

Methyl Jasmonate 및 Salicylic Acid 처리에 의한 더덕(*Codonopsis lanceolata*) 부정근의 항산화 활성 증가

황현정 · 송관필 · 김미향 · 도선길 · 배기화

Increase of antioxidative activity in *Codonopsis lanceolata* adventitious root treated by Methyl jasmonate and salicylic acid

Hyun-Jung Hwang · Gwanpill Song · Mi-Hyang Kim · Seon-Gil Do · Kee-Hwa Bae

Received: 13 August 2013 / Accepted: 28 August 2013
© Korean Society for Plant Biotechnology

Abstract Traditionally, *Codonopsis lanceolata* root have been used as a source of natural health food. This study was initiated to investigate the impacts of methyl jasmonate (MeJA) and salicylic acid (SA) on adventitious growth *C. lanceolata*, the production of secondary metabolites, such as flavonoids, total phenolic compound, antioxidative activity (DPPH). The highest phenolics content was observed in treatment of 20 μ M MeJA (74.53 mg/g). The content of total flavonoids followed the similar pattern as that of total phenolics, showing 38.45 mg/g of *C. lanceolata* treated by 20 μ M MeJA. The DPPH scavenging activity was 24.2 (IC₅₀) of *C. lanceolata* treated by 20 μ M MeJA. These results provide useful information for enhancing biological properties of cultural roots of *C. lanceolata*.

Keywords Antioxidative, *Codonopsis lanceolata*, Methyl jasmonate, Salicylic acid, Secondary metabolite

서론

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 초롱꽃과(Campanulaceae)의 속근성(perennial plant) 다년생 식물로서 뿌리는 도라지(*Platycodon grandiflorum*)처럼 굵고 약효성분이 다량 함유되어 있어, 예로부터 사삼(沙蔘) 또는 백삼(白蔘)으로 불리며 민간에서 약용자원으로 유용하게 사용하였다(Yongxu and Jicheng 2008; Byeon et al. 2009; Maeng and Park 1991). 또한, 구황작물이 필요한 봄철에 어린잎을 식용으로 이용하기도 하였다. 뿌리에는 사포닌(saponin), 폴리페놀화합물 등이 함유되어 있고(Lee 2002), 물질분석 연구에 의하면 인삼의 사포닌과 유사한 코도놉사이드(codonopside)와 란세마사이드(lancemaside)라는 새로운 사포닌계 성분이 함유되어 있다고 보고되었다(Ushijima et al. 2008). 특히 한방에서는 진해, 거담(祛痰), 해독(解毒), 천식(喘息), 폐결핵, 궤양(潰瘍), 편도선염 등에 효과가 있으며(Jang 2001; Li et al. 2007), 인삼과 같은 다양한 약효가 있어서 최근에 인삼 대용 생약으로 이용되고 있다. 또한 저칼로리 식품으로의 개발 가능성이 높으며, 맛과 향이 독특하여 식품으로 널리 애용되고 있어 그 수요가 점차 증가하고 있다.

일반적으로 페놀계 합성 항산화제로 널리 사용되고 있는 butylated hydroxy anisol (BHA)과 butylated hydroxy toluene (BHT)은 그 효과와 경제성 그리고 안정성 때문에 많이 사용되어 왔지만, 합성 식품첨가물의 일반적인 기피 현상뿐만 아니라 과량 섭취할 경우 간 및 위장점막, 폐, 신

K. H. Bae (✉)
(재)홍천메디칼허브연구소, 국립생물자원관
(Hongcheon Institute of Medicinal Herb, 101 Yeonbong-ri,
Hongcheon-eup, Hongcheon, Gangwon, 250-930, Korea,
National Institute of Biological Resources, 42 Hwangyeong-ro,
Seo-gu, Incheon, 404-708, Korea)
e-mail: khbae7724@korea.kr

