

## 인삼 적변현상과 적변물질의 형태-화학적 특성

윤길영 · 양덕조<sup>#</sup>

충북대학교 자연과학대학 생명과학부  
(2000년 8월 3일 접수)

### Red-Colored Phenomena and Morphochemical Characteristics of Red-Colored Substances in Ginseng Roots (*Panax ginseng* C.A. Meyer)

Kil-Young Yun and Deok-Cho Yang<sup>#</sup>

School of Life Sciences, College of Natural Sciences, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea  
(Received August 3, 2000)

**Abstract :** One of the physiologically important ginseng diseases is red-colored phenomena (RCP) that is caused by accumulation of red-colored substances on the epidermis of ginseng roots. Although RCP severely deteriorates the quality of ginseng products, there has been little information on what red-colored substance is and how RCP occurs. Therefore, the heavy losses of cultivators and ginseng industry are suffering by RCP. For this reason, we have investigated with the morphochemical characteristics of RCP to find out main cause of it. The red-colored substances (RS) on the epidermis of red-colored ginseng (RCG) were examined using inverted light microscope, confocal laser scanning microscope (CLSM) and furier transform infrared (FT/IR) spectrometer. Red brown substances were accumulated in the cell wall of the epidermis from early stage to late stage of RCG. Especially, cell wall of the late stage of RCG was covered with the substances with 80~130  $\mu\text{m}$  thick. Therefore, the cell wall of RCG cannot protect the ginseng root cells from the mechanical damages, bacteria and fungi. To analyse red substances of roots, RS were isolated from epidermis of RCG and extracted using various solvents. RS is strongly insoluble but it was bleached by oxidizing agents including 12% (v/v) NaOCl. Therefore, RS was presumed to make up of high chelation power. The profiles of FT/IR spectra of both healthy ginseng (HEG) and RCG showed a significant difference at two wavelength, 2857  $\text{cm}^{-1}$  (C-H) and 1032  $\text{cm}^{-1}$  (S=O), respectively. Furthermore, absorption peak of 2857 $\text{cm}^{-1}$  appears on the only epidermis of RCG. The other peak is shown lower absorption rate on the epidermis of RCG than that of healthy ginseng. Also, FT/IR spectra of the mixture of carboxymethylcellulose (CMC) and iron ( $\text{Fe}^{3+}$ ) were very similar to RCG spectrum profiles. One of a interesting fact is that the contents of phenolic compounds at the epidermis of healthy ginseng were highest. The results of these experiments support the RCP was closely related with the chemical interaction between inorganic elements (Fe) of rhizosphere and organic matters (cellulose, cellobiose, cell sap, etc.) of ginseng roots.

**Key words:** Cell wall, CLSM, FT/IR, phenolic compound.

## 서 론

인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 일반 식물과 달리 태양 직사광선을 받으면 잎에서 photobleaching 일어나는 독특한 생리적 특성 때문에 복사광이 비교적 낮은 해가림하에서 경작되고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 재배 방법은 광량이 낮은 음지에서 재배되기 때문에 포장은 고온다습하고 통풍이 잘 되지 않아 인삼의 순동화율이 저하되고 생산성이 떨어지며 병원성 세균

및 균류 등에 의한 이병율과 생리적 장애가 높다.<sup>2,3)</sup> 또한 연작장애에 따른 최적 경작지 감소로 인한 부적합한 재배지 선정과 예정지에서 비료의 사용 등은 인삼의 생리적 장애의 원인이 되었다. 인삼 재배과정에서 나타나는 생리적 장애현상 중의 하나는 인삼뿌리 표면에 적갈색의 반점이 형성되어 점차 확대되어 결국에는 그 부위가 두꺼워지거나 조직이 파괴되는 적변현상(Red-Colored Phenomena; RCP)이다.<sup>4,6)</sup> 적변현상은 홍삼제품의 품질하락에 결정적 영향을 미치기 때문에 인삼 경작의 생산성 감소와 홍삼수출의 장애요인이 되고 있다. 그러나 적변현상은 아직까지도 정확한 발병 원인과 기작이 구명되어 있지 않으며 효과적인 방제법이 마련되어 있지

<sup>#</sup>본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 043-261-2293; (팩스) 043-261-2293  
(E-mail) dcyang@pct.chungbuk.ac.kr

않은 실정이다.

