

## 인삼 지상부의 채취시기에 따른 사포닌조성 비교

최재을\* · 李翔國\* · 한용환\*\* · 이기택\*

\*충남대학교 농업생명과학대학, \*\*(주)워터바이오

### Changes of Saponin Contents of Leaves, Stems and Flower-buds of *Panax ginseng* C. A. Meyer by Harvesting Days

Jae Eul Choi\*<sup>†</sup>, Xiangguo Li\*, Young Hwan Han\*\*, and Ki Teak Lee\*

\*College of Agric. and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

\*\*WaterBio co. Ltd, Okcheon 373-805, Korea.

**ABSTRACT :** The parts of leaves, flowers and stems in ginseng were obtained for analyzing the component of saponin on 15th April, 25th April, 5th May, 25th May, which were considered as ginseng foliation stage. The total saponin content of the leaves were 97.29, 66.42, 67.61, 36.24 mg/g, respectively, in which the content of Re, Rb<sub>1</sub> and Rd were more than 2/3 amount of total saponin. Especially, the saponin content of leaves decreased according to the sequential collection days, in which the similar results were observed from the flowers and stems of ginseng. The total saponin content of the flowers and stems were 141.09, 143.84, 139.25, 133.47 and 13.32, 9.85, 8.00, 4.65 mg/g, respectively. Among them, the content of Re, Rd and Rb<sub>2</sub> in flowers were more than 2/3 while the content of Re, Rg<sub>1</sub> and Rd in stems showed more than 9/10 amount of total saponin. The total saponin content of individual leaf were 19.46, 28.56, 58.82 and 169.24 mg/plant, 2.53, 2.76, 5.20 and 12.32 mg/plant in stems, and 14.11, 30.21, 37.60 and 73.41 mg/plant in flowers. Therefore, the total saponin content of aboveground parts in ginseng were leaves > flowers > stems.

**Key Words :** *Panax ginseng*, Saponin Content, Foliation Stage, Aboveground Parts

## 서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 오랫동안 뿌리를 한 약재로 사용하여 왔고 지상부는 거의 이용하지 않았다. 하지만 최근에는 화장품, 비누에 부산물인 잎, 줄기와 꽃의 추출물을 첨가하거나 식물체를 사료에 혼합하여 사용하기도 한다.

인삼 지상부의 성분에 관한 연구는 잎 (Yahara *et al.*, 1976b; Chang, 2003), 눈과 꽃 (Yahara *et al.*, 1976a), 꽃눈 (Shao *et al.*, 1989), 잎, 꽃눈, 열매 (Yahara *et al.*, 1979), 열매 (Hu *et al.*, 2008)에서 보고되었으며, 지상부에는 상당량의 사포닌이 존재한다고 하였다. Cho (1977)는 인삼 잎의 사포닌 함량은 12.8%, 꽃 6.9%, 줄기 1.6%이라고 하였으며, 인삼 잎의 사포닌은 뿌리보다 약 4~5배, 줄기보다 9배 이상 많고, 구성 ginsenoside도 인삼 뿌리와 유사하였다 (Chang, 2003; Zhang *et al.*, 1989; Zhang *et al.*, 1990).

인삼 잎의 조사포닌 함량은 7월 채취 17.17%, 8월 채취 16.67%, 9월 채취 15.58%로 채엽 시기가 늦어짐에 따라 점차

감소하였고, ginsenoside 함량 및 조성은 채엽 시기와 관계없이 ginsenoside-Re 함량이 1.98~2.54%로 가장 많았다고 하였다 (Chang, 1998).

인삼 뿌리의 사포닌 Rb<sub>2</sub>가 당뇨병에 효과가 있으나 최근 연구결과에 의하면 인삼의 장과 추출물도 혈당강화효과가 있으며 (Attele *et al.*, 2002; Dey *et al.*, 2002, 2003; Xie *et al.*, 2002) 그 유효성분은 ginsenoside-Re라고 하였다 (Attele *et al.*, 2002; Xie *et al.*, 2005). 이와 같이 인삼의 잎과 장과에 풍부한 ginsenoside-Re 성분은 새로운 자원으로 평가되고 있다.

