

인삼모상근과 켈루스의 사포닌, 지방산, 산성다당체,  
페놀성 물질 및 유기산의 함량비교

이준원 · 김진주 · 양덕춘\*

경희대학교 생명과학대학 한방재료가공학과

Comparison of Ginseng Saponin, Fatty Acid, Polysaccharide,  
Phenolic Compound and Organic Acid of Ginseng  
Hairy Roots and Callus

Jun-Won Lee, Jin-Ju Kim, Deok-Chun Yang\*

Dept. of Oriental Medicinal Material and Processing, College of Life Science,  
Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea

ABSTRACT

Korean ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer) roots have long been known as the best medicinal plant and its pharmaceutical bio-activities have been proven by scientific analyses of their components - ginsenosides, acidic polysaccharides, phenolic compounds, fatty acids and organic acids etc. Ginseng hairy roots and callus have been cultured *in vitro* for stable supply of ginseng material. In this study, the amount of ginsenosides, fatty acids, acidic polysaccharides, phenolic compounds and organic acids in ginseng hairy roots and callus were compared. Higher amount of ginsenoside was found in ginseng hairy roots than ginseng callus. Higher amount of saturated fatty acid (palmitic acid) was found in callus and higher amount of unsaturated fatty acid (linoleic acid) was found in hairy roots. Acidic polysaccharide and phenolic compounds were contained by the same amount in both hairy roots and callus. Organic acids were found more in hairy roots.

**Key words :** Callus, ginseng, hairy roots, organic acid, fatty acid, phenolics, polysaccharide

서론

인삼은 옛날부터 한방의약품으로 오랫동안 이용되어온 전통약용 식물로서 특정성분의 약리효능을 과학적으로 인정받아 그 수요가 점차 전세

계적으로 증가하고 있다(Yun *et al.*, 1985; Huh *et al.*, 1990; Matsunaga *et al.*, 1990). 인삼에서 가장 중요한 성분으로 알려진 ginsenosides 각각의 성분에 대한 약리기작이 밝혀지면서(Ando, 1971; Osamu, 1977), 특

\*교신저자 : E-mail : dcyang@khu.ac.kr

정 ginsenosides의 대량생산에 대한 연구가 주로 진행되어 왔으나(Furuya *et al.*, 1981; Yoo and Byun, 2001), 비사포닌계열 화학물질에 대해서는 그다지 많은 연구가 진행되지 못하고 있었다. 그러나 비사포닌계열 화학물질에도 항산화성분, 항피로성분, 항암성분등이 밝혀지고, 기타 인삼 alkaloid 및 lignan성분등이 밝혀짐으로서 비사포닌계열 성분에 대한 연구도 점차 증가되고 있다(Shin *et al.*, 1983; Hwang and Oh, 1984; Han, 1984; Hwang *et al.*, 1987; ; Yoo *et al.*, 2000).

인삼은 재배기간이 길고 해가림이라는 특수한 조건하에서 재배해야 하므로 원료의 생산성이 낮아서 약리효과를 지닌 특정성분을 인삼으로부터 대량으로 생산하는데 많은 어려움이 있다. 그러나 식물조직배양기술의 발달로 기내에서 인삼배양세포를 대량으로 배양하여, 포장에서 재배되고 있는 원료삼의 대체품으로 사용하기 위한 많은 연구가 시도되고 있으며(Furuya *et al.*, 1983a; Furuya *et al.*, 1983b; Yang *et al.*, 2000), 배양세포의 캘루스에서도 여러 종류의 생리활성물질이 재배삼과는 다소 차이가 있으나 거의 유사하게 합성되고 있음이 보고되었다(Yoo *et al.*, 2000; Yang and Yang 2000; Yang *et al.*, 2001). 또한 특정 ginsenosides의 대량생산을 위해서 형질전환된 인삼모상근으로부터 생리활성물질을 생산하고자 하는 연구가 활발히 수행되고 있는데, *Agrobacterium rhizogenes* 균주에 의하여 유도된 인삼모상근은 유전적으로 매우 안정하며(Hamill, 1986), 식물생장조절제가 없는 배지에서도 지속적으로 생장이 가능하기 때문에 대량배양이 가능하여 요구한 특수 생리활성물질을 생산할수 있을 것으로 알려지고 있다(Yoshikawa and Furuya, 1987; Kwon *et al.*, 1997; Park *et al.*, 2000). 특히 Yang(2000)등에 의해 선발된 인삼모상근을 이용할 경우 성장도 빠르며 세포의 회수도 쉽게 할 수 있을 뿐 아니

