

연구노트

## 건조 온도에 따른 도라지의 사포닌과 당 함량 변화

이병진<sup>1,2</sup> · 조영손<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 농학 · 한약자원학부, <sup>2</sup>경남과학기술대학교 종자실용화연구소

### Effects of Drying Temperature on the Saponin and Free Sugar Contents of *Platycodon grandiflorum* Radix

Byung-Jin Lee<sup>1,2</sup> and Young-Son Cho<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Research Center for Seed Utilization, Gyeongnam National University of Science and Technology

**Abstract** This study was conducted to provide basic information on the effects of drying temperatures (45, 65, and 85°C) on saponins and free sugar contents of a 5-year-old *Platycodon grandiflorum* Radix. Platycodin D levels decreased with increase in drying temperature (956, 334, and 197 mg% at 45, 65, and 85°C, respectively). Polygalacin D levels were the highest at 45°C (577 mg%), while platycodin D<sub>3</sub> and deapioplatycodin D were high at 65°C (304 and 272 mg%, respectively). Sucrose levels were 3,825 mg% at 85°C and 1,226 mg% at 45°C, and decreased when the drying temperature was decreased. The sucrose content showed significant negative correlation with saponin levels in dried *P. grandiflorum* (-0.987\*\*,  $p < 0.01$ ). These results suggested that drying *P. grandiflorum* at low temperatures is more economically viable.

**Keywords:** drying temperature, free sugar, *Platycodon grandiflorum*, saponin

## 서 론

도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 초롱꽃과에 속하는 식물로(1) 뿌리부분을 주로 나물과 약용으로 사용되고 있다. 약용으로 사용되는 도라지의 뿌리는 길경(*Platycodi Radix*)이라고 불리며 다량의 사포닌이 함유되어 있는데, 이러한 사포닌에는 platycodin A, C, D와 polygalacin D 등의 성분이 알려져 있다(2,3). 이 중에서 platycodin D는 동물실험에서 진해 거담작용, 중추신경억제작용(4), 혈당강화작용 및 콜레스테롤 대사개선작용(5), 항암활성 효과(6,7) 항염증 효과(8,9), 항비만 효과(10) 등이 있는 것으로 밝혀졌다.

도라지는 나물용으로 사용하는 것 외에 약용으로 사용하기 위해 대부분 건조를 하고 있다. 하지만 도라지의 약리성에 관한 연구는 많지만 건조에 관한 연구는 미비하다. 대부분의 농가에서 사용되는 건조방법으로 일광건조와 열풍건조가 있다. 일광건조는 건조시간이 많이 걸려 건조과정 중 부패가 일어날 수 있으며(11), 열풍건조는 일반 농가에서 주로 곡물건조기를 사용하여 건조하고 있지만 건조 온도는 일정하지 않다. 도라지와 성상이 비슷한 인삼은 건조에서 당이나 사포닌의 분포에는 차이가 없지만 함량에는 차이가 있으며(12), 건조 온도에 따라 색도의 차이를 보였

다(13). Kwon 등(14)은 열풍건조에서 마의 fructose, glucose가 감소하며, 포화지방산이 증가한다고 보고하였다. 건 고추는 건조 조건에 따라 품질이 달라지며 60°C에서 건조한 것이 항산화제인 vitamin C의 함량이 높게 나타났다(15).

본 연구에서는 건조 온도가 도라지의 약리적 성분과 당 함량에 미치는 영향을 분석하여 도라지의 약리적 소재 활용에 필요한 실험적 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

경남과학기술대학교 종합농장에서 재배한 5년 근 도라지를 2014년 3월에 수확 후 세척하고 도라지를 절단하지 않고 원 뿌리를 온도 45, 65, 85°C로 설정하여 건조하였다. 건조 중 24시간 간격으로 무게를 측정하여 무게의 변화가 없으면 건조가 끝난 것으로 판단하여 건조된 시료는 분쇄기(Hibell, Super grinder JL-1000, Hwaseong, Korea)로 분쇄하여 0.5 mm 체를 통과시켜서 시료로 사용하였다. 실험에 사용된 도라지의 크기는 Table 1과 같다.

