

마늘의 기능성 품질과 토양 성분 간의 관계

이윤경 · 신현만¹ · 우관식 · 황인국 · 강태수² · 정현상*

충북대학교 식품공학과, ¹충청북도농업기술원, ²충북과학대학 바이오식품생명과학과

Relationship between Functional Quality of Garlic and Soil Composition

Yun Kyoung Lee, Hyun Man Sin¹, Koan Sik Woo, In Guk Hwang, Tae-Su Kang², and Heon-Sang Jeong*

Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

¹Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Service

²Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University

Abstract This survey was conducted to investigate the functional quality characteristics of garlic based on different soil conditions (Pyungan, Maji, Anmi, Yuga, and Songjung soils). The Pyungan, Maji, and Anmi soils from the Danyang area showed high levels of pH, organic matter, available P₂O₅, and inorganic components. For the functional compositions of the garlic harvested from the different soil conditions, the Pyungan garlic contained the highest amounts of alliin and total fructan, with 9.2 and 193.3 mg/g, respectively. The Pyungan garlic also showed the highest amounts of total polyphenol and flavonoids, with 146.5 and 123.5 mg/100 g, respectively. Among the garlics from the different soils, the IC₅₀ values by the DPPH assay ranged from 0.28 to 0.32 g/mL, and the IC₅₀ of the Pyungan garlic was 0.28 g/mL. The correlation coefficients between the functional quality of the garlic and the different soil compositions were analyzed. The quality of the garlic was positively affected by the pH and organic matter content ($p < 0.01$) of the soil. Since the Danyang garlic harvested from the Danyang soil had better functional qualities, these results suggest that the production of garlic in a suitable area for the ecotype is most effective.

Key words: garlic (*Allium sativum* L.), soil properties, garlic quality, alliin, antioxidant activity

서 론

백합과 파속에 속하는 1년생 초본인 마늘(*Allium sativum* L.)은 중앙아시아와 지중해 연안 지역이 원산지로서 알려져 있으며, 우리나라에서 주로 재배되는 마늘은 크게 난지형과 한지형으로 분류되는데, 난지형은 제주, 남해, 해남, 무안 등지가 주산지이고 한지형은 의성, 태안, 단양 등이 주산지이다(1). 마늘은 특유한 맛과 향뿐만 아니라 각종 생리활성물질이 함유되어 있어 예로부터 우리나라 식생활에서 필수적인 조미료 및 강장식품으로 애용되어 왔으며, 육가공품, 통조림 등 가공식품의 향신료로 중요하게 사용되어 왔다(2). 마늘에는 다양한 유기황화합물들이 함유되어 있어 혈중 콜레스테롤 함량을 감소시켜 동맥경화에 의한 심장병 질환을 억제하는 효과(3)와 대장암 세포의 억제 등과 같은 항암효과(4), 세포의 항돌연변이 효과(5) 등이 밝혀지고 있다. 마늘의 대표적인 기능성 성분으로는 여러 함황유기화합물들의 대표적 전구물질인 alliin과 주요 저장양분으로서의 fructan, 그 밖에 다양한 유기산 등이 있다. 마늘의 유효 성분인 alliin은 결정성 아

미노산인 *s*-allyl-L-cysteine sulfoxide라고 알려져 있으며, 마늘 특유의 매운 맛은 조직의 파괴에 의해 alliinase가 활성화되어 alliin이 allicin으로 그리고 allicin이 다시 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulfide 및 저급의 sulfide류로 분해되어 발생된다고 보고되어 있다(6).

