



품종에 따른 건지황의 이화학적 특성 연구

김예진 · 한신희 · 홍충의 · 한종원 · 이상훈 · 장재기 · 마경호[†]

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Comparison of Physicochemical Properties on Dried *Rehmannia glutinosa* with Different Cultivars

Yae Jin Kim, Sin Hee Han, Chung Oui Hong, Jong Won Han, Sang Hoon Lee, Jae Ki Chang and Kyung Ho Ma[†]

Department of Herb Crop Resources, NIHHS, RDA, Emseong 27709, Korea.

ABSTRACT

Background: This study was conducted to compare the physicochemical properties of 12 different cultivars of *Rehmannia glutinosa*, a plant used in Korean traditional herbal medicine.

Method and Results: We investigated the following 12 cultivars of *R. glutinosa*; Jihwang1, Goryeo, Daegyung, Gogang, Togang, Dagang, Wongang, Yeongang, Hwanggang, Dahwang, Segang and Chunggang. We measured water content, chromaticity, hardness, active components levels, and antioxidant activity. Our results showed that Togang has the lowest water content and the highest yield. The catalpol content was the highest in Togang (40.50 mg/g) and the lowest in Chunggang (22.17 mg/g). The aucubin content was the highest in Hwanggang (0.28 mg/g). Chunggang had the lowest aucubin content, but the highest level of verbascoside. Total flavonoid and total polyphenol were the highest in Daegyung and Chunggang, respectively. There was a strong correlation between the total flavonoid and total polyphenol ($r = 0.89$) content.

Conclusions: There were significant differences in physicochemical properties among 12 cultivars. These properties will affect suitability for processing and final product quality. We therefore suggest the selection of appropriate cultivars for different uses.

Key Words: *Rehmannia glutinosa*, Antioxidant, Cultivars, Physicochemical Properties, Yield

서 언

지황 (*Rehmannia glutinosa*)은 현삼과에 속하는 다년생 초본으로, 원산지가 중국이며 국내에서도 많이 재배되는 약용작물 중 하나이다. 비교적 기후가 온난하고 물 빠짐이 좋은 토양에서 잘 자라며 국내 주산단지로는 금산, 정읍, 안동 등이 있다. 지황의 잎은 긴 타원형으로 주름이 많이 있으며 흰색의 잔털이 밀생해 있다 (Park *et al.*, 2002). 현재 대한민국 약전에서는 생지황에 대한 지표성분을 별도로 규정하지 않고 있으나, 중국약전에서는 catalpol 0.2% 이상, verbascoside 0.02% 이상을 규정하고 있다.

지황에는 iridoid 배당체, phenylethanoid 배당체, 다당류 등을 포함하여 생리활성을 갖는 다양한 성분들이 있다. 그 중에서도 주요 활성을 나타내며 함량이 가장 많은 것이 iridoid 배당체이다. Iridoid 배당체로는 catalpol, aucubin, acetylcatalpol, dihydrocatalpol, leonuride, rehmannioside A, B, C, D, rehmaglutin A, B, C, D 등 33 종류가 넘는 성분들이 알려져 있다 (Zhang *et al.*, 2008). 이 중 catalpol, aucubin, acetylcatalpol, dihydrocatalpol, leonuride 등과 같이 매우 유사한 구조를 갖는 성분들이 있고, rehmanniosides와 rehmaglutin도 공통된 구조에 R기에 따라 A, B, C, D 로 나누어진다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5666 (E-mail) khma@korea.kr

Received 2019 September 18/ 1st Revised 2019 October 10 / 2nd Revised 2019 October 13 / 3rd Revised 2019 October 16 / Accepted 2019 October 16
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.

Catalpol은 가장 먼저 보고된 성분으로 (Kitagawa *et al.*, 1971), 치매 (Jiang *et al.*, 2008), 당뇨병 (Zhou *et al.*, 2015), 신장병 (Zhao *et al.*, 2016) 등의 치료에 효과가 있다. Catalpol의 함량은 근경의 지름이나 모양 등 외관특성 (Luo *et al.*, 1994)과 부위 (Lee *et al.*, 2017c), 저장 환경 (Li *et al.*, 2003), 지역 (Liu *et al.*, 1992) 등에 따라서 차이가 나는 것으로 알려져 있다. Aucubin은 catalpol의 전구체로 간보호 (Chang, 1998), 항염증과 항산화 (Reina *et al.*, 2013) 등에 효과가 있으며, 앞에서 합성되어 뿌리로 이동할 수 있다는 연구결과가 보고된 바 있다 (Jensen, 1991).