### 유리당 함량

당 추출방법은 분쇄한 도라지 가루 1g을 80% 에탄올 10 mL에 혼합하여 50°C 항온수조에서 1시간 진탕하고 4,000 rpm에서 15분 원심분리하여 상층액을 회수하였다. 이 추출조작은 총 2회 반복하였다. 유리당 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1260 Series HPLC system (Agilent Technologies, Delaware, OH, USA)을 이용하였고 column은 Hi-Plex Pb (300×7.7 mm, Agilent Technologies)를 사용하였다. 이동상은 water, acetonitrile를 3:7 (v:v)로 혼합하여 사용하였다. 당 표준 시료는 sucrose, glucose (Sigma Co., St.

\*Corresponding author: Young-Son Cho, Department of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, Gyeongnam 660-758, Korea  
Tel: 82-55-751-3221

Fax: 82-55-751-3229

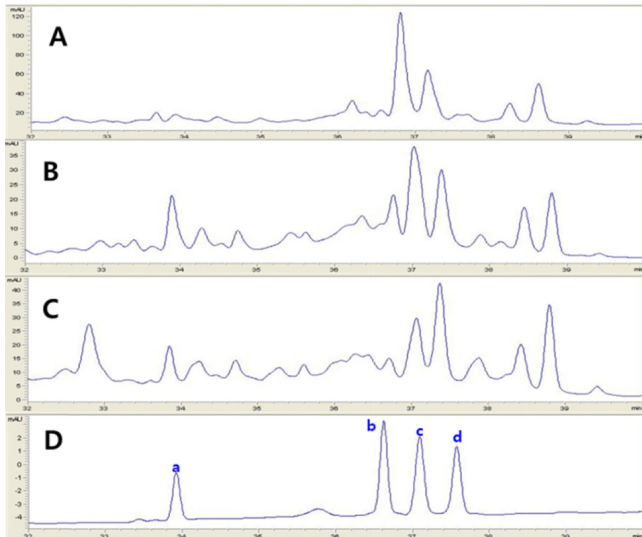
E-mail: san770@daum.net

Received May 29, 2014; revised August 4, 2014;

accepted September 26, 2014

**Table 1. Length, diameter, and weight of *Platycodon grandiflorum* Radix fresh root**

Root length (cm)	Diameter (mm)	Weight (fwb)	Hardness (g)
32.5±4.55	22.9±1.77	63.9±14.38	1972±114.2

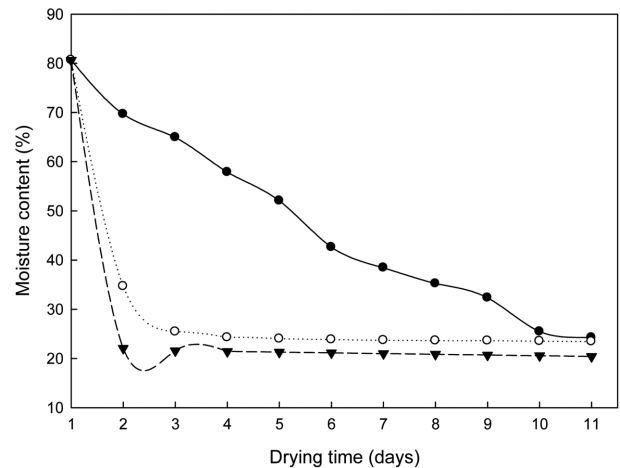
**Fig. 1. Gradient HPLC chromatograms of saponins standard (D) and saponins in the *Platycodon grandiflorum* Radix 45°C (A), 65°C (B), and 85°C (C). Peak a, b, c, and d are platycodin D3, deapioplatycodin D, platycodin D, and polygalaci D, respectively.**

