

단삼의 수확시기에 따른 생육 특성 및 주요 성분 변이

김영국[†] · 안태진 · 허목 · 이정훈 · 이윤지 · 차선우

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Changes of Major Components and Growth Characteristics According to Harvesting Times of *Salvia miltiorrhiza* Bunge

Young Guk Kim[†], Tae Jin An, Mok Hur, Jeong Hoon Lee, Yun Ji Lee and Seon Woo Cha

Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseng 27709, Korea.

ABSTRACT

Background : This study examined the effect of harvesting time on the growth, yield characteristics, and major beneficial components in *Salvia miltiorrhiza*.

Methods and Results : Although plant height, stem diameter and branch length were not affected by harvesting time, the number of stems was highest when harvested in mid October. There were no differences in root length and thickness, however, the rhizome was thicker when it was harvested at the end of October or early November than when it was harvested in early and mid October. The dried root weight also showed a similar pattern. However, there was a statistically significant increase to 408 kg (16%) in the rhizome weight when in late October and a rise to 455 kg (29%) when harvested in early November. Harvest time had little effect on the content of the major component of *S. miltiorrhiza*. For example, salvianolic acid content rose from 9.42 to 9.64% with later harvest times, and tanshinone IIA content was tended to be slightly more increased in mid October which *S. miltiorrhiza* has 0.22% tanshinone IIA than in early October.

Conclusions : According to these results, the optimum harvest time for *S. miltiorrhiza* is early November when plant or major component yields are highest. There were no significant harvest time effects on the major beneficial components.

Key Words : *Salvia miltiorrhiza*, Content, Growth Characteristics, Root Yield

서 언

단삼 (*Salvia miltiorrhiza* Bunge)은 대한민국약전에 수재된 한약재중 하나로 꿀풀과에 속하는 다년생 초본 약용식물이다. 뿌리의 색이 붉어서 식물명과 생약명이 단삼(丹蔘)이며, 뿌리는 특유의 냄새가 있고 맛은 약간 쓴맛이 있다 (Mok *et al.*, 1995; KFDA, 2012). 단삼 뿌리에 함유되어 있는 주요 약효 성분은 tanshinone I, IIA, IIB 등을 포함한 diterpene 화합물과 danshensu, protocatechuic aldehyde, salvianolic acid 등을 포함하는 phenolic 화합물, baicaline, β -sitosterol, ursolic acid, vitamin E 및 tannin 등이 보고되었다 (Fugh-Berman,

2000). 단삼은 어혈, 고혈압, 관상동맥, 경화성 심장병 등에 효능이 있으며 (Lee and Lee, 1992), 동맥경화 개선작용 (Fang *et al.*, 2008), 세포내 지방의 축적비율을 낮추는 작용 (Ji and Gong, 2008), 뇌세포보호 작용 (Zhang *et al.*, 2009), 항산화 작용 (Kim *et al.*, 2008), 간세포보호 작용 (Yin *et al.*, 2009), 항균 작용 (Choi and Han, 2003), 항혈전 효과 (Yang *et al.*, 2007) 등이 보고되어 있다. 단삼의 활성물질 중 przewaquinone C가 항암활성이 있으며 (Yang *et al.*, 1984), 추출물에도 항암활성을 갖는 성분이 있고 (Cheng *et al.*, 2000), 항암효과가 높다고 하였다 (Kim *et al.*, 1999).

이처럼 단삼은 인체의 오장 중에서 심장을 다스리는 약용작

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5565 (E-mail) kimyguk@korea.kr

Received 2015 August 4 / 1st Revised 2015 August 17 / 2nd Revised 2015 August 28 / 3rd Revised 2015 September 3 / 4th Revised 2015 September 11 / Accepted 2015 September 12

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

물 오삼에 속하는 중요한 약용작물로 국내에서 자생하지만 주로 수입에 의존하고 재배는 되지 않았으나, 현재는 일부 지역에서 재배되기 시작하여 재배면적이 조금씩 증가되고 있다. 최근 유통 한약재의 중금속 잔류 (Jang *et al.*, 2012), 이산화황 잔류 (Lee *et al.*, 2013) 등에 따른 수입산 한약재의 안전성에 대비하여 단삼도 국내에서 재식밀도, 시비법, 피복재배 등 재배 시험이 일부 수행되었다 (Kim *et al.*, 2013).

