

## 적변삼 외피에서 지질, 페놀성물질 및 철 성분의 축적에 관한 연구

이태수# · 목성균\* · 천성기 · 윤종혁 · 백남인\*\* · 최 정\*\*\*

KT&G 중앙연구원, \*한국인삼공사  
\*\*경희대학교 생명공학원, \*\*\*경북대학교 농화학과  
(2004년 8월 13일 접수, 2004년 9월 4일 수리)

### Accumulation of Crude Lipids, Phenolic Compounds and Iron in Rusty Ginseng Root Epidermis

Tae Su Lee#, Sung Kyun Mok\*, Seong Ki Cheon, Jong Hyuk Yoon, Nam-In Baek\*\* and Jyung Choe\*\*\*  
KT&G Central Research Institute, Suwon 441-480, Korea  
\*Korea Ginseng Corp, Taejon 302-120, Korea  
\*\*Graduate School of Biotechnology & Plant Metabolism Research Center, Kyunghee University, Korea  
\*\*\*Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea  
(Received August 13, 2004, Accepted September 4, 2004)

**Abstract :** The study was conducted to investigate the tissue and chemical characteristics of rusty root epidermal cells. In histological study, the rusty symptoms were frequently observed in the epidermis of ginseng root and to be yellow under microscopic observation. Disks of the epidermal cell tissue of the rusty root were usually 2 and 3 times greater in the number of cell layer and thickness of cell wall than the healthy root, respectively. The color degree of methanol extracts from the rusty root epidermis was 5.5 times higher than that of the healthy root. And the extracts of rust matter in the root epidermis were easily dissolved in polar solvents compared to nonpolar solvents. UV-absorption spectra of methanol extracts in various fractions of phenolics showed a maximum peak between 275~280 nm. The crude lipids and phenolic compounds such as acid insoluble bound phenolics, acid insoluble esterified phenolics, acid insoluble condensed phenolics, insoluble bound phenolics and free phenolics were also more in the rusty root epidermis than in the healthy one. Fe content in the rusty root epidermis was 2.7 times higher than that of healthy one. It was presumed that the phenolic compounds(precursor of the rusty) in association with lipid and iron in the root epidermis might defence the root when ginseng root was depressed by the unfavorable conditions in soil and/or portions of a root system were subjected to anoxic conditions.

**Key words :** *Panax ginseng*, rusty root, crude lipids, phenolic compounds, iron

## 서 론

적변삼은 1908년을 전후하여 개성지방에서 인삼뿌리에 부분적으로 적갈색 반점형으로 나타나는 증상을 발견하였는데 이는 뿌리의 부패를 동반하는 병으로서 일명 적부병이라 불렀으며, 과습한 토양에서 인삼을 재배하거나 습윤한 기후에서 발생하는 것으로 기록<sup>1)</sup>되어 있다. 적변삼은 1970년대 후반까지도 토양세균에 의한 적부병으로 취급되어 왔으나, 적변삼에

서 95%이상 검출율이 높은 세균의 집중에 의해서도 적변이 발생되지 않는 경우가 있고 살균토양에서도 적변이 발생하는 등 결국 생리적인 장애로 인정<sup>2)</sup>하게 되었다.

저년근에서 적변이 발생하면 뿌리의 비대생장이 저해<sup>3)</sup>되고, 고년근으로 갈수록 적변화에 의해 외피가 두껍거나 거칠어지며 심한 경우엔 외피가 균열되거나 이층(離層)을 형성하여 쉽게 벗겨지기 때문에 외관적 품질만 불량할 뿐 식용하여도 인체에는 전혀 무해한 것으로 알려져 있다. 그러나 적변삼은 홍삼을 제조하더라도 홍삼 본래의 붉은색 광택이 나타나지 않고 오갈색(汚褐色)으로 되어 외피가 조잡해지거나 주름이 생기기 때문에 단지 상품적 가치가 없을 뿐이다. 정 등<sup>4)</sup>은 적변 외피

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 016-466-1661; (팩스) 031-419-9434  
(E-mail) thstlee@ktng.com 또는 thstlee@hanmail.net

에서 건전 외피보다 Fe함량이 3배정도 많았다고 하였고, 이 등<sup>5)</sup>은 적변 외피에서 crude ligin 및 suberin 함량은 물론 지질물질이 많다고 하였다. suberin은 페놀성 물질과 지질과의 중합된 물질이며 long chain을 가진 물질이라고 알려져 있다.<sup>6,7,8)</sup>

본 시험은 적변 원인 및 물질을 구명하는 기본적인 단계로서 인삼 재배지에서 나타나는 적변삼 외피중의 몇 가지 화학적 성분을 조사한 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 및 전처리

6년근 적변삼과 건전삼을 동체, 지근, 세근으로 구분하고 동체는 다시 외피(epidermis), 피층(cortex), 중심부(pith)로 나누어 이들을 각각 1 kg을 5 l의 삼각후라스크에 넣고 methanol로 12개월 침지한 후 침출액은 페놀성 물질 정량에 사용하였다. 외피의 일부는 건조 분말화하여 ternary solution으로 습식분해한 후 무기성분 분석용으로 사용하였다.