라 유효성분도 다량 함유하고 있어서 특정 성분 생산을 위한 좋은 세포주로서 각광을 받게 되어 새로운 세포주에 의한 대량생산법이 요구되고있다. 더욱이 인삼의 경우, 사용부위가 뿌리이기 때문에 캘루스보다 뿌리형태로 자란 모상근이 더욱 생리활성물질의 생산을 위해서는 좋은 재료로 이용될 수 있다. 본연구는 인삼의 뿌리에서부터 유도된 캘루스와 *Agrobacterium rhizogenes* 균주에 의하여 형성된 모상근으로부터 배양과정 중에 형성된 여러 물질의 함량을 조사비교하였던 바 그결과를 이에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용한 인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer) 캘루스는 6년근 인삼을 2% 차아염소산으로 소독하여 절편을 2,4-dichlorophenoxy acetic acid(2,4-D)가 3 mg/L 첨가된 MS 고체배지에 치상하여 25℃의 배양조건에서 유기된 세포주를 사용하였다. 또한 모상근은 *Agrobacterium rhizogenes* A<sup>4</sup> 균주를 이용하여 유도된 세포주를 사용하였으며(Yang *et al.*, 2000), 모상근이 7-8 cm로 자라면 근단으로부터 2-3cm 길이로 잘라내어 5-6개의 절편 조각을 배지에 치상하였다. 배지는 항생제 및 호르몬이 전혀 첨가되지 않은 1/2 MS, 3% sucrose배지로 100ml 삼각플라스크에 배지 40ml를 분주하여 모상근을 치상하고 암상태에서 진탕배양(100rpm, 23℃)하며 3주 간격으로 계대배양 하였다.

### 사포닌 성분분석

Ginsenosides 함량은 수포화 1-부탄올 추출법인 Ando(1971)등의 방법에 따라 추출, 분석하였다. 동결건조시킨 인삼캘루스 및 모상근 분말시료 0.5g을 취하여 80℃ 온수욕조에서 80% 메탄올 30ml로 3회 추출하여 건조시킨 후 메탄

을 엑기스를 얻었다. 그후 에테르로 재추출하여 탈지시킨다음 수포화 1-부탄올로 3회 추출하여 1-부탄올층만을 모두 합하여 증류수로 1회 세척한 후 수층은 버리고 1-부탄올층만 건조시켰다. 건조된 분말을 High Performance Liquid Chromatograph(HPLC)용 메탄올 500 $\mu$ 에 녹여 0.45 $\mu$ m millipore syringe filter로 여과한 후 10 $\mu$ 를 HPLC(Waters)기에 주입하여 ginsenosides를 분리하고 정량하였다.

Detection은 Waters R401 Refractive index (RI) 검출기로 검출 정량하여 분석하였다. Column: Lichrosorb-NH<sub>2</sub> column (Merck Co., 10 $\mu$ m, 4mm ID $\times$ 250mm), Solvent: Acetonitrile / H<sub>2</sub>O / n-butanol(80 : 20 : 10), Flow rate: 0.5ml/min, Attenuator: 2 $\times$ 로 분석하였다. 사포닌 화합물의 확인 및 정량분석에 사용된 ginsenosides 표준품(Rg<sub>1</sub>, Rf, Re, Rd, Rc, Rb<sub>2</sub>, Rb<sub>1</sub>)은 (전)한국인삼연구원에서 분양받은 것을 사용하였다. 실험재료의 ginsenosides 검정은 Waters R401 Refractive index (RI) 검출기로 검출, 정량하였고, column은 Lichrosorb-NH<sub>2</sub> column(Merck Co., 10 $\mu$ m, 4mm ID $\times$ 250 mm), 용매는 acetonitrile / H<sub>2</sub>O / n-butanol(80 : 20 : 10), flow rate는 0.5ml/min로 하여 분석하였다. Chromatogram의 각 peak는 사포닌 표준품과 retention time을 비교하여 동정하였고, 각 ginsenosides 함량은 표준품과 비교하여 peak height로 계산하였다.

