

桔梗의 추출조건에 따른 사포닌함량의 변화 (제2보)

유대석^{1,3} · 최연희¹ · 차미란^{1,3} · 최춘환^{1,3} · 김미리^{1,3} · 연구환¹ · 홍경식¹ · 이병희¹ · 김은주²
조상욱² · 김영섭¹ · 유시용^{1*} · 강종성^{3*}

¹한국화학연구원, ²장생도라지 생명과학연구소, ³충남대학교 약학대학

Variation of Saponin Content in the Decoctions of *Platycodi Radix* (II)

Dae Seok Yoo^{1,3}, Yeon Hee Choi¹, Mi-Ran Cha^{1,3}, Chun Whan Choi^{1,3}, Mi Ri Kim^{1,3}, Gyu Hwan Yon¹,
Kyung Sik Hong¹, Byung Hoe Lee¹, Eun Ju Kim², Sang Wook Cho², Young Sup Kim¹,
Shi Yong Ryu^{1*} and Jong Seong Kang^{3*}

¹Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon, Korea 305-606

²JangSaeng Doraji Research Institute of Biotechnology, JangSaeng Doraji Co. LTD., Jinju 660-833

³College of Pharmacy, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

Abstract – The capability of the solvents for extracting the bioactive saponins from the roots of *Platycodon grandiflorum* (Campanulaceae) was investigated to obtain an ideal extract which contained bioactive saponins with high quality and high quantity. The content of eight representative saponins in extracts, such as deapioplatycoside E, platycoside E, platyconic acid A and platycodin D, platycodin D₃, platycodin D₂, polygalacin D₂, polygalacin D were analyzed simultaneously by the modified HPLC analytical method. The validation test of the modified qualitative and quantitative analytical method employing the ELSD equipped HPLC for eight representative saponins in the roots extract of *P. grandiflorum* showed a good linearity, precision and accuracy. the correlation coefficient (r^2) values of the calibration curves for each saponins were observed to be over 0.9990. LOD and LOQ of each saponin was calculated as 0.10 μ g~0.40 μ g (LOD) and 0.40 μ g~0.80 μ g (LOQ), respectively. Recovery rates of each saponin were also calculated as over 98%, respectively. With exception of two saponins, platyconic acid A and platycodin D, The content of eight saponins in extracts was decreased proportionally to the increment of the water ratio of solvent for extraction. Consequently, as aqueous alcohol was used as a solvent for extracting the saponin components from powdered roots of *P. grandiflorum*, the water content in the aqueous alcohol was seemed to be a critical factor for extracting efficacy. The 60-80% ratio of alcohol in the aqueous alcohol were deduced to be suitable and recommendable for the preparation of roots extract of *P. grandiflorum* which contained saponins with high quality and high quantity.

Key words – *Platycodon grandiflorum*, Campanulaceae, HPLC-ELSD, saponin, extraction

길경(桔梗)은 초롱꽃과(Campanulaceae)에 속하는 다년생 식물 도라지(balloon flower, *Platycodon grandiflorum*)의 뿌리로서 방약합편, 수재치방 등 각종 의학교서에 기재된 한약재 중 17번째로 活用빈도수가 많은 생약재이다. 국내 도라지 소비량은 연간 4,000 여 톤에 이르고 있으면 이중 약 10%가 생약재로 사용되고 있으며 나머지 90%는 식용으로 소비되고 있는 실정이다. 생약재로 사용되고 있는 길경은 통상적으로 2~3년생 도라지의 뿌리를 물로 세척한 후 잔뿌

리를 제거하고, 그대로 또는 주피를 제거하여 말린 것이라고 대한약전에는 規定하고 있다.

길경의 효능으로는 항염증작용,¹⁾ 항천식효능²⁾ 및 간손상 억제작용,^{3,4)} 면역활성 증가,⁵⁾ 항암활성⁶⁾ 등 다양한 활성이 보고되어 있다.

