

동부나물의 부위별 생육, 폴리페놀 및 항산화성 차이

천상욱[†]

광주광역시 양산동 883번지 (주)이파리넷

Difference in Growth, Phenolics Content and Antioxidant Activity of Cowpea Sprouts at Different Plant Parts

Sang-Uk Chon[†]

EFARINET Co. Ltd., #883, Yangsan-Dong, Gwangju 500-895, South Korea

ABSTRACT An experiment was conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme status for the extracts from 5 and 7-day old sprouts (DOS) of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Total phenolics [mg ferulic acid equivalents (FAE) kg⁻¹ DW] content was highest in cotyledon extracts (48.8 mg kg⁻¹), followed by roots (30.8 mg kg⁻¹) and hypocotyl (22.2 mg kg⁻¹) extracts ($p < 0.05$) from 5 DOS. The result of total flavonoid level [mg rutin equivalents kg⁻¹ DW] had same tendency to the results of total phenolics, showing lower amount ranges. The antioxidant activity of the methanol extracts from all the plant dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was higher in cotyledon extracts (82.5%) than in root (52.6%) or hypocotyl parts (35.0%) from 5 DOS. Among antioxidant enzymes, APX and CAT activities were highest in cotyledon part and POX and SOD activities in root part of 5 and 7 DOS. The results showed that total phenolics content ($r^2 = 0.1516 \sim 0.9911$) were more highly correlated with antioxidant activity than total flavonoids level ($r^2 = 0.0113 \sim 0.9442$), and that the level and activity of physiological-active substances were different depending on plant part of the sprout.

Keywords : cowpea, plant part, total phenolics content, total flavonoids level, DPPH radical scavenging activity, antioxidant enzyme activity

두과류 종자는 단백질, 복합 탄수화물(식이섬유), 무기양분 및 비타민류가 풍부하여 매 중요한 식품원이며 수많은

생리활성물질을 함유하고 있어 심장병, 당뇨병, 비만 위험성을 감소시키고 혈중 콜레스테롤을 낮추는 효과가 뚜렷한 것으로 알려져 있다(Salunke *et al.*, 2005; Madhujith *et al.*, 2004). 두과작물 종자를 이용한 가공식품들은 다양하게 개발되어 상용되고 있으며 그 중 일부는 발아시켜 새싹나물로 대용되어 시간과 장소에 제한 받지 않고 쉽게 재배할 수 있어 경제적으로 영양학적으로 우수한 식품으로 두각을 보이고 있다. 따라서 이렇게 종자로부터 싹을 틔워 나물로 만드는 단순하고 값싼 공정과정은 식품의 영양적 가치(Danisová *et al.*, 1994; Bau *et al.*, 1997; Abdullah & Baldwin, 1984) 뿐만 아니라 건강 기능성(Bau *et al.*, 1997; Sowmya & Rajyalakshmi, 1999) 측면에서 식품의 품질을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 그 중 두과류(대두, 녹두, 강낭콩, 편두), 화곡류(귀리, 밀, 보리 밀, 아마), 알팔파와 무는 종자들로부터 이러한 새싹을 만들어 소비되고 있으며 특히, 콩나물과 숙주나물은 한국에서 대표적으로 이용되고 있는 단백질이 풍부한 두과작물로 가장 많이 소비되고 있다(Danisová *et al.*, 1994).

동부의 주성분은 당질이고 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피 대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다. 조(1990)는 동부종자에는 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%과 100 g당 칼슘 75 mg, 인 400 mg, 철 5.6 mg, 칼륨 1400 mg, 비타민 B₁ 0.5 mg, 비타민 B₂ 0.1 mg, 니코틴산 2.5 mg이 각각 함유되어 있음을 보고하였다. 동부 종자는 또한 다양한 페놀 화합물 protocatechuic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, caffeic acid,