현재까지 개발된 육성 품종으로는 1995년 지황 1호를 시작으로 하여 고려지황, 대경, 고강, 토강, 다강, 원강, 연강, 황강, 다황, 세강, 그리고 충강으로 총 12 품종이 있다. 지황 1호는 중국 도입종 집단 선발을 통해 육성된 품종으로 수량은 많으나 모양이 중국산과 비슷하여 중국산으로 오인을 받기도 하여 거의 보급이 되지 않았다 (Lee *et al.*, 2017b). 이후, 재래종 집단선발을 통해 육성된 고려지황이 주로 보급되었으나 최근에는 고품질의 고강과 내병성인 토강, 다수성인 다강 등의 신품종들이 보급되고 있다. 각각의 품종은 생육 특성과 형태적, 이화학적 특성에 차이가 있는데 예를 들어 고강은 catalpol 함량이 높고 다수성이며 내병성이 강한 반면 토강은 반직립형에 시들음병에 강하며 다수성이고, 다강은 반직립초형으로 뿌리 썩음병에 강하고 평균 수량이 20.1 ton으로 ‘지황 1호’ 대비 14% 높은 것으로 알려져 있다 (Lee *et al.*, 2018).

따라서 본 연구에서는 12 가지 육성품종을 이용하여 건지황을 제조한 후, 품종에 따른 건지황의 품질 특성을 살펴보고자 하였다. 이를 위하여 건지황 수율과 물리적 특성, 화학적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 건지황 제조

본 실험에 사용된 지황 (*Rehmannia glutinosa*)은 강원 평창군 진부면 소재의 인삼특작부 시험포장에서 수확한 것으로 굵기 10.0 ± 2.0 mm 범위의 생지황을 선발하여 사용하였다. 품종은 지황 1호, 고려지황, 대경, 고강, 토강, 다강, 원강, 연강, 황강, 다황, 세강, 충강으로 총 12 품종을 사용하였다.

건지황 제조는 열풍건조기 (UDS-2511F, Kyung Dong Navien Co., Ltd., Ansan, Korea)를 사용하여 생지황을 60°C에서 약 48 시간 건조하여 모든 품종이 약 12%의 동일한 수분함량을 갖도록 건조를 진행하였다.

2. 생지황 외부형태 조사

생지황의 외부형태를 비교하기 위하여 육안으로 관찰하고 사진으로 촬영하여 비교하였다.

3. 생지황 수분함량 측정

생지황의 수분 함량은 AOAC 표준시험법 (AOAC, 1995)에 따라 105°C 상압가열건조법으로 측정하였다. 시료 2 g을 칭량하여 열풍건조기 (C-DO, Chang Shin Scientific Co., Seoul, Korea)에 넣고 수분함량이 항량에 도달할 때까지 반복하여 건조하였다.

4. 건지황 수율 측정

건지황의 수율은 건조 전 생지황 무게 대비 건조 후 건지황의 무게비로, 백분율 (%)로 표시하였다.

5. 건지황 색도 측정

건지황의 색도는 색차계 (CM-2600d, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L값 (lightness), 적색도를 나타내는 a값 (redness), 황색도를 나타내는 b값 (yellowness)인 Hunter's value로 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판의 색도는 L-value = 99.43, a-value = -0.05, b-value = -0.14 이었다. 시료는 분쇄하여 패트리디쉬 (50 mm × 12 mm)에 담아 3 회 반복 측정 후, 평균값으로 나타내었다.

6. 건지황 조직감 측정

건지황의 조직감 측정은 물성측정기 (TestXpert, Zwick GmbH & Co., Ulm, Germany)를 이용하여 texture profile analysis (TPA)를 실시하였다. 시료는 texture analyzer plate 중앙에 편편하게 놓고 시료를 2 번 압착하여 텍스처를 측정하였으며, 측정조건은 Table 1과 같다.