인삼의 병해에 대한 연구는 1900년 초반부터 활발히 수행되어 미국,<sup>7,8)</sup> 일본<sup>9-11)</sup> 그리고 구소련<sup>12,13)</sup>에서 수행되었으며, 그 후 우리나라에서도 많은 연구가 수행<sup>14-17)</sup>되고 있다. 초기에는 적변현상과 뿌리썩음병을 혼용하여 일본에서는 근부병(根腐病), 적부병(赤腐病), 적수(赤銹), 근용(根鏽) 등으로 일컬었다. 우리나라의 경우에는 근부병, 적부병, 적변삼, 적병(赤病), 홍병(紅病), 피폐병(皮斃病), 두부병(頭腐病) 등이 있으며, 경작지에서는 '황이 긴다'라고도 한다. 미국의 경우 썩음병(rots)을 rust(녹병)와 soft rot(무름병)으로 나누었다.<sup>18)</sup> 이와 같이 인삼의 뿌리썩음병과 적변현상을 지칭하는 용어의 혼용은 원인과 발병기작에 대한 불명확성 때문에 예상되는 발병 원인과 적변의 외형적 현상 중에서 어느 것에 비중을 두는가에 따라 다양하게 명명된 것으로 여겨진다. 최근에는 적변현상에 대한 관심이 고조되면서 영어식 표기에 있어서도 Yang 등<sup>4)</sup>은 red-colored phenomena(RCP)라 하였고, rusty 또는 red skin이라고 부르는 학자도 있다.<sup>19)</sup> 이와 같이 인삼의 적변현상에 대한 관심은 오래 전부터 시작되었으나, 원인에 대한 불명확성과 발병기작이 정확하게 입증되지 않아 용어의 혼돈과 방제대책 마련에 어려움이 가중되고 있다.

따라서 인삼의 뿌리에 장애를 주는 원인과 적변발현 기작을 구명하여 실효성 있는 방제 방안이 마련되어야 한다. 본 연구에서는 적변현상의 원인을 구명하기 위한 연구의 일환으로 적변삼 표피에 침적되어 있는 적변 물질의 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 연구에 사용한 건강삼 및 적변삼의 표피조직은 금산의 인삼공판장에서 구입한 4년근 수삼을 수돗물과 증류수로 세척하여 동체 부위의 표피를 사용하였다. 또한 부여 인삼장에서 가공하기 위해 세척된 4년근 인삼을 대나무로 만든 칼을 이용하여 적변삼 및 건강삼의 표피조직을 벗겨 동결건조(Operon Eng. Co. FDUM-105, Korea)하여 분석에 이용하였다.

### 2. 현미경에 의한 관찰

건강삼과 적변삼의 뿌리를 cross-section하여 inverted microscope(Olympus LH50A, Japan)로 관찰하였다. 또한 각각의 뿌리를 cross-section 하여 fluorescence dye(1 mM lead acetate)로 염색한 다음 증류수로 세척하였다. 연속적인 광학영상(optical section image)은 excitation 파장을 488 nm, emission 파장을 588 nm로 하여 콘포칼영상분석기(Bio-Red MRC-1024, USA)로 관찰하였다.

### 3. FT/IR Spectra 및 유기원소분석

적변삼으로부터 분리한 표피에 침적되어 있는 물질을 분석하기 위해 일반적으로 많이 사용하는 유기 용매와 강산 및 강염기로 추출하였다. 또한 건강삼 뿌리전체와 건강삼과 적변삼의 표피조직을 500°C 전기로에서 회화한 시료를 각각 potassium bromide(KBr)와 혼합하여 disk를 만들어 FT/IR-spectrum(Bruker IFS-66, Germany) 분석에 이용하였다. 또한 각각의 표피조직의 유기물질은 FT/IR 시료와 동일한 것을 원소분석기(CE Instruments EA1110, Italy)를 사용하여 분석하였다.