H. J. Hwang · M. H. Kim
신라대학교 식품영양학과
(Department Food and Nutrition, Silla University, Busan
617-738, Korea)

Gwanpill Song
(주)제주자연환경연구소
(Jeju Environment Research Institute, Rm 603, BI Center, Jeju
Tourism College, Jeju 690-791, Korea)

S. G. Do
(주)유니베라
(Univera, Inc., Seoul 133-120, Korea)

장, 순환계 등에 심각한 독성 작용을 일으키는 것으로 알려져 안전한 대체 항산화제의 개발이 요구되었다(Branen 1975; Choe and Yang 1982). 따라서 인체에 무해하고 항산화력이 우수한 천연 항산화제에 관한 연구가 오래전부터 진행되어 왔으며, 지금까지 보고된 대부분의 천연 항산화제는 식물 유래로, 대부분의 식물들의 항산화 활성을 나타내는 화합물은 주로 폴리페놀 물질들이며 천연 항산화제로서의 기능이 잘 알려져 있다(Pratt et al. 1992). 식물로부터 유래된 페놀물질의 항산화제는 일부가 금속복합체를 형성하여 항산화제의 기능적 상승작용을 유도하지만, 주요 기능은 이들의 자체적인 항산화 활성에 있다. 따라서 식물추출물로부터 유리아유기 소거 기능을 탐색함으로써 천연 항산화제를 개발하려는 연구들이 꾸준히 진행되고 있고, 더덕을 이용한 항산화 효과에 관한 연구도 다수 보고 되고 있다(Park et al. 2009; Kim et al. 2010a; Kim et al. 2010b; Jung et al. 2012).

일반적으로 기내(*in vitro*) 배양체는 높은 배양 스트레스 특히, 산화적 스트레스 상태에서 배양되고 있기 때문에 자연계에서 재배되는 식물체보다 항산화 활성이 높은 것으로 알려지고 있다(Kwak et al. 1995). 또한 이러한 배양체는 배양기간 동안 인위적인 유인제(elicitor)처리에 의하여 배양체가 생산하는 이차대사산물의 생산을 조절할 수 있는 장점도 가지고 있다. 식물 세포배양에서 이용되는 유인제 가운데 methyl jasmonate는 식물세포의 발달과정 및 방어반응을 유도하는 신호전달물질로 잘 알려져 있으며(Farmer and Ryan 1990; Mueller et al. 1993; Yu et al. 2002), 세포배양에서 이차대사산물의 합성을 촉진시키는 성장조절물질로도 많이 보고되어 있다(Meyer et al. 1984; Yukimune et al. 1996; Yu et al. 2000). methyl jasmonate 처리가 주목나무 세포로부터 항암성분인 paclitaxel의 합성을 촉진하였다는 결과가 보고된 이후(Yukimune et al. 1996; Ketchum et al. 1999), 인삼세포 및 부정근 배양에서도 methyl jasmonate와 그 유도체(jasmonic acid)를 처리함으로써 진세노사이드(ginsenoside) 합성을 촉진시키는 결과가 많이 보고되었다(Yu et al. 2002; Wang and Zhong 2002; Kim et al. 2003; Kim et al. 2004). 하지만 더덕의 경우 생물반응기 배양을 통한 부정근의 생산(Ahn et al. 2008) 및 기내 식물체 생산기법(Lee et al. 1980; Ahn et al. 1986; Min et al. 1992) 이외에 기내 배양산물을 이용한 생리활성에 관한 효과 검증에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 다양한 methyl jasmonate와 salicylic acid 처리 농도에 따른 더덕배양근의 항산화 활성 증가에 관해 연구를 수행하였고, 이는 더덕을 이용한 새로운 소재의 개발에 중요한 기초자료를 제공할 것으로 보여진다.