### 2. 적변 조직 관찰

상기 6년근 적변지근 및 건전지근을 paraffin으로 고정 microtom으로 절단한 다음 1,500배 쌍안 현미경으로 검경하여 외피의 형태적 구조의 특징을 관찰하였다.

### 3. 적변물질의 착색도 및 용해도

적변 및 건전외피를 12개월간 methanol 침지하면 적변물질이 어느 정도 유리되는데 침출액의 일부를 감압 농축하고 농축된 물질을 촉촉히 적실 정도로 적당량의 증류수를 가한 다음 착색도와 용해도 측정에 사용하였다. 여기서 일부는 1:1염산으로 용액의 pH를 조절하면 pH 5부근에서 혼탁해지는데 여기에 계속 갈색의 침전이 생길 때까지 염산을 가한다. 이것을 여과하여 여지상의 침전물을 methanol로 용해한 후 UV-spectrophotometer로 270 nm에서 흡광도를 측정하여 착색도로 하였다. 또한 일부는 hexane, chloroform, ethylacetate, butanol, water순으로 용매별 계통 분획을 한 다음 krygier 방법<sup>9)</sup>으로 280 nm에서 흡광도를 측정하여 용해도로 하였다.

### 4. 페놀물질 추출 및 정량

상기 methanol침출액을 Krygier의 방법<sup>9)</sup>으로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 Methanol:Aceton:Water (7:7:6, V/V)혼합 용매로 적변물질을 추출한 후 원심분리 하여 감압 농축한 다음 잔사는 불용성 결합 페놀물질 정량에 사용하고, 상등액은 별도로 농축시킨 후 H<sub>2</sub>O로 녹인 다음 6 N-HCl을 이용

pH를 2로 조절하여 다시 감압 농축시킨 다음 상등액은 산가용성 페놀물질로 하고 잔사는 산불용성 페놀물질 분석에 사용하였다.

여기서 산가용성 분획물의 상등액은 n-hexane으로 탈지한 후 등량의 diethylether/ethylacetate로 3회 추출 전용하여 DE/EA층과 수층을 분리한 다음 DE/EA층은 무수 황산나트륨으로 탈수시키고 감압 농축하여 유리페놀 물질로 하였으며, 수층은 다시 2 N-NaOH용액으로 4시간 가수분해 시킨 다음 pH를 2로 조절하고 같은 방법으로 탈지시킨 후 DE/EA로 분액 추출하여 DE/EA층을 다시 감압 농축한 후 에스테르화 페놀물질로 하였다.

상기 산불용성 물질 분석용 잔사는 별도로 methanol에 용해시키고 농축한 다음 4 N-NaOH로 12시간 가수분해 시키고 pH를 2로 조절하여 MeOH/DE/EA용액으로 추출 전용한 착색물질을 다시 감압 농축시킨 다음 chloroform으로 녹여서 1 N-KOH용액으로 분액하였다. 여기서 수층은 다시 pH를 2로 조절하고 DE/EA로 추출한 다음 탈수시키고 감압 농축하여 산불용성 에스테르화 페놀물질로 하였다.

또한 chloroform층은 다시 감압 농축 시킨 다음 1 N-KOH성 에타놀을 가하고 90°C로 가온 검화시킨 후 방냉한 다음 pH를 2로 조절하고 DE/EA용액으로 추출 분획한 DE/EA층을 탈수, 농축시켜 산불용성 결합 페놀물질로 하였다. 여기서 수층은 착색된 물질이 다소 있기 때문에 다시 pH를 2로 조절하고 DE/EA로 추출한 다음 탈수 농축시켜 산불용성 결합 페놀물질로 하였다.

초기 MeOH/acetone/water의 혼합용매로 추출농축한 잔사는 4 N-NaOH 용액을 가하고 12시간 가수분해 시킨 후 pH를 2로 조절하여 탈지시킨 후 DE/EA 용액으로 전용하여 탈수, 농축시켜 불용성 결합 페놀물질로 하였다.

상기 방법에 따라 추출 농축한 각 분획물은 Hammer Schmidt 방법<sup>10)</sup>에 준하여 folin ciocalteu reagent로 발색시켜 UV-spectrophotometer (Shimadzu, UV-10-02)로 750 nm에서 측정하였으며 표준물질로는 chlorogenic acid를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 적변세포의 구조 및 형태적 특징

외관적 육안 관찰에 의하면 건전삼은 외피가 유백색 내지는 황색으로 보이는데 비해 적변삼은 photo 1에서 보는 바와 같이 적색 내지는 적갈색으로 보이나 외피를 제외한 피층(corex)과 중심부(pith)는 건전삼과 차이가 없이 대부분 유백색을 나타내었다. 그러나 적변이 더욱 심하여지면 외피가 균