### 지방산의 분석

시료로부터 추출한 조지질에 0.5 N 수산화나트륨-메탄올 용액을 가하여 100 $^{\circ}$ C의 끓는 물 속에서 환류시키면서 10분간 끓인 후 BF<sub>3</sub>-메탄올을 가하여 5분간 비등한 후 식혔다. n-헥산을 가하여 3분간 비등한 후, 분액여두에 옮기고 증류수화 염화나트륨 포화용액을 가한 다음 석유에테르로 2회 반복 추출하였다. 석유에테르층을 무수 황산나트륨으로 탈수시킨 다음 여과하고 여액을 감압농축기로 농축하여 분석하였다.

### 산성다당체 및 페놀화합물의 분석

인삼 모상근과 켈루스로부터 산성다당체 분석을 위해서 시료를 황산원액에 넣고 20분간 비등시킨 후 물에 넣어 식혔다. 상청액을 취한 후 0.1% carbazole 용액에 넣어 혼합하고 상온에서 2시간 방치한 후 535 nm에서 spectrophotometer를 사용하여 분석하였다. 페놀화합물의 분석을 위해 시료를 2 M 염산용액에 넣고 30분간 비등시켰다. 실온으로 식힌 다음 분액깔때기에 넣고 에테르로 추출하여 에테르층을 분액하고 감압농축기로 농축한 후 95% 에탄올 용액에 녹여 분석하였다.

### 유기산의 분석

기내 배양한 시료를 건조시킨 후 유발로 마쇄한 후 4N 황산용액을 가하여 잘 혼합한 후 비이커와 유리막대를 거즈로 닦고 거즈를 시료 혼합물과 함께 속슬레 추출장치에 넣어 에테르로 16시간동안 추출하였다. 추출액에 페놀레드 지시약 2-3방울과 증류수를 가하고 혼합한 후 1N 수산화나트륨 용액을 첨가하면서 혼합하고 15분 정도 방치하여 모든 유기산이 물층으로 녹아나와 중화되도록 하였다. 물층을 취하고 물층에 녹아있는 에테르를 증류하여 제거한 다음 불순물을 제거한 후 분석에 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 인삼사포닌의 분석

모상근은 생장조절제가 첨가되지 않은 배지에 서도 빠른 생장, 또한 많은 측근을 형성하는 특징을 지니며, 모식물체와 동일한 유용산물의 합성능력이 밝혀짐에 따라 이를 상업적으로 응용하려는 연구가 진행되고 있다(Kwon *et al.*, 1997; Park *et al.*, 2000; Yang and Yang, 2000). 본연구는 3종의 우수 인삼모상근 세포주와 켈루스로부터 조사포닌(crude saponins)과 7종(Rg<sub>1</sub>, Rf, Re, Rd, Rc, Rb<sub>2</sub>, Rb<sub>1</sub>)의 ginsenoside의 함량을 조사한 결

Table 1. Acidic polysaccharide and phenolic compound of ginseng hariy roost(HR) and callus

Cell line	Components	Total Ginsenoside (mg/g dry basis)	Crude Saponins (mg/g dry basis)
HR-1		11.6	60.9
HR-2		9.7	50.2
HR-3		10.6	52.3
Ginseng callus		3.1	12.5

Total ginsenoside : Sum of Rg<sub>1</sub>, Rf, Re, Rd, Rc, Rb<sub>2</sub>, Rb<sub>1</sub>.

과 켈루스에 비해 인삼모상근에서 사포닌의 함량이 높은 경향을 보였으며, 모상근 세포주간에는 조사포닌 및 ginsenoside의 함량이 유사한 경향을 보였다(Table 1). 특히 조사포닌의 경우에는 모상근이 약 50-60mg/g로 켈루스 12.5mg/g보다 4-5배가량 높은 결과를 보였으며 ginsenoside의 경우에서 약 3배이상의 높은 경향을 보였다. 이런 결과는 기내배양에서 사포닌의 대량생산을 위해서는 켈루스를 이용하는 것보다 모상근 혹은 부정근(adventitious root)을 이용하는 것이 훨씬 경제적인임을 암시한다. 또한 조사포닌에 비해 재배인삼에 가장 많이 함유되어 있는 7종의 ginsenoside의 함량이 적은 것은 현재 밝혀지고 있는 38종의 ginsenoside 중에서 다른 ginsenoside의 함량이 많을수 있다는 것을 예견케 하거나, 혹은 기내배양동안에는 인공적으로 탄소원으로 sucrose를 첨가함으로써 배당체인 조사포닌은 인공적으로 추가한 당에 의해서 분석결과를 나올수 있으므로 이에대한 정밀한 분석결과가 추가적으로 요구된다.