재료 및 방법

식물재료 및 더덕부정근 유도

더덕배양근을 유도하기 위해 홍천군 서석면에서 재배되고 있는 3년생 더덕의 종자를 10월에 채취하여 30일간 저온 처리하여 휴면타파를 유도하였다. 1달간 4°C에서 저온 처리된 더덕의 종자에서 무균적으로 부정근을 확보하기 위해 멸균된 증류수로 더덕종자를 세척한 다음 70% ethanol에 1분간 표면, 살균한 후 1% NaOCl 용액에 침지하여 60분간 흔들어 주었다. 표면에 묻은 NaOCl 용액을 제거하기 위해 멸균된 증류수로 5회 수세한 후 멸균된 filter-paper 위에 올려놓고 수분을 완전히 제거하여 기내 파종하였다. 2개월 후 발아하여 직경 3 cm까지 성숙한 더덕 유식물체의 잎, 줄기, 뿌리 부위를 0.5×0.5 cm로 횡절단하여 0, 0.1, 0.5, 1.0 3.0 mg·L⁻¹ IBA가 첨가된 1/2MS (Murashige and Skoog 1962)배지에 치상하여 4주 후에 부정근 유도수와 길이를 조사하였다. 모든 배양은 온도 22 ± 1°C, 광주기 16/8시간, 광도 46 μmol m⁻²s⁻¹의 배양실에서 배양하였다. 실험에 사용한 모든 배지와 기구는 121°C, 1.5기압으로 20분간 고온, 고압 멸균하여 사용하였다.

MeJA 및 SA처리 농도에 따른 더덕부정근 배양 및 추출물 제조

Methyl jasmonate (MeJA, Sigma Co. Ltd, USA) 및 salicylic acid (SA, Sigma Co, Ltd, USA)의 처리가 더덕배양근의 생장에 미치는 영향과 항산화 활성 평가를 위해 페트리디쉬에서 배양된 더덕 부정근 20 g을 중량하여 200 mL의 증식용 액체배지(1/2MS, 30 g/L sucrose, 0.5 mg/L IBA, pH 5.7; Ahn et al. 2008)가 분주된 500 mL볼륨의 삼각플라스크에 접종하여 4주간 배양한 후 0, 5 10, 20 μM의 MeJA와 SA를 처리하여 7일간 배양한 다음 생체중과 건물중을 측정하였다. 측정 후 건조하여 추출물을 제조하였다. 추출물의 제조는 3년생 더덕과 더덕배양근을 각각 0.5 g씩 중량한 후 12.5 mL의 3차 증류수를 첨가하여 초음파추출기로 제조하였다. 추출 후 여과한 여액을 회전식진공농축기를 이용하여 농축시킨 후 실험에 사용하였다.

MeJA 및 SA 처리에 따른 더덕배양근의 총 페놀성 함량 분석

총 페놀성 함량은 Folin-Denis법(Gutfinger 1981)에 따라 측정하였으며, 추출물 40 μL에 Folin reagent(Sigma Co. Ltd) 80 μL를 실온에서 3분간 반응 시킨 후 10% Na₂CO₃ 용액을 각 80 μL 넣고 1시간 암소 방치 한 후 spectrophotometer (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tannic acid (Sigma Co. Ltd)를 1,000, 500, 250, 125, 62.5 μg/mL의 농도로 제조하여 시료

와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀성 함량을 산출하였다.

MeJA 및 SA 처리에 따른 더덕배양근의 총 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드는 Moreno 등(2000)의 방법에 따라 측정하였으며, 추출물 20 μL 에 80% ethanol 160 μL , 10% Aluminium chloride 10 μL 및 1 M potassium acetate 10 μL 를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin (Sigma Co. Ltd)를 표준물질로 하여 1,000, 500, 250, 125, 62.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

MeJA 및 SA 처리에 따른 더덕배양근의 DPPH free radical 소거능

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 항산화능을 측정하였다. 추출물 100 μL 와 methanol로 용해시킨 0.2 M DPPH 100 μL 를 혼합하여 암소에서 20분간 반응을 유도한 후 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다(Lee and Lee 2008). $(1 - \text{As}/\text{Ac}) \times 100$ 공식으로 전자공여능(%)을 구한 후 IC_{50} (Half maximal inhibitory concentration)으로 나타내었다.