마늘과 같이 조미료로 이용하는 채소들은 농가의 소득 작목으로서 큰 비중을 차지하고 있지만, 토양 관리 면에서 개선하여야 할 점이 몇몇 밭 토양 특성조사나 시설재배지 토양특성 조사 등(7)에서 밝혀졌다. 일반적으로 채소재배 토양은 타작물 재배지에 비해서 토양의 화학성분 함량이 높은 특성을 가지고 있으며(8), 최근 Hwang 등(9)의 주요 노지채소 주산지 토양의 조사결과에서도 유효인산과 치환성 칼륨의 함량이 밭 토양 개량 수준을 초과하고 있음을 확인하는 등 토양조건과 채소의 품질특성 간의 관계를 밝히는 연구가 진행되고 있다. 경북지역의 마늘 주산지인 의성과 예천에서 마늘재배지를 논, 밭토양으로 구분하여 토양의 화학성과 마늘의 생육 및 품질과의 상관관계 조사(10) 등의 연구가 보고되어 있으나 마늘의 성분보다는 생장 특성에 관해 주로 보고 되어있어 마늘의 품질 특성과 토양 간의 관계에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 서로 다른 토양에 동일한 품종의 마늘을 재배할 경우 마늘의 품질에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고, 토양의 몇 가지 특성과 마늘의 품질특성 간의 상관관계를 살펴보기 위하여 여러 가지 토양 조건에서 재배된 마늘의 무기성분, 알린, total fructan, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 항산화 활성 등을 비교 측정하였다.

*Corresponding author: Heon-Sang Jeong, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, 12 Gaeshindong, Heungduk-gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea
Tel: 82-43-261-2570
Fax: 82-43-271-4412
E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Received September 27, 2007; accepted November 14, 2007

재료 및 방법

마늘 시료

마늘은 단양, 의성 및 태안의 마늘 주산지의 토양 중 대표 재배지 토양 5개를 채취하여 단양마늘 시험장에 포장을 만들고 여기에 2005년산 지역 재래종 마늘인 단양마늘을 파종하여 동일한 조건으로 재배한 후 2006년 6월에 수확한 것을 2단계 샘플링 방법을 통해 시료를 취하여 실험에 사용하였다. 토양은 마늘의 재배지 중 재배 면적이 넓거나 인지도가 높은 지역의 토양을 선 발하였다. 대표적 5개 토양은 단양군 매포읍 영천리에서 평안통(Pyungan), 단양군 매포읍 상괴리에서 마지통(Maji), 단양군 영춘면에서 안미통(Anmi), 그리고 의성군 봉양면 삼산리에서 유가통(Yuga), 태안군 남면 당압리에서 송정통(Songjung)이었다.

마늘 재배 토양 특성

토양 분석은 Lee 등(11)의 방법에 준하여, pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 측정하였고, 유기물(OM)은 Tyurin법으로, 유효인산(Av. P_2O_5)은 Lancaster법으로 비색계(Carry 300, Varian, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 초산암모늄침출법으로 추출하여 Atomic Absorption Spectrometer(FS 220, Varian)로 분석하였다.

Alliin 함량 측정

Alliin 분석은 Hong 등(12)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 마늘 5g을 alliinase 효소활성억제를 위하여 0.1% formic acid가 함유된 50% methanol 100 mL를 넣고 마쇄 후 10,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 상등액 100 μ L에 0.14 M *O*-phthaldialdehyde(methanol에 용해) 400 μ L, 1.11 M *tert*-butylmercaptan (methanol에 용해) 100 μ L, 0.33 M boric acid 100 μ L를 넣고 1분간 교반하여 유도체화하였다. 다시 10,000 rpm에서 5분간 원심분리한 다음 상등액을 HPLC(HP 1100 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 컬럼은 Bondapak (3.9 \times 300 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, 온도는 30°C로 하였다. 이동상은 45 mM phosphate buffer(pH 7.15), 1,4-dioxane, acetonitrile, tetrahydrofuran을 70:22.5:6:1.5로 하였고, 검출기는 UV detector(337 nm)를 이용하였으며, 유속은 0.7 mL/min로 하였다.

Total fructan 함량 측정

Total fructan 분석은 Hong 등(12)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 마늘 10g을 분쇄하여 증류수 50 mL을 넣고 40°C에서 30분간 200 rpm으로 진탕 후 4°C에서 12,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상등액을 얻어 HPLC(HP 1100 series, Agilent Technologies)로 수용성 유리당을 먼저 분석하였다. 총 fructan은 원심분리한 후의 상등액 5 mL에 0.7 N H_2SO_4 2 mL을 넣어 10분간 중탕으로 끓인 후 0.7 N NaOH 2 mL로 중화시킨 다음 HPLC로 총 fructose의 함량을 구하였고, 검출기는 RI를 사용하였다. 컬럼은 carbohydrate column(4.6 \times 250 mm, Agilent Technologies)을 사용하였고, 온도는 40°C로 하였다. 이동상은 75% acetonitrile로 하였으며, 유속은 1 mL/min하여, 다음 계산식을 사용하여 총 fructan의 함량을 계산하였다.