Louis, MO, USA)의 표준품을 각각 20, 10, 5, 0 mg/mL로 조절하여 표준액을 만들었다. 각 당 표준액 10  $\mu$ L를 취하여 HPLC로 검량하고 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

#### 사포닌 함량

사포닌 추출방법은 Park 등(16)이 제안한 방법으로, 분쇄한 도라지 가루 1 g을 70% 에탄올 50 mL에 혼합하여 50°C 항온수조에서 2시간 동안 진탕한 후, 4,000 rpm에서 15분 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 이 추출조작은 총 2회 반복하였다. 도라지 추출물은 회전농축기(Rotavapor R-210, Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 감압 농축하여 HPLC-grade 증류수 10 mL에 녹였다. 사포닌 함량 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1260 Series HPLC system (Agilent Technologies)을 이용하여 측정하였다. HPLC 분석은 C<sub>18</sub> column (4.6×250 mm, 5  $\mu$ m, Shiseido, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 이동상은 HPLC-grade water, acetonitrile를 사용하였으며, Acetonitrile 비율을 0 min (18%)-22 min (18%)-32 min (30%)-60 min (50%)로 순차적으로 조절하였다. Column 온도는 35°C로 유지 하였고, injection volume은 10  $\mu$ L, 유속은 1 mL/min로 하였다. 검출파장은 203 nm에서 측정하였다.

사포닌 표준시료는 천연물 물질은행으로부터 분양 받은 순도 95% 이상의 platycodin D, platycodin D3, deapioplatycodin D, polygalacin D를 각각 1 mg씩 취하여 증류수 10 mL에 녹여 HPLC용 표준 사포닌 용액을 조제하여, 표준품을 각각 100, 50, 25  $\mu$ mL로 조절하여 표준액을 만들었으며 각 사포닌이 검출되는 시간대는 a, platycodin D3 b, deapioplatycodin D, c, platycodin D, d, polygalacin D 순서로 33.84, 36.57, 37.16, 그리고 37.55로 나타났다(Fig. 1). 각 사포닌 표준액 10  $\mu$ L를 취하여 HPLC로 검량

**Fig. 2. Changes in moisture of *Platycodon grandiflorum* Radix by drying at 45°C (●), 65°C (○), and 85°C (▼).**

하고 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

#### 색차계 색도

색도의 측정은 건조 도라지를 분쇄하여 0.5 mm 체망을 통과시켜 색채색차계(Chroma meter CR-200, Minolta Co., Tokyo, Japan)의 측정대에 고르게 담은 후 L (lightness), a (redness) 및 b (yellowness) 값을 각각 5회 반복하여 측정하였다.

#### 통계분석

모든 실험은 3회 반복하였으며, 실험결과는 평균과 표준편차로 나타내고 SAS Enterprise guide 4.0을 이용하여 계산하였고, one-way ANOVA test를 실시한 후 최소 유의차 검정(LSD)에 의해 평균간의 유의차를  $p < 0.05$  수준에서 LSD로 시료 간의 유의적인 차이를 검증하였고, 건조 온도에 따른 사포닌과 당 함량과의 상관관계는 Pearson's correlation으로 95%와 99% 수준에서 처리하였다.

## 결과 및 고찰

#### 건조속도

건조 온도에 따른 수분 함량 변화는 Fig. 2로 나타내었다. 건조 온도에 따른 건조 속도는 온도가 증가할수록 빨랐으며, 85°C에서는 1일만에 건조가 되었으며, 65°C에서는 2일이 소요되었지만 45°C에서는 9일이 소요되었다. 고온인 85°C에서 건조할 경우 24시간을 기준으로 하지 않고 시간단위로 측정할 필요성이 있으며, 본 시험에서는 도라지를 절단하지 않고 뿌리 통째 건조하였는데 도라지를 절단하여 건조할 경우 45°C에서도 건조기간을 단축시킬 수 있을 것이라 사료되며, 또한 절단하여 저온에서 건조할 경우 도라지의 성분 변화에 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 유리당 함량