통계적인 분석

연구결과 얻어진 자료를 SPSS (statistical package for social science, version 17.0) 통계프로그램을 사용하여 하위그룹 각각의 기술 통계치(mean, SD)를 산출하였다. 집단간의 차이를 알아보기 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)를 이용하여 분석하였으며, 유의수준은 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

더덕부정근 유도 및 MeJA, SA처리에 따른 증식

더덕부정근의 유도를 위해 Ahn 등(2008)이 연구한 연구결과를 바탕으로 실험을 수행한 결과, 더덕 종자발아체의 뿌리부위를 $1.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 IBA를 첨가하여 배양할 경우 Table 1에서 나타나듯이 부정근의 유도수가 27개로 가장 높았고 뿌리의 길이도 13 cm로 양호한 결과를 보였다. 500 mL볼륨의 삼각플라스크에서 4주간 배양한 다음 무

Table 1 Effect of IBA concentrations on number and length of adventitious root formation leaf, stem and root explants of *C. lanceolata* on 1/2MS medium including $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ sucrose after 5 weeks of culture

IBA (mg/L)	No. of adventitious root		
	Leaf	Stem	Root
Control	0	0	0
0.1	$2.1 \pm 0.3^{1)*}$	$4.8 \pm 0.1^*$	$14.3 \pm 0.6^*$
0.5	$2.5 \pm 0.2^*$	$6.2 \pm 0.8^*$	$18.3 \pm 0.8^*$
1.0	$5.5 \pm 0.9^*$	$8.4 \pm 0.5^*$	$27.6 \pm 0.6^*$
3.0	3.1 ± 0.4	$6.5 \pm 0.4^*$	$16.9 \pm 1.5^*$

Length of adventitious roots (cm)		
Leaf	Stem	Root
0	0	0
$1.1 \pm 0.2^*$	$2.4 \pm 0.1^*$	$7.1 \pm 0.3^*$
$1.3 \pm 0.1^*$	$3.1 \pm 0.4^*$	$9.2 \pm 0.4^*$
$2.7 \pm 0.5^*$	$4.2 \pm 0.3^*$	$13.8 \pm 0.3^*$
$1.6 \pm 0.2^*$	$3.3 \pm 0.2^*$	$8.5 \pm 0.7^*$

¹⁾Data are the means \pm SD, of three experiments.

* $p < 0.05$, significantly different from control group.

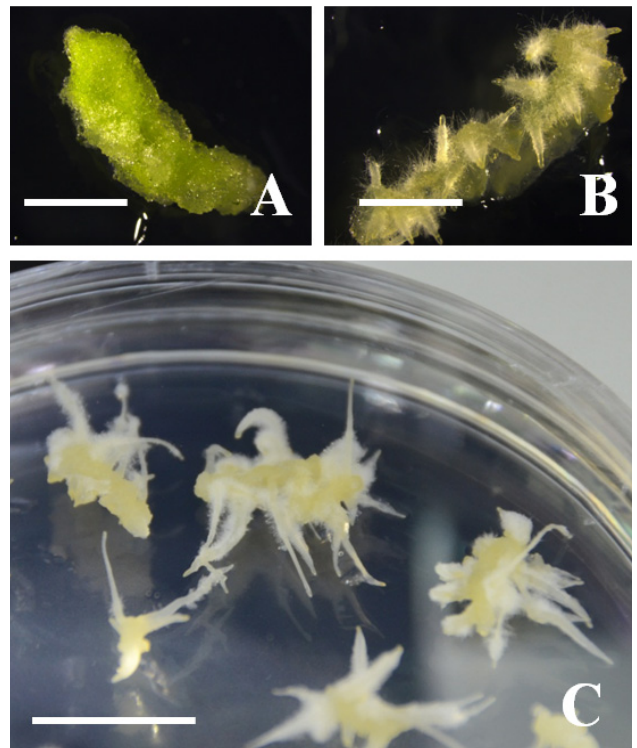


Fig. 1 Adventitious roots induction from *C. lanceolata*. (A) Leaf explant of *C. lanceolata* on the 1/2MS medium without IBA after 4 weeks of culture. (B) Stem explant of *C. lanceolata* on the 1/2MS medium with $1.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA after 4 weeks of culture. (C) Adventitious root of *C. lanceolata* maintained petri-dish. Scale bars, 1.5 mm (A-B), 1.5 cm (C)