桔梗의 함유성분으로는 inulin 및 fructo-oligosaccharide 등 탄수화물이 전체 추출물의 95% 이상을 차지하고 있으며⁷⁾ 이 외에 platycodigenin, polygalacic acid 등 oleanane 계 triterpene을 aglycone으로 한 20 여종의 사포닌 중들이 1-4% 정도 함유되어 있다고 알려져 있다. 또 이들 사포닌 성분들은 약리작용의 활성성분으로 주목 받고 있다.⁸⁻¹⁰⁾

*교신저자(E-mail): syryu@kriict.re.kr, kangjss@cnu.ac.kr
(Tel): +82-42-860-7160, +82-42-823-6560

최근 고령화 사회로의 전환이 가속화되고 건강장수에 대한 인류의 욕망이 점점 더 커짐에 따라 각종 생약추출물을 활용한 천연물의약품 및 건강기능식품에 대한 국민적 관심도도 함께 커져나가고 있다. 따라서 인삼 등 각종 생약재를 원료로 한 다양한 식품 및 건강기능 식품들이 여러 가지 기능성을 앞세워 시중에 출시되고 있다. 각종 식품들이 도라지의 경우도 이미 다양한 기능성을 표방하는 각종 식품들이 출시되고 있으며 이들 제품들의 품질관리를 위한 표준제조공법 및 품질 규격화 방안 등이 시급히 요구되는 실정이다.

저자 등은 이미 platycoside E, deapioplatycoside E, platycodin D₃ 등 길경의 대표 saponin 중을 지표물질로 하여 재배 지역에 따른 길경 중 사포닌 함량의 변화 및 추출조건에 따른 사포닌 함량의 변화를 연구하여 최적 추출조건을 도출하여 보고한 바 있다.¹¹⁾ 그러나 전보에서는 식품제조업체에 기 설치된 생약추출물 제조라인을 감안하여 추출방법을 열수 추출법 한가지로 고정하고 추출시간 및 추출온도에 따른 최종추출물의 수득량 및 사포닌의 함량을 비교 검토하였다. 또 총 사포닌의 정량분석도 platycoside E, deapioplatycoside E, platycodin D₃ 등 3종의 사포닌의 함으로 한정하여 실시하였다. 따라서 전보의 연구는 주정 등 유기용매를 추출용매로 사용하고자 할 경우 혹은 제품 중의 사포닌 함량을 보다 더 구체적으로 측정할 필요가 있을 경우에는 만족할 만한 결과를 얻을 수 없었다. 이러한 단점들을 보완하고자 본보에서는 이미 저자 등에 의해 제시된 바 있는 HPLC-ELSD 분석법¹²⁾을 수정 보완하여 deapioplatycoside E, platycoside E, platycodin D₃, platyconic acid A, platycodin D₂, platycodin D, polygalacin D₂, polygalacin D 등 총 8종의 사포닌을 지표물질로 한 길경 saponin의 동시분석법을 확립하고 확립된 분석방법에 따라 methanol, ethanol 및 물을 추출용매로 사용할 경우 saponin 성분들이 가장 잘 추출될 수 있는 최적의 추출조건을 비교 연구하였기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 - 실험에 사용한 길경은 무안, 안동 지역에서 재배한 2년생 근을 구입하여 사용하였으며, 표본은 한국화학연구원 바이오소재연구센터에 보관되어 있다. 실험에 사용한 deapioplatycoside E, platycoside E, platycodin D₃, platyconic acid A, platycodin D₂, platycodin D, polygalacin D₂ 및 polygalacin D 등 사포닌 표준품은 Kim 등⁶⁾의 방법에 따라 길경으로부터 분리 정제하여 사용하였으며, 각 사포닌 종의 화학구조는 Fig. 1과 같다.

기기 및 시약 - 실험에 사용한 methanol, acetonitrile과 증류수는 HPLC (Burdick & Jackson, MI, USA)용으로 구입

하였고, HPLC는 Futecs NS-4000i system (Futecs, 한국) 과 NS-6000 (Futecs, 한국) autosampler, ELSD (Softa, USA) 검출기를 연결하여 사용하였다. column은 chemcobond ODS-H(4.6 × 150 mm 3.5 μm, 100, chemcopak, Japan)을 사용하였다.