4년근 이상의 인삼에서는 3~5개의 줄기가 발생하여 통풍과 빛의 투과가 방해되어 병의 발생을 조장하고 과번무로 줄기를 제거할 필요가 있는 경우가 있다. 특히 이러한 현상은 연풍에서 많이 볼 수 있다. 또한 인삼의 뿌리의 생장을 돕기 위하여 꽃봉오리를 제거하고 있으므로 이들의 이용방법도 검토할 필요가 있다고 생각된다.

Han *et al.* (2004)은 잎과 줄기의 성분은 간과 신장세포의 생존율, 미토콘드리아 라이소좀 수준의 세포독성도 없어 동물

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5729 (E-mail) choije@cnu.ac.kr

Received 2009 April 22 / 1st Revised 2009 July 13 / 2nd Revised July 28/ Accepted 2009 July 31

사료나 기능성 식품의 재료로 사용 가능성을 시사하였다.

이상과 같이 인삼 지상부의 사포닌 함량은 뿌리보다 높고 패턴도 뿌리와 유사하며 독성도 없으나 이용에 있어서 어려움 중의 하나는 신선한 식물체를 얻기 어렵다는 것이다.

따라서 본 연구는 조기에 제거하는 지상부의 이용 가능성을 검토하기 위하여 인삼의 개엽 초기부터 잎, 줄기 및 꽃을 채취하여 ginsenoside 함량변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

충남대학교 부설 농장에 20 × 12 cm 로 이식 재배한 5년생 연풍을 사용하였다. 해가림 설치 구조는 후주연결식으로 전주 높이 180 cm, 후주높이 100 cm, 해가림 피복자재는 폴리에틸렌 차광망 4중직 (청색 3중직 + 흑색 1중직)을 사용하였으며, 일 반관리는 농촌진흥청 표준인삼경작법에 준하였다. 인삼의 지상부는 중행에 재식되어 있는 개체의 지상부를 2008년 4월 15일, 25일, 5월 5일, 25일에 각각 15, 9, 7, 5주, 꽃은 25개 체에서 3반복으로 채취하였다.

각 시기별로 채취한 지상부를 깨끗한 물로 씻어내고 티슈로 물기를 제거한 후 잎, 줄기, 꽃봉오리로 구분하여 생육특성을 조사한 후 -83℃에서 3일간 동결 건조하여 사포닌 분석용 시료로 사용하였다.

2008년 4~5월의 광량 (Quantum)과 기온은 LI-1400 data logger (LI-COR, USA)를 이용하여 지상 40 cm 부위에서 측정 하였다.

### 2. 사포닌 분석 방법

사포닌 추출은 Shi *et al.* (2007)의 방법을 변형하여 사용하였다. 각 시료 1.3 g과 70% ethanol을 250 mL 삼각플라스크에 넣고 ultra-sonicator (60 kHz, 330 W; JAC Ultrasonic

2010, KODO, Korea)로 75℃에서 추출하였다. 추출물을 냉각 시켜 여과한 후 잔사에 70% ethanol을 넣고 앞의 방법으로 2 회 반복 추출하였다. 총 3회에 걸쳐 추출된 성분을 모아 rotary evaporator를 이용하여 감압 농축시킨 후 건조된 물질에 HPLC용 증류수 25 mL를 가해 현탁하였다.

SPE 전처리 방법은 Kim *et al.* (2008)의 방법을 약간 변형 하여 사용하였다. 즉 Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge을 먼저 5 mL MeOH로 서서히 용출시켜 1차 conditioning를 하고 다시 5 mL dd-H<sub>2</sub>O로 2차 conditioning 시켰다. 추출시료액 5 mL을 cartridge에 loading하고 5 mL dd-H<sub>2</sub>O로 서서히 용출하여 당류를 제거하고 5 mL의 20% MeOH로 서서히 용출하여 지질 성분을 제거하였다. 이 cartridge에 10 mL 90% MeOH를 처리하여 서서히 ginsenoside 성분을 용출시켰다. 인삼추출 현탁액이 Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge에 통과한 용출액을 모두 받아 0.5 μm membrane filter로 여과하여 HPLC [Hewlett Packard HPLC series 1100 (Agilent Technologies, Little Falls, DE, USA)]로 분석하였다. Column은 Phenomenex C<sub>18</sub> column (250 × 4.6 mm, 4 μm, Phenomenex Co., Torrance, CA, USA)을 사용하였으며, UV wavelength는 203 nm, flow rate는 1.2 mL/min, column temperature는 35℃에서 실시하였다. HPLC 분석조건은 acetonitrile 19% (0분), 19% (10분), 20% (15분), 23% (40분), 30% (42분), 35% (75분), 70% (80분), 90% (90분), 90% (100분), 19% (105분)로 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 광량 및 기온 비교