### 4. 총 페놀성 화합물의 정량

동결건조한 건강삼과 적변삼의 표피조직과 건강삼의 각 부위별 총 페놀성 화합물의 함량은 Hammerschmidt와 Pratt의 방법<sup>20)</sup>을 다소 변형하여 수행하였다.

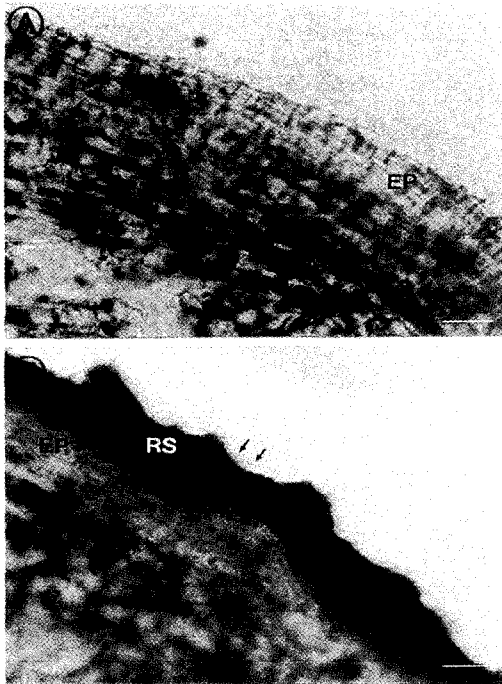
## 결과 및 고찰

### 1. 적변인삼의 광학적 특성

적변삼은 뿌리 표면에 적갈색의 병반이 반점 또는 띠모양으로 년근에 관계없이 동체, 지근, 세근 등에 형성된다(Fig. 1). 적변삼 뿌리를 cross-section하여 광학현미경으로 관찰한



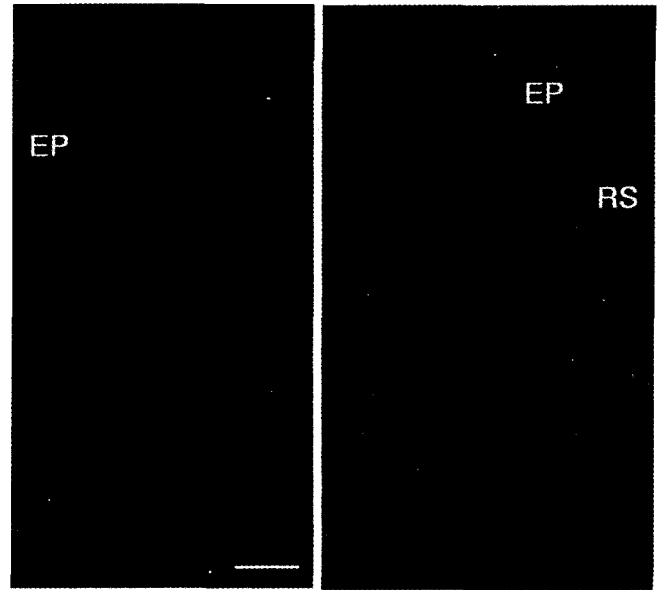
Fig. 1. Red-colored phenomena (RCP) of ginseng roots (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Red-brown substances were accumulated on the epidermis of ginseng roots. (A), (B) : 3-year-old, (C), (D), (E) : 4-year-old.



**Fig. 2.** Cross-section light microscopy of healthy (A) and red-colored ginseng (B). Arrows indicates accumulated red substances. EP : epidermis, RS : red-colored substances. Bar indicates 71  $\mu$ m.