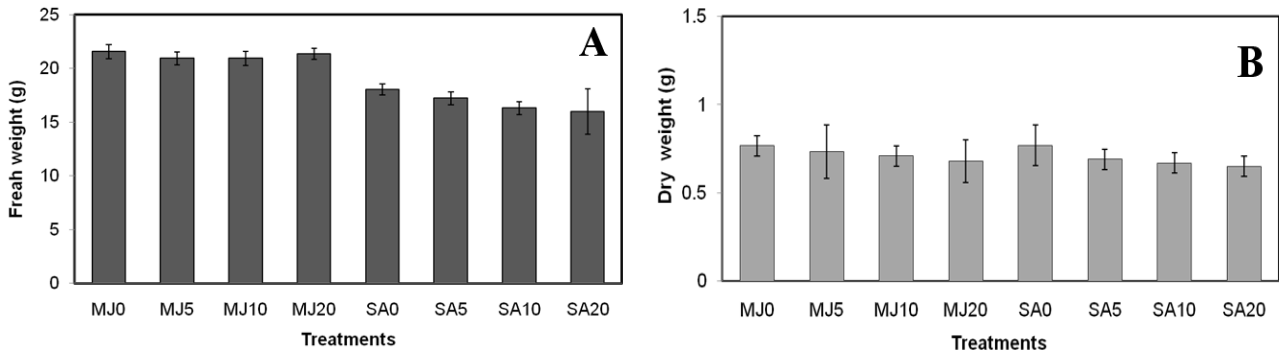


Fig. 2 Effect of MeJA and SA on growth of *C. lanceolata* adventitious root in 1/2MS medium including 1.0 mg/L IBA with 30 g/L sucrose for 4 weeks of culture and 1 weeks elicitation period. A: Fresh weight, B: Dry weight.

Table 2 Total phenolic compound and flavonoid contents of 3-years Dudok and MeJA and SA treated adventitious root of *C. lanceolata*

Analysis	3-years Dudok	MeJA (μM)				SA (μM)			
		0	5	10	20	0	5	10	20
Total phenolic contents (mg/g)	8.25±0.14 ¹⁾	31.88±0.24*	45.10±0.14*	64.58±0.08*	74.53±0.21*	26.57±0.18*	38.27±0.20*	51.55±0.18*	63.88±0.09*
Total flavonoid contents (mg/g)	3.12±0.04	6.53±0.05*	12.32±0.02*	24.53±0.07*	38.45±0.04*	5.21±0.05*	9.54±0.01*	13.54±0.02*	29.78±0.05*

¹⁾ Data are the means ± SD, of three experiments.

* p<0.05, significantly different from control group.

균적으로 수확된 더덕부정근에 다양한 농도의 MeJA와 SA를 처리한 결과, MeJA 처리농도가 증가할수록 부정근의 생체중과 건물중이 감소하였고, SA의 처리는 같은 농도의 MeJA의 처리에 비해 다소 낮은 생체중과 건물중을 보였다(Fig. 2A-B). 이와 같은 결과는 본 저자가 공동으로 참여한 MeJA의 처리에 따른 인삼 부정근의 생리활성 증가 연구 중 elicitation이 인삼 부정근의 생중량과 건물중을 감소시키는 보고와 유사한 연구결과이다(Kim et al. 2004).