**지방산(fatty acid)의 분석**

기내배양을 통하여 기내에서 4주간 배양한 인삼모상근과 켈루스 조직을 수거한 후 건조시켜 지방산 조성을 분석하였다(Table 2). 인삼 켈루스의 경우 포화지방산의 비율이 높은 반면 모

상근의 경우에는 불포화지방산이 오히려 많거나 비슷한 경향을 보였다. 특히 인삼 켈루스에서는 palmitic acid가 많이 존재하였으며, lignoceric acid의 경우에는 인삼 모상근의 3배 이상, myristic acid의 경우 8배 이상, lauric acid의 경우 10배 이상 존재하였다. 인삼 모상근의 경우에는 linoleic acid의 경우 켈루스보다 5배 이상의 많은 성분이 검출되었다(Table 2). 지방의 구성성분인 지방산은 포화지방산과 불포화지방산으로 구분되는데, 지방산은 탄소원자가 사슬처럼 길게 연결된 끝부분에 카르복실기(COOH)가 붙어있는 분자다. 포화지방산은 안정한 분자이며 차곡차곡 잘 쌓이기 때문에 실온에서 고체상태로 존재하는데 반하여 불포화지방산은 중간의 탄소 사슬이 이중결합을 하고 있어 수소가 적게 붙어있는 상태로 실온에서 액체 상태로 존재한다. 본 실험결과 사람에게 더 좋은 불포화지방산의 함량이 켈루스에 비해 모상근에서 더 많이 함유되어 있어(Table 2) 켈루스보다 효능측면에서 더 양호한 것으로 사료된다.

**산성다당체 (acidic polysaccharide) 및 phenolic compound의 분석**

기내 배양한 인삼 모상근과 켈루스에 산성 다당체와 페놀성 물질의 성분을 분석하기 위해서 4주간 배양한 모상근과 켈루스를 수거하여 각각

분석을 실시하였다 (Table 3). 그 결과 기내 배양한 인삼 켈루스 조직에서는 산성 다당체와 페놀화합물이 거의 동량으로 존재하였으나, 인삼 모상근의 경우에는 세포주에 따라서 많은 차이를 나타내었다. 특히 HR-2같은 경우에는 산성 다당체보다는 페놀화합물이 2.26%로 산성 다당체보다 2배 이상 많이 존재하였는데 반하여, HR-3 인삼 모상근의 경우에는 산성 다당체가 1.64%로 페놀화합물보다 4배 이상 존재하는 것

으로 분석되었다 (Table 3). 인삼에는 산성 다당체 성분이 존재하는데 이것이 암세포 등의 독소 호르몬의 작용을 억제하는 약리활성을 나타낸다고 하며, 이외에도 지방분해효소 활성과 콜레스테롤 에스트라제 활성억제, 혈청 중성지질을 감소시키며 당류나 지방이 장관에서 흡수되는 것을 지연시킬 수 있으므로 비만 또는 고지혈증 예방에도 효과가 있을 것으로 기대하고 있다 (남, 1996). 이러한 활성을 갖는 산성 다당체는 백삼

Table 2. Analysis of fatty acid content of ginseng hairy roots and ginseng callus