$$\text{Total fructan} = \text{total fructose} - \{(\text{fructose} + 1/2 \text{ sucrose}) \text{ in free sugar}\}$$

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(13)의 방법에 따라 Folin-

Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 마늘 10g에 70% ethanol 50 mL을 가하여 마쇄한 다음 3회 추출한 뒤 감압 여과하여 농축하였다. 농축된 시료를 냉동 건조한 후 증류수 50 mL을 첨가하여 시료로 사용하였다. 각 추출물 100 μ L에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu's reagent 100 μ L를 가하였다. 실온에서 30분간 방치한 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 tannic acid(Sigma-Aldrich)를 농도 구배하여, 검량선을 작성($R^2=0.9965$)한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg tannic acid로 나타내었고, 모든 실험은 3회 반복하여 측정하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Jia 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 마늘 10g에 70% ethanol 50 mL을 가하여 마쇄한 다음 3회 추출한 뒤 감압 여과하여 농축하였다. 농축된 시료를 냉동 건조한 후 증류수 50 mL을 첨가하여 시료로 사용하였다. 각 추출물 250 μ L에 증류수 1 mL를 넣어 희석한 다음, 5% NaNO 75 μ L를 넣고 5분간 방치하였다. 다시 10% $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 를 150 μ L를 넣고 6분간 방치한 다음 1 N NaOH 500 μ L를 가하여 11분 후 510 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질은 (+)-catechin hydrate(Sigma-Aldrich)를 농도구배하여 검량선을 작성($R^2=0.9996$)한 후 총 플라보노이드 함량은 시료 100 g 중의 mg catechin hydrate로 나타내었고, 모든 실험은 3회 반복하여 측정하였다.

DPPH assay에 의한 항산화활성(IC₅₀)

항산화활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl, Sigma-Aldrich)에 의한 전자공여능(electron donating ability, EDA)을 Blois(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 마늘 10g에 70% ethanol 50 mL을 가하여 마쇄한 다음 3회 추출한 뒤 감압 여과하여 농축하였다. 농축된 시료를 냉동 건조한 후 증류수 50 mL을 첨가하여 시료로 사용하였다. 0.2 mM DPPH 용액(99.9% methanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서 30분 방치하여 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 계산하였고, EDA(%)를 50% 감소시키는 IC₅₀(inhibition concentration)을 구하였으며, 모든 실험은 3회 반복하여 측정하였다.

통계분석

모든 분석은 3회 반복 측정하였으며 측정값을 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 통계분석은 SAS program(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중검정을 실시하였으며, 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

토양 특성

마늘의 품질 특성에 미치는 토양 성분의 영향을 살펴보기 위하여 마늘 주산지 대표 토양의 pH와 유기물, 유효인산 및 무기성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. pH는 단양지역의 평안통에서 7.84로 가장 높았고, 다음으로는 단양의 마지통과 안미통 그리고 의성의 유가통, 태안의 송정통 순이었다. 특히 단양지역의 모든 토양은 7.30 이상으로 다른 지역보다 월등히 높은 경향을 보였는데 이는 단양 지역이 석회암 지대이기 때문인 것으로 판

Table 1. Different soil compositions for garlic cultivation

Soil	pH	OM ¹⁾ (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ ²⁾ (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)
Pyungan	7.84 ± 0.08 ³⁾⁴⁾	8.54 ± 0.26 ^a	197.53 ± 12.63 ^c	0.30 ± 0.08 ^a	19.13 ± 1.60 ^b	1.48 ± 0.06 ^d
Maji	7.52 ± 0.10 ^b	3.70 ± 0.13 ^c	329.77 ± 4.59 ^a	0.18 ± 0.03 ^b	17.88 ± 0.90 ^a	2.15 ± 0.15 ^c
Anmi	7.30 ± 0.03 ^c	2.80 ± 0.17 ^d	145.80 ± 4.37 ^d	0.20 ± 0.02 ^b	8.37 ± 0.15 ^c	5.31 ± 0.14 ^a
Yuga	6.90 ± 0.04 ^d	5.33 ± 0.19 ^b	256.47 ± 4.39 ^b	0.23 ± 0.02 ^b	10.80 ± 0.26 ^b	3.05 ± 0.06 ^b
Songjung	5.41 ± 0.03 ^e	1.80 ± 0.10 ^e	111.63 ± 14.04 ^e	0.10 ± 0.03 ^c	8.88 ± 0.19 ^c	2.04 ± 0.08 ^c