[†]Corresponding author: (Phone) +82-62-571-6508 (E-mail) choncn@nate.com

<Received 17 January, 2013; Accepted 22 July, 2013>

p-coumaric acid, ferulic acid, cinnamic acid를 함유하고 있으며, 특히 동부종자로부터 분리한 단백질은 plasma 총 콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤 함량을 유의적으로 감소시켰음을 보고한 바 있다(Cai *et al.*, 2003). 또한, Siddhuraju & Becker(2007)는 두 품종의 종자 추출물에서 항산화성과 자유라디칼 소거능을 다양한 방법으로 항산화성을 확인한 바 있고 Gutiérrez-Urbe *et al.*(2011)은 동부 전체 종자, 종피 및 자엽의 부위별 추출물로부터 총 페놀 함량과 MCF-7 암세포주에 대한 항암활성을 비교한 바 있고 Oh *et al.*(2003)은 콩나물의 사포닌 함량 분석 연구에서 자엽에서 4.19 mg/g 인데 비해 줄기와 뿌리가 각각 7.46과 7.45 mg/g으로 거의 2배정도 높은 함량을 보였음을 보고하였다. 하지만 동부 종자 또는 새싹에 대한 부위별 생장, 품질 및 생리활성에 관한 연구는 아직 미미한 실정에 있다.

항산화효소는 식물에 유해한 활성산소를 소거하는 작용이 있으며, 그 활성의 증가는 온도 변화나 영양소 부족, 수분 스트레스, 오존에의 노출 등과 같은 환경스트레스에 대한 식물의 내성을 증가시키는 것으로 알려져 있고, 식물종에 따라서도 그 정도가 다양한 것으로 보고되어 있다(Kang *et al.*, 1999; Chung *et al.*, 1999). 과산화적 스트레스에 대한 적응과정 중에는 유해한 활성산소를 소거하기 위해 ascorbate peroxidase(APX), guaiacol peroxidase(GPX) 및 catalase(CAT) 등의 항산화 효소의 활성이 증가하는 것으로 알려져 있다(Blume & McClure, 1980; Nakano and Asada, 1981). 식물은 또한 활성 산소종에 대한 방어 기작으로 복합 항산화 시스템을 가지고 있는데, 특히 항산화 효소의 발현은 중요한 역할을 한다(Davies, 1995). 항산화 효소 중에서 superoxide dismutase(SOD)는 환원 산소종을 과산화수소와 산소를 전환시키는 반응을 촉매하는 효소로서 효소 분자에 들어있는 금속 조효소의 종류에 따라 Cu/Zn-SOD, Mn-SOD 및 Fe-SOD로 구분된다(Bowler *et al.*, 1992). SOD에 의해서 유기된 과산화수소는 peroxidase(POD)나 catalase(CAT)에 의해서 물 분자와 산소 분자로 분해됨으로써 과다한 활성 산소종에 의한 피해를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Anderson *et al.*, 1995). 동부를 실내조건에서 콩나물과 같은 조건에서 재배되는 경우의 주요한 항산화 효소 활성에 대한 연구는 전무하다고 볼 수 있다.

우수한 전분과 다양한 기능성을 갖는 것으로 알려진 동부 자원은 지금까지는 국내에서 냉쿨성(무한화서)으로 상업적 재배가 불가능하여 일부에서 간식용으로만 재배되고 있는 실정이었으나 최근 기계수확이 가능한 단간중(유한화서)이 육성되면서 영농현장에서 상업적 대량생산 재배가 가능하게 되고 동부 자원을 새싹채소(나물용), 기능성 동부죽 및

소프트 음료로의 개발 가치가 높아 농가의 신소득원 창출에 기여할 것으로 기대된다.

