

# 인삼 육성계통 캘러스부터 Polyacetylene의 분석 및 생합성에 미치는 배양조건

양덕춘\* · 송남현<sup>1</sup> · 양계진<sup>2</sup> · 배창휴<sup>3</sup>

한국인삼연구소 연구원 신사업연구부, <sup>1</sup>충남농업기술원, <sup>2</sup>중부대학교 생명자원학부, <sup>3</sup>순천대학교 농업과학연구소

## Analysis and Culture Conditions for Biosynthesis of Polyacetylene from Callus of Ginseng Superior lines

YANG, Deok-Chun\* · SONG, Nam-Hun<sup>1</sup> · YANG, Kye-Jin<sup>2</sup> · BAE, Chang-Hyu<sup>3</sup>

Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejeon, 305-345, Korea

<sup>1</sup>Chungnam Agricultural Research & Extension Services, Taejeon, 305-313, Korea

<sup>2</sup>College of life Science, Joongbu University, Kumsan, 312-800, Korea

<sup>3</sup>Research Institution of Agricultural Science, Sunchon National University, Suncheon, 540-742, Korea

**ABSTRACT** In order to develop the biotechnological methods for the mass production of anticancer compounds from tissue culture of *Panax ginseng* C.A. Mayer, these studies were carried out for the selection of ginseng cell lines containing higher concentration of polyacetylene compounds and optimal condition for their biosynthesis. Panaxynol, one of ginseng polyacetylene, was not detected in any callus induced from ginseng superior cell lines cultured on MS medium supplemented with  $\beta$ -chlorophenoxy acetic acid (CPA). Panaxydol, another one of polyacetylene and anticancer compounds, were detected in calli of 5 cell lines by thin layer chromatogram and gas chromatogram. Among the 18 ginseng superior lines, the cell line 30201 has higher content of panaxydol. Especially, panaxydol was not detected in the callus induced from cell line 10301 which cultured on the medium containing CPA only, however, it was detected on the same callus cultured on mixed medium containing CPA 2 mg/L and BA 0.05 mg/L. SH medium was better than MS medium for ginseng callus growth and biosynthesis of polyacetylene, and also found that it was not effected by NAA and sucrose concentration in the culture medium.

**key words:** Anticancer, ginseng hairy root, IAA, IBA, NAA, tissue culture

### 서 론

인삼의 생리활성 물질로서는 인삼사포닌이 가장 많이 연구되어 왔으나 (Furuya et al. 1983), 비사포닌 계열 화학물질에 대해서는 그다지 많은 연구가 진행되지 못하고 있었다. 그러나 근래에 비사포닌 계열 화학물질에도 항산화 성분, 항피로 성분, 항암성분 등이 밝혀지고, 기타 인삼 alkaloid 및 lignan 성분 등이 밝혀짐으로써 비사포닌 계열 성분에 대한 연구도

점차 증가되고 있는 실정이다 (Han et al. 1979; Han et al. 1984; Shin et al. 1983; Han et al. 1987; Huh et al. 1990). 특히 인삼의 석유에텔 추출물로부터 부분정제된 일부 분획이 항암작용을 나타낸다고 보고된 후 암세포성장을 억제시키는 활성물질을 석유에텔 추출물로부터 분리하려는 연구가 진행되었다(Hwang and Oh 1984; Hwang et al. 1987). Ahn 등 (1985)은 인삼의 지용성 성분중에서 항암효과를 나타내는 polyacetylene 성분들을 분리, 그 구조를 밝히고 *in vitro* 실험 결과 L1210세포에 대해 뚜렷한 세포독성을 나타냈음을 보고하였다. Polyacetylene 성분은 두 개의 삼중결합을 가지고 있는 C<sub>17</sub>의 화합물로서 현재까지 백삼 및 홍삼으로부터 9종이

\*Corresponding author. Tel 042-866-5434

E-mail dcyang@gr.kgtri.re.kr

분리, 동정되었는데 이 중에서 panaxynol과 panaxydol이 인삼 polyacetylene 성분의 총 90% 이상을 차지하며 panaxytriol은 거의 홍삼에만 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다 (Shin et al. 1983).

