

## 차광재배가 눈개승마(*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*)의 성분 및 항산화 특성에 미치는 영향

권정우<sup>1</sup>, 박재호, 권기수, 김대섭, 정진부, 이희경, 심영은<sup>1</sup>, 김미숙, 윤지용, 정규영, 정형진\*  
안동대학교 자연과학대학 생명자원과학부  
<sup>1</sup>안동시 농업기술센터

### Effect of Shading Practices on the Chemical Compounds and Antioxidant in *Aruncus dioicus*

Jeong Woo Kwon<sup>1</sup>, Jae-Ho Park, Ki Soo Kwon, Dae Seup Kim, Jin Boo Jeong, Hee Kyung Lee,  
Young Eun Sim<sup>1</sup>, Mi Suk Kim, Ji Young Youn, Gyu Young Chung and Hyung Jin Jeong\*

School of Bioresources, Andong National University, Andong 760-749, Korea

<sup>1</sup>Andong Agricultural Technology and Extension Center, Andong 760-380, Korea

**Abstract** - This study was conducted to determine chemical compounds and antioxidant in *Aruncus dioicus*. Further, effects of cultural practices such as the shading conditions on the general compounds, essential oils and antioxidants. The chemical compounds and antioxidant activity of edible extracts on the shading cultivation and harvesting time were measured by crude fiber, pigments, higher fatty acids, essential oils and DPPH free radical scavenging ability and activities of SOD and POD in edible shooting parts of *Aruncus dioicus*. The contents of crude fiber, total chlorophyll and total carotenoids in extracts of edible shooting by shading cultivation and later harvesting were higher than those of non-shading cultivation and early harvesting. Phenolic compounds such as benzoic acid were identified as the aromatic compounds in the edible extracts of *Aruncus dioicus*. The contents of azulene, benzaldehyde and linalool among those compounds on the cultivation conditions increased in shading cultivation. IC<sub>50</sub> values of DPPH free radical scavenging activities were high from 6.644 to 14.499  $\mu\text{g}/\text{ml}$  in extracts of edible parts and those of edible shooting parts was high such as edible shooting cultivated by 60% shading, 30% shading and non-shading, respectively. The activity of POD and SOD in seeds was lower than that of edible shooting and that by shading cultivation was high in extracts cultivated by non-shading. POD activity of extracts on harvesting time was high in earlier harvesting but SOD activity was low. The numbers of isozyme pattern of POD and SOD in seedling showed 7 bands and 3 bands, respectively, especially, bands of POD and SOD in the first year-growing plant did not show and show a difference according to plant positions, respectively.

**Key words** - POD, SOD, DPPH, Shading cultivation

## 서 언

눈개승마는 장미과의 다년생 초본으로서 대개 고산지대에서 자생하고 잎은 호생하고, 2~3회 우상복엽이며, 삼나물이라고 불리는 다년생 초본식물로 높은 영양가와 독특한 향기는 물론 상큼한 맛이 있다.

환경스트레스는 식물체내에서 존재하는 산소를 활성 산소

종으로 전환시켜 생체내의 대사과정의 장애를 유발함으로써 생산성의 감소를 초래한다(Cavalieri *et al.*, 1988; Barry, 1995; Yuichiro *et al.*, 1997). 이때 SOD와 POD는 식물이 활성 산소종으로부터 자신을 보호하는데 중요한자로 작용하는 것으로 알려져 있다(Beckman *et al.*, 1998; Shigenga *et al.*, 1994; Baldimon *et al.*, 1993; Bracco *et al.*, 1991; Hall and Braugher, 1986). POD(Peroxidase)는 apoplast 내에 존재하고 리그닌의 생합성과 NADH 산화에 관여한다(Pedreno *et al.*, 1995).

\* 교신저자(E-mail) : jhj@andong.ac.kr

천연에서 얻을 수 있는 대부분의 항산화 물질들은 phenol 및 flavonoid 계통의 화합물로 알려져 있고, 특히 식물계 내에는 대부분 phenolic 화합물로 보고되어져 있다(Choe and Yang, 1982).