따라서 본 연구는 동부를 7일간 재배하여 얻어지는 동부 나물(새싹) 부위별 메탄올 추출물을 대상으로 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화 효소활성 차이를 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

식물재료

선별된 동부종자 200 g 씩을 3% NaClO 용액으로 소독한 후 증류수로 세척하였고 세척한 것을 24±1°C 암실에서 15시간 증류수에 침지시킨 후, 콩나물 재배기(Miracle sprouter™, KSP-1000, Seoul, Korea)에 치상하고 하루 4회 15분씩 증류수를 살수하여 7일간 재배하였다. 재배용액으로 증류수를 2 L씩 매일 교환하였다. 재배 후 5일 된 새싹을 무작위로 30개씩을 채취하여 각 부위별로 길이와 무게를 측정하였다. 채취된 샘플은 사용 때까지 초저온(-60°C) 하에서 5일간 냉동·보관하였다. 보관된 시료는 동결건조(-60°C)시킨 후 마쇄하여 1 mm 체에 통과시켰으며 사용 때까지 다시 냉동·보관하였다. 동결건조된 식물체 시료 200 g 씩을 95% 메탄올 2 L에 25°C에서 24시간 동안 추출하여 여과한 후 그 추출액을 50°C에서 감압 농축하여 메탄올 추출물을 얻어 동결 건조하였다. 최종적으로 각 식물체의 메탄올 추출물로부터 얻어진 평균 회수율은 약 10% 정도였다(Krygier *et al.*, 1982).

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton & Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 각 부위별 메탄올 추출물을 1 mg mL⁻¹ 농도로 조제한 후, 이 시료액 1 mL에 증류수 3 mL를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1 mL를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1 mL를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640 nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU, Kyoto, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 chlorogenic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

총 플라보노이드 함량은 동결 건조된 각 부위별 메탄올 추출물 0.1 g에 Lister *et al.*(1994)의 변형된 방법에 따라 75% 메탄올을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0 mL를 시험관에 취하고 10 mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1 N NaOH

0.1 mL를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% 메탄올 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 naringin(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 표준 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

항산화성

동부새싹의 각 부위별 메탄올 추출물로 항산화성 검정을 위해 HPLC에 의한 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법(Blois, 1958)을 수행하였고 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500-550 nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적인 분석조건을 설정하였다. 900 µL DPPH 용액(100 µM)과 시료용액 100 µL을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900 µL DPPH 용액(100 µM)과 시료 추출물을 용해한 용액(100 µL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack(4.6 × 250 mm), mobile phase: MeOH-H₂O(70 : 30, v/v), wavelength: 517 nm, flow rate: 0.8 mL min⁻¹, attenuation: 32, injection volume: 20 µL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다. 또한 필요에 따라 활성이 50%일 때의 추출물의 농도를 IC₅₀값으로 나타냈다.

$$An = (A-Ao)/Ao \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출 피크면적

Ao : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical 용액의 용출 피크면적

각 시료로부터 메탄올 추출물의 아질산염 소거작용의 측정은 1 mM NaNO₂ 20 µL에 시료의 추출액 40 µL와 0.1 N HCl(pH 1.2) 또는 0.2 M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2 M citrate buffer(pH 6.0)을 140 µL 사용하여 부피를 200 µL로 맞추었다. 이 반응액을 37°C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000 µL, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1 : 1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 µL를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray & Dugan, 1975).

$$N(\%) = 1-(A-C)/B \times 100$$

N : Nitrite scavenging 활성(%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 1 mM NaNO₂의 용출 피크면적

B : 시료가 첨가하지 않은 1 mM NaNO₂의 용출 피크면적

C : 대조군의 용출 피크면적

항산화 효소 활성

재배 후 5일과 7일 된 동부새싹 부위별 주요한 항산화 효소 활성을 측정하고자 catalase(CAT), superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase(APX)가 사용되었다. 효소액 조제는 동결건조 시료 0.5 g에 2 mM EDTA, 1% PVP-40, 1 mM PMSF가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)에서 균질화하여 15,000 g로 20분간 원심분리한 다음 상층액을 항산화효소에 사용하였다. Ascorbate peroxidase(APX) 경우 extraction buffer에 위의 조성액 10 mM를 첨가하여 사용하였다. 단백질 정량은 BSA를 표준물질을 사용하여 Bradford(1976)방법에 따라 측정하였다.