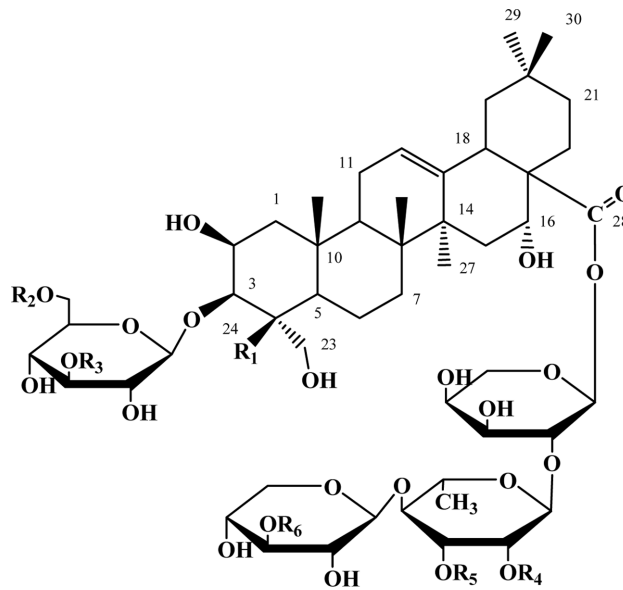
HPLC 분석 - 이동상으로 50 mM ammonium acetate 수용액, acetonitrile 및 methanol의 혼합용액을 사용하였다. 즉 이미 제조한 A 용매 (50 mM ammonium acetate : acetonitrile : methanol = 75 : 20 : 5) 및 B 용매 (50 mM ammonium acetate 수용액 : acetonitrile : methanol = 69 : 26 : 5)를 HPLC running 시 단계구배 방식(stepwise gradient manner)으로 혼합하여 사용하였다. 즉 HPLC running time에 따라 혼합용매 중 B용매의 비율을 최초 15 분간은 0%, 이후 28 분까지는 48%, 33 분까지는 50%, 60 분까지는 50%, 73 분까지는 60%, 88 분이후로는 B 용매로 고정하였다. HPLC running 중 column의 온도는 40°C, 유속은 분당 0.8 ml로 유지하였다. ELSD spray chamber의 온도는 25°C, drift chamber와 detection chamber의 온도는 각각 70°C, 질소 압력은 55.5 psi로 유지하였다. 시료의 주입 용량은 각각 20 μl로 하여 3회 반복 실시하였다.

추출물의 조제 및 방법 - 동결 건조된 2년생 길경을 분쇄하여 10 g 씩 측정하여 11 개의 플라스크에 나누어 넣은 후, 증류수, methanol, ethanol, 20% methanol, 40% methanol, 60% methanol, 80% methanol, 20% ethanol, 40% ethanol, 60% ethanol, 80% ethanol를 100 ml 씩 채워 넣은 후 밀봉하여 암소에서 24시간 추출하였다. 추출용액은 여과지로 여과한 후 감압 농축하였다. 감압농축 후 남은 잔류물의 무게를 측정하고 10 ml 증류수에 녹인 후 0.45 μm syringe 필터를 통과시켜 여액을 시료로 사용하였다.

검액 조제 및 검증 방법 - 길경사포닌 deapioplatycoside E, platycoside E, platycodin D₃, platyconic acid A, platycodin D₂, platycodin D, polygalacin D₂ 및 polygalacin D 을 각각 2.0 mg을 측정하여 1 ml의 증류수에 녹인 후 각각 20, 40, 60, 80, 100, 120 μg/ml의 농도로 희석하여 측정하였으며 측정농도와 검량선을 작성하였다. 검출한계 (limit of detection)와 검량한계 (limit of quantification)는 signal 대 noise 비 (S/N ratio) 가 각각 3배 (LOD)와 10배 (LOQ) 되는 농도로 정하였다. 일내, 일간 정밀도 및 회수율은 한국식품의약품안전청에서 제시하는 기준¹³⁾에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

HPLC 분석법의 validation - HPLC 분석법의 validation 을 위하여 한국식품의약품안전청의 guideline에 따라 직선성, 정밀성 (precision) 및 정확성 (accuracy) 실험을 실시하였다. UV 검출기와 같은 spectroscopic 검출기와는 달리



No	Name of saponins	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
1	Deapioplatycoside E	CH ₂ OH	Glc-Glc	H	H	H	H
2	Platycoside E	CH ₂ OH	Glc-Glc	H	H	H	Api
3	Platycodin D ₃	CH ₂ OH	Glc	H	H	H	Api
4	Platyconic acid A	COOH	H	H	H	H	Api
5	Platycodin D ₂	CH ₂ OH	H	Glc	H	H	Api
6	Platycodin D	CH ₂ OH	H	H	H	H	Api
7	Polygalacin D ₂	CH ₃	H	Glc	H	H	Api
8	Polygalacin D	CH ₃	H	H	H	H	Api

Fig. 1. Chemical structures of eight representative saponins in *P. grandiflorum*.