최근에는 각종 생약이나 식용식물의 추출물 등에서 보다 안정하고 항산화력이 강한 천연 항산화제를 개발하기 위한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다. 활성산소종에 의해 각종 질환은 동맥경화, 고혈압, 당뇨, 백내장 등을 일으키며 (Alessio and Goldfarb, 1993), 암세포를 발생시키는 것으로 보고 되었다 (Cavalieri *et al.*, 1988).

본 연구는 천연자원으로부터 안전하고 우수한 항산화물질 탐색해 보고자, 눈개승마의 차광유무에 따른 부위별, 생육시기별 내용성분의 변화 및 항산화 방어계를 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

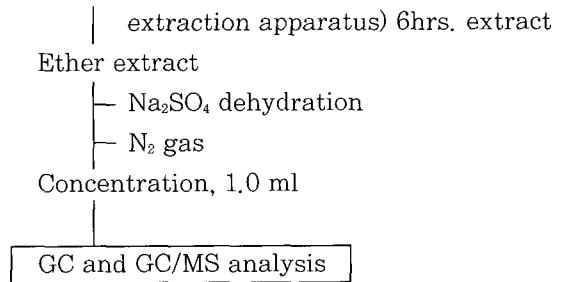
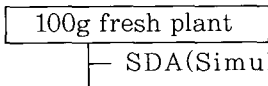
울릉도에서 자생한 눈개승마를 수집 분주하여, 2003년 3월 31일에 45×30cm 주간거리로 정식 하였다. 시험구의 기비로 N-P-K=21-18-21kg/10a와 퇴비(1,200kg/10a)를 경운 10일전에 60% 기비로, 40%는 추비로 3회 분시 하였다. 차광정도별 시험 구 처리는 정식 후부터 1년간 무 차광을 대조 구로 하여 30% 및 60% 3수준으로 처리를 하였다. 시험 구는 난괴법 3반복으로 배치하였고, 기타 재배법은 산채류 표준재배법에 준하여 실시하였다. 분석용 시료 채취는 식물체의 식용가능 시기인 초기(2004년 4월 5일)와 후기(2004년 4월 25일) 2회 내용성분의 변화 및 항산화 방어계를 조사하였다.

#### 방법

색소 : 생체시료 0.5g에 CaCO<sub>3</sub> 0.05g을 넣고 85% acetone 60ml를 가하여 암상태에서 진탕 추출한 후 여과하였다. 여액에 증류수 60ml를 가한 다음, diethyl ether 60ml로 색소 물질을 추출·용매 분획하고 파장 649nm, 665nm, 642.5nm, 474nm에서 분광도를 측정하였다.

지방산 : Court 등의 방법(1982)에 따라 추출하여 GC/MS로 분석하였다.

정유성분 : 생체 시료 100g을 동시추출장치(Simultaneous distillation and extraction apparatus)를 이용하여 아래와 같이 추출하여 GC/MS로 분석하였다.



#### 정유성분 GC/MS. 분석조건

Column : Supelcowax 10 fused silica capillary(0.25 mm id×30m, Supelco)  
 Temperature : 50℃ (0min)-2℃/min-240℃ (60min)  
 Detsctor : Mass selsctive detector (MSD)  
 Carrier : Helium 1.0ml/min (split ratio=10 : 1)  
 GC/MS model : Hewlett-Packard 5890/5973

#### 효소 및 비효소적 항산화 특성

##### 1) 추출 및 분리

각 처리별 시료 2.0kg에 80% methanol 2,000ml를 가하여 7일간 침지 시킨 후, 여과 농축한 추출물을 450ml로 농축한 다음 50ml 증류수를 첨가하고 이를 petroleum ether로 분획하였다. 분획된 수용층을 농축하여 이를 ethyl acetate로 분획한 다음 유기 용매층을 sodium sulfate anhydrous로 탈수시켜 결정화하였다.