APX 활성은 Chen & Asada(1989)방법에 따라 ascorbate의 산화 정도를 290 nm에서 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다. APX의 반응액은 0.5 mM ascorbate와 0.2 mM H₂O₂가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)로 하였다.

CAT 활성은 Mishra *et al.*(1993)의 방법에 의해 측정하였으며, 반응액은 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)와 10 mM H₂O₂로 하였다. CAT 활성은 반응액에 추출액을 가한 다음 240 nm에 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다(Chen & Asada, 1989).

SOD 활성 검정은 분석용 Kit(SOD Assay Kit-WST, Sigma-Aldrich, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 즉, SOD의 효소활성이 NBT(nitroblue tetrazolium)의 환원을 저해하는 능력을 검정하는 photochemical NBT method를 사용하였다. 반응액은 50 mM carbonic buffer(pH 10.2), 0.1 mM EDTA, 0.1 mM Xanthine, 0.025 mM NBT로 하였으며, NBT환원 저해율을 흡광도 450 nm에서 측정하였다. 각 시료에 대하여 3회 반복으로 하였으며, SOD효소활성은 다음의 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{SOD활성(NBT환원 저해율, \%)} = \frac{[(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}}) - (A_{\text{sample}} - A_{\text{blank2}})]}{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}})} \times 100$$

POX활성은 Egley *et al.*(1983)의 방법에 의해 측정하였으며 반응액은 최종농도가 40 mM K-PO₄ buffer(pH 6.9),

1.5 mM guaiacol, 6.5 mM H₂O₂가 되도록 만든다. POX 활성은 반응액에 sample을 혼합하여 spectrophotometer를 이용하여서 470 nm에서 2분간 흡광도 변화를 측정하였다.

통계분석

모든 조사항목의 분석은 3회 반복 실시하였으며 그 결과를 SAS(SAS Institute, 2000)로 이용하였고 처리간의 평균치 차이는 LSD(Least Significant Difference)검정을 통해 비교·분석하였다. 각 조사항목별 상관관계($p < 0.05$)를 알아보고자 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, 아질산염 소거능 및 항산화효소(APX, CAT, POX, SOD) 활성에 있어서 각 항목 양자 간의 상관계수를 도출하여 비교하였다.

결과 및 고찰

초기생육 특성

동부나물의 부위별 생육량을 알아보기 위하여 재배 후 5일째 동부의 자엽, 하배축, 뿌리의 길이와 무게를 각각 측정하였다. 그 결과 자엽, 하배축, 뿌리 신장은 각각 23.3, 40.4, 48.8 mm로 나타나 뿌리가 가장 길었으나 생체중에서는 자엽 생체중이 289.6 mg으로 가장 높게 나타났고 하배축과 뿌리 생체중은 각각 210.9 mg과 81.7 mg으로 나타났다 (Table 1).

총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량

Folin-Denis방법에 따라 부위별 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물로 측정된 결과, 재배 후 5일이 지난 동부의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물은 각각 48.8, 22.2, 30.8 mg kg⁻¹으로 자엽이 가장 높게 나타났고, 다음이 뿌리, 하배축 순이었다. 한편, 부위별 총 플라보노이드 함량은, 재배 후 5일째 동부나

Table 1. Plant growth, total phenolics content and total flavonoid level of 5-day old cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

Plant part	Cotyledon	Hypocotyl	Root
Plant length (mm)	23.3±0.7 c	40.4±0.6 b	48.8±1.6 a
Plant weight (mg)	289.6±6.9 a	210.9±9.2 b	81.7±3.4 c
Total phenolics content (mg kg ⁻¹)	48.8±0.3 a	22.2±0.4 c	30.8±0.3 b
Total flavonoid level (mg kg ⁻¹)	11.8±0.8 a	6.5±0.3 b	6.2±0.4 b

물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물은 각각 11.8, 6.5, 6.2 mg kg⁻¹으로 자엽이 가장 높게 나타났으나 총 페놀 함량에 비해 현저히 낮은 함량을 보였다(Table 1).

