

지황 품종의 부위별 Aucubin, Catalpol, GABA 함량

이상훈* · 윤정수** · 김재광** · 박춘근* · 김성철* · 정찬식* · 장재기* · 김연복*†

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **인천대학교 생명과학부

Aucubin, Catalpol, and GABA Contents in Different Plant Parts of *Rehmannia glutinosa* Cultivars

Sang Hoon Lee*, Jeong Su Yoon**, Jae Kwang Kim**, Chun Geon Park*,
Seong Cheol Kim*, Chan Sik Jung*, Jae Ki Chang* and Yeon Bok Kim*†

*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

**Division of Life Sciences, Incheon National University, Incheon 22012, Korea.

ABSTRACT

Background: *Rehmannia glutinosa* is a perennial herb belonging to the family Scrophulariaceae. Its root has been utilized as a traditional medicine but the aerial parts (flower, flower stalk, leaf) are not used. We aimed to determine the content of three compounds [aucubin, catalpol, and γ -aminobutyric acid (GABA)] in the different organs of *R. glutinosa* cultivars (Dakang, Tokang, and Suwon 9)

Methods and Results: The flower, flower stalk, leaf, and root of *R. glutinosa* were harvested at the end of August. The aucubin and catalpol contents were analyzed by LC/MS, whereas the GABA content was analyzed by GC/MS. The aucubin content was the highest in the leaf, while catalpol and GABA were the highest in the flower. The aucubin contents of leaf in Dakang, Tokang, and Suwon 9 were 1.43, 0.81, and 1.07 mg/g, respectively. The catalpol contents of flower in Dakang, Tokang, and Suwon 9 were 41.06, 28.78, and 37.48 mg/g, respectively, the GABA contents were 0.79, 0.76, and 0.65 mg/g, respectively.

Conclusions: The aucubin, catalpol, and GABA contents were higher in the leaf and flower than that in the root. This study show that *R. glutinosa* leaf and flower can be used as a potential supplement.

Key Words: *Rehmannia glutinosa*, Aucubin, Catalpol, γ -Aminobutyric Acid

서 언

지황 (*Rehmannia glutinosa*)은 현삼과 (Scrophulariaceae)에 속하는 약용작물로서, 우리나라를 비롯한 중국, 베트남 등지에서 분포하는 다년생 식물이다 (Jeong *et al.*, 2004). 국내 지황의 주산단지는 충남 금산, 전북 정읍, 경북 안동 등지이며, 2014년 전국 재배면적은 115 ha 이다. 2013년 지황의 국내 생산량은 1,176 톤으로 점차 늘어나는 추세이나, 수입량 또한 해마다 증가하고 있으며, 매년 1,200 톤 이상을 수입하고 있다 (MAFRA, 2014).

지황의 이용부위는 뿌리로서 한약재 및 기능성식품으로 이

용되는데, 가공방법에 따라 생지황 (生地黃), 건지황 (乾地黃) 및 숙지황 (熟地黃)으로 구분된다. 한방에서 지황은 경옥고 (瓊玉膏), 육미지황환 (六味地黃丸), 십전대보탕 (十全大補湯), 쌍화탕 (雙和湯) 등의 처방에 사용되어 왔다 (Ma *et al.*, 2000). 주요 성분으로는 aucubin, β -sitosterol, carotene, catalpol, rehmanin, 5-HMF, GABA (γ -aminobutyric acid), 비타민 A 등이 있다 (Morota *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1989; Wang *et al.*, 2016).

생지황의 지표성분인 catalpol은 iridoid 배당체로 신장병, 당뇨병, 신경변성질환 등의 치료에 쓰이고 있으며 (Shieh *et al.*, 2011; Jiang *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2016), 같은 iridoid

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5673 (E-mail) yeondarabok@korea.kr

Received 2017 January 16 / 1st Revised 2017 January 31 / 2nd Revised 2017 February 20 / 3rd Revised 2017 February 22 / Accepted 2017 February 23
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.