##### 2) DPPH free radical scavenging 활성

Cuvette내에 농도 test sample과 300μM DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) 용액을(흡광도가 1.0이 되도록 용액을 희석) 넣고 37℃에서 30분간 반응 후 515nm에서 대조구와 시료구와의 흡광도 차이를 측정하였다.

시료처리에 의한 억제율은 DMSO가 처리된 대조구와 비교하여 계산하였고 IC<sub>50</sub>값은 50% DPPH free radicals을 제어시키는 시료농도로 계산하였다.

##### 3) 조효소액의 추출

식물체를 1g씩 5ml 0.05M 인산 완충액(pH 7.8)과 함께 얼음 위에서 마쇄한 후, 4℃에서 14,000rpm으로 20분간 원심분리하여 얻어진 상등액을 조효소액으로 사용하였다.

##### 4) POD 활성측정

POD활성은 pyrogallol(Sigma, Co# P-0381)을 기질로 사용하고, 100μl 조효소액에 2.9ml assay buffer를 첨가하여 420nm에서 20초간 상온에서 흡광도 변화를 측정하였다.

### 5) SOD 활성측정

SOD 활성은 McCord와 Fridovich(1969)의 방법에 따라 xanthine/xanthine oxidase system을 superoxide radicals( $\cdot O_2^-$ )의 공급원으로 이용하여 superoxide radicals에 의한 cytochrome c의 환원속도를 550nm에서의 흡광도 변화를 측정하였다. SOD활성 1 unit는 25°C에서 반응을 시작하여 150초간 550nm에서 흡광도 변화를 조사하여 xanthine oxidase 활성이 50% 억제되는 것으로 정의하였다.

### 6) POD 및 SOD의 isozyme pattern

POD 및 SOD의 isozyme pattern은 Beauchamp와 Fridovich(1971)의 방법에 준해서 수행하였다. POD의 경우는 12% acrylamide gel을 사용하여 단백질을 15mV에서 15분, 25mV에서 45분간 전기 영동한 후, POD 단백질의 발색반응은 benzidine solution과 3%  $H_2O_2$ 를 1:1로 혼합해서 사용하였다. SOD의 경우는 13% acrylamide gel에서 215V에서 40분간 전기영동한 후 gel의 염색은 negative staining solution에서 30분간 암상태로 shaking시켜 발색반응을 보았으며, 단백질 정량은 Bradford(1976) 방법에 준해서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 차광재배에 따른 일반성분 및 항산화 특성

차광재배가 눈개승마의 일반성분에 미치는 영향을 조사해 본 결과(Fig 1, 2), 총 엽록소 및 총 카로테노이드 함량은 무차광에 비하여 차광율이 높을수록 높았다. 총엽록소 및 총 카로테노이드 함량은 식용가능의 후기 수확에 비하여 조기 수확시기가 높았다(Fig 1).

조섬유 함량은 차광 할수록 높았고, 수확시기 간에는 식용가능의 후기 수확에 비하여 조기 수확시기가 낮았다(Fig 1).

지방산함량은 무차광 재배에 비하여 차광 재배 및 식용가능시기의 생육 후기에 감소되었다(Fig 2). 지방산 종류간의 함량은 oleic acid, palmitic acid, linoleic acid, stearic acid 순으로 높았으며, 무차광에 비하여 차광율이 높을수록 낮았다. 특히 linoleic acid의 함량은 타 지방산에 비하여 차광정도에 따른 함량의 감소율이 매우 높았다. 수확시기 간에는 조기수확이 후기 수확에 비하여 지방산의 함량은 높았다.

색소성분이 항산화에 관련된 많은 연구 보고 중 카로테노이드중  $\beta$ -carotene은 약간의 암들에 대한 예방적 효과 및 치료효과를 나타낸다고 보고하고 있다(Anonymous, 1982).