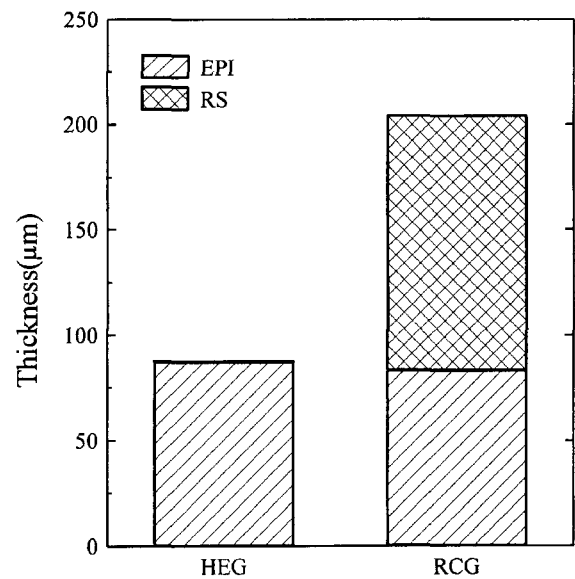
결과, 표피세포와 표피세포의 바깥쪽으로 두꺼운 침적물이 형성되어 있음이 확인되었다(Fig. 2). 또한 Yang 등<sup>4)</sup>의 보고에 따르면 적변삼의 경우 세포벽이 손상되어 있음이 확인되었다. 따라서 적변삼은 주변의 물리·생물학적 stress 요인에 대해 1차적인 방어기능이 약화되고, 손상된 세포벽에는 토양의 유무기 이온이나 기타 다른 착화합물의 침적이 용이할 뿐만 아니라 이온 및 양분흡수 등과 같은 생리적 기능을 원활히 수행할 수 없을 것으로 여겨진다. 또한 미생물 등에 의한 근권 환경으로부터의 공격에 대한 방어 능력이 상대적으로 약화되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 적변현상의 진행은 표면에 형성된 착화합물에 의해 인삼 뿌리 표면에는 적갈색의 병반이 생기고 미생물의 침입이 증가되어 결국에는 적변현상이 가속화되는 과정이 진행되는 것으로 판단된다. 특히, 적변삼 조직의 세포벽이 심하게 파괴되고 그 속에서 미생물의 존재가 확인<sup>4)</sup>되었는데, 이들 미생물은 세포벽의 주요 구성성분인 cellulose나 lignin 및 pectin을 분해하거나 또는 대사의 기질로 이용하는 미생물로 확인되었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 인삼뿌리에서 나타나는 적변현상은 토양성분중 갈색의 착화합물을 형성할 수 있는 성분과 인삼뿌리 자체의 성분 그리고 세포벽을 분해하는 미생물의 작용에 의해 유발되는 것임을 알 수 있다.

또한 건강삼과 적변삼을 cross-section하여 콘포칼영상분석



**Fig. 3.** Confocal light scanning microscopy (CLSM) of healthy ginseng (A) and red-colored ginseng (B). EP : epidermis, RS : red-colored substances. Bar indicates 120  $\mu$ m.

기를 이용하여 연속적인 광학영상 pattern을 조사한 결과, 건강삼의 표피세포는 정방형의 세포가 4~5층으로 고르게 배열되어 있었다(Fig. 3A). 반면에 적변삼의 경우에는 표피세포의 바깥쪽으로 두꺼운 침적물이 관찰되었으며 건강삼과 다르게 표피세포의 배열상태가 변형되어 있었다(Fig. 3B). 이러한 결과는 적변물질의 침적에 따른 압력, 팽창, 뒤틀림 등과 같은



**Fig. 4.** Accumulation of red-colored substances in epidermis of RCG. Thickness measured fluorescence intensity. EPI : epidermis, RS : red-colored substances. HEG : healthy ginseng, RCG : red-colored ginseng.

물리적 변형과 미생물에 의해 세포벽이 분해되고 지지조직이 파괴되는 생물학적 손상의 결과로 판단된다. 또한 조직의 형광의 강도를 이용하여 표피세포와 적변물질의 두께를 측정 한 결과, 건강삼과 적변삼의 표피조직의 두께는 약 80  $\mu\text{m}$  정도로 유사하였다. 그러나 적변삼의 표피세포에는 추가로 바깥 쪽으로 약 120  $\mu\text{m}$  두께의 적변-침적물이 확인되었다(Fig. 4). 이러한 물질의 침적은 적변조직의 표피세포가 두꺼워지는 원인으로 기인된다.