배당체인 aucubin은 항염증, 항산화, 간보호 효과가 있다고 알려져 있다 (Chang, 1998; Reina *et al.*, 2013). GABA는 신경계에서 신경흥분을 조절하는 역할을 맡고 있는 물질로서 인간의 경우 근육의 상태를 직접적으로 조절하며, 심신안정, 항불안, 항경련 등의 효능이 있는 것으로 알려져 있다 (Chapouthier and Venault, 2001; Watanabe *et al.*, 2002; Foster and Kemp, 2006). 특히 GABA는 현재 국외에서 건강기능식품으로 시판되고 있으며, 국내에서는 국외에서 시판중인 상품을 수입하여 판매하고 있다.

과거 약용작물의 부산물을 이용한 연구는 주로 가축의 사료용으로 사용하기 위한 것이었으나 (Kim *et al.*, 2001, 2002; Yoo *et al.*, 2004), 현재는 건강기능식품 원료로 이용하려는 연구가 많이 진행되고 있는 실정이다 (Lee *et al.*, 2014; Ju *et al.*, 2015; Park and Lee, 2015). 특히, 인삼에서는 잎에서 항산화 활성, ginsenoside 분석, 안정성 분석 등의 연구가 많이 진행되어 왔으며 (Han *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004), 현재 기능성 화장품 원료 및 기능성 식품의 원료로 이용되고 있다. 약용작물의 부산물에 대한 이용현황에 대한 통계는 아직까지 없는 실정이나, 인삼에서는 약 12,000 톤이 생산되어 이용되고 있는 것으로 보고되었다 (Kim *et al.*, 2011). 지황의 경우 잎을 이용하고자 aucubin과 catalpol을 분석한 연구가 최근 중국에서 보고된 바 있으나 (Wang *et al.*, 2016), 아직까지 우리나라에서는 이러한 연구가 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구는 생물학적으로 다양한 기능을 가지고 있는 물질 즉, aucubin, catalpol, GABA의 성분을 지황의 지상부 (꽃, 꽃대, 잎)에서 분석함으로써, 미래에 지황 부산물을 한약재 또는 기능성 식품 원료로 이용하는데 기초자료로 이용될 수 있도록 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용된 재료는 국립원예특작과학원 약용작물과 시험 포장에서 2016년에 재배한 토강, 다강, 수원 9호를 사용하였다. 토강은 2009년, 다강은 2010년에 품종이 등록된 품종으로써 현재 전국에 많이 보급된 품종이고, 수원 9호는 지역적응성 시험 중인 우수 계통으로 품종보호출원이 될 예정이다. 꽃, 꽃대, 잎, 뿌리는 8월 하순에 채취하였고, 채취한 시료는 수세 후, 동결건조 한 다음 균일하게 분쇄하여 분석에 사용하였다.

2. Aucubin, catalpol 분석

Aucubin과 catalpol 표준품은 Sigma-Aldrich 제품 (St. Louis, MO, USA)을 구입하여 사용하였고, Sertić 등 (2015)의 방법을 이용하여 aucubin과 catalpol의 함량을 측정하였다.

Table 1. Experimental conditions of LC-MS.

LC-MS condition	
Column	Develosil ODS-UG-5 (2 × 250 mm)
Column oven	25°C
Flow rate	0.2 ml/min
Injection	5 µl
Ion m/z	Aucubin : 390.10 (-) Catalpol : 407.00 (-) Salidroside : 299.10 (-) A : water in 0.1% formic acid B : acetonitrile
Mobile phase	Gradient : A(0-100%) Course : 0 - 10 min, 100% A; 10 - 15 min, 50% A; 15 - 30 min, 5% A; 30 min 100% A