Beer's law에 의한 측정농도와 검출응답량의 비례관계식이 잘 성립되지 않는 ELSD 검출기의 특성상 검량곡선의 직선성(linearity)을 높이기 위하여 검출응답량 (응답면적)과 측정농도의 관계를 log 값으로 환산하여 8종 지표성분의 검량선(calibration curve)을 각각 작성하였다.^{14,15)} 각 지표 성분의 검량선을 바탕으로 계산된 liner regression equation의 상관계수(correlation coefficient : r²)는 8종의 지표성분 모두 0.9990 이상을 나타내었다.

또, 분석 검출법의 예민도를 나타내는 기준인 검출한계(LOD)와 정량 한계(LOQ)를 산출한 결과 검출한계(LOD)는 0.10-0.40 µg, 검량한계(LOQ)는 0.4-0.9 µg의 값을 나타내었다. 분석법의 정밀성 평가를 위해 각 지표물질들의 일간(inter-day)정밀도와 일내(intra-day) 정밀도를 측정하였다. 일간(inter-day)정밀도는 각 지표물질의 표준용액을 각각 3가지 농도로 희석한 시료를 하루 간격으로 1일, 3일, 5일째 되는 날에 3회 반복 측정하였다. 일내정밀도는 일간(inter-day)정밀도 측정시 사용한 3가지 농도의 시료를 동일한 날에 3회 반복 실험하여 측정하였으며 각 지표물질들의 일간

(inter-day) 정밀도와 일내(intra-day) 정밀도는 각각 0.1-1.1%와 0.8-1.5%의 상대표준편차(RSD %)값을 보여주었다. 한편 분석법의 정확성을 평가를 위하여 실시한 회수율실험(recovery test)을 실시하여 본 결과 지표물질의 종류에 따라 약간의 편차는 있었으나 각 지표물질들은 모두 97% 이상의 회수율을 나타내었다.

추출 용매의 조성에 따른 추출량 및 개별 사포닌 함량 변화 - 추출용매 조건의 변화에 따른 추출효율을 알아보기 위하여 동일 시료를 각각 증류수, methanol, ethanol, 20% methanol, 40% methanol, 60% methanol, 80% methanol, 20% ethanol, 40% ethanol, 60% ethanol 및 80% ethanol을 추출용매로 하여 24시간 상온에서 추출한 후 각 추출물의 수득 양을 비교하여 본 결과 증류수, methanol 혹은 ethanol 등 단일용매를 추출용매로 사용한 경우에 비하여 단일용매에 일정비율의 증류수를 섞은 혼합용매를 추출용매로 사용한 경우 추출물의 양이 다소 증가 하였다. 즉 methanol 및 ethanol 등 단일용매를 추출용매로 사용한 경우 추출물의 양은 각각 2.33 g 및 2.21 g으로 나타난 반면 40% methanol과