건조 온도에 따른 sucrose와 glucose 함량은 Fig. 3과 같다. Sucrose의 함량은 45°C에서 1,226 mg%, 65°C에서 2,548 mg% 그리고 85°C에서 3,825 mg%로 건조 온도가 높을수록 증가하는 경향을 보인 반면, glucose 함량은 45°C에서 362 mg%, 65°C에서 198 mg% 그리고 85°C에서 195.9 mg% 감소하는 경향을 보였다. 도라지의 당 함량은 생도라지에서 sucrose가 가장 많으며, 열을

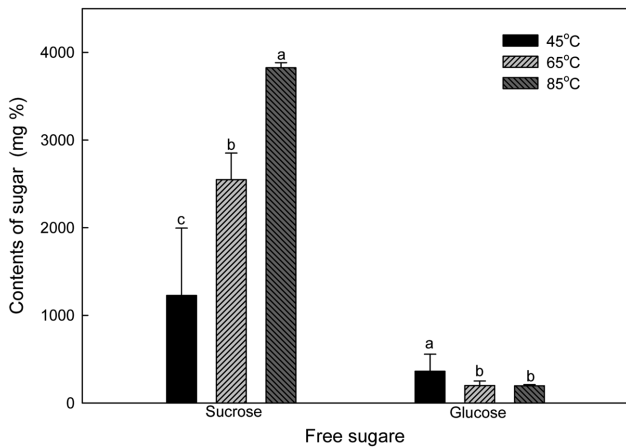


Fig. 3. Content of sucrose and glucose of *Platycodon grandiflorum Radix* as affected by drying temperatures. Mean±SD within the same row followed by different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

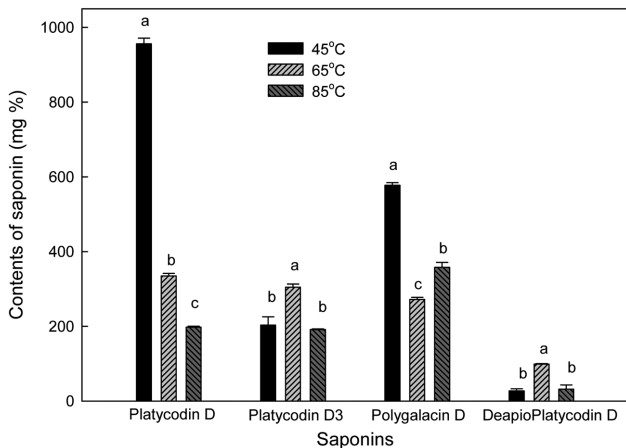


Fig. 4. Contents of saponin of *Platycodon grandiflorum Radix* at different drying temperatures. Mean±SD within the same row followed by different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

가해 흑도라지를 제조하는 동안 단당류로 분해되어 sucrose가 검출되지 않았다는 보고(17)와 같은 경향을 보였다. 85°C 건조에서 sucrose의 함량이 높고 사포닌 함량(Fig. 4)이 낮은 반면 45°C에서 건조한 도라지의 경우 sucrose의 함량이 낮아지고 사포닌의 함량이 증가하는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 건조과정 중에 효소의 작용에 의한 차이로 여겨진다(12). 따라서 도라지를 가공하여 도라지 차(18), 식혜(19) 등 당을 많이 요구되는 식품을 만들려면 건조 온도를 높이고 약용으로 이용될 때는 건조 온도를 낮추는 것이 좋을 것으로 판단되며, 도라지의 이용 목적에 따라 도라지의 건조 온도를 조절할 필요성이 있다.