총 페놀성 함량 및 총 플라보노이드 함량

각 시료에 대한 총 페놀성 함량과 총 플라보노이드 함량은 Table 2와 같다. 총 페놀성의 함량은 3년생 야생더덕 추출물이 8.25 mg/g으로 나타났으며, MeJA와 SA 처리한 더덕배양근 추출물에서는 농도에 의존적으로 그 함량이 증가하였다(Table 2). MeJA가 20 μM 처리된 추출물은 그 값이 74.53 mg/g으로 나타났으며, SA가 20 μM 처리된 추출물에서는 약 10 mg/g 낮은 63.88 mg/g으로 나타났다. 증숙과 발효 더덕 추출물의 총 페놀 함량 분석에 관한 연구에서(Jung et al. 2012) 비발효 및 비증숙 더덕추출물의 총 페놀성 함량은 약 10 mg 이하로 나타났으며, 증숙과 발효 처리된 더덕 추출물에서 약 26 mg 이상의 총 페놀성 함량을 나타내었다. 본 연구에서 MeJA을 20 μM 처리한

더덕 추출물의 총 페놀성 함량은 이에 비해 약 3배에 달하는 높은 수치를 나타내었으며, SA을 20 μM 처리한 더덕 추출물은 약 2배 이상의 수치를 나타내었다. 특히 SA는 화학적으로 페놀화합물 중의 일부로 분류되며 수산화기와 카르복실기를 함유한 방향환으로 이루어져 있다고 (Kim 2010) 알려져 있으므로 이로 인해 총 페놀 함량이 증가된 것으로 사료된다. 총 플라보노이드 함량은 3년생 야생더덕 추출물이 3.12 mg/g으로 나타났으며, 역시 MeJA와 SA 처리로 인해 농도 의존적으로 그 함량이 증가하였다. MeJA가 20 μM 처리된 추출물은 그 값이 38.45 mg/g으로 나타났으며, SA가 20 μM 처리된 추출물에서는 29.78 mg/g로 나타났다. 발효더덕 추출물의 생리활성 연구(Park et al. 2009)에서는 발효더덕 추출물의 총 플라보노이드 함량이 6.19 mg/g로 나타났으므로 이와 비교하였을 때 MeJA와 SA로 인해 총 플라보노이드 함량이 약 5배 이상 증가한 경향을 확인 할 수 있었다. 따라서 MeJA와 SA의 처리는 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 높여 항산화 활성을 증가시켜 주는 것으로 사료된다.

DPPH free radical 소거능

DPPH free radical 소거능에 사용된 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로

Table 3 DPPH radical scavenging ability of 3-years Dudok and MeJA and SA treated adventitious root of *C. lanceolata*

Analysis (IC ₅₀ µg/ml) ¹⁾	3-years Dudok	MeJA (µM)				SA (µM)			
		0	5	10	20	0	5	10	20
DPPH radical scavenging activity	268.8±1.2 ²⁾	54.4±0.2*	43.4±0.2*	35.2±0.2*	24.2±0.2*	55.8±2.0*	48.5±0.2*	44.4±1.3*	39.4±3.4*

¹⁾ IC₅₀ values were calculated from regression lines using four different concentrations in triplicate experiments.

²⁾ Data are the means ± SD, of three experiments.

* p<0.05, significantly different from control group.