인삼 지상부의 채취시기인 4~5월의 광량 및 기온의 변화를 LI-1400 data logger를 이용하여 매 30분에 한번씩 하루에 48 번 기록하고 4월 상순으로부터 5월 하순까지 10일간격의 평균값은 Fig. 1과 같다. 4월과 5월의 상순, 중순, 하순의 평균

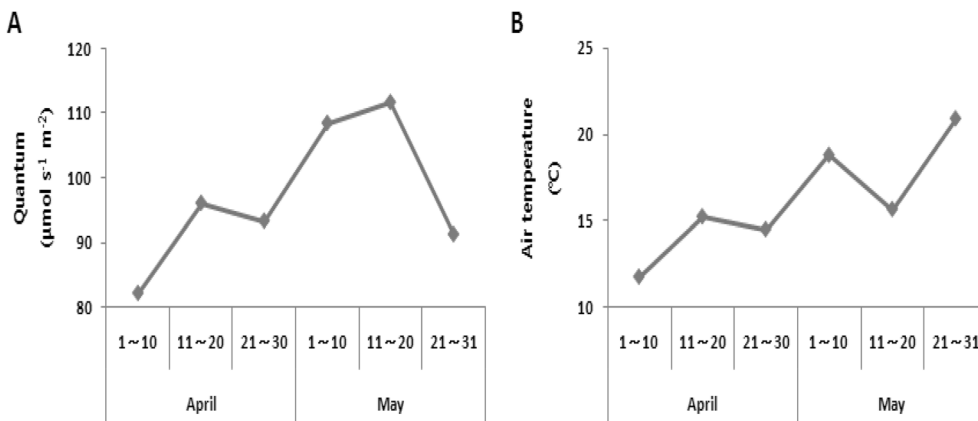
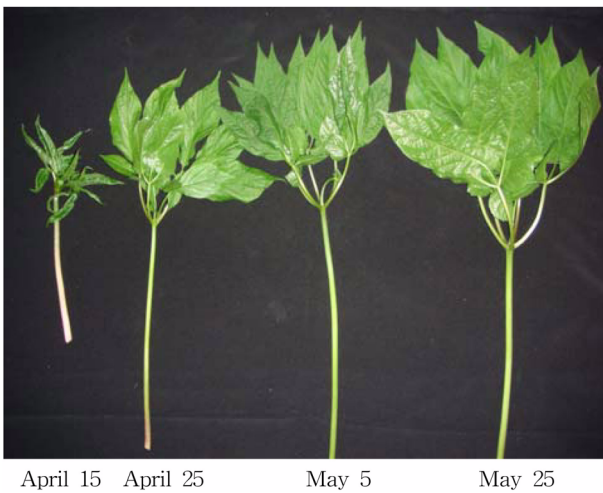


Fig. 1. The changes of means of quantum (A) and air temperature (B) from April to May.

**Table 1.** Growth characteristics of above ground part of Yunpoong in the fifth year at different harvesting stage.

		Harvesting date			
		April 15	April 25	May 5	May 25
Leaf	Length (cm)	4.69±0.75	7.57±1.12	10.36±0.84	18.98±0.90
	Width (cm)	1.89±0.33	3.13±0.59	4.39±0.38	8.13±0.64
	F.W. (g) <sup>†</sup>	1.19±0.28	2.62±0.49	4.90±0.76	21.97±1.33
	D.W. (g)	0.20	0.43	0.87	4.67
Stem	Length (cm)	13.23±3.86	20.89±2.24	30.97±3.86	41.20±2.00
	Diameter (mm)	6.16±0.61	5.47±0.60	6.12±0.56	8.86±0.42
	F.W. (g)	3.42±1.57	4.54±0.88	8.74±2.23	24.52±2.88
	D.W. (g)	0.19	0.28	0.65	2.65
Flower	F.A.L. (cm)	15.78±1.64	17.52±2.30	19.00±2.32	20.32±2.52
	F.A.W. (g)	0.34±0.08	0.59±0.18	0.86±0.31	1.19±0.46
	F.W. (g)	0.41±0.06	0.73±0.14	1.20±0.12	2.51±0.29
	D.W. (g)	0.10	0.21	0.27	0.55

<sup>†</sup>F.W.: Fresh weight, D.W.: Dry weight, F.A.L.: Floral axis length, F.A.W.: Floral axis weight.