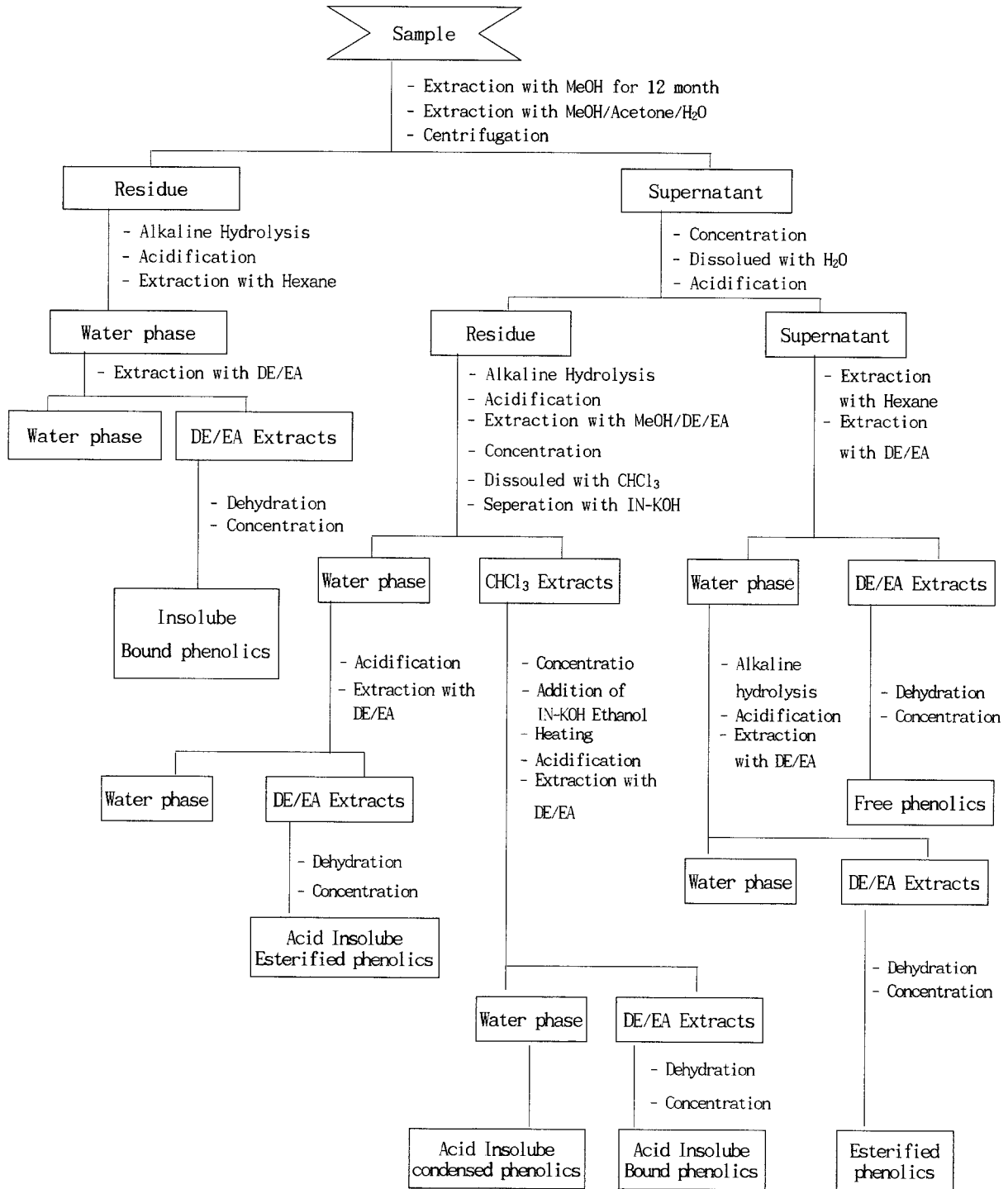


Fig. 1. Procedure for the extraction and separation of phenolic compounds from the rusty roots of *Panax ginseng*.  
 \*DE/EA : diethylether/ethyl acetate : 1/1 MeOH/DE/EA : 1/9/9 MeOH/Acetone/H<sub>2</sub>O : 7/7/6

열되거나 이층(離層)을 형성하여 쉽게 벗겨지면서(腐爛現狀) 피층의 일부도 붉게 되는 것이 관찰된다. 적변세근을 절단하여 세포구조의 현미경적 관찰 결과 photo 2와 table 1과 같이 적변삼은 중심부나 피층이 유백색을 나타내어 건전삼과 유

사하였으나 특히 적변외피는 황갈색으로 보여 육안 관찰 결과와 달랐으며, photo 2에서와 같이 외피세포 층수에 있어서는 적변외피의 경우 10~13층으로 건전외피가 5~6층인데 비해 2배 정도 많았으며, 외피층의 두께는 적변외피가 179 μm

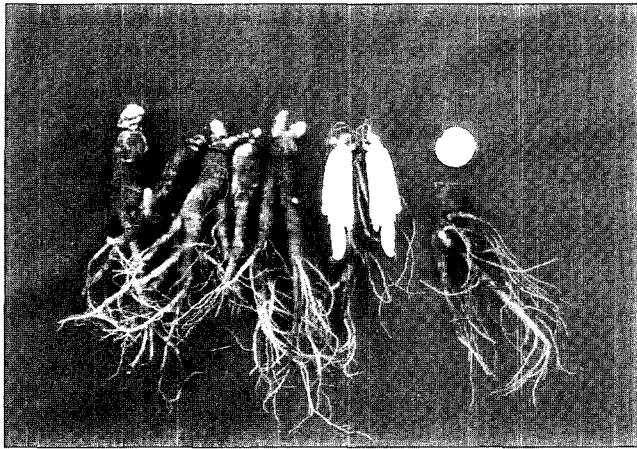


Photo 1. Rusty root of Panax ginseng.