인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 자유 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성을 기대할 수 있으며, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 3년생 야생더덕 추출물과 MeJA와 SA 처리된 더덕배양근 추출물의 DPPH free radical 소거능을 IC₅₀값으로 나타낸 결과는 Table 3에 나타내었다. 그 결과 3년생 야생더덕 추출물은 268.8 IC₅₀ µg/mL로 나타났으며, MeJA를 20 µM 처리한 더덕배양근 추출물은 24.2 IC₅₀ µg/mL, SA 처리한 더덕배양근 추출물은 39.4 IC₅₀ µg/mL로 나타났다. 증숙과 발효 더덕 추출물의 총 페놀 함량 분석에 관한 연구(Jung et al. 2012)에서 증숙 및 발효 과정으로 인해 DPPH free radical 소거능의 IC₅₀이 감소하지 않았지만 본 연구결과에서는 MeJA과 SA 처리에 의해서 크게 감소되는 것으로 보아 항산화능이 증가 된 것으로 판단된다. 이상의 실험에서 알 수 있듯이, 더덕부정근 배양에서 MeJA 또는 SA의 처리는 부정근의 생장은 억제하는 반면에 재배더덕보다 페놀화합물과 플라보노이드 함량을 증가시키는 것으로 나타났으며, 이러한 이차대사산물의 증가는 더덕부정근의 항산화활성을 상당히 증가시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 향후 더덕부정근의 생물반응기 배양에서 MeJA를 이용한 더덕의 특정성분(코도놉사이드, 란세마사이드)을 포함한 다양한 이차대사산물을 대량생산하는 것이 가능할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구의 목적은 더덕부정근 배양에서 MeJA 및 SA의 처리가 페놀화합물, 플라보노이드의 생산에 미치는 영향과 이러한 이차대사산물의 증가에 따른 더덕배양근의 항산화활성의 효과를 조사하기 위해 수행되었다. 다양한 농도의 MeJA 및 SA를 더덕배양근에 처리한 결과, 20 µM MeJA에서 총페놀 화합물의 생산은 74.53 mg/g으로 무처리구보다 2배 높은 함량을 보였다. 하지만, MeJA 및 SA의 처리는 부정근의 생장을 감소시키는 것으로 나타났다. 총플라보노이드의 함량 역시 20 µM MeJA의 처리구에서 38.45 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. 20 µM의

MeJA 처리에 의한 총페놀화합물과 총플라보노이드 함량의 증가는 결과적으로 더덕부정근의 항산화활성을 IC₅₀ 값 수준에서 MeJA 무처리구에 비해 2배, 3년생 재배더덕에 비해서는 11배 이상 증가시키는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 환경기술개발사업 차세대 에코이노베이션 기술개발사업(과제번호: 416-111-006)의 일환으로 수행되었습니다.

인용문헌

- Ahn CH, Bae KH, Yi JS, Choi YE (2008) Induction and growth of adventitious roots and bioreactor culture in *Codonopsis lanceolata*. J Plant Biotechnol 35:155-161
- Ahn CS, Chung SJ, Koh GC, Park SH (1986) Isolation and culture of protoplast from *Platycodon grandiflorum* (Jacq) A.D.C. and *Codonopsis lanceolata* (S. et Z.) Trautv. J Korean Soc Hort Sci 27:205-212
- Branen AL (1975) Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisol and butylated hydroxytoluene. J Am Oil Chem Soc 52:59-63
- Byeon S, Choi W, Hong E, Lee J, Rhee M, Park HJ, Cho J (2009) Inhibitory effect of saponin fraction from *Codonopsis lanceolata* on immune cell-mediated inflammatory responses. Arch Pharm Res 32:813-822
- Choe SY, Yang KH (1982) Toxicological studies of antioxidants butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxy anisol (BHA). Korean J Food Sci Technol 14:283-288
- Famer EE, Ryan CA (1990) Interplant communication: air-borne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. Proc Natl Acad Sci USA 87:7713-7716
- Gutfinger T (1981) Polyphenols in olive oils. JAOCS 58:966-967
- Jang JG (2001) Sanyacho Dongeubogam. Academy press Seoul pp 156-157
- Jung LS, Yoon WB, Park SJ, Park DS, Ahn JH (2012) Evaluation of physicochemical properties and biological activities of steamed and fermented Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J Food Sci Technol 44:135-139