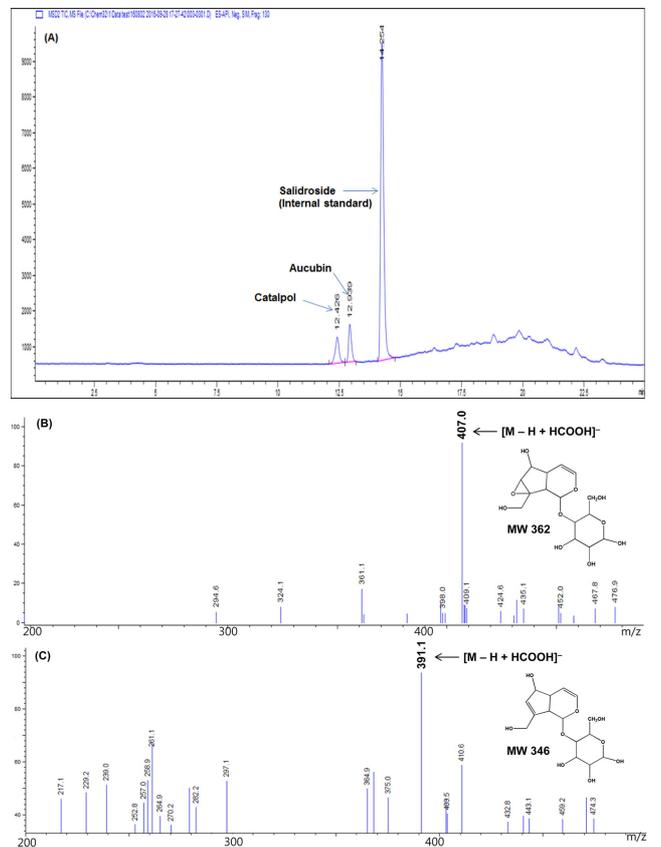


Fig. 1. Selected ion chromatogram (A) and mass spectra (B, C) of catalpol and aucubin from *R. glutinosa* root.

Aucubin과 catalpol 표준품은 Sigma-Aldrich 제품 (St. Louis, MO, USA)을 구입하여 사용하였다. 검액은 10 mg의 건조 지황을 methanol (MeOH) 950 µl와 내부표준물질로서 salidroside (50 ppm in MeOH) 50 µl 혼합액에 용해하여 초음파 추출한 후, syringe filter (0.5 µm)로 여과하여 사용하였다. 분석은 Agilent 6120 LC-MS System (Agilent Technology Inc., Santa

Table 2. Experimental conditions of GC-MS.

GC-MS condition	
Column	Rtx-5MS (length: 30.0 m, thickness: 0.25 μ m, diameter: 0.25 μ m)
Column oven	4 min isothermal heating at 100 $^{\circ}$ C, followed by an increase with a ramping rate of 10 $^{\circ}$ C/min up to 320 $^{\circ}$ C, with a hold time of 11 min.
Injection temp	280 $^{\circ}$ C
Ion source temp	200 $^{\circ}$ C
Interface temp	280 $^{\circ}$ C
Gas	He
Injection	1 μ l
Flow	1.0 ml/min
Target ion (m/z)	Ribitol, 319.10; GABA, 304.10

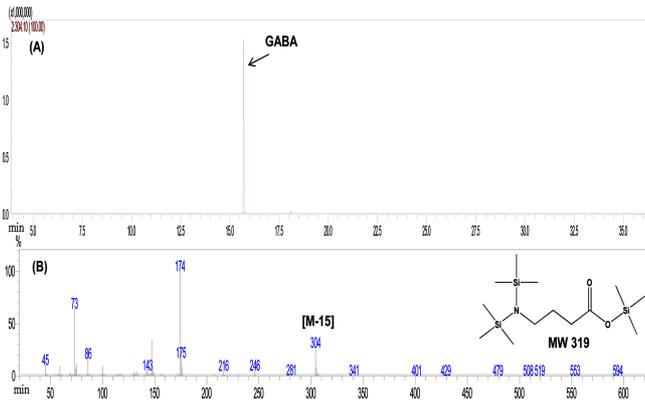


Fig. 2. Extracted ion chromatogram (A) and mass spectrum (B) of GABA from *R. glutinosa* root.