**Photo. 1.** Above ground part of ginseng used in this study.

광량은 82.14~111.67  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ 로 5월 중순까지 증가하는 경향이었으나 5월 하순에서는 감소하였다. 평균 기온은 11.74~20.89°C로 4월 중순과 5월 중순을 제외하면 증가하는 경향이였다.

**2. 인삼 지상부의 채취시기별 특성**

채취시기별 5년생 연풍의 지상부의 크기 및 중량은 Table 1 과 같다. 4월 15일, 25일, 5월 5일, 25일에 채취한 엽장은 각각 4.69, 7.57, 10.36, 18.98 cm, 엽폭 1.89, 3.13, 4.39, 8.13 cm, 엽 생체중 1.19, 2.62, 4.90, 21.97 g로 생육정도는 Photo. 1과 같다. 경장은 각각 13.23, 20.89, 30.97, 41.20 cm, 경직경 6.16, 5.47, 6.12, 8.86 mm, 경 생체중 3.42, 4.54, 8.74, 24.52 g로 증가하였다. 꽃대 길이는 각각 15.78, 17.52,

19.00, 20.32 cm, 꽃대 무게 0.34, 0.59, 0.86, 1.19 g, 꽃 생체중은 0.41, 0.73, 1.20, 2.51 g로 증가하였다. Lee *et al.* (2004)은 인삼 지상부 건물중은 4~6년생 모두 4월부터 급격히 증가하여 7월에 최고를 보였다고 하여 본 시험과 유사한 결과를 보여주었다.

**3. 채취시기별 진세노사이드 단위함량**

진세노사이드의 추출법에는 그동안 수포화 부탄올 환류추출법 및 환류냉각추출법을 주로 사용하여 왔는데 최근에는 초음파를 이용한 추출방법을 많이 사용하고 있다. 이는 초음파 추출법은 기존 추출법에 비해 분배나 농축과정이 생략되어 오차 발생 가능성이 적고 상대적으로 용매 분배와 농축에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있기 때문에 사료된다. 현재 초음파를 이용한 추출방법은 인삼뿐만 아니라 감자와 고구마 (Kim *et al.*, 2009), 선인장 (Kwon *et al.*, 2008b), 병풀 (Kwon *et al.*, 2008a), 참돌꽃 (Kim *et al.*, 2008) 등에도 광범위하게 사용되고 있다.

진세노사이드의 분석법에는 TLC법 (Corthout *et al.*, 1999), HPTLC법 (Vanhaelen-Fastre *et al.*, 2000), HPLC-ELSD법 (Park *et al.*, 1996; Wan *et al.*, 2006)등이 사용되어 왔는데 최근에는 주로 HPLC-UV (Kim and Kim, 2001), LC/MS 또는 LC/MS/MS (Liu *et al.*, 2006) 방법을 많이 사용하고 있는 추세이다. Kim *et al.* (2008)은 초음파 추출한 후 SPE 전처리한 시료는 그렇지 않은 시료에 비하여 당류 등 극성물질의 정제효과 때문에 HPLC chromatogram의 앞부분에서 R<sub>g</sub>과 R<sub>e</sub>의 분리능이 증진되는 효과가 있었다고 하였는데 본 연구에서는 상기 방법을 약간 변형하여 실시한 결과 R<sub>g</sub>, R<sub>e</sub>의 양호한 분리능을 얻을 수 있었다 (Data not shown).