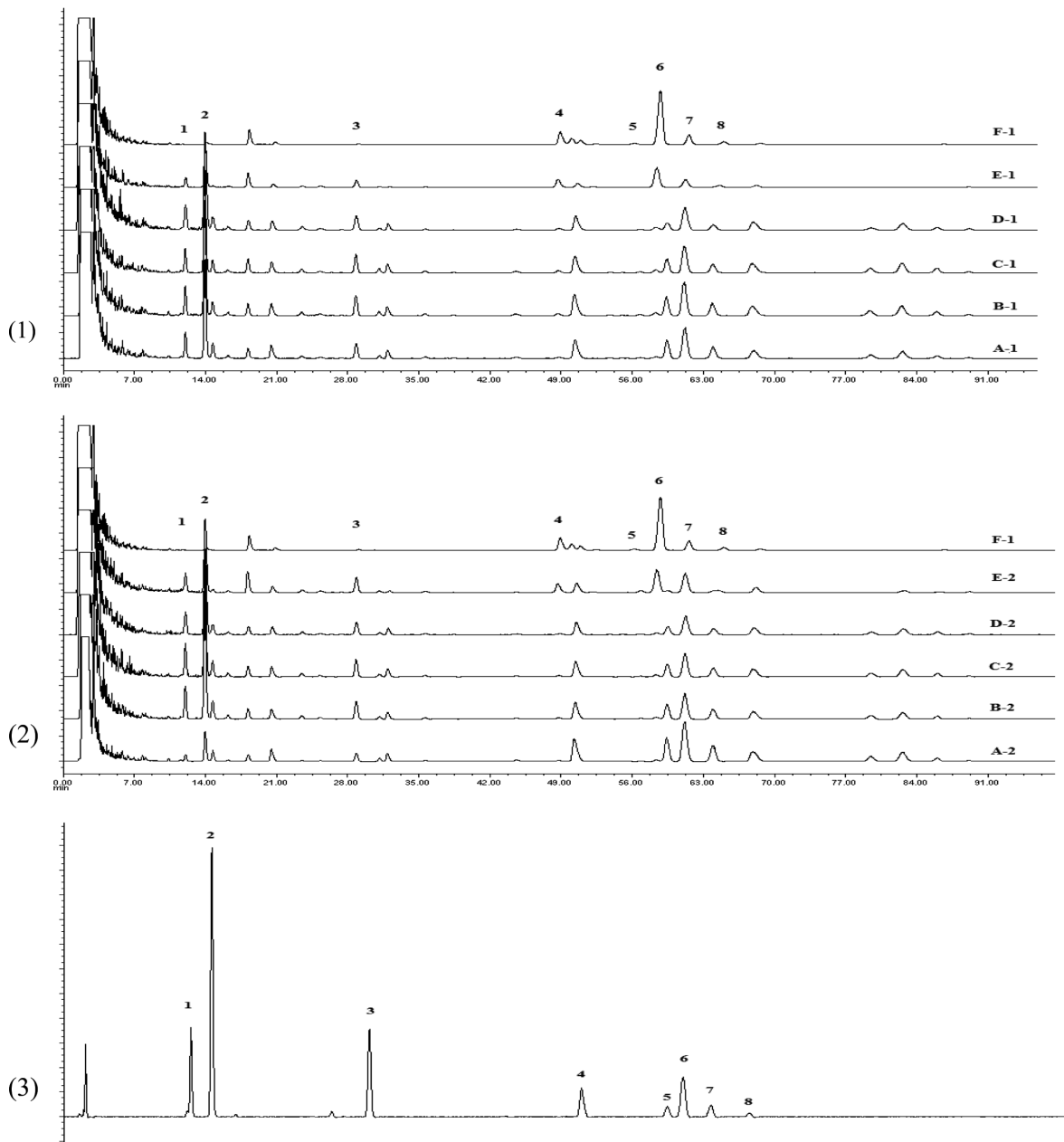


Fig. 2. The HPLC chromatogram of saponins in the roots extract of *P. grandiflorum*.

(1) A-1, extracted with methanol; B-1, 80% methanol; C-1, 60% methanol; D-1, 40% methanol; E-1, 20% methanol; F-1, water.
 (2) A-2, extracted with ethanol; B-2, 80% ethanol; C-2, 60% ethanol; D-2, 40% ethanol; E-2, 20% ethanol; F-1, water.
 (3) The HPLC profile of eight representative saponins : 1, deapioplatycoside E; 2, platycoside E; 3, platycodin D₃; 4, platyconic acid A; 5, platycodin D₂; 6, platycodin D; 7, polygalacin D₂; 8, polygalacin D.

40% ethanol 용액을 추출용매로 사용한 경우 추출물의 양이 각각 4.57 g 및 3.91 g으로 증가하는 경향을 보여주었다. 그러나 혼합용매를 사용한 경우 추출물의 양은 증가하였으나 지표물질로 사용한 8종의 saponin 성분들의 양은 추출용매로 단일용매를 사용한 경우에 비하여 큰 변화를 나타내지 못하였다. 따라서 이는 길경에 다량 함유된 올리고당들이 단일용매를 추출용매로 사용한 경우에 비하여 혼합

용매를 추출용매로 사용한 경우 보다 많이 추출되어진 결과라고 사료된다. 따라서 추출물의 수득 양은 지표물질로 설정한 saponin 성분들의 추출효율과는 관련성이 적은 것으로 사료된다.

