서 82.33 mg GAE/100 g을 나타냈고 다음으로 서귀포에서 재배시 63.97 mg GAE/100 g, 담양에서 재배시 54.53 mg GAE/100 g으로 가장 낮았다. 총 플라보노이드 함량은 담양에서 재배된 마늘에서 22.41 mg QE/100 g을 나타냈으며, 다음으로 남해에서 재배된 것에서 16.08 mg QE/100 g을, 서귀포에서 재배되었을 경우 15.72 mg QE/100 g을 나타냈다. 환원당 함량의 경우, 남해에서 재배된 마늘에서 28.59 mg GE/g으로 가장 높았으며 다음으로 서귀포에서 재배된 것에서 28.22 mg GE/g을 보였으며 담양에서 재배된 것에서 24.84 mg GE/g으로 가장 낮게 나타났다. Shin 등(2004)은 제주, 남해, 의성산 마늘의 페놀 함량을 측정한 결과 남해산 마늘이 제주산 마늘보다 페놀함량이

Table 4. Antimicrobial activity of Koara garlic grown in Seogwipo, Namhae, and Damyang

Cultivation area	Minimum inhibitory concentration (MIC, %, v/v)					
	Gram-negative bacteria			Gram-positive bacteria		
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Salmonella enterica</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Micrococcus luteus</i>	<i>Kocuria rhizophila</i>
Seogwipo	0.63	1.25	1.25	0.31	0.31	0.63
Namhae	0.63	2.50	1.25	0.63	0.31	1.25
Damyang	0.63	1.25	2.50	0.31	0.31	1.25

The MIC value against bacteria was determined by the serial dilution method. The growth of the bacteria was determined by observing the degree of turbidity in twenty hours.

높다고 보고하였으며 본 연구에서도 제주도에서 생산된 마늘보다 남해에서 생산된 마늘의 페놀함량이 더 높게 나타났다. 그러나, Hyun 등(2008)의 보고에 의하면 비록 태안산 마늘의 총페놀 함량이 가장 높기는 했지만 제주산 마늘의 총페놀 함량이 국내 (단양, 의성, 남해)에서 생산된 마늘이나 중국수입산 마늘보다 높게 나타나 지역적인 차이도 있을뿐만 아니라 재배품종에 따른 차이가 나타남을 알 수 있었다. 마늘뿐만 아니라 고려영경귀(Cho 등, 2016), 유자(Moon 등, 2015), 산딸기(Choi 등, 2016)에서 산지별 구성성분의 차이를 보였으며 재배지역의 환경이나 품종에 의해 나타난다고 보고하였다.

그람음성균 3종과 그람양성균 3종을 이용하여 마늘의 항균활성을 측정하였다(Table 4). 서귀포 지역에서 재배한 마늘의 경우 *Staphylococcus epidermidis*와 *Micrococcus luteus*에 대한 저해활성이 가장 우수하였으며 다른 지역에서 재배한 마늘에 비해 *Kocuria rhizophila*에 대한 저해활성이 높은 것으로 나타났다. 남해에서 생산된 마늘의 경우 *M. luteus*에 대한 저해활성이 가장 좋았으며 다음으로 *Escherichia coli*와 *S. epidermidis*에 대한 저해활성이 우수하였다. 담양에서 생산된 마늘의 경우 *S. epidermidis*와 *M. luteus*에 대한 저해활성이 가장 우수하였으며 다음으로 *E. coli*에 대한 저해활성이 우수하였다. 고아라 품종에 대한 항균활성은 그람음성균보다 그람양성균에 대하여 저해활성이 우수하였으며, Kim 등(2015b)이 보고한 남도 품종의 결과와 유사하게 고아라 품종 역시 *M. luteus*에 대한 가장 높은 생육 저해 활성을 보였다. 이는 마늘에 함유된 allicin을 포함한 황합유 화합물에 의해 나타난 것으로 생각되며(Benkeblia, 2004), Small 등(1947) 역시 alliin의 분해과정에서 생성된 allicin의 thiosulfinate link (-SO-S-)가 항균활성을 나타낸다고 보고하였다. 또한 Feldberg 등(1988)은 *Salmonella Typhimurium*의 생장에 있어서 allicin은 부분적으로 DNA와 단백질의 합성을 지연시키며 전체적으로 RNA합성을 억제하는 메커니즘을 보인다고 하였다.

요 약

마늘의 일부 품종에서 화학적 조성 및 생물학적 특성이 조사되었지만 현재 고아라 마늘의 주요 성분 및 생리활성에 대한 조사는 부족한 현실이다. 2012년 품종으로 등록된 고아라 마늘의 주요성분 및 생리활성을 측정하기 위하여 서귀포, 담양 및 남해에서 재배하여 비교하였다. 재배된 마늘 성분을 분석한 결과 서귀포에서는 황 관련 물질(알리인과 피루베이트 총량)과 항균 활성이 우수했으며 남해에서는 페놀 함량과 환원당 함량이 풍부하였으며, 담양에서는 총 플라보노이드 함량이 높게 나타났다. 위의 결과를 고려할 때 재배 지역 간에는 차이가 있었지만 고아라 마늘은 지금까지 보고된 다른 마늘 품종과 비슷하게 주요 성분 함량과 생리 활성을 보여주었다. 이러한 연구 결과는 지역 농민, 유통업자 및 소비자에게 유용한 정보가 될 것이다.