**사포닌 함량**

건조 온도에 따른 사포닌을 분석한 결과를 Fig. 4로 나타내었다. 전체 사포닌 함량은 건조 온도가 낮을수록 증가하는 경향을 보였으며, 특히 4종류의 사포닌 중에 platycodin D의 함량은 45°C에서 956 mg%, 65°C에서 334 mg% 그리고 85°C에서 197 mg%로 건조 온도가 높을수록 사포닌 함량이 낮아지는 경향을 보였으며,

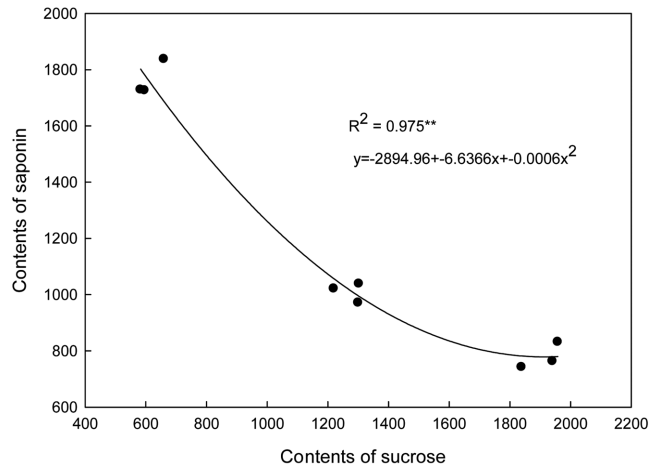


Fig. 5. Correlation coefficient between sucrose and saponin contents of *Platycodon grandiflorum Radix*

Table 2. Hunter color values of *Platycodon grandiflorum Radix* at different drying temperatures

Drying temperature	Hunter value <sup>‡</sup>		
	L	a	b
45	81±1.5	-1.2±1.15	22±1.5
65	70±4.0	0.3±0.58	30±3.2
85	74±3.4	3.7±1.15	47±2.5

<sup>‡</sup>L: Lightness; a: redness (+ red, - green); b: yellowness (+ yellow, - blue)

polygalacin D 함량은 건조 온도 45°C에서 577 mg%로 가장 높았으며, platycodin D<sub>3</sub>와 deapioplatycodin D의 함량은 건조 온도 65°C에서 304 mg%와 272 mg%로 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 Lee 등(20)이 수삼 건조 시 사포닌의 성분만을 고려하여 총 사포닌 함량을 높이기 위해서는 되도록이면 낮은 온도에서 건조하는 것이 바람직하다는 결과와 일치하였다. Lee 등(21)은 도라지 수확 후 상온과 저온 저장에서 사포닌 함량이 증가 한다고 보고 하였으며, 도라지와 성상이 비슷한 더덕에서도 채취 직후 사포닌 함량보다 건조한 더덕의 사포닌 함량이 약 2배 정도 높다고 보고되고 있다(22). 본 연구에서는 건조 온도에 따라 도라지의 사포닌 함량이 다르다는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 도라지의 사포닌 함량 측면에서는 도라지의 건조 온도를 45°C로 설정하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

**당과 사포닌 함량의 상관관계**

Sucrose 함량과 사포닌 함량과의 상관관계를 조사하여 Fig. 5로 나타내었다. 도라지의 sucrose 함량과 사포닌 함량과의 상관계수는 -0.987\*\*로 고도의 부의 상관을 나타내었다. 사포닌 함량은 본 연구에서 조사된 4종의 사포닌 함량의 총합으로 나타내었다. Park 등(23)은 도라지 팽화에 의해 일부 당류가 분해되어 사포닌의 함량이 증가하는 것으로 판단했으며, Kim과 Rue (24)는 고온 고압에서 세포벽과 분자구조가 파괴되어 사포닌이 증가 한다고 하였다. 본 연구에서는 건조 온도가 낮으면 건조시간이 길어져 도라지의 sucrose 함량이 낮아지고 사포닌 함량의 증가 하는 것을 확인했다. 도라지의 당 함량과 사포닌과의 상관관계가 정확히 밝혀지지는 않았지만 본 연구에서 건조 온도에 따라 당의 함량과 사포닌의 함량에 변화가 일어나는 것을 확인할 수 있었다.