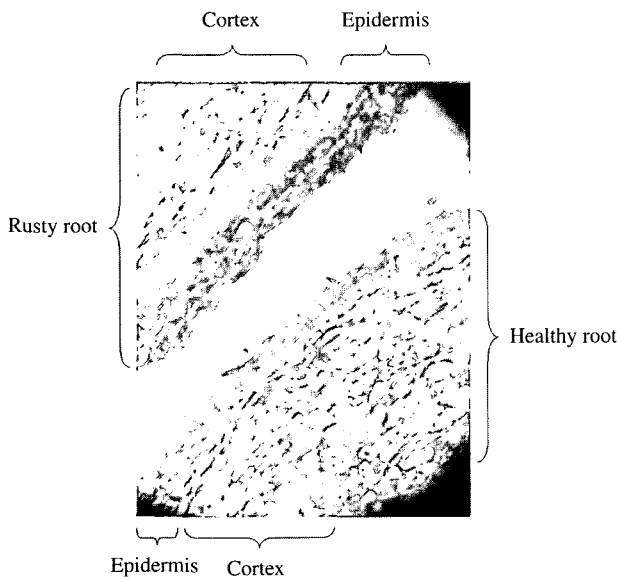


Photo 2. Section of fine roots of healthy and rusty ginseng (60x).

로서 건전외피의 55  $\mu\text{m}$ 에 비해 3.2배 정도 더 두꺼웠고, 외피세포의 크기는 적변삼이  $42 \times 13.8 \mu\text{m}$ 로서 건전삼의  $38 \times 9.2 \mu\text{m}$ 에 비해 1.7배 정도 더 컸다. 또한 세포막 두께에 있어서는 적변삼이 건전삼에 비해 1.3배 정도 더 두꺼웠다.

적변 외피층 중 바깥쪽으로 4~5층의 세포들은 거의 원형질 분리가 일어나 있어 세포의 내용물이 소실되어 없어졌으며 세포막 부근이 농황색으로 착색되어 있었고 또한 세포막 자체도 일부 황화현상이 보였다.

이와 같은 현상은 외피의 바깥쪽에서부터 착색이 시작되어 점차 hypodermis 세포까지 확장되나 외피층으로 갈수록 착색의 정도가 깊어졌는데 이는 인삼이 적변화가 점진적으로 진행된다에 따라 외피층 바깥 세포의 활성이 낮아지거나 또는 활성이 없는 죽은 세포로 되고 다시 hypodermis에서 새로운 외피세포가 생성되어 외피층이 두꺼워지는 것으로 생각된다. 또한 적변색소는 지금까지 적색 또는 적갈색으로 육안관찰되었으나 현미경적 관찰 결과 황색 내지는 황갈색 물질임이 확인되었다.

### 2. 생체중 및 건물중

6년근 적변삼과 건전삼의 각 부위별 생체중과 건물중을 비교하여 본 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 인삼동체의 중심부나 피층은 적변삼과 건전삼간에 차이가 없었으나 외피의 생체중은 적변삼이 1.11 g으로 건전삼의 0.48 g에 비해 무거웠으며, 건물중도 적변삼이 0.28 g으로 건전삼의 0.11 g에 비해 2.5배 정도 무거웠다.

### 3. 적변물질의 착색도 및 용해도

적변외피에 착색되어 있는 물질을 변질시키지 않고 순수분리하기 위하여 methanol로 장기간(12개월) 냉침하면 많은 양의 황색물질이 용출되는데 이용액의 착색정도를 흡광도로 비

Table 1. Size of epidermal cell of the healthy and the rusty root

Ginseng roots	Cell size Width $\times$ Vertical length ( $\mu\text{m}$ )	Cell wall Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Epidermal Number of layer	Epidermal cell Thickness ( $\mu\text{m}$ )
Healthy fine root	$38 \times 9.2$	1.9	5~6	55
Rusty fine root	$42 \times 13.8$	2.5	10~13	179

Table 2. Comparison of dry matter and fresh weight at various tissues of the healthy and rusty ginseng root

(Unit : g/plant)

Tissue	Healthy root		Rusty root	
	fresh weight	dry weight	fresh weight	dry weight
Pith	$29.70 \pm 2.09$	$7.28 \pm 0.27$	$25.80 \pm 1.79$	$6.85 \pm 0.09$
Cortex	$24.90 \pm 1.29$	$7.34 \pm 0.17$	$24.30 \pm 0.53$	$6.75 \pm 0.11$
Epidermis	$0.48 \pm 0.06$	$0.11 \pm 0.03$	$1.11 \pm 0.09$	$0.28 \pm 0.05$

※ mean  $\pm$  S.D

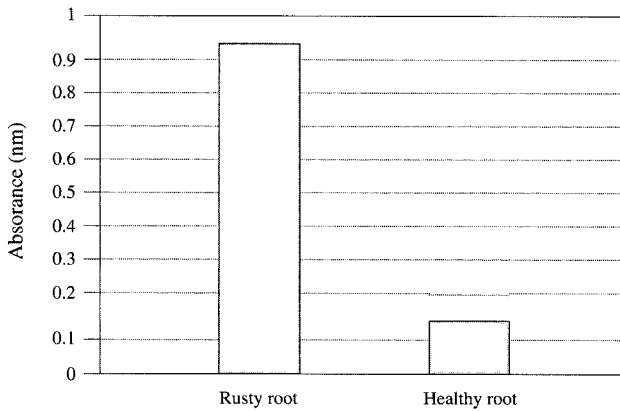


Fig. 2. Colour degree of methanol extracts of the healthy and the rusty ginseng root.