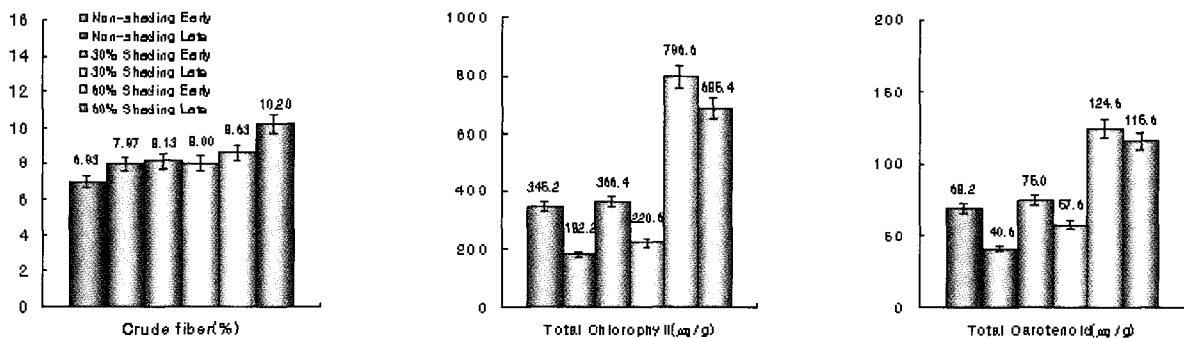


Fig 1. The effect of shading during cultivation stage on chemical components of edible parts in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*.

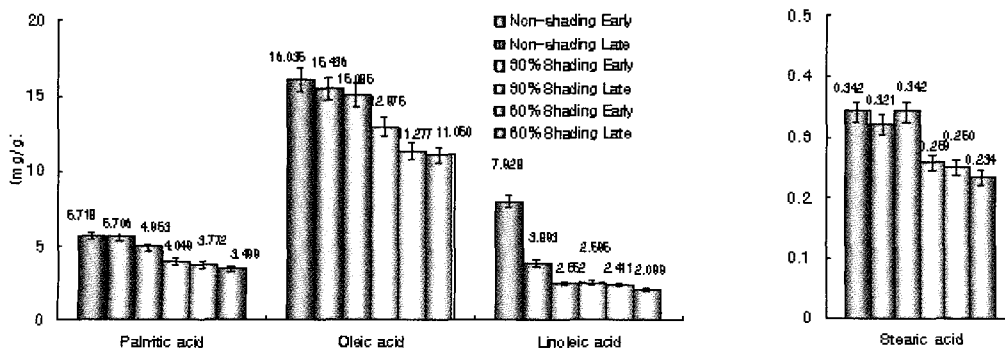


Fig 2. The effect of shading during cultivation stage on fatty acid components in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*.

카로테노이드는 in vitro 와 in vivo의 둘다에서 자유라디칼을 소거하는 것으로 알려져 있으며, 특히  $\beta$ -carotene은 peroxidation으로부터 분리된 지질막을 보호한다는 보고 (Bendich and Olson, 1989)에 따라, 차광 및 조기수확재배가 카로테노이드 함량이 높아서, 항산화제의 함량을 증가에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

Davis(1976)는 고급지방산들은 구수한 맛을 주고, 깍미를 완화시키는 작용을 한다고 보고하였다. 따라서 차광 및 조기수확이 무차광에 비하여 고급지방산의 함량이 높아서 구수하고 깍미를 완화시키는 것으로 생각된다.

차광정도에 따른 휘발성 정유성분을 분리 및 정량조사를 해 본 결과(Fig 3, Table 1), 차광정도 높을수록 linalool,

benzoic acid를 제외한 성분들은 증가하였고, 수확시기 간에는 생육초기수확이 phytol, hexadecanoic acid를 제외한 성분들은 높았다.

정유성분은 엽중의 향기성분을 지배하는 중요한 요소로서 (Fukuzumi, 1971) 엽중에 함유되어 있는 당, 아미노산, 알카로이드, 폴리페놀류 및 isoprenoid 일종인 terpenoid등이 분해되어 생성된다(Ishiguro and Sugawara 1981). 조기 수확이 폴리페놀 함량이 높은 결과로 미루어 보아, 눈개승마의 조기 수확은 방향성을 증가시키고, 수확시기가 늦을수록 Phytol 성분의 함량이 높아서 매운 맛을 증가시킬 것으로 생각된다.