다음으로 추출용매 조건의 변화에 따른 8종의 지표성분들의 추출효율을 검토하여 보았다. 우선 platycoside E의 경우를 살펴보면 추출용매로 methanol을 사용한 경우 추출

Table I. The calibration curve and validation of saponins in the roots extract of *P. grandiflorum*

No ^a	Calibration curve ^b	r ²	LOD ^c	LOQ ^d	Range ^e	Intra ^f	Inter ^g	Rec. ^h (RSD%)
1	y=0.564x+2.451	0.9993	0.10	0.40	0.4-6.4	1.05	1.25	97.02(1.05)
2	y=0.573x+2.532	0.9992	0.10	0.40	0.4-6.4	0.80	1.20	98.50(1.17)
3	y=0.595x+2.241	0.9991	0.20	0.40	0.4-5.6	0.65	0.80	99.80(0.50)
4	y=0.599x+2.214	0.9990	0.20	0.40	0.4-5.2	0.80	1.24	100.05(0.12)
5	y=0.632x+1.815	0.9993	0.20	0.40	0.4-4.8	1.02	1.50	98.00(1.05)
6	y=0.624x+1.873	0.9994	0.40	0.80	0.8-6.4	0.90	1.10	99.40(1.30)
7	y=0.625x+1.947	0.9992	0.20	0.40	0.4-5.2	1.02	1.30	99.70(1.23)
8	y=0.630x+1.983	0.9993	0.20	0.40	0.4-5.0	1.10	1.25	97.50(1.12)

^aNumber of standard saponins in Fig. 1,

^by=ax+b; y refers to the log-transformed peak area and x to the log-transformed mass (μg) of the standard component,

^cLimit of detection (μg) in 20 μL , ^dlimit of quantification (μg) in 20 μL , ^elinear range,

^fRSD % of intra-day test (n=3), ^gRSD % of inter-day test (n=3), ^hrecovery rate(%).

Table II. The amount of eight representative saponins in extracts prepared by various extracting solvent

	Ex.W. ^c	DpE ^d	pE ^e	pD ₃ ^f	pA ^g	pD ₂ ^h	pD ⁱ	pgD ₂ ^j	pgD ^k
MeOH ^a	2.33 ⁿ ±0.02 ^m	0.70 ^o ±0.20	0.81±0.15	0.27±0.04	0.07±0.11	0.18±0.25	0.09±0.14	2.57±0.06	0.97±0.13
80% MeOH	2.62±0.05	0.80±0.22	0.97±0.14	0.36±0.07	0.13±0.12	0.34±0.26	0.19±0.12	2.86±0.07	1.02±0.22
60% MeOH	2.65±0.07	0.79±0.24	0.88±0.15	0.31±0.08	0.15±0.14	0.35±0.22	0.19±0.13	2.31±0.05	0.73±0.32
40% MeOH	4.57±0.04	0.79±0.25	0.88±0.16	0.29±0.07	0.21±0.12	0.15±0.23	0.28±0.12	2.10±0.06	0.50±0.12
20% MeOH	2.75±0.05	0.29±0.21	0.36±0.13	0.13±0.03	0.62±0.12	0.02±0.24	1.69±0.11	0.66±0.12	0.18±0.12
EtOH ^b	2.21±0.20	0.18±0.22	0.24±0.15	0.15±0.05	0.06±0.15	0.18±0.26	0.08±0.32	3.55±0.04	1.44±0.02
80% EtOH	2.67±0.12	0.95±0.24	1.08±0.17	0.33±0.06	0.09±0.13	0.21±0.25	0.11±0.12	2.20±0.05	0.93±0.23
60% EtOH	2.88±0.15	0.84±0.23	1.03±0.18	0.31±0.04	0.09±0.13	0.19±0.24	0.12±0.32	1.98±0.07	0.77±0.33
40% EtOH	3.91±0.30	0.72±0.26	0.82±0.14	0.25±0.03	0.17±0.14	0.11±0.27	0.39±0.34	1.66±0.06	0.57±0.22
20% EtOH	3.12±0.25	0.54±0.24	0.66±0.14	0.21±0.04	0.67±0.16	0.10±0.27	1.90±0.12	1.51±0.08	0.31±0.22
Water	2.32±0.25	N.D ^l	0.01±0.15	0.01±0.05	0.89±0.12	0.38±0.28	4.42±0.14	0.74±0.22	0.24±0.33