교하여 본 결과 Fig. 2에서와 같이 적변외피의 추출물은 0.947로서 건전외피 추출물의 0.172에 비해 5.5배 정도 짙게 나타났다.

각 용매별로 계통 분획을 한 용액의 용해도는 Table 3에서 보는 바와 같이 전체적으로 적변외피가 건전외피에 비해 높았으며, 특히 추출 용매별로는 비극성에서 극성용매로 갈수록 용해도가 높게 나타났는데 이는 적변물질인 phenol성 물질이 고분자로 되어 있기 때문이라 생각된다.

용해도를 비교한 결과 적변삼과 건전삼간에 차이가 없었으나 잔사인 산불용성 분획물은 적변삼이 월등히 많은 것으로 나타나서 적변물질은 산성용액에는 용해되지 않으나 알칼리성 용액에서는 용해되는 성질을 가지고 있음을 알 수 있었다. 여기서

산불용 분획을 중량법으로 정량하여 추출용매의 알칼리 농도에 따른 용해도를 조사하여 본 결과 Table 4에서와 같이 알칼리 농도가 0에서 2 normal까지 단계적으로 높임에 따라 적변물질의 용출량이 많아졌으며 특히 동일 알칼리 농도에서는 적변삼이 건전삼에 비해 용출량이 많았다. 그러므로 본 페놀물질의 분획별 추출에 알칼리 농도는 2 N 이상으로 하여 적용하였다.

4. 무기성분

미량원소인 철(Fe)은 적변외피가 2,220 ppm으로 건전외피의 820 ppm 보다 약 2.7배 정도 많았으며, 망간은 적변외피가 144 ppm으로 건전외피의 73 ppm에 비해 2배 정도, 아연은 적변외피가 260 ppm으로 건전외피의 137 ppm에 비해 1.9배 정도 많았으나 다량원소인加里, 석회, 고토, 소다 등의 함량에 있어서는 적변삼과 건전삼 간에 뚜렷한 차이가 없었다(Table 5).

정 등<sup>4)</sup>은 5년근 적변삼 외피의 경우 철성분에 있어서만 적변외피가 2,070 ppm으로 건전외피의 600 ppm 보다 3배 정도, 많았으나 다른 성분에 있어서는 뚜렷한 차이가 없다 하였고 이 등<sup>5)</sup>도 동체, 지근, 세근 모두 적변정도가 심하여 질수록 철(Fe)은 유의성 있게 많아지나 기타 성분은 차이가 없었다고 하였다. 본 연구에서 철이 적변외피에서 특히 많았던 것은 6년근까지 계속 적변화가 진행되는 과정에 생리적으로 적변외피에서 철성분의 요구도가 크게 높아지면서 상호적으로 망간과 아연 등 미량원소의 흡수가 많아진 것이 아닌가 생각된다.

Table 3. Solubility of methanol extracts of the healthy and the rusty ginseng root in various solvents (Absorbance at 280 nm)

Root	Hexane	Chloroform	Ethylacetate	Buthanol	H <sub>2</sub> O
Healthy root	0.023	0.580	0.541	0.352	0.167
Rusty root	0.062	1.112	1.211	0.681	0.302

Table 4. Effect of sodium hydroxide concentration on the solubility of acid insoluble yellow matter in the epidermis of the rusty and the healthy ginseng root

Root	% of solubility at NaOH Concentrations				
	0 N	0.1 N	0.5 N	1.0 N	2.0 N
Healthy root	1.0±0.09	8.6±0.56	10.8±0.56	12.2±1.23	15.4±0.96
Rusty root	2.4±0.20	12.7±0.62	17.4±0.95	18.5±1.39	18.8±0.92

Table 5. Mineral contents in the epidermis of the rusty and the healthy ginseng roots

Root	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	Na
	(ppm)			(% )			
Rusty root	2,220	144	260	3.74	0.52	0.72	0.10
Healthy root	822	73	137	3.55	0.46	0.60	0.15

5. 페놀물질

각 페놀물질 분획물을 methanol 에 용해하여 UV-spectrum을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 유리페놀, 에스테르화 페놀, 불용성 결합페놀 및 산불용성 결합페놀 분획물은 모두 275~280 nm에서 흡광 최대를 나타냈으며 또한 적변삼이 건전삼 보다 월등히 높은 peak를 나타냈다.

산불용성 페놀물질 분석용 잔사 즉, 산불용성 착색물질은 4 N-NaOH로 12시간 냉침하여 다시 염산으로 pH를 2로 조절 한 후 diethylether로 추출한 것을 에스테르화 페놀물질로 하고 수층은 1 N-KOH성 ethylalcohol을 가해 90°C로 가온 검화한 후 diethylether로 추출한 것을 축합성 페놀물질로 하고 각 분획별 지질 함량을 합한 결과 Table 6와 같이 산불용성 분획 즉 적변물질은 지질성 물질과 페놀성 물질이 대부

분을 차지하고 있었으며, 적변외피는 총 산불용성 페놀물질이 6.79%로서 건전외피의 2.93%에 비해 2.32배 정도 많았으며, 지질물질은 적변외피가 건전외피에 비해 2배 정도 많았는데 이는 전보<sup>5)</sup>에서 동체, 피층, 지근, 세근 공히 적변이 심해질 수록 지질 함량이 많아지는 결과와도 일치하는 경향이었다. 또한 총 산불용성 물질은 적변외피가 3.25%로 건전외피의 0.23%에 비해 14배 정도 많았다.