채취시기별 5년생 연풍의 지상부 부위별 진세노사이드 함량

**Table 2.** Unit ginsenoside content of above ground part of Yunpoong in the fifth year at different harvesting stage.

	Harvesting date	Ginsenoside (mg/g)						Total	PD/PT <sup>†</sup>
		Rb1	Rb2	Rc	Rd	Re	Rg1		
Leaf	April 15	18.04a <sup>‡</sup>	6.32a	4.22a	14.07a	43.61a	11.03a	97.29	0.78
	April 25	17.09a	4.22b	2.64b	9.56b	26.75b	6.16b	66.42	1.02
	May 5	17.80a	3.30c	2.03c	7.42bc	29.04b	8.02ab	67.61	0.82
	May 25	10.68b	3.04c	1.97c	4.70c	11.98c	3.87b	36.24	1.29
Stem	April 15	0.00a	0.13a	0.02ab	0.38a	7.72a	5.07a	13.32	0.04
	April 25	0.00a	0.09b	0.03a	0.29b	6.46b	2.98b	9.85	0.04
	May 5	0.04a	0.03c	0.00b	0.17c	4.78c	2.98b	8.00	0.03
	May 25	0.00a	0.00d	0.00b	0.11d	2.72d	1.82c	4.65	0.02
Flower	April 15	6.97a	12.01b	7.88b	16.21b	84.75ab	13.27a	141.09	0.44
	April 25	7.12a	13.66ab	9.12ab	19.09a	85.50a	9.35b	143.84	0.52
	May 5	7.15a	14.38a	9.57a	19.08a	79.83bc	9.24b	139.25	0.56
	May 25	6.17b	14.24a	9.10ab	16.86b	79.12c	7.98c	133.47	0.53

<sup>†</sup>PD: Rb<sub>1</sub> + Rb<sub>2</sub> + Rc + Rd, PT: Re + Rg<sub>1</sub>.

<sup>‡</sup>The same letter in a column are not significantly different at 0.05 probability of DMRT.

은 Table 2와 같다. 4월 15일, 25일, 5월 5일, 25일에 채취한 잎의 Rb<sub>2</sub> 함량은 각각 6.32, 4.22, 3.30, 3.04 mg/g, Rc 4.22, 2.64, 2.03, 1.97 mg/g, Rd 14.07, 9.56, 7.42, 4.70 mg/g로 어린잎에서 함량이 가장 많았고, 5월 25일에 채취한 것은 최초 잎의 33%~48%로 감소하였다. Rb<sub>1</sub> 함량은 각각 18.04, 17.09, 17.80, 10.68 mg/g, Re 43.61, 26.75, 29.04, 11.98 mg/g, Rg<sub>1</sub> 11.03, 6.16, 8.02, 3.87 mg/g로 어린잎에서 함량이 가장 많았고, 5월 25일에 채취한 것은 최초 잎의 27%~59%로 감소하였다.

잎의 총사포닌 함량은 각각 97.29, 66.42, 67.61, 36.24 mg/g로 어린잎에서 함량이 가장 많았고 5월 25일에 채취한 것은 최초 잎의 37%로 감소하였다. PD/PT비율은 각각 0.78, 1.02, 0.82, 1.29로 채취시기가 늦을수록 PT계 사포닌의 비율이 증가하는 경향이였다.

이상과 같이 잎의 Re 함량은 채취시기와 관계없이 가장 함량이 많았다. An *et al.* (2002)은 4월 18일, 5월 15일, 6월 18일에 수확한 4년생 인삼의 ginsenoside Re의 함량은 각각 0.69%, 0.99%, 0.55%로 채취시기와 관계없이 사포닌 중 가장 높은 함량을 나타내어 지상부와 지하부가 유사한 경향을 나타냈다.

채취시기별 줄기의 Rd 함량은 각각 0.38, 0.29, 0.17, 0.11 mg/g, Re 7.72, 6.46, 4.78, 2.72 mg/g, Rg<sub>1</sub> 5.07, 2.98, 2.98, 1.82 mg/g로 어린 줄기에서 함량이 가장 많았고, 5월 25일에 채취한 것은 최초 줄기의 29%~36%로 감소하였다. 그러나 Rb<sub>1</sub>, Rb<sub>2</sub>, Rc의 함량은 극소량이거나 검출되지 않았다.

줄기의 총사포닌 함량은 각각 13.32, 9.85, 8.00, 4.65 mg/g로 어린 줄기에서 함량이 가장 많았고, 5월 25일에 채취한 것은 최초 줄기의 35%로 감소하였다. Kim *et al.* (1987)은 줄

기에서 Re 및 Rg<sub>1</sub>이 주된 사포닌 성분이고 Rb<sub>1</sub>, Rb<sub>2</sub>, Rc는 함량이 매우 적었다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다.