한편 식물조직배양 기술의 발달로 기내에서 인삼 배양세포를 대량으로 배양하여, 포장에서 재배되고 있는 원료삼의 대체품으로 사용하기 위한 많은 연구가 시도되고 있으며 (Furuya et al. 1983; Yang et al. 2000), 배양세포에서도 여러 종류의 생리활성 물질이 재배삼과는 다소 차이가 있으나 거의 유사하게 합성되고 있음이 보고되었다 (Yang et al. 2000; Yoo et al. 2000; Yang and Yang 2000). 그러나 아직 인삼 배양세포에서 polyacetylene의 검출 및 생합성에 대한 보고는 전혀 없다.

따라서 본 연구는 인삼 육성계통 callus의 기내배양에 의해서 항암물질을 대량으로 생산하기 위한 연구의 일환으로 우선 인삼 배양세포에서 polyacetylene의 생성여부를 조사하고, 생합성을 위한 배양조건을 조사하였던 바, 그 결과를 이에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 인삼 육성계통 callus로부터 polyacetylene의 분석

한국인삼연초연구원에서 순계분리하여 고정화하고 있는 인삼 육성계통별 (Yang et al. 2000)로 polyacetylene 고함 유세포주를 선발하기 위해서 CPA ( $\beta$ -chlorophenoxy acetic acid) 2 mg/L 첨가된 Murashige and Skoog (MS)배지에서 유기된 계통별 callus로부터 TLC를 이용하여 polyacetylene의 함량을 조사하였다.

### 인삼 배양세포로부터 TLC를 이용한 polyacetylene 분석

인삼 callus로부터 polyacetylene 함유 여부를 신속히 확인하여, 확인된 callus를 gas chromatogram (GC)에 적용하기 위해서 thin layer chromatogram (TLC)방법에 의해서 polyacetylene의 검출 여부를 조사하였다. 냉동건조된 인삼 callus 0.5 g을 석유에텔과 에텔이 4 : 1로 혼합된 용매에서 15시간 추출, 다시 농축한 후 동용매 500  $\mu$ L로 희석하여 그 중 50  $\mu$ L를 TLC에 적용하였다. TLC 전개용매는 석유에텔과 에텔이 8 : 2로 혼합된 용매를 사용하였으며, 전개 후 anisaldehyde sulfuric acid로 발색시켰다.

### 인삼 배양세포로부터 GC에 이용한 polyacetylene의 분석

TLC에 의해서 polyacetylene이 검출된 처리구에서 GC로 함량을 측정하였다. 인삼 callus에서 polyacetylene의 추출은

냉동건조된 callus 200 mg를 MeOH로 6시간씩 3회 환류 추출하여 감압농축하였다. 농축액을 물에 녹인후 석유에텔 : 에텔 (4 : 1)로 추출해서 석유에텔층을 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 탈수시키고 Whatman #41 paper에서 여과한 후 다시 1 ml로 농축하여 GC에 적용하였다. 이때 GC Column은 SPB-1 Fused Silica Capillary, 0.25 mm ID×30 m, 0.25  $\mu$ m (Supelco)를 사용하였으며, Oven Temp ; 250°C 등온, Detector; FID, Carrier Gas; N<sub>2</sub>, Flow rate; 1.0 mm/min., Split ratio; 30 : 1, GC model; Varian 3700 GC, Integretor; HP 3394A를 사용하였다. Panaxydol 함량은 retention time 4.57이었다.

### 인삼 callus 생장 및 polyacetylene 생합성에 미치는 BA 및 NAA의 영향

인삼 callus의 생장과 polyacetylene의 생합성에 미치는 6-benzylaminopurine (BA)의 효과를 조사하기 위해서 MS배지에  $\beta$ -chlorophenoxyacetic acid (CPA)를 2 mg/L 첨가한 후 BA의 농도를 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mg/L씩 각각 추가 첨가하여 callus를 접종하고, 배양 30일 후 생장량과 polyacetylene 검출 여부를 TLC로 조사하였다. 또한 naphthalene acetic acid (NAA)의 효과를 조사하기 위해서는 동일 배지에 NAA만 0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mg/L씩 각각 첨가하여 조사하였으며, 25±2°C의 배양실에서 16시간의 일장에서 광조건으로 배양하였다.

### 인삼 callus 생장 및 polyacetylene 생합성에 미치는 sucrose 및 배지의 영향

Sucrose의 효과를 조사하기 위해서 CPA 2 mg/L에 sucrose 농도를 10, 20, 30, 40, 50 g/L로 첨가된 MS 배지에 인삼 callus를 접종하여 배양하였으며, 또한 배지종류별 효과를 조사하기 위해서 Schenk and Hildebrandt (SH)와 MS배지에 CPA를 2 mg/L 첨가하여 배양하였다.