이상의 결과로 볼 때, 적변물질은 다음과 같은 과정으로 침적되어 가는 것으로 볼 수 있다; 적변삼 표피에 다량 침적되어 있는 철이온<sup>4)</sup>은 인삼 표피세포 주변에서 화학·생물학적 반응에 의해 인삼 표피를 구성하는 유기분자와 결합하여 세포벽 사이에서부터 바깥쪽으로 침적되어감에 따라 적변현상이 유발되는 것으로 여겨진다. 그렇다면, 표피조직에서 철이온과 결합할 수 있는 물질로 인삼뿌리의 구성성분인 유기물질을 구명하는 것은 적변현상의 원인을 밝히는 결정적인 단서를 제공할 것으로 판단된다.

## 2. 적변물질의 추출 및 FT/IR 분석

적변물질을 유기용매로 추출하면 용매에 약간의 색소 성분이 추출되지만 조직내의 적변물질은 용출되지 않고 남아 있다(결과 미제시). 때문에 추출물을 이용한 분광학적 분석은 적변과 직접적인 관계가 없는 물질의 부분적인 추출물이거나 인삼뿌리의 다른 생체구성 성분일 가능성이 매우 크다. 따라서 적변조직과 건강삼의 표피조직을 동결건조하여 퓨리에 변환 적외선 스펙트럼을 비교하였다(Table 1, 2). 건강삼 뿌리 조직 전체(Whole)의 spectrum은 3400(OH), 2900(C-H), 1600  $\text{cm}^{-1}$ (C=C)등의 파장 부근에서 peak이 나타났으며, 1000  $\text{cm}^{-1}$ (S=O)부근에서 강한 흡수를 나타내었다. 건강삼의 표피조직(HEG) spectrum은 뿌리조직의 spectrum과 유사하였으며, 1000  $\text{cm}^{-1}$  부근에서 역시 높은 흡수율을 나타내었다. 반면에 적변삼 표피조직(RCG)의 spectrum에서는 두 spec-

**Table 2.** The compounds in RCP complex

Common Name	Chemical Formula	
Azodicarbonamide (ADCA)	$\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$	Mol. Wt. 116.08
Fatty alcohol	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}\text{O}$	Mol. Wt. 228.4
	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}\text{O}$	Mol. Wt. 172.3
Hydrocarbon	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	Mol. Wt. 226.4
	$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	Mol. Wt. 198.4
Oleic alcohol	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}$	Mol. Wt. 238.5
Tridecyl bromide	$\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{Br}$	Mol. Wt. 263.3
Myristyl bromide	$\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{Br}$	Mol. Wt. 277.3
Lauryl mercaptan	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{S}$	Mol. Wt. 202.4

trum과 다른 양상이 나타났다. 즉, 2857  $\text{cm}^{-1}$ (C-H, azodicarbonamide)에서 새로운 흡수대가 형성되었으며 1700  $\text{cm}^{-1}$ (C=O) 부분의 흡수도는 다소 증가하고 1000  $\text{cm}^{-1}$  부근에서의 흡수율은 현저히 감소하였다.

이러한 결과는 건강삼의 표피조직과 적변삼의 표피조직의 구성성분에서 functional group의 차이를 암시하는 것으로 적변삼의 경우에는 구성물질의 stretching 및 bending vibration이 일어났음을 알 수 있다. 이러한 원인을 구명한다면 적변현상과 관련된 유기물질의 구명이 가능할 것으로 판단된다. 또한 적변삼 표피조직을 500°C 전기로에서 회화하여 유기물을 완전히 산화시킨 시료의 FT/IR spectrum에서는 흡수 peak이 나타나지 않았다(Table 1). 반면에 적변삼의 표피조직을 회화한 회분에서의 철 함량은 매우 높았다.<sup>4)</sup> 이러한 결과는 적변원인 물질은 유기물과 복합체를 이루고 있음을 잘 제시하는 것이며, 적변현상의 원인물질은 인삼뿌리의 세포벽 구성성분인 cellulose가 부분적으로 분해된 산물과 표피세포가 파괴되어 용출되는 세포내용물(cell sap)이 철이온과 복합체를 형성한 결과(Fig. 5)임을 뒷받침하고 있다.