7. 건지황 유효성분 함량 측정

건지황의 유효성분으로는 catalpol, aucubin, verbascoside 성분을 조사하였다. HPLC 분석을 위해 동결건조한 시료 0.5 g에 증류수 10 ml를 가하고 1 시간 초음파 추출한 다음 13,500 rpm에서 10 분간 원심분리한 상등액을 0.45 μm syringe filter로 여과하여 사용하였다. HPLC 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 1. Operation condition of texture analyzer for *Rehmannia glutinosa*.

Parameter	Operation condition
Test type	TPA ¹⁾
Load cell	25 kg
Pre-test speed	3.0 mm/s
Test-speed	1.0 mm/s
Post-test speed	3.0 mm/s
Distance	30%
Time	3 s

¹⁾TPA; texture profile analysis.

Table 2. HPLC condition for determination of catalpol, aucubin and verbascoside in *Rehmannia glutinosa*.

Instrument	Agilent Technologies 1,260 series		
Column	YMC-PACK ODS-AM (250 mm x 4.6 mm, 5 μ m)		
Detector	UV at 210 nm		
Injection volume	10 μ l		
Flow rate	1 ml/min		
Column temp	30 $^{\circ}$ C		
Mobile phase	Solvent A-water containing 0.1% formic acid Solvent B-acetonitrile		
	Time (min)	Solvent A (%)	Solvent B (%)
	6.0	99	1
Gradient conditions	16.0	67	33
	19.0	67	33
	20.0	99	1

8. 건지황의 항산화성분

총폴리페놀의 함량 측정은 Folin-Denis법 (Folin and Denis, 1912)에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 정색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 시료 0.1 ml에 0.4 ml 증류수를 가한 후, 여기에 0.05 ml의 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 가하여 혼합하고 3 분간 실온에서 방치하여 반응시켰다. Na₂CO₃ 포화용액 0.1 ml를 가하여 혼합하고 증류수 0.35 ml를 첨가하여 1 ml로 만든 후, 실온에서 1 시간 방치하고 15,000 rpm에 10 분간 원심 분리하였다. 상등액을 취해 725 nm에서의 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 catechin을 사용하여 작성한 표준곡선으로부터 총폴리페놀 함량을 구하였다.

총플라보노이드의 함량 측정은 Davis 방법 (AOAC, 1995)을 변형하여 측정하였다. 시료 0.1 ml에 90% diethylene glycol 1 ml와 1 N NaOH을 0.1 ml을 넣고 혼합하여, 37 $^{\circ}$ C 수조에서 1 시간 동안 반응시켰다. 흡광도의 변화는 420 nm에서 측정하였으며, 표준물질로 naringin을 사용하여 작성한 표준곡선으로부터 총플라보노이드 함량을 구하였다.

9. 건지황의 항산화활성

항산화활성은 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) 및 [2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] (ABTS⁺) radical 소거 활성으로 측정하였다. DPPH radical 소거능은 0.2 mM DPPH 메탄올 용액 160 μ l에 추출물 40 μ l를 가한 후, 23 $^{\circ}$ C 암실에서 30 분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식으로 구하였다 (Han *et al.*, 2019). 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였다.

DPPH에 의한 전자공여능 (%)

$$= \frac{(\text{대조구 흡광도} - \text{시료구 흡광도})}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

ABTS⁺ radical 소거능은 7 mM의 ABTS 용액과 2.45 mM를 potassium persulfate을 혼합하여 실온인 암실에서 12 시간 이상 방치하여 ABTS⁺을 형성 시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.8 이하가 되도록 희석하였다. 희석된 용액 180 μ l에 시료 20 μ l을 가하여 5 분 방치한 후 흡광도를 측정하였고 다음과 같은 식으로 구하였다 (Lee *et al.*, 2015). 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였다.

ABTS에 의한 전자공여능 (%)

$$= \frac{(\text{대조구 흡광도} - \text{시료구 흡광도})}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

10. 통계처리

실험결과는 SAS 9.4 (SAS Institute, Cray, NC, USA) 프로그램을 이용하여 일원분산분석 (One-way ANOVA)을 실시하였으며, 모든 분석자료는 평균 \pm 표준오차 (means \pm SD)로 나타내었다. 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT) 방법으로 검정하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 품종에 따른 생지황의 외부형태

본 실험에 사용된 생지황 (*Rehmannia glutinosa*)의 품종별 외부형태는 Fig. 1과 같이 형태나 표피 색 등에 차이가 있었다. 전반적으로 지황 1호, 고려, 다강, 다황은 둥글고 구부러진 모양이었던 반면 대경과 고강, 토강, 원강, 세강은 길쭉하고 얇은 원기둥 모양에 가까웠고, 연강과 황강, 충강은 중간이었다.