Clara, CA, USA)을 이용하였고, 분석조건은 Table 1과 같다.

3. GABA 분석

GABA의 함량은 Park 등 (2012)의 방법을 이용하여 측정하였다. 표준품은 GABA (Sigma-Aldrich Co., St Louis, MO, USA)를 구입하여 사용하였다. 검액은 10 mg의 건조 지황을 1 ml solvent (MeOH : H₂O : CH₃Cl = 2.5 : 1 : 1)와 내부표준물질로서 ribitol (200 ppm ribitol) 60 μ l 혼합액에 용해하여 원심분리한 후, 상층액을 동결 건조하여 농축한 다음 methoxyamine hydrochloride와 *N*-methyl-*N*-trimethylsilyltrifluoroacet amide를 넣고 incubation 한 후 분석에 사용하였다. 분석은 GCMS-QP2010 Ultra system (Shimadzu, Kyoto, Japan)을 이용하였고, 분석조건은 Table 2와 같다.

4. 통계분석

실험은 3반복한 결과 값을 평균치 \pm 표준편차 (Means \pm

SD)로 나타내었고, 실험결과는 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical Analysis System, 2009, SAS Institute Inc., Cray, NC, USA)로 분석하였으며, 시료간의 유의적인 차이는 Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% ($p < 0.05$)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. Aucubin과 catalpol 분석

Fig. 1은 지황에서 추출한 catalpol과 aucubin의 MS chromatogram과 spectrum을 보여주고 있다. Catalpol과 aucubin은 Sertić 등 (2015)의 방법과 같이 추출한 후 LC-MS 분석을 수행하였다. 정량분석을 위해서 표준물질을 5.00, 2.50, 1.25, 0.63, 0.31, 0.16, 0.08 ppm의 농도별로 메탄올에 녹인 후 LC-MS 분석을 실시했다. LOD (limit of detection)는 0.000954 ppm이었으며, 표준물질의 농도별 분석을 실시하여 검량선 식 (catalpol, $y = 0.3500x + 0.0704$, $R^2 = 0.9976$; aucubin $y = 0.4842x + 0.0618$, $R^2 = 0.9978$)을 만들었고, 이 식을 이용해서 정량분석을 실시했다.

Aucubin의 경우 품종에 상관없이 뿌리에 비해 지상부에서 함량이 높았으며, 부위별로는 잎 (1.10 ± 0.04 mg/g) > 꽃 (0.56 ± 0.22 mg/g) > 꽃대 (0.41 ± 0.15 mg/g) > 뿌리 (0.20 ± 0.04 mg/g) 순으로 함량이 높았다. 특히 뿌리에 비해 잎에서 aucubin의 함량이 가장 높았으며, 품종별로 보면 다강의 잎이 뿌리에 비해 6.4배로 가장 많은 aucubin 함량 차이를 보였다. 그리고 토강에서는 잎이 뿌리에 비해 5.3배나 많은 aucubin 함량 차이를 보였으며, 수원 9호는 4.9배로 품종 중에서는 가장 낮은 aucubin 함량 차이를 보였다 (Table 3).

Catalpol은 생지황의 지표성분으로 실험결과 뿌리보다는 지상부에 많이 함유된 것을 알 수 있었고, 부위별로는 꽃 (35.78 ± 6.32 mg/g) > 꽃대 (31.73 ± 7.88 mg/g) > 잎 (27.06 ± 6.84 mg/g) > 뿌리 (18.87 ± 6.35 mg/g) 순으로 함량이 높았다. 뿌리의 catalpol 함량은 수원 9호 (25.24 ± 0.96 mg/g) > 토강(18.83 ± 0.32 mg/g) > 다강 (12.54 ± 0.17 mg/g) 순으로 높았으며, 잎에서는 품종간에 유의적인 차이가 없었다. 특히 뿌리보다 꽃에서 catalpol 함량이 많았으며, 품종별로 보면 다강의 꽃이 뿌리에 비해 3.3배로 가장 높은 catalpol 함량 차이를 보였고, 토강과 수원 9호는 뿌리에 비해 꽃에서 약 1.5배 높은 catalpol 함량 차이를 보였다 (Table 4).