## 결과 및 고찰

### 인삼 육성계통 callus에서 polyacetylene의 분석

인삼 육성계통별로 CPA 2 mg/L 첨가배지에서 유기된 callus로부터 신속하고 간단하게 polyacetylene의 검출 여부를 조사하기 위해서 TLC로 확인한 결과 (Table 1), panaxynol은 전혀 형성되지 않았으나, 계통번호 20601, 30101, 30201, Y0301, JY104에서는 panaxydol이 검출되었다. 특히 30201에서는 TLC결과 panaxydol의 spot가 매우 크게 나타났다. 포장에서 재배된 인삼 뿌리에서 비하면 매우 적게 나타났다. 계통별로 차이를 보면 공시한 *Panax ginseng* 자경종

**Table 1.** Detection of polyacetylene compound in superior line callus cultured on the medium with 2 mg/L CPA.

Superior lines	Panaxynol	Panaxydol	Characteristics of lines
<i>Panax ginseng violet stem</i>			
10301	-	-	
10401	-	-	
20401	-	-	High yield
20501	-	-	High yield
20601	-	+	High yield
30101	-	+	High contents of saponin
30201	-	++	High contents of saponin
101	-	-	Resistant to root rot
201	-	-	Resistant to root rot
301	-	-	Resistant to root rot
501	-	-	Resistant to root rot
<i>Panax ginseng yellow berry</i>			
Y0101	-	-	High yield
Y0201	-	-	
Y0301	-	+	
Y0501	-	-	Resistant to root rot
<i>Panax ginseng cultivated in Japan</i>			
JY104	-	+	
JY106	-	-	
<i>Panax quinquefolium</i>			
Fresh ginseng root	+++++	+++++	

\* - Not detected, + : detected, ++ : Fair, +++++ : excellent.

11종 중 3종에서 panaxydol이 검출되었으며, 황숙종에서는 4종 중 1종에서 panaxydol이 형성되었다. 같은 *Panax ginseng*이지만 일본에서 재배되고 있는 종을 국내에서 재배한 JY104의 경우에도 panaxydol이 검출되었다 (Table 1). Panaxydol은 매우 강력한 항암효과를 나타내며(Matsunaga et al. 1994), 아직 인삼 callus에서는 검출된 보고가 없지만, 본 실험결과 인삼 callus에서도 panaxydol이 생성되고 있음을 TLC를 통해서 성공적으로 검출할 수 있었다. 또한 인삼 callus는 아니지만 기내배양기에서 뿌리의 형태로 성장되는 인삼모상근에서는 panaxydol이 생성되고 있음이 이미 보고되었고, 여기에서 추출된 panaxydol이 쥐의 간 ACAT을 억제하는 효과가 있음을 보고한 바 있다 (Kwon et al. 1997). 따라서 기내에서 배양된 인삼 callus에서 추출된 panaxydol의 경우에도 포장에서 재배된 인삼에서 추출한 panaxydol과 같은 효과가 있을 것으로 사료된다.

Panaxydol이 형성된 인삼 callus 중에서 계통번호 20601, 30101, 30201, Y0301, JY104 및 포장에서 재배된 인삼뿌리를 대상으로 하여 다시 GC로 polyacetylene의 정확한 함량을 조사한 결과 (Table 2), 30201에서 0.201 mg/g로 가장 많이 검출되었으며, 다소 적긴하지만 TLC에서 나타난 바와 같이 20601 (0.169 mg/g)과 JY104 (0.168 mg/g)에서도 생성되었으며 또한 30101과 Y0301에서도 모두 검출되었다. 그러나 인삼뿌리에서 형성된 1.095 mg/g에 비하면 매우 적은 양이 검출되었다. 따라서 기내배양에 의해서 polyacetylene을 대량으로 생산하기 위해서는 새로운 고품유 세포주의 선발과 배양조건을 달리함으로써 고품유 조건을 구명해야 할 것으로

**Table 2.** Amount of panaxydol in ginseng superior line callus.

Superior line	Amount of panaxydol (mg/g)
10301	0.0
20601	0.169
30101	0.077
30201	0.201
JY104	0.168
Y0301	0.098
Fresh ginseng root	1.095

\*Panaxydol was assayed by GC and calculated by peak area.