¹⁾OM: organic matter, ²⁾Av. P₂O₅: available P₂O₅, ³⁾Values are means ± SD.

⁴⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 2. Correlation coefficients between functional quality of garlic and soil compositions

Factors	pH	OM	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Alliin	Fructan	Polyphenol	Flavonoid	IC ₅₀
pH	1.0000	0.6612** ¹⁾	0.5753*	0.7550**	0.6649**	0.0845	0.3024	0.7274**	0.9205***	0.6264*	-0.7372**
OM	-	1.0000	0.3010	0.8368***	0.6988**	-0.4262	0.3581	0.3776	0.7580**	0.9211***	-0.8749***
Av. P ₂ O ₅	-	-	1.0000	0.3005	0.6166*	-0.2412	-0.3418	0.0420	0.7065**	0.5083	-0.5070
K	-	-	-	1.0000	0.5526*	-0.0641	0.3107	0.5511*	0.7460**	0.7477**	-0.7338**
Ca	-	-	-	-	1.0000	-0.6486**	0.4032	0.4151	0.8206**	0.8755***	-0.5938*
Mg	-	-	-	-	-	1.0000	-0.2050	0.2032	-0.2189	-0.6470**	0.2341
Alliin	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.7350**	0.2803	0.3157	-0.0878
Fructan	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.5871*	0.2935	-0.3216
Polyphenol	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.8076**	-0.7738**
Flavonoid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	-0.7943**
IC ₅₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000

¹⁾*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

단된다. 토양의 비옥도를 가름하는 유기물은 단양지역의 평안통에서 8.54 g/kg으로 다른 토양에 비해 높은 함량을 나타내었다. 유효인산 함량은 단양지역의 마지동이 329.77 mg/kg으로 가장 높은 함량을 나타내었으며 그 다음으로는 유기통, 평안통, 안미통 및 송정통 순이었다. 마늘 재배 토양에서 권장하는 유효인산은 500 mg/kg 이하로 모든 토양에서 유효인산이 과다 축적되지 않은 것으로 나타났다(16). 무기성분은 토양별로 비슷한 함량을 나타내었지만 평안통에서 K과 Ca이 각각 0.3 및 19.13 cmol/kg, Mg은 안미통에서 5.31 cmol/kg으로 높은 함량을 나타내었다. 농경지에서 Ca의 적정치는 7.2 cmol/kg수준으로 볼 때 이 같은 Ca의 과포화는 단양지역이 석회암지대이기 때문이라 생각되며 이러한 높은 Ca함량은 토양산도의 중화에 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다(17). Mg 함량은 2.17 cmol/kg이라고 한 Sohn 등(17)의 보고와 비교하면 적정수준 이상으로 함유되어 있는 것으로 나타났다.

Alliin 함량

재배 토양별 마늘의 alliin 함량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 재배 토양에 따라 함량의 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 본 실험에 사용된 마늘의 alliin 함량은 8.5-9.2 mg/g 범위로, 단양지역의 평안통에서 9.2 mg/g로 가장 높았고 의성지역의 유기통에서 8.5 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었는데 이러한 결과는 Hong 등(18)의 보고에서와 같이 단양 지역 마늘이 8.8 mg/g이었다는 연구결과와 유사한 값이었다. 마늘의 alliin 함량은 마늘 고유의 유전적 원인에 의해서 함량이 결정되기도 하지만 생태형에 맞는 지역에서 재배된 마늘의 alliin 함량이 다른 지역에서 생산된 마늘보다 높다는 연구 보고(19)에서 볼 때 단양 지역인 평안통에서 재배된 마늘의 alliin 함량이 높게 나타난 것은 파종된 마늘이 단양 재래종 마늘로 생태형에 맞는 지역에서 재배되었기 때문이라고 생각되지만 토양 특성과의 상관관계 분석 결과 유의성은 없는 것으로 나타났다(Table 2).