Wang 등 (2016)에 의하면 품종마다 잎에서 aucubin과 catalpol의 함량 차이가 있다고 하였는데, 본 실험에서도 품종마다 잎에서 aucubin과 catalpol 함량 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 Wang 등 (2016)이 보고한 바에 따르면 aucubin의 함량이 적어지면 catalpol의 함량이 많아지는 음의 상관관계를 보인다고 하였는데, 본 실험에서도 같은 경향을 보였다.

Table 3. Content of aucubin in the different part of *R. glutinosa* cultivar.

Aucubin (mg/g)	Dakang	Tokang	Suwon 9
Root	0.22 ± 0.06 ^a	0.15 ± 0.05 ^c	0.22 ± 0.06 ^b
Leaf	1.43 ± 0.04 ^a	0.81 ± 0.04 ^b	1.07 ± 0.02 ^a
Flower Stalk	0.56 ± 0.07 ^a	0.26 ± 0.02 ^c	0.41 ± 0.01 ^b
Flower	0.77 ± 0.02 ^a	0.34 ± 0.09 ^c	0.58 ± 0.07 ^b

Means values ± SD form triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

Table 4. Content of catalpol in the different part of *R. glutinosa* cultivar.

Catalpol (mg/g)	Dakang	Tokang	Suwon 9
Root	12.54 ± 0.17 ^c	18.83 ± 0.32 ^b	25.24 ± 0.96 ^a
Leaf	21.09 ± 0.73 ^a	34.57 ± 2.39 ^a	25.52 ± 19.33 ^a
Flower Stalk	35.39 ± 1.29 ^a	22.68 ± 0.90 ^b	37.11 ± 1.18 ^c
Flower	41.06 ± 2.37 ^a	28.78 ± 0.82 ^c	37.48 ± 0.92 ^b

Means values ± SD form triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

Jensen (1991)이 보고한 catalpol 생합성 경로에서 aucubin은 catalpol 앞에 있는 전구체로 밝혀졌는데, 이러한 이유 때문에 aucubin과 catalpol이 음의 상관관계를 갖는 것으로 생각된다.

식물은 부위 별로 성분의 조성 및 물질 함량이 다르며, 특정 성분은 뿌리보다 다른 부위에서 높게 나타난다는 연구결과가 약용작물 연구에서 많이 보고되었다 (Choung, 2002; Ha *et al.*, 2012; Wan *et al.*, 2012; Oh, 2013; Le *et al.*, 2015). 특히 Le 등 (2015)에 의한 삼칠삼 연구에서는 41개의 saponin 중에서 notoginsenoside O, notoginsenoside P, notoinsenoside Q, notoinsenoside S, ginsenoside Fc, ginsenoside Ra1, ginsenoside Ra2 등 7개의 saponin은 뿌리에서는 전혀 검출되지 않았다. Wang 등 (2016)은 지황에서 잎에 aucubin과 catalpol이 함유되어 있음을 알 수 있었으나, 뿌리에 대한 연구결과가 없었기 때문에 잎과 뿌리에 대한 성분함량 비교를 할 수가 없었다. 본 실험에 의하면 뿌리보다 잎에 aucubin과 catalpol이 많이 함유되어 있음을 알 수 있었고, 이를 통해 aucubin과 catalpol을 이용할 경우 부산물인 지상부를 이용하는 것이 더 효율적이기 때문에 기능성식품 원료로 이용가능성이 있다고 판단된다.

2. GABA 분석

Park 등 (2012)의 방법과 같이 GABA를 trimethylsilyl (TMS) ester 유도체화 한 후 GC-MS 분석을 수행하였다. Fig. 2는 지황

Table 5. Content of GABA in the different part of *R. glutinosa* cultivar.