유사한 연구로서 Cai *et al.*(2003)은 여러 가지 페놀 화합물 중 protocatechuic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid 및 cinnamic acid 등이 함유되어 있음을 보고하였다. 하지만 발아 일수별 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량의 변이에 관한 연구는 없는 것으로 나타났다.

항산화성

각 부위별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 DPPH 라디칼 소거능은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물에서 각각 82.5, 35.0, 52.6%로 역시 자엽이 가장 높은 활성을 보였다. 또한, 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물은 각각 77.3, 15.1, 43.9%로 자엽이 가장 높게 나타났다(Fig. 1).

한편, 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 아질산염 소거능은 재배 후 5일이 지난 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌

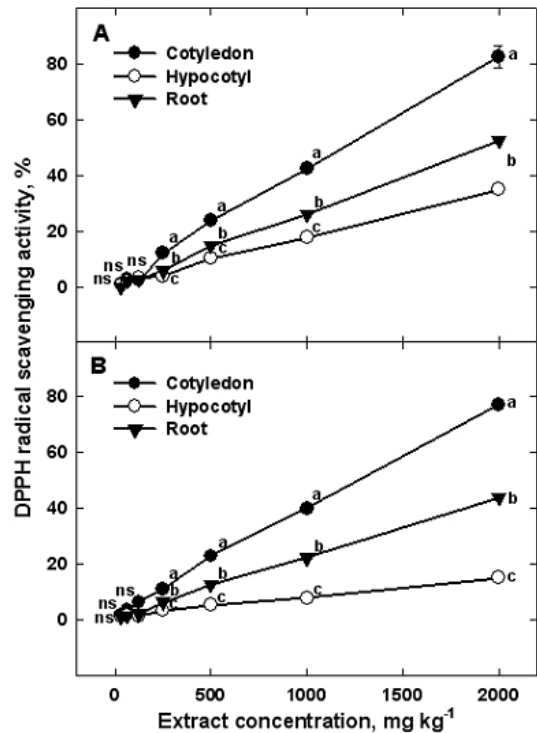


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of 5- (A) and 7-day old (B) cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same letter within a same concentration are not significantly different ($p < 0.05$).

리 추출물에서 각각 78.2, 79.7, 79.1%로 부위별 유의적인 차이가 없었다. 재배 후 7일째도 마찬가지로 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물에서 각각 75.7, 79.7, 76.0%로 나타나 부위별 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 2).

Siddhuraju and Becker(2007)는 명갈색 종자 추출물이 암갈색 종자보다 더 높은 총 페놀과 탄닌 함량을 보였으며 O₂⁻, OH, α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH), ABTS⁺, FRAP를 통한 항산화 활성을 증명하는 바 있다. 특히, 여러 추출물 중에서 고온으로 건조한 샘플이 가장 높은 수산화 라디칼 소거능을 보여 명갈색과 암갈색 종자 추출물이 각각

83.6%와 68.2% 활성을 보여 동부 종자의 잠재적인 항산화 성이 있음을 뒷받침해 주고 있다.

항산화 효소 활성

콩나물재배기의 미시환경 하에서 동부 각 부위별 주요 항산화 효소의 활성 변이를 구명하고자 ascorbate peroxidase (APX), catalase(CAT), peroxidase(POD)와 superoxide dismutase (SOD)의 효소활성을 측정하였다.