따라서 주로 수입해서 이용하던 단삼의 국내 재배면적을 확대하고 농가 소득을 향상시키기 위하여 단삼 재배시 수확시기가 생육 특성과 주요 성분 함량에 미치는 영향을 구명하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 수확시기에 따른 단삼의 생육 및 수량 특성

단삼 (*Salvia miltiorrhiza* Bunge)의 수확시기에 따라 생육 및 수량 특성과 주요 성분 변이를 알아보기 위해 본 시험을 수행하였다. 시험재료는 국립원예특작과학원 약용작물과에서 보존하고 있는 단삼 종자를 3월 상순에 온실 내에서 가온을 하고 (주) 범농 (Bumnong Co., Ltd, Jeongeup, Korea)에서 제작한 200공 트레이 육묘상자에 파종하여 2개월간 육묘한 후 본포에 정식하였다. 단삼을 정식하기 2주 전에 밑거름으로 유기질 비료를 2,000 kg/10a 씩 사용하고 경운하였다. 정식은 이랑넓이 90 cm (고랑폭 60 cm)로 만들고 비닐을 피복한 다음 재식밀도 30 × 10 cm 간격으로 정식을 하였다. 수확 시기는 10월 상순, 10월 중순, 10월 하순, 11월 상순 등 10월 간격으로 수확하여 흙을 제거하고 열풍건조기에서 건조하여 생육 및 수량 특성과 성분 변이를 분석하였다.

각 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 조사항목은 초장, 엽수, 분지수 및 지상부중을 조사하였으며, 지하부는 근장, 근경, 지근수, 건근중 및 수량을 조사하였다.

2. 수확시기에 따른 단삼의 주요 성분 함량 변이

단삼 성분 분석은 salvanolic acid B와 tanshinone IIA를 분석하였다. 표준액은 식품의약품안전처 (KFDA, Cheongju, Korea)에서 salvanolic acid B (98% 이상), tanshinone IIA (98% 이상)를 분양 받았고 column은 Sunfire C18 (3.5 μ m, 4.6 × 150 mm, Waters, Dublin, Ireland)을 이용하였다. 표준액 제조는 표준품 salvanolic acid B와 tanshinone IIA를 10 mg 씩 정밀히 달아 100 ml 플라스크에 70% methanol로 채워 용해하였다. 그리고 이 액을 5, 10, 20, 40, 80 ml를 정확히 취하여 각각의 100 ml 플라스크에 넣고 70% methanol로 100 ml를 채운 다음 이 용액을 0.45 μ m 필터로 여과하고 20 μ l를 취하여 표준액으로 하였다. 검액 제조는 단삼을 균질하게 분쇄하여 80 mesh체를 통과시킨 후 정확히 0.3 g을 취하였다. 그 후 70% methanol 50 ml를 넣고 30분간 초음파 추출하여 여과 한 후 손실된 양은 70% methanol로 채워 정확히 50 ml로 맞추고, 이 액을 0.45 μ m 필터로 여과하고 20 μ l를 취하여 검액으로 하였다.

3. 통계처리

통계처리는 SAS Program (SAS Enterprise Guide 4.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 처리 간 유의성 분석을 위한 Duncan's Multiple Range Test (DMRT, LSD $\geq$ 5%) 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 수확시기에 따른 단삼의 지상부 생육 특성

수확시기별 단삼 (*Salvia miltiorrhiza* Bunge)의 생육 특성을 조사한 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 초장은 59.1 - 66.2 cm로 수확시기별로 차이가 없었고, 경경도 46.0 - 50.6 mm로 수확시기별 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 경수는 10월 중순에 수확한 것이 6.5개로 가장 많았다. 분지수는 10월 상순의 3.8개에서 수확시기가 늦어질수록 많아져서 11월 상순에는 5.2개로 가장 많았으며 분지장은 30.5 - 37.0 cm로 수확시

Table 1. Effects of harvest time on the aerial part growth of *Salvia miltiorrhiza* Bunge.