눈개승마의 차광정도 및 수확시기별 에틸아세테이트 추출

Table 1. The effect of shading during cultivation stage on various volatile compounds of edible parts in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* (compound peak area/I.S.T.D peak area)

No	Compounds	Non-shading		30% shading		60% shading	
		Early	Late	Early	Late	Early	Late
1	Benzaldehyde	1.898	8.203	10.477	9.017	35.478	34.614
2	Linalool	0.023	0.004	0.982	0.343	2.888	2.327
3	$\alpha$ -Terpineol	0.379	1.058	0.216	0.037	0.188	-
4	Azulene	1.595	5.02	2.675	5.012	2.605	5.279
5	Geraniol	2.372	2.646	3.402	3.177	4.264	4.054
6	2,6-bis(1,1-dimethylethyl) Phenol	1.433	3.3	1.805	3.329	2.626	3.413
7	2,5,5-trimethyl camphene	0.608	0.662	0.793	0.708	1.611	0.901
8	Benzoic acid	0.071	0.317	-	0.066	-	-
9	Benzofuran	0.741	0.241	1.029	0.235	0.456	-
10	Phytol	2.419	5.063	3.44	5.73	6.495	7.098
11	Hexadecanoic acid	2.099	2.723	2.751	2.19	1.962	3.033

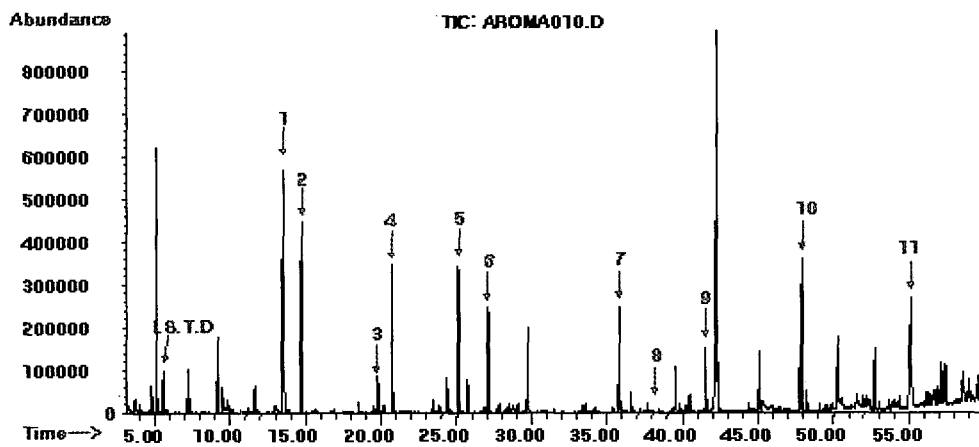


Fig 3. Gas chromatogram of extracts on the volatile essential oil of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*.

물의 항산화 활성을 조사 해 본 결과(Fig. 4), 전 생육지의 DPPH 소거활성 범위는 6.64-14.49(IC<sub>50</sub> : μg/ml)으로 매우 높게 나타났고 차광정도가 높을 수록 낮았고, 조기 수확 할 수록 높았다.

눈개승마의 생육시기에 따른 항산화 활성의 변화는 생육 상태, 생육년수, 시비방법 등의 재배법에 따른 성분함량의 차이를 나타낸다(Hosoda and Noguchi, 1990)는 보고와 관련성이 있는 것으로 생각되며 생육단계에 따른 환경 스트레스 및 생육 후기에 동화물질의 축적에 따른 항산화 물질이 생성되었을 것으로 생각된다. 특히, 본 차광정도가 높을수록 항산화 활성정도가 약 58% 증가되는 것과 생육초기가 활성이 높게 나타난 것은 생육 초기 환경에 큰 영향을 미친 것으로 생각된다.