Total fructan 함량

Fructan은 마늘이 겨울을 나는 동안 저온에 대한 내한성을 유지하며 또한 발아 시 영양분 역할을 하는 주요 저장양분으로서의 역할을 수행한다. 또한 마늘을 식용으로 이용할 때 맛을 내는 주요 성분이므로 마늘의 품질을 결정하는 또 하나의 주요 기능성 성분이라고 할 수 있다(18). 재배 토양별 마늘의 total fructan 함량을 측정된 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 184.7-193.3 mg/g 범위이었으며, 그 중 평안통에서 193.3 mg/g로 가장 높았고, 송정통에서 184.7 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 Bae 등(20)의 보고에서와 같이 단양 지역 마늘의 total fructan 함량은 183 mg/g이었다는 연구결과와 유사하였으며, alliin이 높은 것과 마찬가지로 생태형에 맞는 지역에서 재배되었기 때문이라고 생각된다. 토양 특성과 total fructan 함량에 대한 상관관계 분석 결과(Table 2) pH가 높을수록 total fructan이 증가하는 양의 상관관계($r = 0.7274$, $p < 0.01$)가 있는 것으로 나타났는데 단양지역 토양의 pH는 7.30-7.84 범위로 의성과 태안 지역의 5.41-6.90보다 높아 total fructan의 함량이 높게 나타난 것으로 생각된다. pH가 낮을 경우에는 철, 망간 등의 유효도가 커져 이들이 과다하게 흡수되어 작물에 독성을 일으킬 수 있고, pH 값의 크기는 작물이 이용할 수 있는 유효한 양분으로 변화시켜 주기도 하고, 양분을 많이 이용하게 하느냐 또는 덜 이용하게 하느냐의 주요한 역할을 한다(21). 따라서 마늘의 주요 영양분 역할을 하는 fructan에 영향을 끼쳤을 것이라 생각한다. 칼륨 함량도 양의 상관관계($r = 0.5511$, $p < 0.01$)를 나타내었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

재배 토양별 마늘의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이, 재배 토양에 따라 유의적인 함량의 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 마늘의 총 폴리페놀 함량은 토양별로 106.3-146.5 mg/100 g 범위이었으며, 그 중 평안통에서 재배된 마늘이

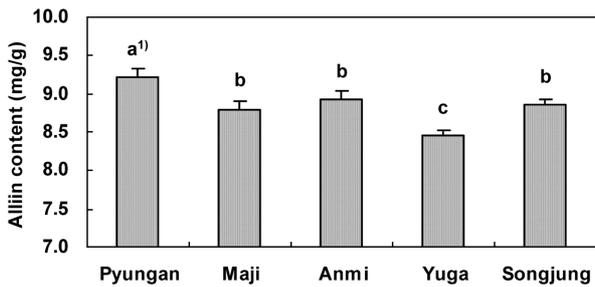


Fig. 1. Alliin contents of garlics from various soil conditions. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

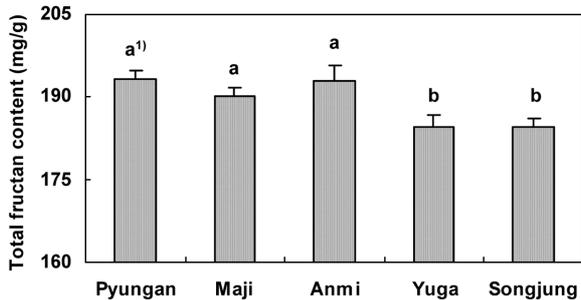


Fig. 2. Total fructan contents of garlics from various soil conditions. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

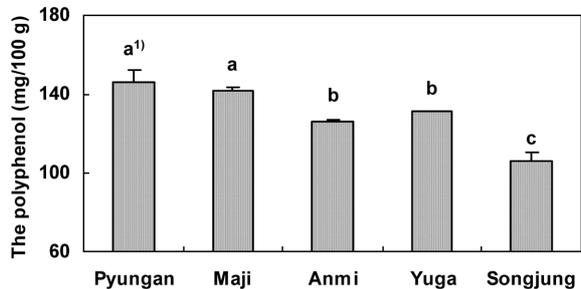


Fig. 3. Total polyphenol contents of garlics from various soil conditions. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