Harvest time	Plant height (cm)	Stalk diameter (mm)	Number of stalk (no./plant)	Number of branch (no./plant)	Branch length (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Dry weight (g/plant)
Early October	59.1 $\pm$ 7.3a	50.6 $\pm$ 2.9a	5.0 $\pm$ 0.3b	3.8 $\pm$ 0.3b	37.0 $\pm$ 4.0a	34.2 $\pm$ 2.7a	18.2 $\pm$ 0.7a	69.5 $\pm$ 3.5a*
Middle October	64.0 $\pm$ 3.0a	45.2 $\pm$ 3.4a	6.5 $\pm$ 0.5a	2.8 $\pm$ 0.1c	37.0 $\pm$ 3.8a	30.2 $\pm$ 8.4ab	17.1 $\pm$ 0.2a	75.8 $\pm$ 7.6a
Late October	64.3 $\pm$ 1.7a	49.5 $\pm$ 2.5a	6.0 $\pm$ 0.2b	3.8 $\pm$ 0.5b	33.7 $\pm$ 4.7a	27.9 $\pm$ 2.5ab	17.7 $\pm$ 0.7a	71.2 $\pm$ 4.0a
Early November	66.2 $\pm$ 6.1a	46.0 $\pm$ 4.9a	5.6 $\pm$ 1.1ab	5.2 $\pm$ 0.2a	30.5 $\pm$ 4.1a	24.8 $\pm$ 1.7b	17.2 $\pm$ 0.9a	72.7 $\pm$ 15.6a

Mean values $\pm$ SD from triplicate separated experiments are shown.

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

Table 2. Effects of harvest time on the root growth of *Salvia miltiorrhiza* Bunge.

Harvest time	Root length (cm)	Number of root (no./pl.)	Root diameter (mm)	Sub root diameter (mm)	Dry root weight (g)
Early October	32.2 ± 1.8a	24.9 ± 4.2a	46.8 ± 1.9b	13.5 ± 0.6a	76.1 ± 2.9c*
Middle October	32.1 ± 3.1a	27.7 ± 2.2a	44.7 ± 1.2b	13.0 ± 0.3a	79.3 ± 2.4c
Late October	33.1 ± 0.6a	28.5 ± 2.6a	52.1 ± 0.2a	13.8 ± 0.7a	88.1 ± 4.5b
Early November	31.6 ± 2.4a	27.3 ± 4.5a	52.3 ± 1.5a	14.3 ± 1.0a	98.4 ± 4.5a

Mean values ± SD from triplicate separated experiments are shown.

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

기별로 유의성이 없었다. 엽장은 10월 상순에 수확한 것이 34.2 mm로 가장 길었고 수확시기가 늦어질수록 감소되어 11월 하순 수확에서는 24.8 mm이었으며, 엽폭은 17.1 - 18.2 mm로 수확시기별 차이가 없었으며, 건물중도 69.5 - 75.8 g으로 수확시기별 유의성이 없었다. 작약도 지상부 생육은 개화기에 최대에 달하고 그 이후 수확시기에 따른 지상부 생육의 차이는 나지 않았다고 보고하여 이와 비슷한 경향을 나타냈다 (Kim *et al.*, 2000). 황기는 1년생에서는 수확시기에 따른 지상부 생육 차이는 없었고, 2년생 수확에서는 초장, 경경이 10월 25일까지는 증가되었으나 분지수, 건물중 등은 수확시기에 따른 차이는 없었다 (Kim *et al.*, 1996). 이상의 결과에서 단삼은 개화 결실기 이후부터는 수확시기가 지상부 생육에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

2. 수확시기에 따른 단삼의 지하부 생육 및 수량

단삼 수확시기에 따른 지하부 생육특성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 근장은 10월 상순 수확에서 32.2 cm였고, 10월 중순 수확에서 32.1 cm, 10월 하순 수확에서 33.1 cm, 11월 상순 수확에서 31.6 cm로 수확시기별 차이가 없었다. 근수는 10월 상순 수확에서 24.9개였고, 10월 중순 수확에서 27.7개, 10월 하순 수확에서 28.5개, 11월 상순 수확에서 27.3개로 통계적인 유의성이 없어 수확시기별 차이는 없는 것으로 나타났다. 근경은 10월 상순의 46.8 mm와 10월 중순의 44.7 mm는 유의성이 없었으나, 10월 하순의 52.1 mm와 11월 상순의 52.3 mm는 10월 상순과 중순보다 더 굵게 나타났고 통계적인 유의성이 있어서 늦게 수확할수록 근경은 굵어지는 경향이었다. 지근경은 10월 상순 수확에서 13.5 mm 이었고 10월 중순 수확에서 13.0 mm, 10월 하순 수확에서 13.8 mm 이었으며, 11월 상순 수확에서 14.3 mm로 가장 굵었지만 수확시기별 통계적인 유의성은 없었다.