GABA (mg/g)	Dakang	Tokang	Suwon 9
Root	0.14 ± 0.01 ^b	0.16 ± 0.05 ^a	0.08 ± 0.02 ^c
Leaf	0.24 ± 0.02 ^a	0.15 ± 0.01 ^b	0.07 ± 0.03 ^c
Flower Stalk	0.28 ± 0.02 ^c	0.50 ± 0.01 ^a	0.44 ± 0.02 ^b
Flower	0.79 ± 0.03 ^a	0.76 ± 0.08 ^a	0.65 ± 0.03 ^b

Means values ± SD form triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

에서 추출된 GABA 유도체의 selective ion chromatogram (SIM)을 보여주고 있다. LOD (limit of detection)은 0.001 ng 이었으며, standard의 농도별, 5, 1, 0.1, 0.05 μ g 으로 분석을 실시하여 검량선 식 ($y = 0.0575x + 0.0006$, $R^2 = 0.9999$)을 만들었고, 이 식을 이용해서 정량분석을 실시했다.

GABA의 경우 지상부의 함량이 뿌리의 함량보다 많음을 알 수 있었고, 부위별로는 꽃 (0.73 ± 0.07 mg/g) > 꽃대 (0.41 ± 0.12 mg/g) > 잎 (0.16 ± 0.08 mg/g) > 뿌리 (0.13 ± 0.04 mg/g) 순으로 함량이 많았다. 특히 꽃이 뿌리보다 GABA 함량이 높았으며, 품종별로 보면 수원 9호의 꽃이 뿌리에 비해 7.9배로 가장 높은 GABA 함량 차이를 보였다. 그리고 다강에서는 꽃이 뿌리에 비해 5.7배나 많은 GABA 함량 차이를 보였으며, 토강은 4.9배로 품종 중에서는 가장 낮은 GABA 함량 차이를 보였다 (Table 5).

Yang 등 (2014)에 의하면 삼칠삼에서 잎과 줄기의 혼합물 (4.90 mg/g)과 꽃 (5.30 mg/g)에 GABA가 함유되었음을 보고하였고, Kim 등 (2013)에 의하면 황금에서 뿌리에 비해 지상부의 GABA 함량이 높았으며, 특히 뿌리 (1.55 mg/g)에 비해 잎 (8.51 mg/g)에서 5.5배나 많은 GABA 함량 차이가 보였다고 하였다. 본 실험에서도 지상부 (꽃, 꽃대, 잎)에서 GABA가 함유되어 있었고, 뿌리에 비해 지상부에서 GABA 함량이 높았다. 그러나 지황에서는 황금과는 다르게 잎이 아니라 꽃에서 GABA 함량 차이가 많이 나타났으며, 그 차이도 7.9배로 더 높게 나타났다. 약용작물 부산물에서 GABA에 대한 연구가 삼칠삼 (Yang *et al.*, 2014)과 황금 (Kim *et al.*, 2013) 등에서 연구가 되었으나 지금까지 지황 부산물에서 GABA에 대한 연구가 없기 때문에 그 자체로 의의가 있다고 사료된다. 또한 GABA는 그 자체로 건강기능식품으로 쓰이고 있기 때문에 지황 부산물은 기능성식품 원료로서의 이용가능성이 있다고 판단된다.

본 연구를 통해 지황 부산물인 지상부에 높은 함량의 aucubin, catalpol, GABA가 포함되어 있음을 알 수 있었고, 향후 지황이 식품원재료나 기능성식품 원료로 이용된다면 지상부도 중요한 소재로 이용될 수 있을 것이라 사료된다. 특히

지황 부산물에서 연구되지 않은 GABA가 다량 함유되어 있다는 것은 본 연구결과를 통해 새롭게 발견되었다.