이와 같이 적변외피는 산불용성 물질 함량이 많을 뿐만 아니라 총 페놀물질 중에서도 산불용성 페놀물질이 차지하는 비율이 적변외피는 48%, 건전외피는 8%로서 적변외피가 6배 정도 많았다. 일반적으로 식물뿌리의 외피중엔 지질물질이 축적되는데 이는 주로 지질성 물질이 polyphenol과 결합되어 있는 suberin 이라는 것<sup>12)</sup>과 적변삼 외피중엔 lignin 및 suberin 함량이 특히 많고<sup>5)</sup> 본 연구에서도 지질물질이 많으며 동시에 페놀물질이 많은 것은 인삼근의 적변화는 suberin 화와 깊은 관련이 있는 것으로 생각된다.

적변삼의 각 부위별 산가용성 페놀물질이 유리페놀물질과 에스테르화 페놀물질 함량을 조사 비교한 결과는 Table 7와 같이 적변삼과 건전삼 모두 중심부에서 피층 및 외피쪽으로 갈수록 산가용성 페놀물질이 많아졌으며, 특히 외피 중에는 중심부나 피층에 비해 10~20배 정도 많았다.

그러나 외피중의 유리페놀물질 함량은 적변외피가 건전외피에 비해 다소 적었는데 이는 Table 2에서 적변외피의 건물중이 2.5배 정도 무거웠던 것을 감안한다면 실제 단위 개체당 적변외피의 유리페놀물질 함량은 9.250 ppm, 에스테르화 페놀물질 함량은 4,938 ppm으로 환산되어 적변외피가 건전외피 보다 유리페놀물질과 에스테르화 페놀물질이 많이 축적되는 것으로 생각된다.

일반적으로 페놀성 물질은 불용성 결합 페놀물질을 제외하고 산성용액에 녹는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 산에 녹지 않는 물질이 여별될 뿐만 아니라 착색된 상태로 남아있었다.

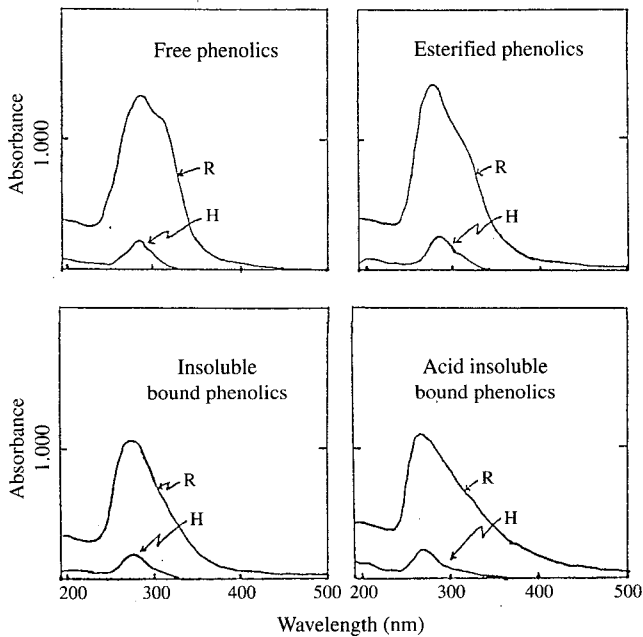


Fig. 3. UV-absorption spectra of methanol extracts on various fraction of phenolic compounds (R: Rusty ginseng root, H: Healthy ginseng root).

Table 6. comparison of crude lipids and phenolic concentration in the epidermis between the healthy and the rusty ginseng root (Unit : %)

Root	Total phenolics (A)	Crude lipids (B)	Total acid insoluble phenolics (C)	(C/A)×10
Healthy root	2.93	1.86	0.23	8
Rusty root	6.79	3.54	3.25	48

Table 7. The phenolic concentrations of the healthy and the rusty ginseng (Unit : ppm)

Division	Healthy root			Rusty root		
	Pith	Cortex	Epidermis	Pith	Cortex	Epidermis
Free phenolics	175	180	4,975	180	260	3,700
Esterified phenolics	190	230	1,625	180	410	1,975
Total	365	410	6,600	360	670	5,675

**Table 8.** Contents of phenolic condensed phenolics of acid insoluble yellow matter in the epidermis of the healthy and the rusty ginseng root (Unit : ppm)

Root	Acid insoluble			Total
	esterified phenolics	bound phenolics	condensed phenolics	
Healthy root	850	170	1,280	2,300
Rusty root	2,060	270	30,120	32,450

그러므로 이와 같은 산불용분획을 가수분해하여 분리한 결과 페놀물질임이 확인되어 산불용성 에스테르화 페놀물질이라 하였다.