Fatty acid	Composition	HR-1	HR-2	HR-3	Ginseng callus
Lauric	12 : 0	0.27	0.29	0.19	3.49
Myristic	14 : 0	0.53	0.53	0.38	3.73
Pentadecanoic	15 : 0	0.20	0.34	0.19	1.07
Palmitic	16 : 0	29.56	31.61	31.54	38.50
Palmitoleci	16:1	0.24	0.07	0.29	1.42
Heptadecanoic	17 : 0	0.37	0.47	0.59	1.03
Stearic	18 : 0	4.36	4.31	5.45	6.02
Oleic	18 : 1	8.22	5.73	6.32	13.39
Linoleic	18 : 2	45.53	45.40	43.07	9.57
Linolenic	18 : 3	5.49	3.74	3.97	1.31
Arachidic	20 : 0	1.70	1.98	1.64	1.85
Eicosenoic	20 : 1	0.50	0.68	0.42	0.40
Behenic	22 : 0	2.76	2.35	3.45	9.28
Erucic	22 : 1	0.40	0.09	0.02	0.98
Lignoceric	24 : 0	1.89	2.41	2.48	7.88
T.S.F.A <sup>(1)</sup>		39.62	44.29	45.91	72.93
T.U.F.A <sup>(2)</sup>		60.38	55.71	54.09	27.07

<sup>(1)</sup>T.S.F.A : Total saturated fatty acids

<sup>(2)</sup>T.U.F.A : Total unsaturated fatty acids.

Table 3. Acidic polysaccharide and phenolic compound of ginseng hairy roost and callus

Cell line \ Components	Acidic polysaccharide (% dry basis)	Total phenolic compound (% dry basis)
HR-1	0.76	0.49
HR-2	0.90	2.26
HR-3	1.64	0.39
Ginseng callus	1.19	1.12

보다는 홍삼에, 작은 뿌리보다는 큰 뿌리 즉 미삼보다는 동체에 많이 존재한다고 한다. 민간이나 한방에서 사포닌 함량이 많은 지상부나 미삼을 약용으로 사용하지 않고 동체를 약용부위로 고집스럽게 사용한 것도 산성 다당체의 효능에 근거한 것이 아닌가 라고 추론하기도 한다 (남, 1996).

또한 인삼에는 비사포닌 분획인 지질과산화에 대한 강력한 항산화 활성을 나타내는 에테르가용성 물질이 존재하는데 이들 성분은 maltol (3-hydroxy-2-methyl- $\gamma$ -pyrone)과 salicylic acid, vanilic acid 등의 페놀성 물질이다. Maltol 성분은 수삼에서는 발견되지 않고 수삼의 증숙과정에서 열처리에 의해 생성되며 활성산소에 의해 생기는 조직 손상을 방어해 주는 활성이 있으며, *p*-coumaric acid는 혈소판 응집을 억제하는 효능이 있는 것으로 알려져 있는데 고려인삼에는 10여종의 페놀성 성분이 존재하는 것으로 알려져 있다 (남, 1996). 최근에 홍삼 메탄올 추출물의 에테르 분획으로부터 분리한 salicylic acid, *p*-coumaric acid, vanillic acid 및 ferulic acid와 에칠아세테이트 분획으로부터 분리한 *p*-hydroxybenzoic acid, gentisic acid, caffeic acid 및 polyphenol 성분을 흰쥐의 간 microsome에서의 지질과산화억제활성을 검정한 결과, caffeic acid 만이 활성을 나타내었고 그 밖의 성분은 활성이 매우 미약하였다고 보고하였으며(김,

1989). 특히 caffeic acid의 지질과산화억제 활성은 인삼의 노화억제성분인 maltol과 비슷한 수준이라고 보고하였다. 한편 재배삼 인삼근보다 기내에서 배양한 세포군에서 caffeic acid 위치에 더 많은 페놀산이 왜 존재하는지 그 원인은 확실히 알 수 없으나 김(1990)은 페놀산 및 폴리페놀 성분의 함량이 중국홍삼에서 고려홍삼이나 일본홍삼보다 높았지만, 지질과산화 억제활성 성분인 caffeic acid의 함량의 경우 고려홍삼이 중국홍삼보다 1.5-2배정도 높았다고 보고한 바 있다. 이에 계통간, 종간, 그리고 조직 및 세포군 간의 차이점은 추후 좀 더 세밀한 연구가 이루어져야 할 것이며 이 연구를 토대로 하여 인삼 세포군에서 caffeic acid의 함량을 증가시킬 수 있는 방법을 개발할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 유기산 (organic acid)의 분석

기내에서 배양한 인삼 모상근 세포주와 캘러스로부터 각각 유기산의 분석을 실시하였다 (Table 4). 그 결과 경우 모상근의 세포주간에 차이가 매우 심하였는데, HR-3 모상근 세포주가 34.64 mg으로 가장 많이 존재하는 것으로 조사되었다.