### 건조 온도에 따른 색도

건조 도라지를 분쇄기로 분쇄하여 색도를 측정하였다(Table 2). 건조 온도 45°C의 도라지 명도는 81로 적색도와 황색도를 나타내는 a값과 b값은 -1.2와 22로 나타났다. 건조 온도 65°C와 건조 온도 85°C의 명도는 각각 70와 74으로 a값과 b값은 0.3과 3.7 그리고 30과 47로 나타났다. 건조 온도 45°C가 다른 건조조건에 비해 색이 밝고 적색도와 황색도도 낮은 반면 건조 온도 85°C에서는 적색도와 황색도가 높아 갈변현상이 일어난 것으로 사료된다. Choi 등(22)은 더덕의 저장 중 색도 변화에서 냉장보관보다 상온보관에서 갈변현상으로 색이 어두워진다고 보고 하였는데 본 시험에서 저온건조보다 고온건조에서 갈변현상(25)이 많이 일어나 색이 어두워진 것으로 판단된다.

### 요 약

도라지 건조 온도에 대한 기본 정보를 제공하고자 건조 온도에 따른 환원당 그리고 사포닌 함량을 조사한 결과를 요약하면 아래와 같다. Sucrose 함량은 85°C에서 3,825 mg% 45°C에서 1,226 mg%로 건조 온도가 낮을수록 감소하였지만, glucose함량은 건조 온도가 높을수록 감소하였다. 본 시험에서 분석한 도라지 4종의 사포닌 중에 platycodin D 함량은 85°C에서 197.5 mg%, 65°C에서는 334.7 mg%로 45°C에서 956.0 mg%로 가장 높게 나타나 건조 온도가 낮을수록 증가하였으며, 고온(85) 건조에서 사포닌 중 polygalacin D의 함량이 가장 많았다. Sucrose와 사포닌 함량 간의 상관계수는 각각 -0.987\*\*로 고도의 음의 상관을 보였다( $p < 0.01$ ). 건조 온도 45°C가 다른 건조 온도에 비해 색이 밝게 나타남을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 통하여 도라지의 건조 온도가 도라지의 사포닌 함량과 당 함량에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었으며, 도라지의 이용 용도에 따라 건조 온도를 달리 할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청지원 경남도라지산학협력단 연구비지원(과제번호 pj 008801) 의해 수행된 결과로 이에 감사를 드립니다