생각된다. 본 실험은 여러 인삼계통의 callus 세포군에서 polyacetylene이 비교적 많이 함유된 세포군을 일차적으로 선발하고, 선발된 세포군에서 다시 단세포주를 선발하여 최종적으로 고정된 세포주를 얻기 위한 기초자료를 획득하기 위해서 수행한 실험이다. 따라서 비교적 polyacetylene이 많이 검출된 계통번호 30201에서 유기된 callus를 대상으로 새로운 고정화된 세포주를 찾는다면 대량생산이 가능할 것으로 사료되며, 아직 30201 callus 세포군은 세포주라기보다는 여러 세포가 혼재되어 있는 세포군 상태이므로 추후 단세포로 선발하여 이 중에서 다시 polyacetylene이 많이 함유된 세포주를 고정하여 경제성을 분석한 후 산업화되어야 할 것으로 생각된다. 다만 일반적으로 생리활성물질은 CPA에서 생성이 어렵지만 배양조건 및 계통에 따라서는 차이가 있음을 확인할 수 있어 많은 인삼계통 등을 대상으로 하여 polyacetylene 고품유 세포주를 찾을 수 있을 것이다.

인삼 callus 성장과 polyacetylene 화합물 생성에 미치는 BA, NAA의 영향

인삼 계통 10301 callus는 CPA만 첨가된 배지에서는 전혀 polyacetylene이 검출되지 않는 세포주이지만 (Table 2), 다른 식물호르몬이 첨가된 배지를 이용하여 polyacetylene의 생성을 유도하고자 인삼 callus의 성장에 가장 좋은 CPA농도조건 (Yang et al. 2000c)에 BA와 NAA를 농도별로 각각 혼합 첨가하여 배양하였다. 우선 BA의 효과를 조사하기 위해서 CPA 2 mg/L 첨가된 배지에 BA 농도별 성장량과 polyacetylene 생성을 조사한 결과, BA 0.05 mg/L 처리에서 생장이 가장 양호하였으며, 그 이상에서는 농도가 증가할수록 callus 생체중이 감소하는 경향을 보였고, BA 2 mg/L 이상에서는 생체중이 5.642 g/flask로서 BA 0.05 mg/L 처리구의 11.032 mg/L에 비해 절반 이상이 감소되는 경향을 보였다 (Table 3). 또한 CPA 단독 처리구에서는 전혀 생성되지 않은 polyacetylene 중 panaxydol이 BA처리구에서는 모두 검출되는 경향을 보였다. 그러나 BA의 농도가 증가하여도 panaxydol의 함량은 증가되지 않았으며 역시 인삼뿌리에서는 검출되는 panaxynol은 전혀 검출되지 않았고 검출된 panaxydol의 함량도 인삼뿌리에 비하면 매우 적은 양이 검출되었다 (Table 4).

Table 3에서 TLC 분석결과 계통번호 10301callus 세포주의 경우에는 CPA 단독처리구에서 polyacetylene이 전혀 형성되지 않았으나, BA처리구에서는 polyacetylene 검출이 확인되었으므로, GC에 의해서 정량하고자 함량을 조사하였던

Table 3. Effects of BA on the growth and synthesis of polyacetylene in ginseng callus line 10301\*.

Conc. of BA (mg/L)	Fresh weight (mg/flask)	Panaxynol	Panaxydol
0.0	9.208 ± 0.950	-**	-
0.05	11.032 ± 0.448	-	+
0.1	8.162 ± 0.458	-	+
0.5	8.263 ± 0.650	-	+
1.0	8.256 ± 0.954	-	+
2.0	5.642 ± 0.406	-	+
5.0	5.774 ± 0.503	-	+
Fresh ginseng root		++++	+++++

\* Callus was cultured on the basal medium with 2 mg/L CPA for 30 days.

\*\* - : Not detected, + : detected, +++++ : excellent.

Table 4. Amount of panaxydol in ginseng callus line 10301\* cultured on the medium with BA.

Amount of panaxydol (mg/g)	
No treatment with BA	0.0
Treatment with BA	0.140
Fresh ginseng root	1.157*

\*Panaxydol was assayed by GC and calculated by peak area.