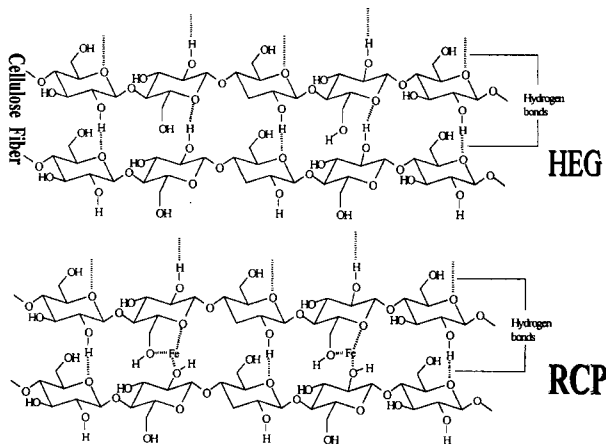
## 3. 원소분석기(EA)에 의한 분석

적변삼과 건강삼 표피조직의 유기원소 구성의 차이는 적변현상과 관련된 인삼뿌리의 유기성분을 구명하는데 중요한 정

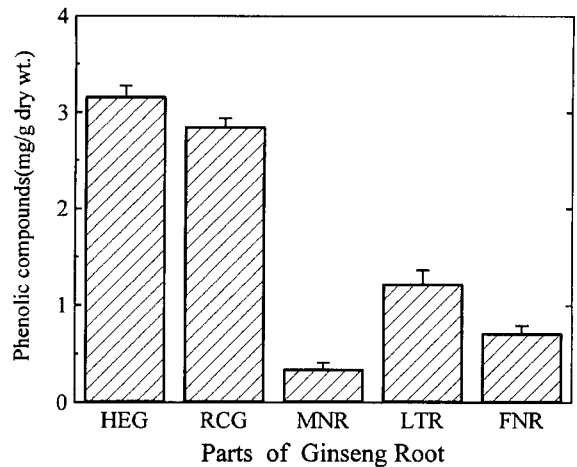
**Table 1.** The FT/IR spectra and functional groups of ginseng tissues and CMC with  $\text{Fe}^{2+}$  or  $\text{Fe}^{3+}$

Peak Samples	Wavenumber ( $\text{cm}^{-1}$ )						
Whole*	3379.00	2928.57	-	1642.86	1428.57	1017.86	571.43
HEG	3383.93	2910.57	-	1651.79	1410.71	1142.86	589.29
RCG	3401.79	2928.57	2857.14	1642.86	1232.14	1142.86	53572
Ash	-	-	-	-	-	1089.29	607.14
CMC	3428.57	2829.86	-	1625.00	-	1053.57	660.71
CMC+ $\text{Fe}^{2+}$	3446.43	2829.86	-	1660.71	-	1053.57	660.11
CMC+ $\text{Fe}^{3+}$	3437.50	2928.57	2857.14	1642.86	1428.86	-	464.29
Functional Group	OH -N-H	C-H C≡H	-C-H	C=C	CH C-C	C-O	C-Br C-Cl

\*Whole : Whole roots of ginseng, HEG : epidermis of healthy ginseng roots, RCG : epidermis of red-colored ginseng roots, Ash : ash of RCG, CMC : carboxymethylcellulose.



**Fig. 5.** Cellulose structure and presumed model of chelation with iron. Irons are formation of 5-membered ring with aldehyde residue of glucose and/or chelation on the loosely hydrogen bond between cellulose fibers. HEG : healthy ginseng, RCP : red-colored phenomena.