References

Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). LWT-Food Sci. Technol. 37: 263-268 (2004)

Block E. The organosulfur chemistry of the genus *Allium*-Implications for the organic chemistry of sulfur. Angew. Chem. 31: 1135-1178 (1992)

Chang KM, Lee MS. A study on mineral contents of the underground vegetables produced in Korea harvested in different times. Korean J. Soc. Food Sci. 15: 545-549 (1999)

Cho BY, Lee JH, Ra MJ, Kim SY, Kang IJ, Han KC, Lee OH. Analysis of pectolinarin content and antioxidant activity in *Cirsium setidens* Nakai by cultivars. J. Food Hyg. Saf. 31: 210-215 (2016)

Choi EY, Kim EH, Lee JB, Kim HS, Kim MS, Lee SG, Kim SH, Lee U, Kim DK, Lee JT. Bioactive component analysis, antioxidant activity, and cytotoxicity on cancer cells on *Rubus crataegifolius* clones by region. J. Korean For. Soc. 105: 193-201 (2016)

Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 465-471 (2008)

Chung JY, Kim CS. Antioxidant activities of domestic garlic (*Allium sativum* L.) stems from different areas. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 972-978 (2008)

Feldberg RS, Chang SC, Kotik AN, Nadler M, Neuwirth Z, Sundstrom DC, Thompson NH. *In vitro* mechanism of inhibition of bacterial cell growth by allicin. Antimicrob. Agents Chemother. 32: 1763-1768 (1988)

Hong GH, Lee SK, Moon W. Alliin and fructan contents in garlics, by cultivars and cultivating areas. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 38: 483-488 (1997)

Hyun SH, Kim MB, Lim SB. Physiological activities of garlic extracts from Daejeong Jeju and major cultivating areas in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1542-1547 (2008)

Jeong CH, Bae YI, Lee JH, Roh JG, Shin CS, Choi JS, Shim KH. Chemical components and antimicrobial activity of garlics from different cultivated area. J. Agric. Life Sci. 43: 51-59 (2009)

Jeong JY, Woo KS, Hwang IG, Yoon HS, Lee YR, Jeong HS. 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 (2007)

Kim CB, Kim CY, Park M, Lee DH, Choi J. Effect of chemical properties of cultivation soils on the plant growth and the quality of garlic. Korean J. Soil Sci. Fert. 33: 333-339 (2000)

Kim MB, Oh YJ, Lim SB. Physicochemical characteristics of garlic from Daejeong Jeju and major cultivation areas in Korea. Korean J. Culin. Res. 15: 59-66 (2009)

Kim JS, Ra JH. Comparison of chemical properties of soil and main component of Southern ecotype garlic cultivar cultivated in the volcanic ash soil or non-volcanic ash soil of Jeju island. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 34: 549-556 (2016)

Kim JS, Ra JH, Hyun HN. Comparison of biochemical composition and antimicrobial activity of southern type garlic grown in the eastern and western region of Jeju. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 33: 763-771 (2015a)

Kim JS, Ra JH, Hyun HN. Correlations between soil environment and bioactive constituents of Namdo garlic harvested in the non-volcanic ash soil distributed western Jeju. Korean J. Med. Crop Sci. 23: 125-131 (2015b)

Koch HP, Lawson LD. Garlic: The science and therapeutic application of *Allium sativum* L. and related species. Williams & Wilkins, Baltimore, MD, USA. pp. 329 (1996)

Lawson LD. Garlic: A review of its medicinal effects and indicated active compounds. In: Phytomedicines of Europe: their chemistry and biological activity. Lawson LD, Bauer R (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, USA. pp. 176-209 (1998)

Miron T, Shin I, Feigenblat G, Weiner L, Mirelman D, Wilchek M, Rabinkov A. A spectrophotometric assay for allicin, alliin, and alliinase (alliin lyase) with a chromogenic thiol: reaction of 4-mercaptopyridine with thiosulfates. Anal. Biochem. 307: 76-83 (2002)

Moon SH, Awraris DA, Ko EY, Park SW. Comparison of flavonoid contents and antioxidant activity of Yuzu (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka) based on harvest time. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 33: 283-291 (2015)

Oh HL, Kim NY, Sohn CW, Ryu BR, Yoon JH, Kim MR. Analyses of pungency-related factors of field and rice paddy garlic. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 655-660 (2012)

Olech Z, Zaborska W. A spectrophotometric assay for total garlic thiosulfates content. Kinetic aspects of reaction with chromogenic thiols. Pol. J. Food Nutr. Sci. 62: 23-29 (2012)

Rural Development Administration (RDA). Koara. Available from:

- <http://www.nongsaro.go.kr> and <http://www.seed.go.kr>. Accessed Mar. 22, 2019.
- Sanders JR, Adams TM. The effects of pH and soil type on concentrations of zinc, copper and nickel extracted by calcium chloride from sewage sludge-treated soils. *Environ. Pollut.* 43: 219-228 (1987)
- Schwimmer S, Weston WJ. Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. *J. Agric. Food Chem.* 9: 301-304 (1961)
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Kim JG, Sung NJ. Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J. Life Sci.* 18: 1123-1131 (2008)
- Shin JH, Ju JC, Kwon OC, Yang SM, Lee SJ, Sung NJ. Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. *Korean J. Food Nutr.* 17: 237-245 (2004)
- Small LD, Bailey JH, Cavallito CJ. Alkylthiosulfonates. *J. Am. Chem. Soc.* 69: 1710-1713 (1947)
- Stool A, Seebeck E. Allium compounds. I. Alliine, the true mother compound of garlic oil. *Helv. Chim. Acta.* 31: 189-210 (1948)