PD/PT비율은 채취시기와 관계없이 PT계 사포닌 함량이 훨씬 많았다. 이러한 결과는 줄기에서는 Rd만 적은 양이 존재할 뿐 Rb<sub>1</sub>, Rb<sub>2</sub>, Rc는 거의 없거나 극소량이 존재하기 때문이다.

Shi *et al.* (2007)의 결과에 의하면 가을에 수확한 5년 근 인삼의 사포닌 함량은 잎에서는 Re가 42.02 mg/g로 총 사포닌의 60%를 차지하였고, 줄기에서도 Re가 5.02 mg/g로 총 사포닌의 51%를 차지하여 두 부위에서 비슷한 경향이였으나 Re의 함량은 잎이 줄기보다 8배 많았다고 하였다. 본 연구결과에 의하면 잎에서는 Re가 11.98~43.61 mg/g로 총 사포닌의 33%~45%를 차지하였고 줄기에서는 2.72~7.72 mg/g로 총 사포닌의 58%를 차지하였으며 잎이 줄기보다 4.4~5.6배 많아 함량의 차이는 있었으나 경향은 유사하였다.

4월 15일, 25일, 5월 5일, 25일에 채취한 꽃의 Rb<sub>1</sub> 함량은 각각 6.97, 7.12, 7.15, 6.17 mg/g, Rb<sub>2</sub> 12.01, 13.66, 14.38, 14.24 mg/g, Rc 7.88, 9.12, 9.57, 9.10 mg/g, Rd 16.21, 19.09, 19.08, 16.86 mg/g로 채취시기가 늦을수록 증가하다가 5월 25일에 감소하였다. Re 함량은 84.75, 85.50, 79.83, 79.12 mg/g, Rg<sub>1</sub> 13.27, 9.35, 9.24, 7.98 mg/g, 총사포닌 141.09, 143.84, 139.25, 133.47 mg/g로 채취시기에 따라 감소하는 경향이였다. PD/PT 비율은 채취시기에 관계없이 PT계 사포닌이 2배가량 많았다.

이상과 같이 지상부의 사포닌 함량은 Rb<sub>1</sub>은 잎에서 많았고, Rb<sub>2</sub>, Rc, Rd, Re, Rg<sub>1</sub> 및 총 사포닌은 꽃에서 많았으며, 사포닌의 종류에 따라 뿌리보다 4배 이상 많은 경우도 있었다. 특히 꽃에서의 Re 함량은 채취시기와 관계없이 월등히 많았는데 잎과 줄기와는 달리 채취시기별 함량변이도 거의 없었다.

Chang (1998)에 의하면 인삼 잎의 조사포닌 함량은 7월 채취엽 17.17%, 8월 채취엽 16.67%, 9월 채취엽 15.58%로 채취 시기가 늦어짐에 따라 점차 감소하였고, ginsenoside 함량 및 조성은 채취 시기와 관계없이 ginsenoside-Re 함량이 1.98~2.54%로 가장 많았다고 하였다. 본 연구에서도 인삼 잎의 사포닌 함량은 채취시기가 늦을수록 총 사포닌의 함량이 감소하여 같은 경향이였다.

An et al. (2002)은 4월 18일, 5월 15일, 6월 18일에 수확한 4년생 인삼의 조사포닌과 총 ginsenosides 함량은 개화기인 5월에 각각 7.60% 및 4.09%로 월등히 높았다고 하였다. 이와 같이 채취시기에 따른 뿌리의 사포닌 함량 변이는 잎에서의 함량변이와 유사한 경향이였다.

#### 4. 채취시기별 총사포닌 함량

5년생 연풍 잎, 줄기, 꽃의 각 채취시기별 총사포닌 함량[건물중 (g)× 총 사포닌 함량 (mg/g)]을 종합한 결과는 Fig. 2와 같다. 4월 15일, 25일, 5월 5일, 25일에 채취한 잎의 총사포닌 함량은 각각 19.46, 28.56, 58.82, 169.24 mg/plant, 줄기의 총 사포닌 함량 2.53, 2.76, 5.20, 12.32 mg/plant, 꽃의 총 사포닌 함량 14.11, 30.21, 37.60, 73.41 mg/plant로 지상부 부위별 총 사포닌은 잎 > 꽃 > 줄기 순이었으며 채취시기가 늦을수록 부위별 총 사포닌 함량은 증가하였다.