^amethanol, ^bethanol, ^cextraction weight, ^ddeapioplatycoside E, ^eplatycoside E, ^fplatycodin D₃, ^gplatyconic acid A, ^hplatycodin D₂, ⁱplatycodin D, ^jpolygalacin D₂, ^kpolygalacin D, ^lnon detection, ^mstandard deviation (n=3), ⁿunit of g, ^ounit of mg/g.

량이 0.81 mg/g으로 나타나 우수한 추출효율을 보여준 반면 ethanol 및 증류수를 사용한 경우에는 추출량이 각각 0.24 mg/g, 0.01 mg/g으로 줄어들어 큰 편차를 나타내었다 (Table II). 또, 추출용매의 함수율이 커질수록 추출효율이 점차적으로 떨어지는 현상이 관찰되었다. 이와 같은 현상은 각 추출용매에 대한 platycoside E의 용해도에 기인한 결과라고 사료된다. 다만 증류수를 추출용매로 사용한 경우 platycoside E의 추출효율이 현저히 떨어진 이유로는 추출온도를 상온으로 설정한 영향이라고 사료되며 실제로 추출온도를 80°C 이상으로 올려준 경우 platycoside E의 추출량은 0.8 mg/g 이상으로 증가하였다.

한편, 지표물질 platyconic acid A와 platycodin D의 경우에는 platycoside E의 경우와는 상반되는 현상이 관찰되었다. 즉 platyconic acid A의 경우, 추출용매로 methanol 및 ethanol을 사용한 경우 추출량이 0.07 mg/g, 0.06 mg/g에 머

무른 반면 추출용매의 함수율이 증가함에 따라 platyconic acid A의 추출량도 점차적으로 증가하는 경향을 발견할 수 있었으며 추출용매로 증류수를 사용한 경우에는 platyconic acid A의 추출량이 0.89 mg/g으로 증가함을 관찰할 수 있었다. platycodin D의 경우에 있어서도 platyconic acid A의 경우와 같이 추출용매 중 함수율이 증가함에 따라 추출량이 점차적으로 증가하는 경향이 나타났다.

한편, polygalacin D₂와 polygalacin D의 경우에 있어서도 platycoside E의 경우와 마찬가지로 추출용매 중 함수율이 증가함에 따라 추출량이 점차적으로 감소하는 경향이 관찰되었다. 그러나 platyconic acid A와 platycodin D의 경우를 제외한 나머지 6종의 지표성분들은 모두 추출용매로 methanol, ethanol 등 단일용매를 사용한 경우보다는 적당량의 물을 포함하는 혼합용매를 사용한 경우 추출효율이 더 우수하였다. 또, 혼합용매 중 함수율이 증가함에 따라 추출

효율은 점차적으로 감소하는 경향이 관찰되었으며 함수율이 20-40%인 경우 즉 가장 양호한 추출효율을 나타내었다.

결론적으로 platyconic acid A와 platycodin D 등 일부 사포닌종의 예외는 있지만 alcohol과 물을 혼합한 혼합용매를 사용하여 길경으로부터 사포닌 성분들을 추출하고자 할 경우 혼합용매 중 함수율은 20-40%가 가장 적합하리라 사료된다.

또, 물과 함께 혼합되는 alcohol의 종류로는 큰 차이는 없지만 ethanol에 비하여 methanol을 사용할 경우 추출효율이 조금 향상되었지만 큰 차이는 관찰되지 않았으며 추출물을 식품 및 의약품으로 직접 활용하고자 하는 상황을 감안할 경우에는 60-80% 주정이 더욱 적합하리라 사료된다.