건근중은 10월 상순과 10월 중순 수확에서 76.1 g과 79.3 g으로 차이가 없었으나 10월 하순과 11월 상순 수확에서 88.1 g, 98.4 g으로 증가되었고 통계적인 유의성이 있어서, 10월 하순이후에 수확하는 것이 건근중이 증가된다는 것을 알 수 있었다. 수량은 10월 상순 수확의 10a 당 352 kg 대비 10월 중순은 367 kg으로 4% 증가되었으나 통계적인 유의성

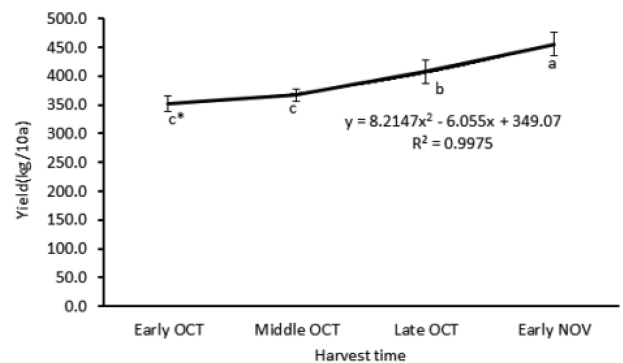
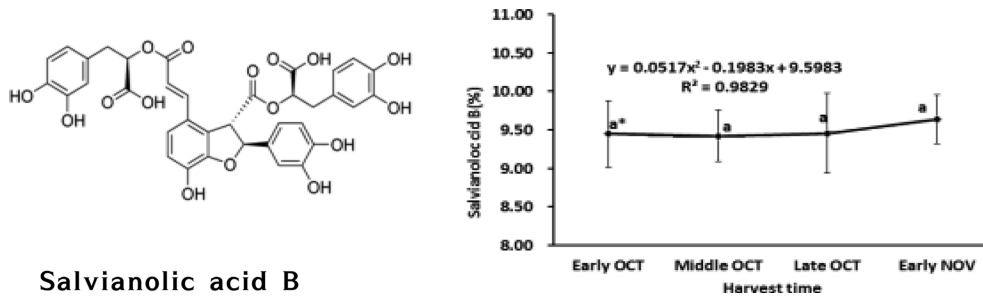


Fig. 1. Effects of harvest time on the root yield of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Mean values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Values are mean of triplicates. Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$). OCT; October, NOV; November.

은 없었고, 10월 하순에는 408 kg으로 16%가 증가되었고 11월 상순에는 455 kg으로 29%가 증가되어 가장 많았으며 통계적인 유의성이 있었다 (Fig. 1). 황기는 1년생 수확에서 근장과 근경이 10월 25일까지는 진전이 없다가 11월 10일 수확에서는 증가 되었으며, 건근중과 수량은 수확시기가 늦어질수록 계속 증가되었고, 2년생에서도 마찬가지로 11월 10일 수확까지 계속 증가되는 경향이었다 (Kim *et al.*, 1996). Kim 등 (2000)은 작약도 마찬가지로 뿌리의 수확시기가 늦어질수록 수량이 증가된다고 보고하였다. 이상의 결과에서 수량 변이를 비교할 때 단삼은 수확시기가 늦어질수록 수량이 증가되어 가장 적합한 시기는 11월 상순경이 적합한 것으로 사료된다.

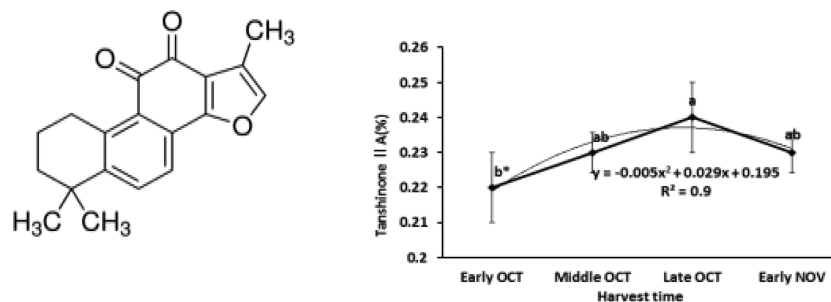
3. 수확시기에 따른 주요 성분 함량 변이

단삼은 salvianolic acid B ($C_{36}H_{30}O_{16}$, 718.62) 4.1% 이상을 함유하여야 한약재로 이용할 수 있다 (KFDA, 2012). 그리고 단삼에는 전지방세포와 지방세포의 아포토시스 유도과 지방형성의 억제시키는 단서를 제공해주는 중요한 tanshinone IIA 성분이 함유되어 있어서 수확시기별로 이들 성분함량을 분석하였다. Salvianolic acid B는 10월 상순부터 10월 간격으로 11월 상순까지 분석한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 10월 상순수확에서 9.45%로 나타났고, 10월 중순 수확에서