**Fig. 6.** The contents of phenolic compounds in the parts of ginseng roots. HEG and RCG : epidermis of healthy and red-colored ginseng, respectively, MNR : main roots, LTR : lateral roots, FNR : fine roots.

**Table 3.** Organic elements in epidermis of healthy and red-colored ginseng

Elements (%) Samples	C	H	N
Whole*	40.51	6.48	2.10
HEG	41.68	6.31	1.40
RCG	51.57	6.80	2.49
CMC	40.08	6.25	0.03
CMC+Fe <sup>2+</sup>	38.02	6.17	0.28
CMC+Fe <sup>3+</sup>	14.41	2.26	0.14

\*Whole : Whole roots of ginseng, HEG : epidermis of healthy ginseng roots, RCG : epidermis of red-colored ginseng roots, CMC : carboxymethylcellulose.

보를 제공할 것으로 판단되어 유기원소를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 유기원소 조성에서 수소(H)의 농도는 건강삼과 적변삼에서는 큰 유의차가 없었으나, 적변삼에서 탄소(C)의 비율이 건강삼에 비해 약 10% 정도 높았다. 또한 질소(N)의 경우는 적변삼이 건강삼 보다 현저히 높게 나타났다. 이러한 결과는 Table 2에서 제시한 바와 같이 hydrocarbon 류와 적변삼의 표피에서만 발견되는 azodicarbonamide (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, Mt. 116.08) 등과 같은 탄소 및 질소 함유물질 때문으로 판단된다.

**4. 총 페놀성 화합물의 정량**

건강삼과 적변삼의 표피조직으로부터 총 페놀성 화합물의 함량을 측정된 결과, 건강삼 조직에서 가장 높게 나타났다 (Fig. 6). 페놀성 물질은 당과 결합하여 배당체로 존재하는 경우가 많으므로 일반적으로 수용성이며, 단백질과 수소결합하여 복합체를 이루기도 한다.<sup>21)</sup> Phenolic acid는 식물체내에서

lignin과 ester 형태로 결합되어 있는 것은 알코올 불용성 분획에 존재하고 당과 결합되어 있는 배당체는 가용성 분획에 존재한다. 식물조직을 산(acid)으로 가수분해 하면 모든 phenolic acid가 유리되어 ether 가용성 분획에 들어 있게 되고 알카리 가수분해는 polyphenol을 phenol이나 phenolic acid로 유리된다. 따라서 적변현상이 페놀성 물질과의 복합체라고 가정한다면 산성이나 알카리 용매로 추출하여 ether로 분획한 부분에 추출되고 조직내에는 적색이 없어야 한다. 그러나 산으로 가수분해한 조직내에도 적색의 침적물이 그대로 남아있었다.

이러한 결과는 적변물질을 형성하고 있는 생체유기물질은 페놀성 물질이 아닌 다른 물질임을 잘 나타내는 것이다. 또한 페놀성 물질이 적변삼 조직에서 높다는 보고<sup>22-24)</sup>와는 차이가 있는 결과이다. 식물체의 페놀성 물질은 항균작용 및 병원균에 대한 저항을 나타내는 것으로 알려져 있다.<sup>25)</sup> 그러나 적변삼에서는 적변현상에 관여하는 미생물에 대한 저항 또는 생리적 방어 기작의 교란으로 표피에 축적되지 않는기 때문에 미생물의 집적이 증가<sup>4)</sup>하는 것으로 판단된다.

**요 약**

적변삼 표피조직의 적갈색의 침적물은 강력한 산화제에 의해서만 산화(탈색)되는 chelation power가 매우 큰 화학결합을 형성하고 있었다. CLSM으로 관찰한 결과, 적변삼 조직의 바깥쪽으로 두껍게 침적물이 형성되어 있음이 확인되었으며, 조직의 형광강도를 이용하여 두께를 측정된 결과 약 120 μm의 침적물이 축적되어 있음이 확인되었다. 또한 FT/IR