부위별 동부의 APX 활성은 재배 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 6497.6, 14743.8, 7061.6 unit으로 하배축이 가장 높게 나타났다. 또한, 재배 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리도 각각 6968.8, 12507.3, 5751.6 unit으로 하배축이 가장 높게 나타났다. CAT 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 993.7, 1438.8, 732.5 unit으로 하배축이 가장 높게 나타났다. 재배 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리는 각각 1224.1, 1176.6, 494.5 unit으로 자엽과 하배축이 높게 나타났다. POX 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 3764.0, 6518.3, 16993.1 unit으로 뿌리가 가장 높게 나타났다. 또한, 재배 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리도 각각 3824.0, 7526.9, 17222.1 unit으로 뿌리가 가장 높게 나타났다. SOD 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 66.7, 81.6, 87.5 unit으로 부위별 유의적인 차이가 없었다. 또한, 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리도 각각 69.6, 77.0, 87.1 unit으로 부위별 유의

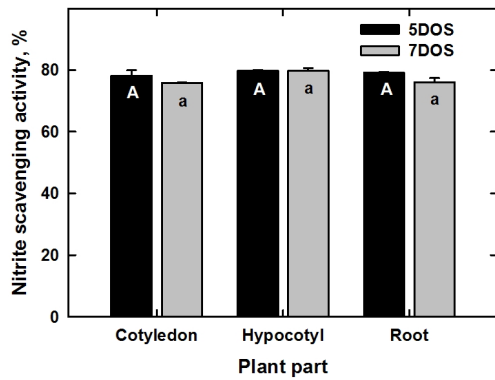


Fig. 2. Nitrite scavenging activity of 5- (5DOS) and 7-day old (7DOS) cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same capital (5DOS) or small letters (7DOS) are not significantly different ($p < 0.05$).

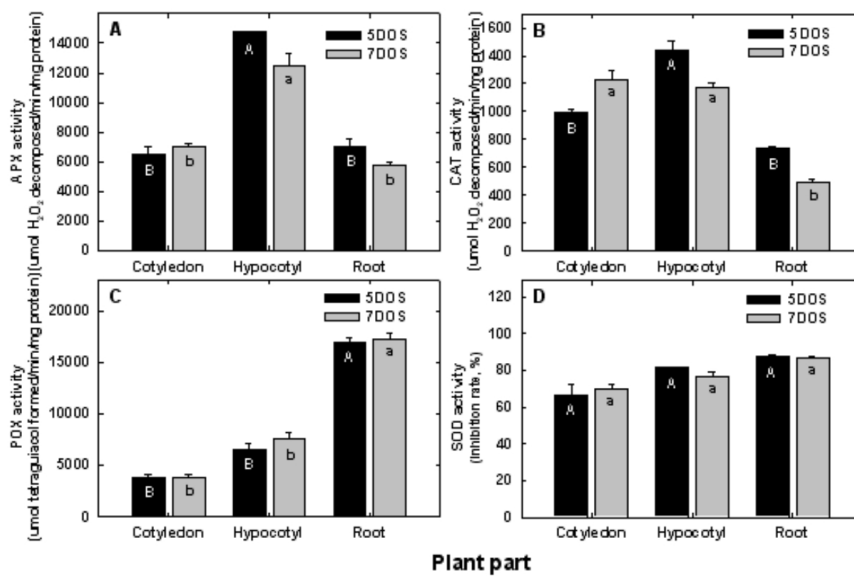


Fig. 3. APX (A), CAT (B), POX (C) and SOD (D) activities of 5- (5DOS) and 7-day old (7DOS) cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same capital (5DOS) or small letters (7DOS) are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Correlation coefficients among physiologically-active components and their activities of 5-day old cowpea sprouts at different plant parts.

	TP	TF	DPPH	NSA	APX	CAT	POX	SOD
TP	1.00	0.87***	0.92***	0.99***	0.62***	0.21*	0.15	0.68***
TF		1.00	0.63***	0.80***	0.27*	0.01	0.48**	0.94***
DPPH			1.00	0.96***	0.87***	0.48**	0.02	0.39**
NSA				1.00	0.71***	0.29*	0.09	0.59**
APX					1.00	0.82***	0.07	0.09
CAT						1.00	0.41**	0.02
POX							1.00	0.71***
SOD								1.00

Total phenolics content (TP), total flavonoids level (TF), DPPH radical scavenging activity (DPPH), nitrite scavenging activity (NSA), ascorbate peroxidase activity (APX), catalase activity (CAT), peroxidase activity (POD), and superoxide dismutase (SOD) activity.