*Agrobacterium*으로부터 호르몬 유사체를 생성할 수 있는 유전자가 삽입된 모상근의 경우에는 도입된 유전자의 위치에 따라서 유전자의 발현정도가 달라지기 때문에 생성되는 호르몬의 유사체량에도 세포주 별로 많은 차이가 존재하게

Table 4. Organic acid of ginseng hairy root and callus.

(Unit : mg/g D.W)

Cell line Organic acid	HR-1	HR-2	HR-3	Ginseng callus
Oxalic acid	0.13	0.02	0.38	0.23
Malonic acid	0.63	0.08	2.09	0.58
Fumalic acid	0.41	0.14	2.55	0.37
Succinic acid	0.49	0.04	0.40	0.30
Malic acid	3.91	0.36	12.89	7.52
Citric acid	2.05	0.79	16.33	0.79
Total	7.62	1.43	34.64	9.79

된다. 따라서 인삼 모상근의 세포주는 다양한 생리활성성분을 만들어내는 보고(寶庫)라고 해도 과언이 아니다. 이러한 다양한 인삼 모상근을 확보하고 이들의 생리활성을 조사하여 우수 세포주를 선발하고 이들을 기내배양을 통하여 대량으로 생산한다면 의약품원료로서 매우 유용할 것이다.

### 적요

인삼원료삼의 안정적인 공급을 위하여 인삼의 기내배양에 의하여 생산된 켈루스 및 모상근으로부터 인삼사포닌, 지방산, 산성다당체, 페놀성화합물 및 유기산함량을 조사하였다. 인삼사포닌의 경우에는 켈루스에 비해 모상근에서 훨씬 많았으며 모상근 세포주간에는 약 10mg/g로 유사한 경향을 보였다. 포화지방산은 인삼 켈루스에서 높은 반면 모상근의 경우에는 불포화지방산이 오히려 많거나 비슷한 경향을 보였다. 특히 인삼 켈루스에서는 palmitic acid가 많이 존재하였으며, 인삼 모상근의 경우에는 불포화지방산인 linoleic acid가 켈루스의 5배 이상 많은 검출되었다. 산성 다당체와 페놀성화합물은 기내 배양한 인삼 켈루스 조직에서는 거의 동량으로 존재하였으나, 인삼 모상근의 경우에는 세포주에

따라서 많은 차이를 나타내었다. 특히 HR-2같은 경우에는 산성 다당체보다는 페놀화합물이 2.26%로 산성 다당체보다 2배 이상 많이 존재하였는데 반하여, HR-3 인삼 모상근의 경우에는 산성 다당체가 1.64%로 페놀화합물보다 4배 이상 존재하는 것으로 분석되었다. 인삼 모상근 세포주와 켈루스의 유기산은 모상근 세포주가 34.64 mg으로 가장 많이 존재하는 것으로 조사되었다.

### 감사의 글

본 연구는 Biogreen 21(사포닌 합성관련 유전자의 조절을 통한 신기능성 물질개발) 연구비로 일부 수행된 연구결과입니다. 연구비 지원에 대해서 감사를 드립니다.

### 인용문헌

Ando, T., O. Tanaka and S. Shibata. 1971. Comparative studies on the saponins and sapogenins of ginseng and related crude drugs. Syoyakugaku Zasshi, 25 : 28-32.