146.5 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 다음으로 마지통이 142.1 mg/100 g, 유가통이 130.9 mg/100 g, 안미통이 125.9 mg/100 g, 그리고 송정통에서 106.3 mg/100 g 순으로 나타났다. 이러한 함량은 토양별로는 약간의 차이가 있지만 Kim 등(22)이 보고한 마늘의 총 폴리페놀 함량은 140 mg/100 g이라는 결과와 유사한 값이었다. 토양 특성과 총 폴리페놀함량에 대한 상관관계 분석 결과(Table 2) pH, 유기물, 유효인산, 칼륨 및 칼슘 함량이 증가할수록 총 폴리페놀도 증가하는 양의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다.

재배 토양별 마늘의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 4에서 보는 바와 같이, 재배 토양의 종류에 따라 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 총 플라보노이드 함량은 토양별로 49.5-123.5 mg/100 g 범위이었으며, 그 중 평안통에서 재배된 마늘이 123.5 mg/100 g으로 가장 높았으며, 나머지 토양에서는 49.5-85.8 mg/100 g 범위로 Lee 등(23)이 보고한 80 mg/100 g과 다소 차이가 있었는데 이러한 결과는 재배토양의 특성에 따른 차이로 생각된다. 마늘은

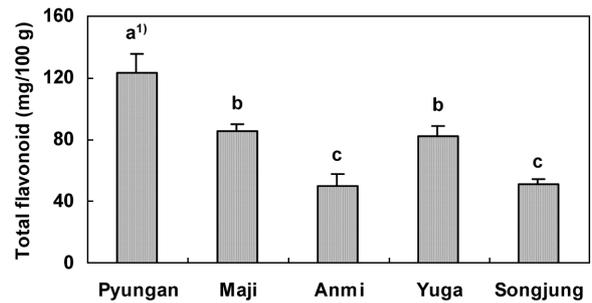


Fig. 4. Total flavonoid contents of garlics from various soil conditions. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

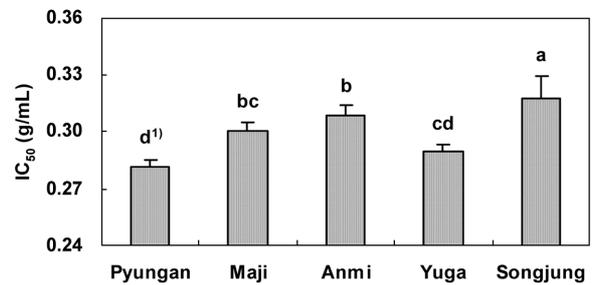


Fig. 5. IC₅₀ of EDA (%) by DPPH assay of garlics from various soil conditions. ¹⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

비옥한 토양에서 우수한 품질의 마늘이 생산되는데 비옥한 토양을 나타내는 유기물의 함량이 많은 평안통 토양에서 총 플라보노이드 함량이 높게 나타났는데($r = 0.9211$, $p < 0.001$), 이는 단양 지역 마늘이 단양 지역 토양에서 재배되었기 때문이라 생각된다. 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드의 함량 비교 시 지역별 경향이 다른 것은 폴리페놀 화합물에는 플라보노이드 외에 lignans, lignins, tannin 등이 포함되어 있기 때문에 플라보노이드 이외의 폴리페놀화합물이 영향을 끼쳤을 것이라 생각한다.

토양 특성과 총 플라보노이드 함량간의 상관관계 분석 결과(Table 2) pH, 유기물, 칼륨 및 칼슘과 높은 양의 상관($p < 0.05$)을 나타내었으며 마그네슘과는 음의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다. 유기물은 토양에서 서서히 분해되면서 각종 양분의 공급하여 마늘의 품질에 영향을 미치며 K, Ca, Mg과 상관을 보이는데 K, Ca, Mg이 유기물 공급량에 의존하기 때문인 것 같다(24). 유효인산은 식물체내에 흡수되어 광합성작용과 세포의 성장, 증식 등에 관여하므로 과다 축적되지 않았기 때문에 마늘에 영향을 끼쳤을 것이다(25). Mg은 대부분 토양에서 과다 축적되어 있어 생육장애 및 마늘의 품질악화를 초래한 것이며(26), 이로 인해 유효인산, 유기물, K, Ca, Mg 등이 마늘의 품질에 영향을 끼치는 것으로 생각된다.