또한 이와 같은 분리과정 중에 지용성 분획 즉 chloroform 층이 또한 착색되어 있어서 1 N-KOH성 에타놀 용액으로 검화시킨 결과 착색물질이 ether/ethyl acetate 용액에 전용되었는데 이를 산불용성 결합 페놀물질이라 하였으며, 수층은 다시 DE/EA로 추출농축하여 산불용성 축합성 페놀물질이라 하였다.

이와 같이 산불용 분획을 분리한 에스테르화 페놀물질, 결합성 페놀물질, 축합성 페놀물질 함량을 조사한 결과 Table 8에서와 같이 적변외피가 건전외피에 비해 산불용성 에스테르화 페놀물질 함량은 2.42배, 산불용성 결합 페놀물질 함량은 1.59배, 산불용성 축합 페놀물질 함량은 23.5배로 현저히 많아져서 결국 총 산불용성 페놀물질 함량이 적변외피는 32,450 ppm, 건전외피는 2,300 ppm로 나타났다. 그러나 중심부와 피층은 산불용성 페놀물질 함량이 극히 적었으며 적변삼과 건전삼 간에도 차이가 없었다.

methanol : acetone : H<sub>2</sub>O의 혼합용액에 녹지 않는 물질은 알카리성으로 가수분해하여 불용성 결합 페놀물질이라 하였는데 이는 Table 9에서와 같이 중심부나 피층 보다는 외피층에 현저히 많았으며 특히 적변외피가 건전외피에 비해 6.79배 정도로 현저히 많이 축적되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 적변물질은 용매에 대해 녹는 성질이 있고 lignin 증색 반응<sup>13)</sup>에 양성을 나타내며 차아염소산 나트륨<sup>13)</sup>으로 탈색이 되는 점등으로 보아 적변물질인 황색물질은 polyphenol계 화합물로 phenol carbonyl compound 계통이 아닌가 생각된다.

적변외피는 건전외피에 비해 lignin 함량은 1.8배, suberin 함량은 3.2배 정도 많다.<sup>5)</sup> 또한 phenol 화합물과 방향족 화합물의 구조적 단위의 중요한 source는 lignin<sup>14)</sup>이며 lignin의 구성이 지방성 물질과 페놀성 물질로 되어있는 suberin<sup>6,14,15,16)</sup>이다.

Espelie 등<sup>17)</sup>의 보고에 의하면 양분의 저장기관인 근 조직의 바깥층(periderm)에 wax와 결합된 suberin 물질을 확인하였으며, Kolattukudy는 suberin 구조의 가상적인 model을 정립하였고, suberin은 지방족 화합물(aliphatic domains)과

**Table 9.** Concentration of insoluble bound phenolics at various tissues of healthy and rusty ginseng root (Unit : ppm)

Root	Pith	Cortex	Epidermis
Healthy root	125	150	405
Rusty root	335	425	2,750

방향족 화합물(aromatic domains)을 가진 불용성 중합체<sup>17)</sup>이며, 대부분의 식물뿌리는 외피에 특히 지질물질이 축적되는데 이들은 주로 epidermal cell이나 hypodermal cell에 지질성 물질과 polyphenol이 고분자화 반응(polymerization)이 되어있는 suberin<sup>12,18)</sup> 이고, 뿌리로부터의 Fe의 흡수 증가는 토양중의 산소부족에서 오는 원인이라는 보문<sup>19)</sup>들로 미루어 볼 때 본 연구에서 적변외피 중에 지질물질과 페놀성 물질이 건전외피에 비해 특히 많은 것은 인삼근의 적변화는 suberin 화라 고찰된다.

따라서 인삼이 근권토양의 어떤 외적환경에 의해 뿌리가 stress를 받으면 자기 방어 물질인 적변전구 물질 즉 phenol 물질이 외피로 배출됨과 동시에 이때 peroxidase의 촉매<sup>20)</sup>로 phenol성 물질이 외피의 지질성 물질과 polymerization 되고 이때 phenolic hydroxyl group 및 carboxyl group에 철(Fe)이 강하게 chelating<sup>21-24)</sup> 되면서 착색을 띠는 것으로 생각된다.

## 요 약

인삼재배지에서 나타나는 적변삼 외피세포 조직의 특성과 화학성분을 조사하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 적변외피는 현미경 관찰결과 적색이 아닌 황색으로 보였으며, 적변외피의 세 포층수는 10~13층으로 건전외피의 5~6층에 비해 2배 정도 많았고, 외피층의 두께에 있어서는 적변외피가 179 μm로서 건전외피의 55 μm에 비해 3.2배 정도 더 두꺼웠다.

2. 착색도는 적변외피가 건전외피에 비해 5.5배 정도 짙게 나타났으며, 적변물질의 각 추출분획별 용해도는 비극성 보다는 극성용매에서 높았고, 또한 UV-spectrum은 275~280 nm에서 흡광 최대를 나타냈다.

3. 적변외피는 지질성 물질은 물론 산불용성 에스테르화 페놀물질, 산불용성 결합 페놀물질, 산불용 축합성 페놀물질, 불용성 결합 페놀물질 및 유리 페놀 물질 함량이 건전외피에 비해 많았으며 철의 함량에 있어서도 적변외피가 2,220 ppm으로 건전외피의 820 ppm 보다 2.7배 정도 많았다.