바, BA를 처리하지 않은 배양기에서는 polyacetylene이 거의 검출되지 않았지만 BA처리구에서는 0.149 mg/g가 검출되어 (Table 4), 추후 CPA 단독처리 배지에서도 polyacetylene이 형성된 계통번호 30201 callus 세포주를 BA첨가 배지에서 배양하면 polyacetylene의 함량을 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

한편 인삼 callus 성장과 polyacetylene 생성에 미치는 NAA 효과를 구명하기 위해서 농도별로 NAA를 처리하여 배양한 결과 (Table 5), callus의 성장량은 NAA 농도가 증가할수록 점차 감소하는 경향을 보였으며, polyacetylene은 panaxynol뿐만 아니라 panaxydol도 모든 처리구에서 검출되지 않았다.

인삼 callus의 성장과 polyacetylene 생성에 미치는 sucrose 및 배지의 효과

인삼 callus의 성장과 polyacetylene 생산에 미치는 sucrose 효과를 조사하기 위해서 sucrose 농도를 10~50 mg/L까지 처리하였던 바, 생장은 sucrose 30~40 mg/L처리 시 가장 양호하였으며, sucrose 20 mg/L 이하는 생장이 절반쯤 감소되었고, sucrose 50 mg/L에서도 생장이 감소되었다 (Table 6). Polyacetylene은 sucrose 농도에 관계없이 모든

Table 5. Effect of NAA on the growth and production of polyacetylene in ginseng callus line 10301.\*

Conc. of NAA (mg/L)	Fresh weight (mg/flask)	Panaxynol	Panaxydol
0.0	11.754 ± 0.438	-**	-
0.1	11.666 ± 0.509	-	-
0.5	11.575 ± 0.250	-	-
1.0	11.561 ± 0.939	-	-
2.0	10.927 ± 1.132	-	-
5.0	10.827 ± 1.001	-	-
Fresh ginseng root		++++	+++++

\* Callus was cultured on the basal medium with 2 mg/L CPA for 30 days.

\*\* - : Not detected, +++++ : excellent.

Table 6. Effect of sucrose on the growth and production of polyacetylene in ginseng callus line 10301.\*

Conc. of Sucrose (mg/L)	Fresh weight (mg/flask)	Panaxynol	Panaxydol
10	5.147 ± 0.328	-**	-
20	6.881 ± 0.921	-	-
30	10.403 ± 0.921	-	-
40	10.812 ± 0.633	-	-
50	9.978 ± 0.500	-	-
Fresh ginseng root		+++	++++

\* Callus was cultured on the basal medium with 2 mg/L CPA for 30 days.

\*\* - : Not detected, +++++ : excellent.

**Table 7.** Effect of basal media on the growth of callus and production of polyacetylene in ginseng callus line 10301.\*

Media	Fresh weight(g/flask) of callus cultured for		Polyacetylene	
	15 days	30 days	Panaxynol	Panaxydol
Schenk and Hildebrandt	3.43 ± 0.26	8.72 ± 0.49	-**	+
Murashige and Skoog	2.08 ± 0.09	7.64 ± 0.35	-	-
Fresh ginseng root			++++	+++++

\* Callus was cultured on the basal medium with 2 mg/L CPA for 30 days.  
 \*\* - : Not detected, + : detected, +++++ : excellent.

처리구에서 전혀 검출되지 않았다.

인삼 callus의 성장 및 polyacetylene 생성에 적합한 배지를 조사한 결과 기존에 사용한 MS배지보다 SH배지가 인삼 callus의 성장에 더 양호하였으며, 특히 SH배지에서는 panaxydiol이 약간 검출되었다 (Table 7).

따라서 본 연구는 nitric oxide synthase에 의해서 nitrite의 생성의 저해작용을 하며 (Wang et al. 2000), L1210 암세포에 강력한 cytotoxicity를 갖는 panaxydiol (Matsunaga et al. 2000)을 기내 배양에 의해서 생산할 수 있음을 입증하였으며, 각종 인삼 선발계통으로부터 활성물질의 농도가 높은 세포주를 기내에서 선발할 수 있는 가능성을 시사하였고, 특히 여러 가지 배양조건에 따라서 panaxydiol을 성공적으로 생산할 수 있음을 제시하였다.