Salvianolic acid B

Fig. 2. Effects of harvest time on salvianolic acid B of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Mean values $\pm$ SD from triplicate separated experiments are shown. *Values are mean of triplicates. Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$). OCT; October, NOV; November.



Tanshinone IIA

Fig. 3. Effects of harvest time on tanshinone IIA of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Mean values $\pm$ SD from triplicate separated experiments are shown. *Values are mean of triplicates. Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$). OCT; October, NOV; November.

9.42%, 10월 하순 수확에서 9.45%였으며, 11월 상순 수확에서 9.64%로 가장 높았으나 수확시기별 통계적인 유의성은 없었다. 특히 salvianolic acid B는 혈관을 이완시켜 혈압을 낮추고 (Chang *et al.*, 2006), 뇌 및 심장과 같은 주요장기의 허혈-재관류 손상을 예방하는 것으로 알려져 있다 (Wong and Rabie, 2008).

Tanshinone IIA 함량은 Fig. 3에서 보는 바와 10월 상순 수확의 0.22%보다 10월 중순 수확 이후에서 약간 증가되어 10월 하순 수확에서 0.24%로 함량이 가장 많게 나타나 10월 상순 수확에 비해 통계적인 유의성이 있었으며, 10월 중순 수확과 11월 상순 수확에서는 큰 차이가 없었다.

약용작물은 수확시기에 따라 주요 성분함량 변화가 많다고 하였으며 (Choi *et al.*, 2007), 오미자는 수확시기에 따라 과육의 경우에는 schizandrin과 gomisins A, N 세 성분 모두 수확시기가 늦어질수록 감소하였으나 종자의 경우에는 다소 다른 경향을 보였다고 하였다 (Choi *et al.*, 2011). 그리고 길경은 늦가을이나 이른 봄 지상부가 시들고 휴면하고 있을 때 수확한 것이 지상부 생육성기보다 crude saponin 함량이 많은 것으로 나타났다고 보고하였다 (Lee *et al.*, 1999). 작약도 마찬가지로 paeoniflorin 함량이 10월 하순경 늦게 수확할수록

증가된다고 보고하였다 (Kim *et al.*, 2000). 그러나 천마는 gastrodin 함량은 가을에 수확하는 것이 봄에 수확하는 것보다 1.6배 많았고 ergothioneine 함량은 가을에 수확하는 것보다 봄에 수확하는 것이 1.7배 많이 함유하여 각 성분에 따라 함량이 달라진다고 하였다 (Kim and Park, 2013). 그러나 단삼은 이들의 결과와 달리 수확시기에 따른 성분변화는 없는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 단삼 수확의 가장 적합한 시기는 주요 성분에도 차이가 없으면서 수량이 가장 많은 11월 상순경이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ906938)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Chang PN, Mao JC, Huang SH, Ning L, Wang ZJ, On T, Duan W and Zhu YZ. (2006). Analysis of cardioprotective effects using purified *Salvia miltiorrhiza* extract on isolated rat hearts. *Journal of Pharmacol Science*. 101:245-249.