Aucubin의 경우 항염증, 항산화 작용이 있으므로 기능성 화장품 원료로 이용가능성이 있을 것으로 생각되며, catalpol의 경우 혈당강하 작용이 있어 당뇨병 치료제로 현재 연구가 진행되고 있으나, 아직까지는 한약재 복합처방을 이용한 조성물 특허 (Park *et al.*, 2005)만 나와 있는 실정이다. 그러나 catalpol 및 catalpol 유도체를 포함하는 폐질환 예방약, 천식 치료용 조성물 등 많은 특허가 등록되어있는 것으로 볼 때 앞으로 기능성 식품 원료 및 제약 원료로도 이용가능성이 있을 것으로 생각된다. 특히 GABA의 경우 단일물질로도 기능성 식품으로 쓰이고 있어 지황 부산물의 기능성 식품 원료로서의 이용가능성이 있다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지황 신품종 육성 및 재배기술 연구 과제(과제번호: PJ010292022017)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Chang IM. (1998). Liver-protective activities of aucubin derived from traditional oriental medicine. *Research Communications in Molecular Pathology and Pharmacology*. 102:189-204.

Chapouthier G and Venault P. (2001). A pharmacological link between epilepsy and anxiety? *Trends in Pharmacological Sciences*. 22:491-493.

Choung MG. (2002). Variation of bioactive component contents in plant parts of *Paeonia lactiflora* Pall. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 10:392-398.

Foster AC and Kemp JA. (2006). Glutamate-and GABA-based CNS therapeutics. *Current Opinion in Pharmacology*. 6:7-17.

Ha GJ, Lee YH, Kim NK, Shon GM, Rho CW, Jeong HR, Heo HJ and Jeong CH. (2012). Nutritional chemical composition in the different parts of *Artemisia argyi* H. *Journal of Agriculture and Life Science*. 46:155-164.

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.

Jensen SR. (1991). Plant iridoids, their biosynthesis and distribution in angiosperms. *Proceedings of the Phytochemical Society of Europe*. 31:133-158.

Jeong JH, Yu KW, Kim SJ, Choi YE and Paek KY. (2004). Plant regeneration from adventitious roots of *Rehmannia glutinosa* Liboschitz and bioreactor culture. *Korean Journal of Plant Biotechnology*. 31:55-60.

Jiang B, Shen RF, Bi J, Tian XS, Hinchliffe T and Xia Y. (2015). Catalpol: A potential therapeutic for neurodegenerative

diseases. *Current Medicinal Chemistry*. 22:1278-1291.

Ju JI, Lee J, Paik SW, Yun TS, Park YC, Lee BH, Kim HH and Lee HB. (2015). Effect of drying temperature on high quality functional processed products of Chinese matrimony vine. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:468-472.

Kim BK, Hwang IU, Kim YJ, Hwang HY, Bae MJ, Kim SM and An JH. (2002). Effects of dietary *Panax ginseng* leaves, *Dioscorea japonica* Hulls and oriental medicine refuse on physico-chemical properties of Korean native chicken meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 22:122-129.

Kim BK, Kang SS and Kim YJ. (2001). Effects of dietary oriental medicine refuse and mugwort powder on physico-chemical properties of Korean native pork. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 21:208-214.

Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Kim HH and Lee KS. (2011). Yield and quality characteristics of ginseng's first byproducts. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:313-318.

Kim YB, Uddin MR, Kwon DY, Lee MK, Kim SJ, Lee C and Park SU. (2013). Cloning and characterization of a cDNA encoding calcium/calmodulin-dependent glutamate decarboxylase from *Scutellaria baicalensis*. *Natural Product Communications*. 8:1233-1236.

Le THV, Lee GJ, Vu HKL, Kwon SW, Nguyen NK, Park JH and Nguyen MD. (2015). Ginseng saponins in different parts of *Panax vietnamensis*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 63:950-954.

Lee MJ, Lee SJ, Choi HR, Lee JH, Kwon JW, Chae KS, Jeong JT and Lee TB. (2014). Improvement of cholesterol and blood pressure in fruit, leaf and stem extracts from black raspberry *in vitro*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:177-187.

Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ and Seong NS. (2004). Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:237-242.

MA JY, Ha CS, Sung HJ and Zee OP. (2000). Hemopoietic effects of rhizoma rehmanniae preparata on cyclophosphamide-induced pernicious anemia in rats. *Korean Journal of Pharmacognosy*. 31:325-334.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). (2014). 2013 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.84-91.

Morota T, Sasaki H, Nishimura H, Sugama K, Chin M and Mitsuhashi H. (1989). Two iridoid glycosides from *Rehmania glutinosa*. *Phytochemistry*. 28:2149-2153.

Oh HK. (2013). Nutritional composition and antioxidative activity of different parts of *Taraxacum coreanum* according to drying methods. *Journal of the Korean Dietetic Association*. 19:389-399.

Park BY, Chang SM and Choi J. (1989). Relationships between the inorganic constituents contents and the catalpol and sugar contents in the rhizoma of *Rehmannia glutinosa*. *Journal of the Korean Agricultural Chemical Society*. 32:249-254.

Park SJ and Lee HY. (2015). Component analysis and antioxidant activity of *Wasabi japonica* Matsum leaves. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:207-213.

- Park SK, Go BS, Park SM, Choi SB, Jang MS and Lee WH.** (2005). Compositions for treatment of diabetes. Korea. Patent. 1005365540000.
- Park SY, Park WT, Park YC, Ju JI, Park SU and Kim JK.** (2012). Metabolomics for the quality assessment of *Lycium chinense* fruits. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 76:2188-2194.
- Reina E, Al-Shibani N, Allam E, Gregson KS, Kowolik M and Windsor LJ.** (2013). The effects of plantago major on the activation of the neutrophil respiratory burst. Journal of Traditional and Complementary Medicine. 3:268-272.
- Sertić M, Crkvenčić M, Mornar A, Pilepić KH, Nigović B and Maleš Ž.** (2015). Analysis of aucubin and catalpol content in different plant parts of four *Globularia* species. Journal of Applied Botany and Food Quality. 88:209-214.
- Shieh JP, Cheng KC, Chung HH, Kerh YF, Yeh CH and Cheng JT.** (2011). Plasma glucose lowering mechanisms of catalpol, an active principle from roots of *Rehmannia glutinosa*, in streptozotocin-induced diabetic rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:3747-3753.
- Wan JB, Zhang QW, Hong SJ, Li P, Li SP and Wang YT.** (2012). Chemical investigation of saponins in different parts of *Panax notoginseng* by pressurized liquid extraction and liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry. Molecules. 17:5836-5853.
- Wang Y, Liao D, Qin M and Li X.** (2016). Simultaneous determination of catalpol, aucubin, and geniposidic acid in different developmental stages of *Rehmannia glutinosa* leaves by high performance liquid chromatography. Journal of Analytical Methods in Chemistry. 2016:1-6.
- Watanabe M, Maemura K, Kanbara K, Tamayama T and Hayasaki H.** (2002). GABA and GABA receptors in the central nervous system and other organs. International Review of Cytology. 213:1-47.
- Yang JJ, Liu Y, Cui XM, Qu Y and Huang LQ.** (2014). Determination of gamma-aminobutyric acid in aerial part of *Panax notoginseng* by HPLC. China Journal of Chinese Materia Medica. 39:606-609.
- Yoo YM, Ahn JN, Chea HS, Park BY, Kim JH, Lee JM, Kim YK and Park HK.** (2004). Characteristic of pork quality during storage fed with ginseng by-products. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 24:37-43.
- Zhao M, Jao J, Qian D, Liu P, Shang EX, Jiang S, Guo J, Su SL, Duan JA and Du L.** (2016). Simultaneous determination of loganin, mornoniside, catalpol and acteoside in normal and chronic kidney disease rat plasma by UPLC-MS for investigating the pharmacokinetics of *Rehmannia glutinosa* and *Cornus officinalis* Sieb drug pair extract. Journal of Chromatography B. 1009-1010:122-129.