**적 요**

인삼 callus의 기내배양에 의해서 항암물질을 대량생산하기 위한 연구의 일환으로 인삼 우수계통으로부터 기내에서 callus를 유기하여 polyacetylene 고함유 세포주를 선발하고, 인삼 callus의 polyacetylene 생산에 미치는 식물호르몬 및 배지의 영향을 조사하였다. 식물호르몬 CPA가 첨가된 MS배지에서 유도된 인삼 우수계통 callus에서는 polyacetylene 중에서 panaxynol은 TLC와 GC에 의해서 전혀 검출할 수 없었으나, callus에 따라서는 panaxydiol이 형성됨을 확인할 수 있었다. 특히, 강력한 항암효과를 가지고 있는 panaxydiol은 우수계통 callus 18종 중에서 5종이 형성하였으며, 30201계통 callus에서 가장 많이 검출되었다. 또한 인삼 10301계통 callus는 CPA가 단독으로 첨가된 배지에서 panaxydiol을 생성하지 못하였으나, CPA 2 mg/L와 BA 0.05 mg/L 첨가구에서는 callus의 성장도 양호하였으며, panaxydiol도 생성하였다. 인삼 callus의 성장과 panaxydiol의 함성에는 MS배지보다 SH배지가 더 양호하였으며, NAA와 sucrose는 전혀 영향을 미치지 않았다.

**인용문헌**

Ahn BZ, Kim IS (1985) Antineoplastic natural products and the

analogue. Arch Pharm Res 8:283-286  
 Furuya T, Yoshikawa T, Ishii T, Kajii K (1983) Effects of auxins on growth and saponin production in callus cultures of *Panax ginseng*. Planta Medica 47:183-187  
 Han BH, Park MH, Woo LK, Han YN (1979) Antioxidant components of Korean ginseng. Korean Biochem J 12:33-36  
 Han BH, Park MH, Han YN, Shin SC (1984) Studies on the antioxidant components of Korean ginseng-(IV)-antifatigue activity components. Yakhakhoeji, 28:232-235  
 Han YN, Ryu SY, Han BH, Woo LK (1987) Spinacine from *Panax ginseng*. Arch Pharm Res 10:258-262  
 Huh BH, Lee IR, Han BH (1990) Lignans from Korean red ginseng. Arch Pharm Res 13:278-81  
 Hwang WI, Oh SK (1984) A study on the anticancer activities of lipid soluble ginseng extract and ginseng saponin derivatives against some cancer cells. Korean J Ginseng Sci 8:153-157  
 Hwang WI, Park KH, Paik JM (1987) A cytotoxic activity of *Panax ginseng* extract against some cancer cells *in vitro* and *in vitro*. Korean J Ginseng Sci 11:173-177  
 Kwon BM, Ro SH, Nam JY, Jung HJ, Lee IR, Kim YK (1997) Polyacetylene analogs, isolated from hairy roots of *Panax ginseng*, inhibit Acyl-CoA : cholesterol acyltransferase. Planta Med 63:552-3  
 Matsunaga H, Katano M, Yamamoto H, Fujito H, Mori M (1990) Cytotoxic activity of polyacetylene compounds in *Panax ginseng* C.A. Meyer. Chem Pharm Bull 38:3480-3482  
 Matsunaga H, Saita T, Nagumo F, Mori M, Katano M (1994) Relationship between antiproliferative activity of acetylenic alcohol, panaxydiol, and its affinity for target cell membrane. Gan To Kagaku Ryoho 21:2585-2589  
 Shin SC, Koh HY, Han BH (1983) Polyacetylenes from *Panax ginseng* roots, Phytochemistry 22:1817-1818  
 Wang CN, Shiao YJ, Kuo YH, Chen CC, Lin YL (2000) Inducible nitric oxide synthase inhibitors from *saposhnikovia divaricata* and *Panax quinquefolium*. Planta Med 66:644-647  
 Yang DC, Kwon HK, Park HJ, Min BH, Song NH, Choi KT (2000b) Selection of cell lines for high yields of antioxidants from callus of ginseng superior lines. J Ginseng Res 24:157-161  
 Yang DC, Yang KJ (2000a) 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

**Yoo BS, Lee HJ, Ko SR, Yang DC, Byun SY** (2000) Studies on the extraction of polyacetylene from Korean ginseng using supercritical carbon dioxide. *Korean J Biotechnol Bioen* **15**:80-83

**Yun YS, Jo SK, Moon HS, Kim YJ, Oh YR, Yun TK** (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

(접수일자 2001년 2월 5일)