본 실험에서 항산화 측정지표로 사용된 DPPH 자유라디칼 소거법의 작용기작은 항산화 물질이 안정한 자유라디칼인 DPPH와 재반응하고 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine로 변환되는 과정을 가지는데, 이 방법은 많은 식물 추출물들을 bioassay를 이용한 항산화 물질의 용매분획 실험에 이용된다(Cotelle *et al.*, 1996; Lee, 1997; Smith ). 활성산소는

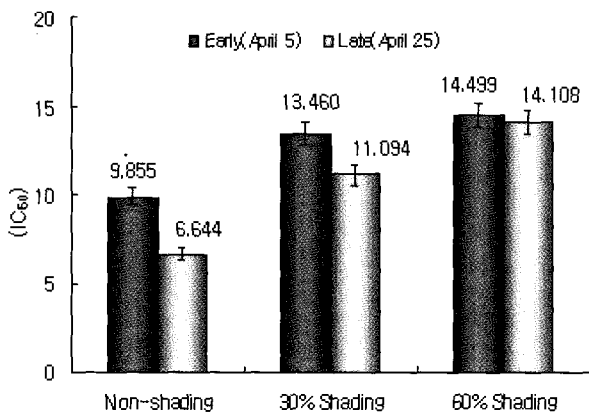


Fig 4. Effect of shading during cultivation stage on antioxidant activities in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*.

Table 2. POD activity on the shading during cultivation stage in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* (unit mg/protein)

Shading	POD activities	
	Early(April 5)	Late(April 25)
Non-shading	0.3734	0.4844
30% shading	0.1471	0.4878
60% shading	0.1351	0.3656
Seed	0.0610	-

비공유 전자쌍을 가지는 것으로 물질대사 과정에서 외부로부터 물리, 화학적인 스트레스나 이물질, 방사능 등의 여러 환경인자에 의해 자연적으로 발생하게 되며 반응성이 매우 높고 연쇄반응을 하는 특징을 가지기 때문에 쉽사리 산화되는 생체성분, 예를 들면 지질, 단백질, 당질이나 핵산 등과 비특이적으로 작용하여 다양한 생체상해를 일으키는 것으로 알려져 있다(Cavalieri *et al.*, 1988; Barry, 1995; Yuichiro *et al.*, 1997). 그 중 ·OH는 가장 반응성이 강한 활성산소로서 DNA 손상에 직접 영향을 미친다고 한다(Halliwell and Aruoma, 1991).

차광정도 및 생육시기별 눈개승마 조추출물이 항산화효소인 SOD와 POD 활성에 미치는 영향을 조사해 본 결과 (Table 2, 3), POD 및 SOD 활성은 식물체에 비하여 종자가 매우 낮았고, 무차광에 비하여 차광 재배시에 증가하였다. POD활성은 식용가능시기의 생육 초기에 비하여 후기에 높았으나, SOD활성은 감소되었다. POD 활성은 대체로 낮은 활성을 나타낸 반면, SOD 활성은 POD에 비해 상대적으로 높은 활성을 나타내었다.

SOD와 POD 같은 항산화 효소는 세포의 항산화 방어계의 주요 효소이며 SOD는 분포가 매우 명확히 알려져 있어 산소를 소비하는 모든 생물체에서 발견되었다(Cerutti and Trump, 1991; Fridovich, 1986). 본 연구의 동위효소 패턴 결과는 산업적으로 이용가치가 높은 SOD가 눈개승마 조추출물 내에 높은 활성과 소수의 동위효소로 존재하고 있음을 나타낸다. 따라서 눈개승마는 항산화 효소의 분리, 이용면에서 매우 좋은 효율을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

POD Isozyme band 수는 이식묘의 종자, 잎 및 줄기에서 각각 6개의 밴드를 나타내었으나, 뿌리에는 없었다 (Fig. 5).

SOD Isozyme band 수는 종자와 잎에 비하여 줄기와 종자에서 잎과 줄기 및 뿌리에서 뚜렷한 밴드 pattern을 나타내었다(Fig. 5).