사 사

이 연구는 대한민국 산업기술연구회 소관기관 협동연구사업 및 “산림과학기술개발사업”(과제번호 : S120808L1101104)의 연구비 지원을 받아 수행한 연구결과로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Kim, Y. P., Lee, E. B., Kim, S. Y., Li, D., Ban, H. S., Lim, S. S., Shin, K. H. and Ohuchi, K. (2001) Inhibition of prostaglandin E2 production by platycodin D isolated from the root of *Platycodon grandiflorum*. *Planta Med.* **67**: 362-364.
- Shin, C. Y., Lee, W. J., Lee, E. B., Choi, E. Y. and Ko, K. H. (2002) Platycodin D and D3 increase airway mucin release in vivo and in vitro in rats and hamsters. *Planta Med.* **68**: 221-225.
- Lee, K. J. and Jeong, H. G. (2002) Protective effect of Platycodi Radix on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity. *Food Chem. Toxicol.* **40**: 517-525.
- Lee, K. J., You, H. J., Park, S. J., Kim, Y. S., Chung, Y. C., Jeong, T. C. and Jeong, H. G. (2001) Hepatoprotective effects of *Platycodon grandiflorum* on acetaminophen-induced liver damage in mice. *Cancer Lett.* **174**: 73-81.
- Choi, C. Y., Kim, J. Y., Kim, Y. S., Chung, Y. C., Seo, J. K. and Jeong, H. G. (2001) Aqueous extract isolated from *Platycodon grandiflorum* elicits the release of nitric oxide and tumor necrosis factor- α from murine macrophages. *Int. Immunopharmacol.* **1**: 1141-1151.
- Kim, Y. S., Kim, J. S., Choi, S. U., Kim, J. S., Lee, H. S., Roh, S. H., Jeong, Y. C., Kim, Y. K. and Ryu, S. Y. (2005) 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.
- Oka, M., Ota, N., Mino, Y., Iwashita, T. and Komura, H. (1992) Studies on the conformational aspects of inulinoligomers. *Chem. Pharm. Bull.* **40**: 1203-1207.
- Ishii, H., Tori, K., Tozyo, T. and Yoshimura, Y. (1981) Saponins from roots of *Platycodon grandiflorum*. Part 1. Structure of prosaponins. *J.C.S. Perkin* **1**: 1928-1933.
- Ishii, H., Tori, K., Tozyo, T. and Yoshimura, Y. (1984) Saponins from roots of *Platycodon grandiflorum*. Part 2. Isolation and structure of new triterpene glycosides. *J.C.S. Perkin* **1**: 661-668.
- Saeki, T., Koike, K. and Nikaido, T. (1999) A Comparative study on commercial, botanical gardens and wild samples of the roots of *Platycodon grandiflorum*. *Planta Med.* **65**: 428-431.
- Choi, J. S., Yoo, D. S., Choi, Y. H., Yon, G. H., Hong, K. S., Lee, B. H., Kim, H. J., Kim, H. K., Kim, E. J., Roh, S. H., Jeong, Y. C., Kim, Y. S. and Ryu, S. Y. (2007) Variation of saponin content in the decoctions of Platycodi Radix. *Kor. J. Pharmacogn.* **38**: 128-132.
- Kim, H. K., Choi, J. S., Yoo, D. S., Choi, Y. H., Yon, G. H., Hong, K. S., Lee, B. H., Kim, H. J., Kim, E. J., Park, B. K., Jeong, Y. C., Kim, Y. S. and Ryu, S. Y. (2007) HPLC analysis of saponins in Platycodi Radix. *Kor. J. Pharmacogn.* **38**: 192-196.
- 한국식품의약품안전청. (2004) 의약품등 분석법의 밸리데이션에 대한 가이드라인.
- Young, C. S. and Dolan, J. W. (2003) Success with evaporative light-scattering detection. *LC-GC The Application Note book, February* **21**: 120-128.
- Wang, H., Gao, J., Zhu, D. and Yu, B. (2007) Quality evaluation of *Polygala japonica* through simultaneous determination of six bioactive triterpenoid saponins by HPLC-ELSD. *J. Pharm. Biomed. Anal.* **43**: 1552-1556.

(2010. 6. 1 접수; 2010. 6. 8 심사완료; 2010. 6. 8 게재확정)