- Ketchum REB, Gibson DM, Croteau RB, Shuler ML (1999) The kinetics of taxoid accumulation in cell suspension cultures of *Taxus following* elicitation with methyl jasmonate. *Biotechnol Bioeng* 62:97-105
- Kim NY, Chae HS, Lee IS, Kim DS, Seo KT, Park SJ (2010a) Analysis of Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Codonopsis lanceolata* Skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1627-1633
- Kim SH, Jung MJ, Jang HD, Ham SS (2010b) Antioxidative activities of the *Codonopsis lanceolata* extract in vitro and in vivo. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:193-202
- Kim YH (2010) Salt-stress tolerances of rice (*Oryza sativa L.*) and Cucumber (*Cucumis sativus L.*) affected by nitrogen and salicylic acid. Graduate of University of seoul
- Kim YS, Chakrabarty D, Hahn EJ, Paek KY (2003) Methyl jasmonate increase saponin content in bioreactor culture og ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) adventitious roots. *Acta Hort* 625:289-292
- Kim YS, Hahn EJ, Murthy HN, Paek KY (2004) Adventitious root growth and ginsenoside accumulation in *Panax ginseng* cultures as affected by methyl jasmonate. *Biotechnol Lett* 26:1619-1622
- Kwak SS, Kim SK, Lee MS, Jung KH, Park IH, Liu JR (1995) Acidic peroxidases from suspension-cultures of sweet potato. *Phytochemi* 39:981-984
- Lee HH, Lee SY (2008) Cytotoxic and antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16:79-85
- Lee JH (2002) Immunostimulative effect of hot water extract from *Codonopsis lanceolata* on lymphocyte and clonal macrophage. *Korean J Food Sci Technol* 34:732-736
- Lee MS, Lee JH, Kim DY (1980) Studies on the anther culture of *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Plant Tiss Cult* 7:9-12
- Li JP, Liang ZM, Yuan Z (2007) Triterpenoid saponins and anti-inflammatory activity of *Codonopsis lanceolata*. *Pharmazie* 62:463-466
- Maeng YS, Park HK. (1991) Antioxidant activity of ethanol extract from deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *Kor J Food Sci Technol*. 23:311-316
- Meyer A, Miersch O, Buttner C, Dathe W, Sembdner G (1984) Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plant. *J Plant Growth reg* 3:1-8
- Min SR, Yang SG, Liu JR, Choi PS, Soh WY (1992) High frequency somatic embryogenesis and plant regeneration in tissue cultures of *Codonopsis lanceolata*. *Plant Cell Rep* 10:621-623
- Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA (2000) Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentiana. *J Enthropharmacol* 71:109-114
- Mueller MJ, Brodschelm W, Spannagl E, Zenk MH (1993) Signaling in the elicitation process is mediated through the octadecanoid pathway leading to jasmonic acid. *Proc Natl Acad Sci USA* 90:7490-7494
- Murashige, T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15:473-479
- Park SJ, Song SW, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY (2009) Biological activities in the extract of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:983-988
- Pratt DE, Huang MT, Ho ST, Lee CY (1992) Phenolic compounds in food and their effects on health (II). In *Antioxidants and Cancer Prevention*. American Chemical Society Washington DC USA pp 54-71
- Ushijima M, Komoto N, Sugizono Y, Mizuno I, Sumihiro M, Ichikawa M, Hayama M, Kawahara N, Nakane T, Shirota O, Sekita S, Kuroyanagi M (2008) Triterpene glycosides from roots of *Codonopsis lanceolata*. *Chem Pharm Bull* 56:308-314
- Wang W, Zhong JJ (2002) Manipulation of ginsenoside heterogeneity in cell cultures of *Panax notoginseng* by addition of jasmonates. *J Biosci Bioeng* 93:48-53
- Yongxu S, Jicheng L (2008) Structural characterization of a water-solu-ble polysaccharide from the Roots of *Codonopsis pilosula* and its immunity activity. *Int J Biol Macromol* 43:279-282
- Yukimune Y, Tabata H, Higashi Y, Hara Y (1996) Methyl jasmonate-induced overproduction of paclitaxel and ba-ccatin III in *Taxus* cell suspension cultures. *Nat Bio-technol* 14:1129-1132
- Yu KW, Gao W, Hahn EJ, Paek KY (2002) Jasmonic acid improving ginsenoside accumulation in adventitious root culture of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Biochem Eng J* 11:211-215
- Yu KW, Hahn EJ, Paek KY (2000) Production of adventitious ginseng roots using bioreactors. *Kor J Plant Tiss Cult* 27:309-315