- Furuya, T. 1981. Plant tissue culture of Korean ginseng. In Recent Studies on ginseng. pp. 67-72.
- Furuya, T., T. Yoshikawa, T. Ishii and K. Kaji. 1983a. Effects of auxins on growth and saponin production in callus cultures of *Panax ginseng*. *Planta Medica* 47 : 183-187.
- Furuya, T., T. Yoshikawa, Y. Orihara and H. Oda. 1983b. Saponin Production in Callus Suspension Cultures of *Panax ginseng*. *Planta Med.* 48 : 83-87.
- Hamill, J.D., A.J. Parr, R.J. Robins and M.J.C. Rhodes. 1986. Secondary product formation by cultures of *Beta vulgaris* and *Nicotiana rustica* transformed with *Agrobacterium rhizogenes*. *Plant Cell Reports.* 5 : 111-114.
- Han, B.H, M.H. Park, Y.N. Han and S.C. Shin. 1984. Studies on the antioxidant components of Korean ginseng-(IV)-antifatigue activity components. *Yakhakhoeji*, 28 : 232-235.
- Huh, B.H, I.R. Lee and B.H. Han. 1990. Lignans from Korean red ginseng. *Arch Pharm Res* 13 : 278-81.
- Hwang, W.I. and S.K. Oh. 1984. A study on the anticancer activities of lipid soluble ginseng extract and ginseng saponin derivatives against some cancer cells. *Korean J. Ginseng Sci.* 8 : 153-159.
- Hwang, W.I., K.H. Park and J.M. Paik. 1987. A cytotoxic activity of *Panax ginseng* extract against some cancer cells *in vivo* and *in vitro*. *Korean J. Ginseng Sci.* 11 : 173-179.
- Kwon, B.M., S.H. Ro, J.Y. Nam, H.J. Jung, I.R. Lee and Y.K. Kim. 1997. Polyacetylene analogs, isolated from hairy roots of *Panax ginseng*, inhibit Acyl-CoA : cholesterol acetyltransferase. *Planta Med* 63 : 552-553.
- Matsunaga, H., M. Katano, H. Yamamoto, H. Fujito and M. Mori. 1990. Cytotoxic activity of polyacetylene compounds in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Chem Pharm Bull* 38 : 3480-3482.
- Osamu, T. 1977. Recent studies on the chemistry of ginseng saponins. *Korea. J. Ginseng Sci.* 2(1) : 9-15.
- Park, H.J., S.Y. Oh., K.H. Choi., S.J. Meang, E.S. Yoon. and D.C. Yang. 2000. Effects of jasmonic acid and methyl jasmonate on the production of ginsenosides in the hairy roots of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *J. Ginseng Res.* 24 : 74-78
- Shin, S.C., H.Y. Koh and B.H. Han. 1983. Polyacetylenes from *Panax ginseng* roots. *Phytochemistry* 22(8) : 1817-1818.
- Yang, D.C, H.K. Kwon, H.J. Park, B.H. Min, N.H. Song and K.T. Choi. 2000. Selection of cell lines for high yields of antioxidants from callus of ginseng superior lines. *J Ginseng Res* 24 : 157-161.
- Yang, D.C. and K.J. Yang. 2000. Patterns and contents of ginsenoside in normal root parts and hairy root lines of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J. Plant Tissue Culture* 27 : 485-489.
- Yang, D.C., N.H. Song, K.J. Yang and C.H. Bae. 2001. Analysis and culture conditions for biosynthesis of polyacetylene from callus of ginseng superior lines. *Korean J. Plant Tissue Culture* 28(3) : 123-128.
- Yoo, B.S., H.J. Lee, S.R. Ko, D.C. Yang and S.Y. Byun. 2000. Studies on the extraction of polyacetylene from Korean ginseng using supercritical carbon dioxide. *Korean J. Biotechnol Bioen.* 15 : 80-83.
- Yoo, B.S. and S.Y. Byun. 2001. Characterization of batch culture and effect of the various elicitors on ginsenoside production in suspension cultures of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean K. Biotechnol. Bioeng.* 16 : 620-625.
- Yoshikawa, T. and T. Furuya. 1987. Saponin production by cultures of *Panax ginseng* transformed with *Agrobacterium rhizogenes*. *Plant Cell Rep.* 6 : 449-453.
- Yun, Y.S, S.K. Jo, H.S. Moon, Y.J. Kim, Y.R. Oh and T.K. Yun. 1985. Effect of red ginseng on natural killer cell activity in mice with lung adenoma induced by urethan and benzo(a)pyrene. *Korean*



- Biochem J 18 : 31-37.
- 김만옥. 1989. 인삼 연구보고서 효능분야 157-196.  
한국인삼연초연구원
- 김만옥. 1990. 인삼 연구보고서 효능분야 148-189.  
한국인삼연초연구원
- 남기열. 1996. 최신고려인삼(성분과 효능편). 천일인  
쇄사, 서울. pp. 247-252.
- (접수일 2005. 1. 15)  
(수락일 2005. 3. 07)