4. 적변삼은 인삼뿌리가 분포된 근권환경의 어떤 외적환경에 의해 뿌리가 stress를 받을 때 자체방어 물질인 phenol 물질이 외피로 배출되면서 외피의 지질성 물질과 polymerization되고 이때 철(Fe)이 페놀성 물질과 강하게 chelating 되는 것으로 추정된다.

### 인용문헌

1. 금촌병 : 고려인삼사 4권, 인삼재배편, 조선총독부, 1-149 (1936).
2. 정후섭, 이인원 : 인삼 적부병 원인 및 방제 대책에 관한 연구. 인삼연구용역보고서, 전매청 (1978).
3. 김명수, 이종화, 이태수, 백남인 : 인삼의 생리장해 방제에 관한 연구. 인삼연보, 한국인삼연초연구소, 1-96 (1984).
4. 정명륜, 오승환, 이일호, 박창석 : 적변삼의 생리화학적 특성과 그 발생원인에 관하여. 한국인삼학회지, 9(1), 24-35 (1985).
5. 이태수, 목성균, 천성기, 최강주, 최정 : 적변인삼의 화학적 성분에 관한 연구. 고려인삼학회지, 19(1), 77-83 (1995).
6. Kolattukudy, P.E. : Structure, biosynthetic, and biodegradation of cutin and suberin. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32, 539-567 (1981).
7. Espelie, K.E., Davis, R.E. and kolattukudy, P.E. : Composition, ultrastructure and function of the cutin and suberin-containing layers in the leaf, fruit feel, juice-sac and inner seed coat of grapefruit. *Planta.* 149, 498-511 (1980).
8. Soliday, C.L., kolattukudy, P.E. and Davis, R.W. : Chemical and ultrastructural evidence that waxes associated with the suberin polymer constitute the major diffusion barrier to water vapor in potato tuber. *Planta.* 146, 607-614 (1979).
9. Krygier, K., Frank, S. and Lawrence, H. : Free, Esterified, and Insoluble-bound phenolic acid. I. Extraction and purification procedure. *J. Agric. Food chem.* 30(2), 330-334 (1982).
10. Hammer Schmidt, P.A. and Pratt, P.E. : Phenolic antioxidant activity of dried soybean. *J. Food. Sci.* 43, 556-571(1978).
11. Kolattukudy, P.E., Espelie, K.E. and Soliday C.L. : Hydrophobic layers attached to cell wall. cutin, suberin and associated waxes. *Plant carbohydrates II. Springer Verlag. Berlin.* 225-254 (1981).
12. Tipett, J.T. and O'brien, T.P. : The structure of eucalypt roots. *Aust. J. Bot.* 24, 619-632 (1976).
13. 작물분석법 위원회편 : 리그닌 재배식물 분석 측정법. 양현당. 399-407 (1976).
14. Cheshire, M.V., Falshaw, C.P., Floyd, A.J. and Haworth, R.D. : Humic acid II. Structure of humic acids. *Tetrahedron.* 23, 1669-1682 (1967).
15. Espelie, K.E., Franceschi, V.R. and kolattukudy, P.E. : Immunocyto chemical localization and time course of appearance of an anionic peroxidase associated with suberization in wound-healing potato tuber tissue. *Plant Physiol.* 81, 487-492 (1986).
16. Kolattukudy, P.E. : Biochemistry and function of cutin and suberin. *Can. J. Bot.* 62, 2918-2933 (1984).
17. Espelie, K.E., Sadek, N.Z. and kolattukudy, P.E. : Composition of suberin-associated waxes from the subterranean storage oranges of seven plants : parsnip, carrot, ruta baya, turnip, red beet, sweet potato and potato. *Planta.* 148-476 (1980).
18. O'brien, T.P. and kuo, J. : Development of the suberized lamella in the sheath of wheat leaves. *Aust. J. Bot.* 23, 783-794 (1975).
19. Kabanauskas, C.K., Stolzy, L.H., Klatz, L.J. and Dewolfe, T.A. : Soil oxygen diffusion rates and mineral accumulations in citrus seedling. *Soil. Sci.* 111(6), 386-392 (1971).
20. Sijmons, P.C., Kolattukudy, P.E. and Bienfait, H.F. : Iron deficiency decrease suberization in bean roots through a decrease in suberin-specific peroxidase activity. *Plant Physiol.* 78, 115-120 (1985).
21. Huang, P.M., Wang, T.S.C., Wang, M.K., Wu, M.H. and Hsu, N.W. : Retention of phenolic acids by noncrystalline hydroxy-aluminium and -Iron compounds and clay minerals of soils. *Soil. Sci.* 123, 213-219 (1977).
22. King, H.G.C. and Bloomfield, C. : The effects of drying and ageing tree leaves on the ability of their aqueous extracts to dissolve ferric oxide. *J. Soil. Sci.* 19, 67-76 (1968).
23. Schiinitzer, M. and Skinner, S.I.M. : Organic-Metallic interactions in soils: 4. Carboxyl and hydroxyl groups in organic matter and metal retention. *Soil. Sci.* 99(4), 278-284 (1965).
24. Coulson, C.B., Davies, R.I. and Lewis, D.A. : Reduction and transport by polyphenols of iron in model soil columns. *J. Soil. Sci.* 11, 30-44 (1960).