P-values of * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, and *** $P < 0.001$ were considered significant.

적인 차이가 없었다(Fig. 3). 이들 부위별 항산화 효소 활성은 식물에 유해한 활성산소를 소거하는 작용으로써 그 활성의 증가는 온도 변화나 영양소 부족, 수분 스트레스, 오존에 의한 노출 등과 같은 환경스트레스에 대한 식물의 내성을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Kang *et al.*, 1999; Chung *et al.*, 1999). 따라서 특정 부위별 높은 효소활성은 스트레스에 대한 내성 증가를 의미한 것으로 해석된다.

동부나물의 부위별 각 관련 성분과 생리활성 항목간의 상관관계를 알아본 결과, 총 페놀 함량과 아질산염 소거능간이 $r^2 = 0.99$ 로 가장 높았고, 그 다음이 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능 간, 총 플라보노이드 함량과 SOD활성간, 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능 간 순으로 상관계수(r^2)가 각각 0.96, 0.94, 0.92로 높게 나타났다(Table 2). 또한 생리활성물질 총 페놀 함량($r^2 = 0.15 \sim 0.99$)은 총 플라보노이드 함량($r^2 = 0.01 \sim 0.94$)보다 항산화성에 높게 관련이 있음을 보여 주었다(Table 2).

동부나물 부위별 생리활성물질 함량과 그 활성을 비교한 결과, 자엽부가 뿌리와 하배축 보다 더 높은 함량의 폴리페놀과 플라보노이드가 함유되어 있었고 높은 활성의 항산화성이 있음을 확인할 수 있었다. 또한 재배 후 5일과 7일째 동부나물간의 함량과 활성차이는 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 한편, 항산화효소 활성은 APX와 CAT 활성은 하배축에서 가장 높았고 POX와 SOD 활성은 뿌리가 가장 높은 활성을 보였다. 이런 경향은 재배 후 5일과 7일째 동부나물에서 같게 나타났다. 따라서 동부나물 부위별 생리활성물질 함량과 그 활성 정도는 다른 것으로 나타났다.

적 요

새싹재배기에서 7일간 재배된 동부 새싹나물의 부위별 생육, 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토하였다. Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 동부나물 자엽의 메탄올 추출물(48.8 mg kg^{-1})이 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리(30.8 mg kg^{-1}), 하배축(22.2 mg kg^{-1}) 순으로 나타났다($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 동부나물 자엽의 추출물(82.5%)에서 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리(52.6%), 하배축(35.0%) 순으로 나타났다($p < 0.05$). 항산화효소 활성은 APX와 CAT 활성은 하배축에서 가장 높았고 POX와 SOD 활성은 뿌리가 가장 높은 활성을 보였다. 이런 경향은 재배 후 5일과 7일째 동부나물에서 같게 나타났다. 따라서 상관분석에 따르면 총 페놀 함량이 총 플라보노이드 함량보다 항산화성과 항산화효소 활성에 더 높은 관련성이 있는 것으로 나타났고 그 생리활성물질 함량과 그 활성 정도는 부위별로 다르게 나타났다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품기술기획위원회의 연구개발과제(111134-02-1-HD120) 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