- Cheng GC, Lee JY, Kim DC, Suh SO and Hwang WI.** (2000). Inhibitory effect of *Salvia miltiorrhiza* extract on growth of some cancer cells. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 29:726-731.
- Choi HY and Han YS.** (2003). Isolation and identification of antimicrobial compound from Dansam(*Salvia miltiorrhiza* Bunge). Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 32:22-28.
- Choi SR, Ju IO, You DH, Song YE, Jang I and Ryu J.** (2007). Changes of major components and growth characteristics according to harvesting times of *Artemisia capillaris* Thunberg. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:189-193.
- Choi SR, Kim CS, Kim JY, You DH, Kim JM, Kim YS, Song EJ, Kim YG, Ahn YS and Choi DG.** (2011). Changes of antioxidant activity and lignan contents in *Schisandra chinensis* by harvesting time. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:414-420.
- Fang ZY, Lin R, Yuan BX, Yang GD, Liu Y and Zhang H.** (2008). Tanshinone IIA downregulates the CD40 expression and decreases MMP-2 activity on atherosclerosis induced by high fatty diet in rabbit. Journal of Ethnopharmacology. 115:217-222.
- Fugh-Berman A.** (2000). Herbs and dietary supplements in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. Preventive Cardiology. 3:24-32.
- Jang S, Kim TH, Lee AR, Lee AY, Choi G and Kim HK.** (2012). Monitoring of heavy metal contents in commercial herbal medicines. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:434-439.
- Ji W and Gong BQ.** (2008). Hypolipidemic activity and mechanism of purified herbal extract of *Salvia miltiorrhiza* in hyperlipidemic rats. Journal of Ethnopharmacology. 119:291-298.
- Kim HT and Park EJ.** (2013). Change of major functional components of *Gastrodia elata* Blume with cultivation conditions and harvest times. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:282-288.
- Kim JY, Kim HS, Kang HS, Choi JS, Yokozawa T and Chung HY.** (2008). Antioxidant potential of dimethyl lithospermate isolated from *Salvia miltiorrhiza*(red sage) against peroxynitrite. Journal of Medicinal Food. 11:21-28.
- Kim KJ, Park SD, Park CH, Shin JH, Kim JC and Choi BS.** (2000). Changes of root yield and paeoniflorin content affected by harvesting times in peony(*Paeonia lactiflora*). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 8:58-63.
- Kim OH, Chung SY, Park MK, Rheu HM and Yang JS.** (1999). Anticancer activity of natural products including *Salvia miltiorrhiza*. The Journal of Applied Pharmacology. 7:29-34.
- Kim YG, Kim KS, Chang YH and Yu HS.** (1996). Effects of harvesting time on growth and root yield in *Astragalus membranaceus* Bunge. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 4:329-332.
- Kim YG, Yeo JH, Han SH, Hur M, Lee YS and Park CB.** (2013). Characteristics of growth and yield by planting density and mulching materials in *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:179-183.
- Korea Food and Drug Administration(KFDA).** (2012). The Korean pharmacopoeia(10th ed.). The second section of each item in medicine and medical supplies. Korea Food and Drug Administration. Chongju, Korea. p.25-26.
- Lee AR, Jang S, Kim TH, Lee AY, Choi G and Kim HK.** (2013). Monitoring of residual sulfur dioxide in herbal medicines distributed at domestic. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:124-129.
- Lee ST, Ryu JS, Kim MB, Kim DK, Lee HJ and Heo JS.** (1999). Crude saponin contents of *Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:172-176.
- Lee YJ and Lee SY.** (1992). Pharmacognosy. Dongmyeungsa. Paju, Korea. p.131-137.
- Mok JS, Kim YM, Kim SH and Chang DS.** (1995). Antimicrobial property of the ethanol extract from *Salvia miltiorrhiza*. Journal of Food Hygiene and Safety. 10:23-28.
- Wong RWK and Rabie ABM.** (2008). Effect of *Salvia miltiorrhiza* extract on bone formation. Journal of Biomedical Materials Research Part A. 85:506-512.
- Yang BJ, Huang XL and Zhou QR.** (1984). The structures of four minor diterpenequinones przewaquinones C, D, E and F from the root of *Salvia przewalskii* Maxim. var. *mandarinorum*(Diels) Stib. Acta Pharmaceutica Sinica. 19:294-298.
- Yang SA, Im NK and Lee IS.** (2007). Effect of methanolic extract from *Salvia miltiorrhiza* Bunge on *in vitro* antithrombotic and antioxidative activities. Korean Journal of Food Science and Technology. 39:83-87.
- Yin HQ, Choi YJ, Kim YC, Sohn DH, Ryu SY and Lee BH.** (2009). *Salvia miltiorrhiza* Bunge and its active component cryptotanshinone protects primary cultured rat hepatocytes from acute ethanol induced cytotoxicity and fatty infiltration. Food and Chemical Toxicology. 47:98-103.
- Zhang F, Zheng W, Pi R, Mei Z, Bao Y, Gao J, Tang W, Chen S and Liu P.** (2009). Cryptotanshinone protects primary rat cortical neurons from glutamate induced neurotoxicity via the activation of the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt signaling pathway. Experimental Brain Research. 193:109-118.