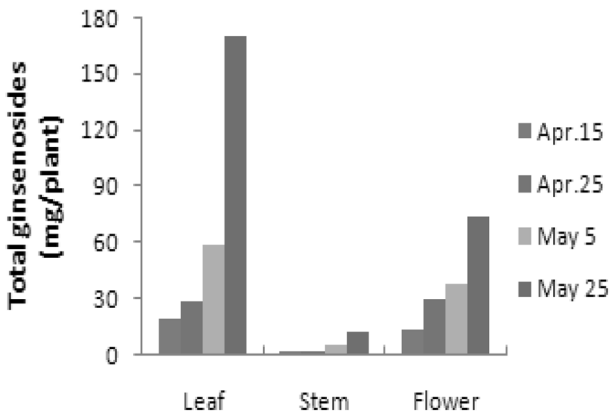


Fig. 2. Total ginsenosides content of above ground part of Yunpoong in the fifth year at different harvesting stage.

이상과 같이 인삼의 잎과 꽃이 갖고 있는 주요 사포닌은 유사한 분포를 하고 있으며 함량도 뿌리보다 많아 한의학적으로 사용될 수 있는 주요한 자원이라고 할 수 있다.

#### LITERATURE CITED

An YN, Lee SY, Choung MG, Choi KJ and Kang KH. (2002). Ginsenoside concentration and chemical component as affected

by harvesting time of four-year ginseng root. Korean Journal of Crop Science. 47:216-220.

Attele AS, Zhou YP, Xie JT, Wu JA, Zhang L, Dey L, Pugh W, Rue PA, Polonsky KS and Yuan CS. (2002). Antidiabetic effects of *Panax ginseng* berry extract and the identification of an effective component. Diabetes. 51:1851-1858.

Chang HK. (1998). Changes of saponin contents in *Panax ginseng* leaves by different harvesting months. The Korean Journal of Food and Nutrition. 11:82-86.

Chang HK. (2003). Effect of processing methods on the saponin contents of *Panax ginseng* leaf-tea. The Korean Journal of Food and Nutrition. 16:46-53.

Cho SH. (1977). Saponins of Korean ginseng C. A. Meyer (Part II) The saponins of the ground part of ginseng. Journal of the Korean Agricultural Chemical Society. 20:142-146.

Corthout J, Naessens T, Apers S and Vlietinck AJ. (1999). Quantitative determination of ginsenosides from *Panax ginseng* roots and ginseng preparations by thin layer chromatography-densitometry. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 21:187-192.

Dey L, Xie JT, Wang A, Wu J, Maleckar SA and Yuan CS. (2003). Anti-hyperglycemic effects of ginseng: Comparison between root and berry. Phytomedicine. 10:600-605.

Dey L, Zhang L and Yuan CS. (2002). Anti-diabetic and anti-obese effects of ginseng berry extract: comparison between intraperitoneal and oral administrations. The American Journal of Chinese Medicine. 30:645-647.

Han JH, Park SJ, Ahn CN, Wee JJ, Kim KY and Park SH. (2004). Nutritional composition, ginsenoside content and fundamental safety evaluation with leaf and stem extract of *Panax ginseng*. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 33:778-784.

Hu JN, Lee JH, Shin JA, Choi JE and Lee KT. (2008). Determination of ginsenosides content in Korean ginseng seeds and roots by high performance liquid chromatography. Food Science and Biotechnology. 17:430-433.

Kim CH, Han JG, Jin L, Jung HS, Oh SH, Jeong MH, Jung KH, Choi GP, Park UY and Lee HY. (2009). Comparison of alcohol fermentation of low quality potatoes and sweet potatoes with ultrasonification process. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:121-124.

Kim CH, Kwon MC, Han JG, Ha JH, Jeong HS, Choi GP, Park UY, Nam JH, Hwang B and Lee HY. 2008. Immune activities of *Rhodiola sachalinensis* A. Bor extracts isolated with various extraction process. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:383-389.

Kim CS and Kim SB. (2001). Determination of ginseng saponins by reversed-phase high performance liquid chromatography. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:21-25.

Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SW, Kim YC, Lee SE, Son YD, Lee MJ, Park CB, Park HK, Cha SW and Song KS. (2008). Extraction and preprocessing methods for ginsenosides analysis of *Panax ginseng* C. A. Mayer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:446-454.

Kim SC, Choi KJ, Ko SR and Joo HK. (1987). Content comparison of proximate compositions, various solvent extracts and saponins in root, leaf and stem of *Panax ginseng*. Korean

- Journal of Ginseng Science. 11:118-122.
- Kwon MC, Han JG, Ha JH, Oh SH, Jin L, Jeong HS, Choi GP, Hwang B and Lee HY.** (2008a). Immuno-regulatory effect on *Centella asiatica* L. Urban extraction solvent associated with ultrasonification process. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:194-300.
- Kwon MC, Han JG, Jeong HS, Qadir SA, Choi YB, Ko JR and Lee HY.** (2008b). Enhancement of immune activities of *Opuntia ficus-indica* L. var. Miller by ultrasonification extraction process. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:1-8.
- Lee SW, Kang SW, Seong NS, Hyun GS, Hyun DY, Kim YC and Cha SW.** (2004). Seasonal changes of growth and extract content of roots in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:483-489.
- Liu Y, Yang J and Cai Z.** (2006). Chemical investigation on Sijunzi decoction and its two major herbs *Panax ginseng* and *Glycyrrhiza uralensis* by LC/MS/MS. Journal of Pharmaceutical & Biomedical Analysis. 41:1642-1647.
- Park MK, Park JH, Han SB, Shin YG and Park IH.** (1996). High-performance liquid chromatographic analysis of ginseng saponins using evaporative light scattering detection. Journal of Chromatography A. 736:77-81.
- Shao CJ, Xu JD, Kasai R and Tanaka O.** (1989). Saponins from flower-buds of *Panax ginseng* cultivated at Jilin, China. Chemical & Pharmaceutical Bulletin. 37:1934-1935.
- Shi W, Wang YT, Li J, Zhang HQ and Ding L.** (2007). Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. Food Chemistry. 102:664-668.
- Vanhaelen-Fastre RJ, Faes ML and Vanhaelen MH.** (2000). High-performance thin-layer chromatographic determination of six major ginsenosides in *Panax ginseng*. Journal of Chromatography A. 868:269-276.
- Wan JB, Yang FQ, Li SP, Wang YT and Cui XM.** (2006). Chemical characteristics for different parts of *Panax notoginseng* using pressurized liquid extraction and HPLC-ELSD. Journal of Pharmaceutical & Biomedical Analysis. 41:1596-1601.
- Xie JT, Mehendale SR, Li XM, Quigg R, Wang XY, Wang CZ, Wu JA, Aung HH, Rue PA, Bell GI and Yuan CS.** (2005). Anti-diabetic effect of ginsenoside Re in *ob/ob* mice. Biochimica et Biophysica Acta. 1740:319-325.
- Xie JT, Zhou YP, Dey L, Attele AS, Wu JA, Gu M, Polonsky KS and Yuan CS.** (2002). Ginseng berry reduces blood glucose and body weight in *db/db* mice. Phytomedicine. 9:254-258.
- Yahara S, KaJi K and Tanaka O.** (1979). Further study on dammarane-type saponins of roots, leaves, flower-buds, and fruits of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 27:88-92.
- Yahara S, Matsuura K, Kasai R and Tanaka O.** (1976a). Saponins of buds and flowers of *Panax ginseng* C. A. Meyer. (1). Isolation of ginsenoside-Rd, -Re, and -Rg<sub>1</sub>. Chemical & Pharmaceutical Bulletin. 24:3212-3213.
- Yahara S, Tanaka O and Komori T.** (1976b). Saponins of the leaves of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Chemical & Pharmaceutical Bulletin. 24:2204-2208.
- Zhang S, Takeda T, Zhu T, Chen T, Yao X, Tanaka Y and Okihara Y.** (1990). A new minor saponin from the leaves of *Panax ginseng*. Planta Medica. 56:298-301.
- Zhang SL, Yao XS, Chen YJ, Cui CB, Tezuka Y and Kikuchi T.** (1989). Ginsenoside La, a novel saponin from the leaves of *Panax ginseng*. Chemical & Pharmaceutical Bulletin. 37:1966-1968.