표피의 주름도 품종별로 차이가 있었는데 Fig. 2의 지황 1호는 가로 겹뿌리의 자국과 껍질눈이 적었던 반면, 토강의 경우 가로 주름이 상대적으로 매우 많아 표피의 주름 정도에도 차이가 있었다.

2. 품종에 따른 생지황의 수분함량 및 건지황 수율

품종에 따른 생지황의 수분함량은 생물중 기준으로 표시하였으며, 측정된 결과는 Table 3과 같다. 수분함량은 다황이 가장 높고, 지황 1호, 황강, 다강, 세강, 충강, 원강, 고려, 연강, 고강, 대경, 토강 순으로 나타났으나 품종별 유의적인 차이는 없었다.

건지황의 품종별 수율은 건지황 무게를 최초 생지황 무게로 나누어 백분율로 표시하였다. 그 결과, 품종에 따른 유의한 차이가 나타났으며, 건지황 수율이 가장 높았던 품종은 토강으

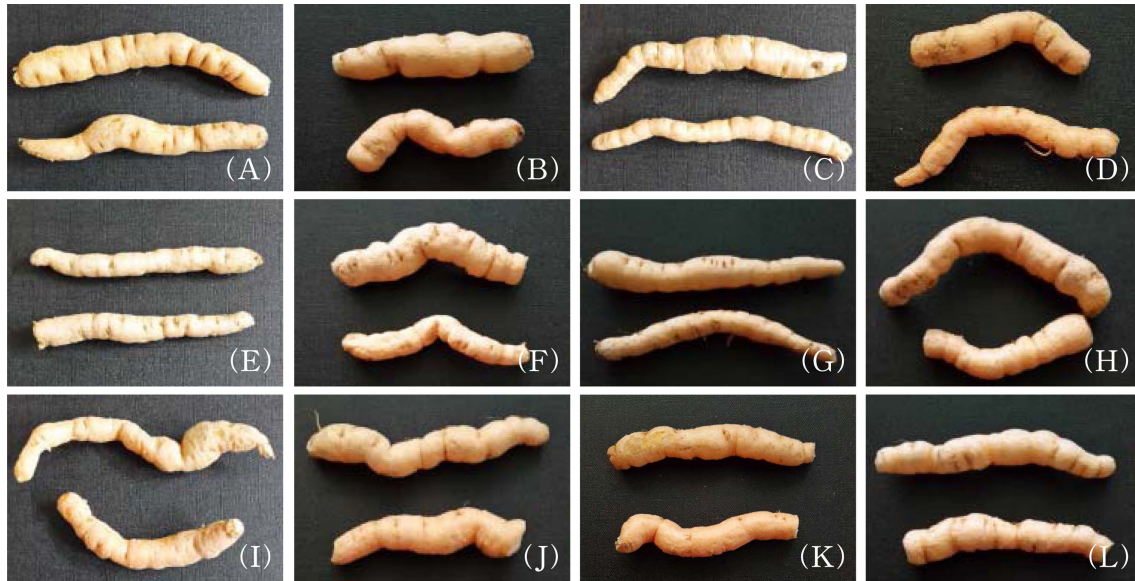


Fig. 1. Photographs of raw *Rehmannia glutinosa*. (A); jihwang, (B); goryeo, (C); daegyung, (D); gogang, (E); togang, (F); dagang, (G); wongang, (H); yeongang, (I); hwanggang, (J); dahwang, (K); segang, (L); chunggang.

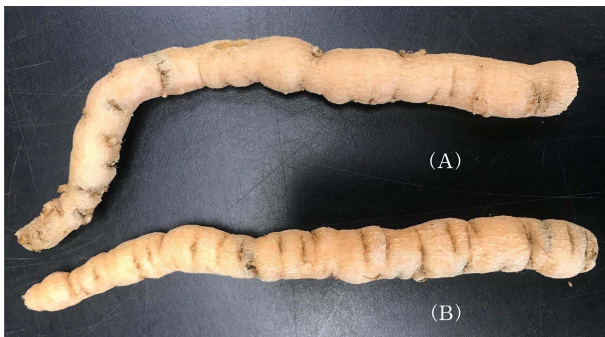


Fig. 2. Photographs of epidermal wrinkles. (A); jihwang1, (B); togang.