DPPH assay에 의한 항산화활성(IC₅₀)

전자공여능은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 라디칼의 공유 결합성을 증가시킴으로써 식품 중의 지방질 산화를 억제하고 있을 뿐만 아니라, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 것으로 알려져 있다. 각각의 마늘 추출물에 대한 전자공여능의 IC₅₀(EDA 값을 50% 감소시키는 값)을 측정된 결과는 Fig. 5

와 같이 토양별로 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 재배 토양별 마늘의 IC_{50} 값은 0.28-0.32 g/mL 범위로, 평안통, 유가통, 마지통, 안미통, 송정통 순으로 나타났다. 그 중 평안통에서 0.28 g/mL로 가장 높았으며, 송정통에서 0.32 g/mL로 가장 낮은 항산화활성을 나타내었으며, 이러한 결과는 Im 등(27)과 Byun 등(28)이 보고한 결과와 유사한 값이었다. 평안통에서 재배된 마늘의 항산화 활성이 다른 지역 토양에서 재배된 마늘에 비하여 높게 나타났는데 이러한 결과는 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 알린 함량이 다른 지역 토양에서 재배된 마늘보다 높았기 때문이라 생각되며, 이는 토양 특성과 마늘의 품질특성 간의 상관관계 분석 결과를 나타내는 Table 2에서 보는 바와 같이 항산화물질과 토양특성 간에 높은 상관관계($p < 0.01$)가 있는 것으로부터 알 수 있다.

이상의 결과를 종합해보면 토양의 조건이 마늘의 품질에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 특히 토양의 pH나 유기물 함량이 마늘의 품질과 높은 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한 단양지역 마늘이 단양지역 토양에서 재배될 때 품질특성이 우수하게 나타난 것으로 보아 생태형에 맞는 지역에서의 생산이 유리한 것으로 판단된다.

요 약

토양의 특성이 마늘의 품질 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 마늘 주산지 토양인 단양의 평안통, 안미통, 마지통과 의성의 유가통, 태안의 송정통 등 5가지 토양을 채취하여 동일 지역에 재배 포장을 만들고 단양 재래종 마늘을 재배한 후 마늘의 품질 특성을 조사하였다. 토양 특성의 분석 결과 pH, 유기물, 유효인산 및 무기성분 등은 단양지역의 평안통 토양에서 높았다. Alliin과 total fructan 함량은 모두 평안통에서 재배된 마늘이 각각 9.2 및 193.3 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 각각 106.3-146.5 및 49.5-123.5 mg/100 g 범위였으며, 평안통에서 각각 146.5 및 123.5 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 항산화활성(IC_{50})은 0.28-0.32 g/mL 범위이었으며, 평안통에서 0.28 g/mL로 가장 높은 활성을 나타내었다. 상관관계 분석 결과 마늘의 품질에 영향을 미치는 것은 토양의 pH와 유기물 함량($p < 0.01$)이었으며, 단양지역 마늘이 단양지역 토양에서 재배될 때 품질 특성이 우수하게 나타난 것으로 보아 생태형이 맞는 지역에서의 생산이 유리할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21 연구사업(과제번호: 20050401034603)의 예산으로 추진된 연구의 일부로서 연구비를 지원하여 주신 농촌진흥청 바이오그린21 사업단에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Shin JH, Ju JC, Kwen OC, Yang SM, Lee SJ. Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. Korean J. Food Nutr. 17: 237-245 (2004)
2. Chun HJ, Paik JE. Effect of heat treatment of garlic added diet on the blood of spontaneously hypertention rat. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr. 26: 103-108 (1997)
3. David K. The effect of dietary garlic on the development of cardiovascular disease. Trends Food Sci. Tech. 2: 141-144 (1991)
4. Steinmetz KA, Kushi LH, Bostick RM, Folsom AR, Potter JD. Vegetables, fruit, and colon cancer in the Iowa women's health study. Am. J. Epidemiol. 139: 1-15 (1994)