Table 3. SOD activity on the shading during cultivation stage in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* (unit mg/protein)

Shading	SOD activities	
	Early(April 5)	Late(April 25)
Non-shading	218.14	126.62
30% shading	175.59	105.70
60% shading	52.23	43.59
Seed	49.78	-

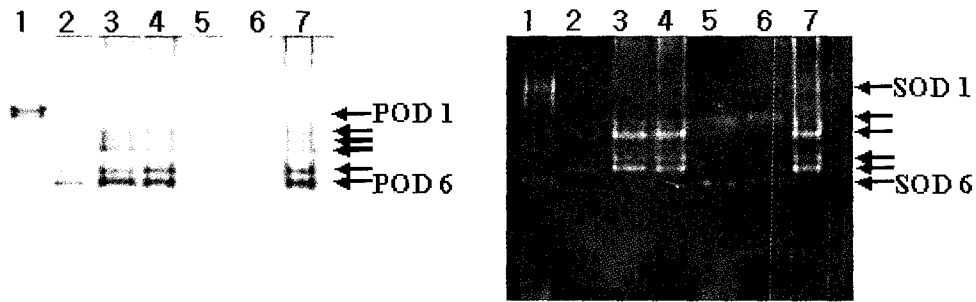


Fig 5. Isozyme patterns of POD and SOD on the plant parts in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*.

1~4 : seed, leaf and stem, root in 40 days after seedling  
 5~7 : leaf, stem and root in edible stage

적 요

눈개승마의 총 엽록소, 총 카로테노이드 함량은 무차광에 비하여 차광율이 높을 수록 높았다. 지방산함량은 무차광 재배에 비하여 차광 재배 및 식용 가능시기의 생육 후기에 감소되었다. 식용가능시기에서의 지방산 종류간의 함량은 oleic acid, palmitic acid, linoleic acid, stearic acid 순으로 높았으며, 무차광에 비하여 차광율이 높을 수록 낮았다. 특히 linoleic산의 함량은 타 지방산에 비하여 차광정도에 따른 함량의 감소율이 매우 높았다. 차광율 및 수확시각간의 휘발성 정유성분의 함량은 차광율이 높을 수록 증가하였고, 초기수확이 높았다. DPPH 소거활성은 6.64-14.49(IC<sub>50</sub> : µg/ml)로 항산화 활성이 매우 높게 나타났고 차광정도가 높을 수록 낮았고, 조기 수확 할 수록 높았다. POD 및 SOD 활성은 식물체에 비하여 종자가 매우 낮았고, 무차광에 비하여 차광 재배 시에 증가하였다. POD활성은 식용가능시기의 생육 초기에 비하여 후기에 높았으나, SOD활성은 감소되었다. POD Isozyme band 수는 이식묘의 종자, 잎 및 줄기에서 각 각 6개의 밴드를 나타내었으나, 뿌리에는 없었다. SOD Isozyme band는 종자와 잎에 비하여 뿌리에서 뚜렷하였다.

사 사

이 논문은 2004학년도 안동대학교 특별 학술연구사업에 의하여 연구되었음.

인용문헌

Alessio, H.M. and Goldfarb. 1993. Exercise induced oxidative stress. *Medicin and Science in sport and Exercise*. 25: 152-157

Anonymous, 1982. Diet, Nutrition and cancer, Committe on Diet, Nutrition and cancer, national Academy of science, National Academy Press, Washington, DC.

Baldimon J.j., Fuster V., Chesebro J.H and Baldimon L. 1993 Cronary atherosclerosis. A multifactorial disease. *Circulation* 87: 113-116.

Barry, R.H. 1995. Superoxide and hydrogen peroxide in relation to mammalian cell proliferation. *Free Radical Biology & Medicine*, 18: 775-794.

Beauchamp, C. and I. Freidovich. 1971. Superoxide dismutase : Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal. Biochem.* 4: 276-287.

Beckman, K.B. and B.N. Ames. 1998. The free radical theory of aging matures. *Physiol. Rev.* 78: 547-581.

Bendich. A and J.A. Olson, 1989. *FASEB J.*, 3: 1927

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.