로 26.66%이었고, 가장 낮은 품종은 다황으로 23.10%이었다. Table 3의 수분함량과 수율간의 관계를 보면 생지황의 수분함량이 낮은 품종이 건지황의 수율이 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 수분함량이 낮은 품종은 건지황 수율이 높게 나타날 것이라 예측 가능할 것으로 판단된다. Jo 등 (2010)에 의하면 대봉감의 부위별 건조수율을 조사한 결과, 수율이 높은 씨와 꼭지는 낮은 수분함량, 수율이 낮은 심과 과육부위는 비교적 높은 수분함량을 의미한다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

일반적으로 농가에서 수분함량이 많으면 건조 시 건조 시간이 오래 걸리고, 생지황 저장 시 부패가 일어날 확률이 높아져 불리하다. 한편 가공현장에서는 생지황을 이용하기도 하지만 건지황이나 숙지황 상태로도 많이 유통, 저장되기 때문에

Table 3. Moisture content of raw *Rehmannia glutinosa* and yield of dried *Rehmannia glutinosa* with 12 different cultivars.

Cultivars	Moisture content (%)	Yields (%)
Jihwang1	79.62±1.61	23.13±0.02 ^k
Goryeo	78.66±0.23	24.25±0.04 ^e
Daegyung	77.60±1.22	25.43±0.03 ^b
Gogang	77.71±1.03	25.31±0.03 ^c
Togang	76.52±0.34	26.66±0.03 ^a
Dagang	79.16±3.58	23.68±0.04 ⁱ
Wongang	78.85±0.36	24.03±0.04 ^f
Yeongang	77.92±0.24	25.09±0.02 ^d
Hwanggang	79.54±1.99	23.24±0.04 ^j
Dahwang	79.67±0.34	23.10±0.02 ^k
Segang	79.13±1.15	23.72±0.05 ^h
Chunggang	78.95±0.59	23.91±0.03 ^g

All values are means ± SD of triplicates. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

가공 후 수율이 매우 중요한 경제적 요인으로 꼽힌다. 따라서 농가와 산업체에서 건조나 장기저장 시 수분함량이 낮고 수율이 높은 품종이 유리할 것으로 보이는데, 이러한 점들을 고려할 때 본 연구결과에서는 토강이 가장 유리하고, 대경, 고강 등의 품종들이 유리할 것으로 보인다.

3. 품종에 따른 건지황 색도 측정

색도는 외관상 품질을 일차적으로 확인할 수 있는 중요한

요소로, 특히 소비자의 구매결정을 좌우하는 중요한 품질특성이다. 본 연구에서는 기초특성으로써 12 품종의 색도를 비교하였고, 그 결과 명도 (L-value), 적색도 (a-value), 황색도 (b-value) 모두 품종별로 유의한 차이를 보였다 (Table 4).

명도는 원강이 81.46으로 가장 높았고 다음은 연강이나 두 품종간 유의적인 차이는 없었으며, 이후 고려, 고강, 다강, 대경, 세강, 지황 1호, 충강, 황강, 다황, 토강순 이었다. 적색도는 지황 1호와 토강, 황강, 다황, 충강이 4.29 - 4.56 범위로 타 품종 대비 높았고, 황색도는 충강이 14.89 로 가장 높고, 그 다음은 황강과 다황이었다. 충강, 황강, 다황은 명도가 낮은 반면 적색도와 황색도는 높게 나타났는데 이는 동일한 건조작업에도 불구하고, 타 품종 대비 건조 시 갈변정도가 더 심했기 때문으로 생각된다.

Table 4. Hunter's color values of dried *Rehmannia glutinosa* with 12 different cultivars.