5. Belman S. Onion and garlic oils inhibit tumor promotion. Carcinogenesis 4: 1063-1067 (1983)
6. Stoll A, Seebeck E. Chemical investigation on alliin, the specific principle of garlic. Adv. Enzymol. 11: 377-400 (1951)
7. Kang BK, Jeong IM, Kim JJ, Hong SD, Min KB. Chemical characteristics of plastic film house soils in Chungbuk area. Korean J. Soil Sci. Fert. 30: 265-271 (1997)
8. Park BG, Jeon TH, Kim YH, Ho QS. Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 27: 238-246 (1994)
9. Hwang KS, Lee SJ, Kwack YH, Kim KS. Soil chemical properties of major vegetable producing open fields. Korean J. Soil Sci. Fert. 30: 146-151 (1997)
10. Kim CB, Kim CY, Park M, Lee DH, Choi J. Effect of chemical properties of cultivation soils on the plant growth and quality of garlic. Korean J. Soil Sci. Fert. 33: 333-339 (2000)
11. Lee JY, Jung JH, Kim SC, Hwang SW, Lee CS. Chemical properties of Korean orchard soils in main apple, pear, grape and peach producing area. Korean J. Soil Sci. Fert. 33: 79-84 (2000)
12. Hong GH, Lee SK, Moon W. Alliin and fructan contents in garlics, by cultivars and cultivating areas. Korean J. Soc. Hort. Sci. 38: 483-488 (1997)
13. Dewanto V, Wu XZ, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 50: 4959-4964 (2002)
14. Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 64: 555-559 (1999)
15. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 26: 1199-1203 (1958)
16. Ha HS, Yang MS, Lee H, Lee YB, Sohn BK, Kang YG. Soil chemical properties and plant mineral contents in plastic film house in Southern part of Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 30: 272-279 (1997)
17. Sohn BK, Sho JS, Kang JG, Cho JY, Kim KY, Kim HW, Kim HL. Physicochemical properties of soils at red pepper, garlic, and onion cultivation areas in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 32: 123-131 (1999)
18. Hong GH, Jang HS, Kim YB. Effect of processing treatments on change in quality of the functional components in garlic, *Allium sativum* L. Korean J. Soc. Hort. Sci. 40: 23-25 (1999)
19. Hong KH. An analysis of alliin and fructan in garlic. PhD thesis, Seoul National University, Seoul, Korea (1996)
20. Bae RN, Yun SD, Ahn YK, Mok IG, Lim CI. Differences in plant growth and bulb development as affected by storage temperature of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. Korean J. Hort. Sci. Technol. 20: 95-99 (2002)
21. Jung BG, Choi JW, Yun ES, Yoon JH, Kim YH. Monitoring on chemical properties of bench marked upland soils in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 34: 326-332 (2001)
22. Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM. Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 49: 328-333 (2006)
23. Lee JM, Son ES, Oh SS, Han DS. Contents of total flavonoid and biological activities of edible plants. Korean J. Diet Culture 16: 504-515 (2001)
24. Park H, Lee MG, Lee JC, Byen JS. Soil factors affecting ginseng seedling yield and their relation. Korean J. Soil Sci. Fert. 17: 24-29 (1984)
25. Park JS. Analysis of available phosphorus in soils by near infrared reflectance spectroscopy. MS thesis, Taegu University, Daegu, Korea (2002)
26. Kim JH, Lee JS, Kim WI, Jung GB, Yun SG, Jung YT, Kwun SK. Groundwater and soil environment of glastic film house fields around central part of Korea. Korean J. Environ. Agric. 21: 109-116 (2002)
27. Im KJ, Lee SK, Park DK, Rhee MS, Lee JK. Inhibitory effects of garlic on the nitrosation. Korean J. Soc. Agr. Chem. Biotechnol. 43: 110-115 (2000)
28. Byun PH, Kim WJ, Yoon SK. Effects of extraction conditions on the functional properties of garlic extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 507-513 (2001)