인용문헌

- Abdullah, A. and R. E. Baldwin. 1984. Mineral and vitamin contents of seeds and sprouts of newly available small-seeded soybeans and market samples of mungbeans. *J. Food Sci.* 49 : 656-657.
- Anderson, M. D., T. K. Prasad, and C. R. Stewart. 1995. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings. *Plant Physiol.* 109 : 1247-1257.
- Bau, H. M., C. Villaume, J. P. Nicolas, and L. Mejean. 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. *J. Sci. Food Agric.* 73(1) : 1-9.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by use of a stable free radical. *Nature* 26 : 1199-1200.
- Blume, E. and J. W. McClure. 1980. Developmental effects of Sandoz 6706 on activities of enzymes of phenolic and general metabolism in barley shoots grown in the dark or under low or high intensity light. *Plant Physiol.* 65 : 238-244.
- Bowler, C., M. Van Montagu, and D. Inze. 1992. Superoxide dismutases and stress tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43 : 83-116.
- Bradford, M. M. 1976. "Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding", *Anal. Biochem.* 72 : 248-254.
- Cai, R., N. S. Hettiarachchy, and M. Jalaluddin. 2003. High-performance liquid chromatography determination of phenolic constituents in 17 varieties of cowpeas. *J. Agr. Food Chem.* 51 : 1623-1627.
- Chen, G. X. and K. Asada. 1989. Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. *Plant and Cell Physiology* 30 : 987-998.
- Chung, I. M., K. H. Kim, D. K. Song, and B. H. Kang. 1999. Physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) varieties to ozone. *Kor. J. Environ. Agr.* 18 : 11-17.
- Danisová, C., E. Holotnáková, B. Hozová, and V. Buchtová. 1994. Effect of germination on a range of nutrients of selected grain and legumes. *Acta Alimentaria* 23 : 287-298.
- Davies, K. J. A. 1995. Oxidative stress: The paradox of aerobic life, p. 1-32. In: C. Rice-Evans, B. Halliwell, and G.G. Lunt (eds.). *Free radicals and oxidative stress: Environment, drugs, and food additives.* Biochem. Soc. Symp. 61, Portlant Press, London, UK.
- Egley, G. H., R. N. Paul, K. C. Vaughn, and S. O. Duke. 1983. Role of peroxidase in the development of water-impermeable seed coats in *Sida spinosa* L. *Plant* 157 : 224-232.
- Gray, J. I. and L. R. Jr. Dugan. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 40 : 981-984.
- Gutiérrez-Urbe, J. A., I. Romo-Lopez, and S. O. Serna-Saldívar. 2011. Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts. *Journal of Functional Foods* 3 : 290-297.
- Kang, S. J., J. Y. Oh, and J. D. Jung. 1999. Changes of antioxidant enzyme activities in leaves of lettuce exposed to ozone. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40 : 541-544.
- Krygier, K., F. Sosulski, and H. Lawrence. 1982. Free, esterified and insoluble-bound phenolic acids. 1. Extraction and purification procedure. *J. Agric. Food Chem.* 30 : 330-334.
- Lister, C. E., J. E. Lancaster, K. H. Sutton, and J. R. L. Walker. 1994. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. *J. Science Food and Agric.* 64 : 155-161.
- Madhujith, T., M. Naczki, and F. Shahidi. 2004. Antioxidant activity of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Food Lipids* 11 : 220-233.
- Mishra, N. P., R. K. Mishra, and G. S. Singhal. 1993. Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact what leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors. *Plant Physiol.* 102 : 903-910.
- Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant Cell Physiol.* 22 : 867-880.
- Oh, B. Y., B. H. Park, and K. S. Ham. 2003. Changes of saponin during cultivation of soybean sprout. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(6) : 1039-1044.
- Salunke, B. K., H. M. Kotkar, P. S. Mendki, S. M. Upasani, and V. L. Maheshwari. 2005. Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. *Crop Prot.* 24 : 888-893.
- SAS (Statistical Analysis Systems) Institute. 2000. SAS/STAT user's guide. Version 7. Electronic Version. Cary, NC, USA.
- Siddhuraju, P. and K. Becker. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry* 101 : 10-19.
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. A colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American J. Enol. Viticult.* 16 : 144-158.
- Sowmya, P. and P. Rajyalakshmi. 1999. Hypocholesterolemic effect of germinated fenugreek seeds in human subjects. *Plant Foods Hum. Nutr.* 53 : 359-365.
- 조재영. 1990. (사정) 전작. 향문사, 서울, 한국. pp. 535.