spectrum 분석 결과 적변삼 표피의 물질은 건강삼의 표피조직과는 다른 functional group을 포함하는 것으로 확인되었다. 건강삼과 적변삼의 표피조직을 강산과 강염으로 가수분해 하여도 조직에 침적되어 있는 적색의 물질은 용출되지 않았다. 적변삼과 건강삼의 표피조직과 뿌리의 각 부위별 총 페놀성 화합물의 함량을 측정된 결과, 건강삼의 표피조직에서 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 페놀성 물질이 적변물질의 원인이 된다는 보고와 차이가 있는 것으로 페놀성 물질은 적변 현상 유발의 직접적인 원인물질이 아님이 확인되었다. 따라서 인삼의 적변물질은 인삼뿌리의 유기성분(세포벽 분해산물, 세포내용물, azodicarbonamide 등)과 철이온 복합체로 추론되며, 이물질에 대한 계속적인 추적을 진행하고 있다.

### 인용문헌

1. 양덕조, 채쾌 : 산학협동보고서, p.1 (1983).
2. Chung, H. S. : *Proc. Symp. on Korean Ginseng*. The Society for Korean Pharmacognosy, p.55 (1974).
3. Yang, D. C., Yoo, H. Y. and Yoon, J. J. : *Korean J. Ginseng Sci.* **11**(2), 91 (1987).
4. Yang, D. C., Kim, Y. H., Yun, K. Y., Lee, S. S., Kwon, J. N. and Kang, H. M. : *Korean J. Ginseng Sci.* **21**(2), 91 (1997).
5. 오승환, 박창석, 이장호 : 고려인삼연구소 연구보고서, p. 47 (1980).
6. 김명수, 이종화, 이태수, 백남인 : 한국인삼연초연구소 연구보고서, p.13 (1984).
7. Van Hook, J. M. : *Cornell Agr. Expt. Station Bull.*, 319 (1904).
8. Zinssemeister, G. L. : *Phytopathology*, **8**, 557 (1918).
9. 宮澤洋一, 萩原博司 : 농업의 원예 **42**, 1851 (1967).
10. 松尾卓見, 宮澤洋一 : 일본식물병리학회지 **33**, 346 (1967).
11. Matuo, T. and Miyazawa, Y. : *Trans. Mycol. Soc. Japan* **9**, 109 (1969).
12. Bunkina, I. A. : *Moscow, Rev. Appl. Mycol.*, **37**, 498 (1957).
13. Vasina, A. N., Kryukv, M. A. and Shaigina, A. L. : *Rev. Appl. Mycol.*, **4**, 172 (1960).
14. 홍순근 : 수연 **6**, 27 (1964).
15. Choi, H. J. and Chung, H. S. : *Korean J. Plant Protection* **10**, 7 (1971).
16. 김득중 : 최신인삼재배, 선진문화출판사, 서울, p.177 (1968).
17. 정후섭 : 문교부 학술연구조성비에 의한 연구보고서, p.25 (1969).
18. 홍문화 : 한국인삼사(상권) 한국인삼경작조합연합회, 삼화인쇄(주), 서울, p.25 (1980).
19. Lee, S. S., Lee, M. K., Choi, K. T. : *J. Ginseng Res.*, **23**(2), 61 (1999).
20. Hammerschmidt, P. A. and Pratt, D. : *J. of Food Science* **43**, 556 (1978).
21. Hopkins, W. G. : *Plant Physiology*, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 276 (1999).
22. 김명수, 이일호, 박찬수, 이종화, 박동욱 : 한국인삼연초연구소 연구보고서, p.213 (1982).
23. Lee, T. S., Kim, M. S. and Hong, S. K. : *Korean J. Ginseng Sci.* **14**(1), 44 (1990).
24. Lee, T. S., Mok, S. K., Cheon, S. K., Choi, K. J. and Choe, J. : *Korean J. Ginseng Sci.* **19**(1), 77 (1995).
25. Friend, J. : Phenolic substances and plant disease. In : *Biochemistry of Plant Phenolics*. T. Awain, J. B. Harborne and C. F. van Sumere (Eds.), Plenum, New York, p.557 (1977).