### References

- Lim KH. A Medicinal Phytology (The details). Dongmyoungsa, Seoul. p. 281 (1971)
- Konishi T, Tada A, Shoji J, Tanaka O. The structures of platycodin A and C, monoacetylated saponins of the roots of *Platycodon grandiflorum* A. DC. Chem. Pharm. Bull. 26: 668-670 (1976)
- Tada T, Kaneiwa Y, Shoji J, Shibata S. Saponins of the root of *Platycodon grandiflorum*. Isolation and the structure of platycodin D. Chem. Pharm. Bull. 23: 2965-2972 (1975)
- Sung NJ, Seo JK. Medical action of perennial *platycody* radix. pp. 35-47. In: Proceeding Inst. Agr. Res. Util. Symposium for 50th Anniversary GSNU. Institute of Agricultural Resource Utilization, Gyeongsang National University. Gyeongsang National University, Jinju, Korea (1998)
- Zhao HL, Cho KH, Ha YW, Jeong TS, Lee WS, Kim YS. Cholesterol-lowering effect of platycodin D in hypercholesterolemic ICR mice. Eur. J. Pharmacol. 537: 166-173 (2006)
- Choi CY, Kim JY, Kim YS, Chung YC, Seo JK, Jeong HG. Aqueous extract isolated from *platycodon grandiflorum* elicits the release of nitric oxide and tumor necrosis factor-alpha from murine macrophages. Int. Immunopharmacol. 1: 1141-1151 (2001)
- Kim YS, Kim JS, Choi SU, Kim JS, Lee HS, Roh SH, Jeong YC, Kim YK, Ryu SY. Isolation of a new saponin and cytotoxic effect of saponins from the root of *Platycodon grandiflorum* on human tumor cell lines. Planta Med. 71: 566-568 (2005)
- Ahn KS, Noh EJ, Zhao HL, Jung SH, Kang SS, Kim YS. Inhibition of inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase II by *Platycodon grandiflorum* saponins via suppression of nuclear factor-kB activation in RAW 264.7 cells. Life Sci. 76: 2315-2328 (2005)
- Kim YP, Lee EB, Kim SY, Li D, Ban HS, Lim SS, Shin KH, Ohuchi K. Inhibition of prosta-glandin E2 production by platycodin D isolated from the root of *Platycodon grandiflorum*. Planta Med. 67:362-364 (2001)
- Lee HY, Kang RH, Kim YS, Chung SI, Yoon YS. Platycodin D inhibits adipogenesis of 3T3 L1 cells by modulating kruppel like factor 2 and peroxisome proliferator activated receptor gamma. Phytother. Res. 24: S161-S167 (2010)
- Swami SB, Das SK, Maiti B. Convective hot air drying and quality characteristics of bori: A traditional Indian nugget prepared black gran pulse batter. J. Food Eng. 79: 225-233 (2007)
- Kim HJ, Jo JS, Nam SH, Park SH, Min KC. Free sugar distribution in ginseng plant and change of its content in the root with dehydration. J. Ginseng Res. 7: 56-62 (1983)
- Park KD, Choi JH, Kim OC, Park TK. The effect of drying temperature and time on ginseng tea quality. Korean J. Food Sci. Technol. 13: 202-208 (1981)
- Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK, Choi JU. Change in chemical components and physical properties with freeze drying and hot air-drying of *Dioscorea batatas*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 908-913 (1998)
- Lim YR, Kyung YN, Jeong HS, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, Lee JS. Effects of drying methods on quality of red pepper powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1315-1319 (2012)
- Park IS, Kang EM, Kim NS. High-performance liquid chromatographic analysis of saponin compounds in *Bupleurum falcatum*. J. Chromatogr. Sci. 38: 229-233 (2000)
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). Korean J. Food Sci. Technol. 45: 422-427 (2013)
- Lee GD, Joo GJ, Kwon JH. Optimization for roast flavor formation of *Platycodon grandiflorum* tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 752-757 (2000)
- Jeong SI, Yu HH. Quality characteristics of *sikke* prepared with the root powder of *doraji* (*Platycodon grandiflorum* A. DE. Candolle). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 759-765 (2013)
- Lee KS, Kim GH, Kim HH, Seong BJ, Lee HC, Lee YG. Physicochemical characteristics on main and fine root of ginseng dried by various temperature with far-infrared drier. Korean J. Medinal Crop Sci. 16: 211-217 (2008)
- Lee BJ, Shin YY, Lee SW, Chun HS, Cho YS. Effects of storage methods and periods on root hardness and content of saponin in *Platycodon grandiflorum* Radix. Korean J. Crop Sci. 59: 134-138 (2014)
- Choi MY, Oh HS, Kim JH. Changes of physicochemical properties of cultivated codonopsis lanceolata stored at various storage conditions. Korean J. Plant Res. 19: 59-67 (2006)
- Park SJ, Kim AY, Lee HS, Kim BY, Baik MY. Effects of puffing process on the saponin components in *Platycodon grandiflorus* (*jacqin*) A. De candle. Food Eng. Prog. 16: 164-171 (2012)
- Kim BS, Ryu GH. Effect of die temperature and dimension on extract characteristics of extruded white ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 544-548 (2005)
- Woo KS, Jeong HS, Lee HB, Choi WS, Lee JS. Changes in rheological properties of Neungee (*Sarcodon aspratus*) during dehydration. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 1230-1236 (2004)