Bracco F., Scarpa M., Rigo A. and Battistin L. 1991 Determination of superoxide dismutase activity by the polarographic method of catalytic currents in the cerebrospinal fluid of aging brain and neurologic degenerative disease. *Pro. Soc. Exp. Bio. Med.* 196: 36-41

Cavalieri, L., Rogan, G., Cremonesi, P. and D., Devanesan. 1988. Radical cations as precursors in metabolic formation of quinones from benzopyrene and 6-fluoro-benzopyrene. Fluoro substitution as a probe for one-electron oxidation in aromatic subsyrates. *Biochem. Pharmacol.* 37: 2173-2176

Cerutti, P.A. and B.F. Trump. 1991. Inflammation and oxidative stress in carcinogenesis. *Cancer cell*, 3: 1-7.

Choe, S. Y. and K. H. Yang. 1982. Toxicological studies of antioxidants butylated hydroxytoluene (BHT) and buthylated hydroxyanisole(BHA) (in Korean). *Korean J. Food Sci, Technol.*,

- 14: 283-288.
- Cotelle N., Bernier J.L., Cateau J.P., Pommery J., Wallet J.C. and Gaydou E.M. 1996. Antioxidant properties of hydroxy-flavones. *Free Radic. Biol. Med.* 20: 35-43
- Court, W.A., J.M Elliot and J.G. Hendel. 1982. Influence of applied nitrogen on the nonvolatile fatty acids and amino acids of flue-cured tobacco, *Can. J.*, 62: 489-496.
- Davis, D.L. 1976. Waxes and lipids in leaf and their relationship to smoking quality and aroma. *Recent advances in tobacco science, the 30th T.C.R.C.* 2: 80-111.
- Fridovich, I. 1978. The biology of oxygen radicals. *Science* 201: 875-884.
- Fukuami, Tetsuo. 1971. Studies on the flavor components of oriental tobacco leaves. *Bull. of Okayama Tob. Expt. Stn.* 30: 103-134
- Hall E. and Braugler J.M. 1986. Role of lipid Peroxidation in post-traumatic spinal cord degeneration. *CNS Trauma.* 3: 281-294.
- Halliwell, B. 1996. Antioxydants in human health and disease. *Ann. Rev. Nutr.* 16: 33-50.
- Halliwell B. and Aruma O.I. 1991. DNA damage by oxygen-derived species its mechanism and measurement in mammalian system. *FEBS Letters.* 281: 9-19.
- Hodosoda K. and Noguchi M. 1990. Studies on the cultivation of *Bupleurum falcatum* L.(1), Effects of cultivation condition on the root growth and saponin contents. *Chem. Pharm. Bull.* 38: 436.
- Ishiguro. S. and S. Sugawara. 1981. Tobacco smoke and tobacco smoke flavor. *Koryo*, 130: 31-39.
- Lee. S.K. 1997. Evaluation of cancer chemopreventive activity mediated by antioxidants and modulators of tumor promotion. Ph.D thesis of University of illinois at Chicago. pp. 52-54.
- McCord, J.M. and I. Fridovich. 1969. Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte (Hemocuprein). *J. Biol. Chem.* 244: 6049-6055.
- Pedreno, M.A, Ferrer, M.A., Gasper. T., Munoz, R. and Ros Barcelo, A. 1995. The polyfunctionality of cell wall peroxidases avoids the necessity of an independent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-generating system for phenolic coupling in the cell wall. *Plant Peroxidase Newslett.* No.5: 3-8
- Shigenaga M, Hagen T.M. and Ames B.N. 1994 Oxidative damage and mitochondrial decay in aging. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA.* 91: 10771-10778.
- Smith R.C., Reeves J.C., Dage R.C. and Schnettler R.A. 1987 Antioxidant properties of 2-imidazolones and 2-imidazolthiones. *Bilchem. Pharmacol.* 36: 1457-1460.
- Yuichiro, S., Henry J.F. and A. Sevanian. 1997. Oxidants as stimulators of signal transduction. *Free Radical Biology & Medicine*, 22: 269-285.

(접수일 2005.4.20 ; 수락일 2006.1.10)