Cultivars	L-value	a-value	b-value
Jihwang1	75.52±0.44 ^{ef}	4.56±0.10 ^a	12.28±0.23 ^g
Goryeo	79.77±0.13 ^b	2.39±0.03 ^{ef}	13.12±0.03 ^{ef}
Daegyung	76.64±0.26 ^d	3.15±0.05 ^{ce}	11.89±0.11 ^h
Gogang	77.57±0.28 ^c	2.12±1.71 ^f	13.05±0.15 ^{ef}
Togang	70.69±0.42 ⁱ	4.29±0.03 ^{ab}	13.52±0.15 ^d
Dagang	76.84±0.13 ^d	3.55±0.09 ^{cd}	13.81±0.06 ^c
Wongang	81.46±0.25 ^a	2.36±0.04 ^{ef}	11.34±0.09 ^{de}
Yeongang	81.39±0.28 ^a	2.72±0.03 ^{df}	13.01±0.22 ^f
Hwanggang	73.84±0.20 ^g	4.31±0.06 ^{ab}	14.51±0.02 ^b
Dahwang	72.28±0.12 ^h	4.23±0.14 ^{ab}	14.36±0.19 ^b
Segang	75.63±0.27 ^e	3.65±0.02 ^{ac}	13.89±0.33 ^c
Chunggang	75.09±0.04 ^f	4.30±0.14 ^{ab}	14.89±0.04 ^a

All values are means ± SD of triplicates. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 5. The texture of dried *Rehmannia glutinosa* with 12 different cultivars.

Cultivars	Hardness (N)	Adhesiveness (mJ)	Springness	Gumminess (N)	Chewiness (N)	Cohesiveness (ss)
Jihwang1	37.00±6.35 ^{ce}	0.02±0.00	0.11±0.05 ^{bd}	1.45±0.87 ^b	0.15±0.10 ^b	0.04±0.02 ^{bc}
Goryeo	27.20±8.60 ^{ce}	0.01±0.01	0.14±0.01 ^{ad}	1.75±0.70 ^b	0.24±0.10 ^b	0.06±0.02 ^{bc}
Daegyung	57.37±10.35 ^a	0.03±0.01	0.07±0.03 ^d	0.88±0.69 ^b	0.07±0.07 ^b	0.01±0.02 ^c
Gogang	42.37±12.36 ^{bd}	0.01±0.01	0.13±0.06 ^{ad}	1.87±0.88 ^b	0.29±0.20 ^b	0.05±0.03 ^{bc}
Togang	47.70±10.12 ^{ef}	0.01±0.03	0.27±0.19 ^{ac}	1.50±1.10 ^b	0.38±0.45 ^b	0.06±0.05 ^{bc}
Dagang	12.63±1.48 ^g	0.00±0.00	0.18±0.12 ^{ad}	0.49±0.29 ^b	0.10±0.09 ^b	0.04±0.02 ^{bc}
Wongang	55.60±2.90 ^{ab}	0.04±0.00	0.06±0.01 ^d	1.43±0.97 ^b	0.10±0.08 ^b	0.03±0.02 ^c
Yeongang	31.07±3.33 ^{cf}	0.00±0.00	0.31±0.16 ^a	3.90±2.51 ^a	1.02±0.63 ^a	0.24±0.11 ^a
Hwanggang	44.70±0.85 ^{ac}	0.02±0.00	0.10±0.02 ^{cd}	1.68±0.05 ^b	0.17±0.03 ^b	0.04±0.00 ^{bc}
Dahwang	44.60±11.87 ^{ac}	0.02±0.02	0.11±0.07 ^{cd}	0.64±0.55 ^b	0.12±0.10 ^b	0.01±0.01 ^c
Segang	18.50±3.32 ^g	0.00±0.00	0.29±0.08 ^{ab}	1.80±0.92 ^b	0.52±0.29 ^b	0.10±0.03 ^a
Chunggang	28.90±1.85 ^{df}	0.01±0.01	0.20±0.17 ^{ad}	1.77±0.21 ^b	0.36±0.32 ^b	0.06±0.01 ^{bc}

All values are means ± SD of triplicates. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Park 등 (2011)의 연구에서도 배 열풍건조 분말을 첨가한 양갱의 적색도와 황색도가 배 동결건조분말 첨가한 양갱에 비해 높게 나타난 것은 건조 중 가열에 의한 갈변현상이 증가되었기 때문으로 보고하였다. 한편 생지황에서 황강과 다황은 이름에서처럼 노란 빛을 많이 띠는 특성을 가진 품종으로 알려져 있는데, 건조황에서도 황색도가 타 품종대비 높게 나타나 생지황의 특성이 건조 후에도 유지되는 것으로 생각된다.

4. 품종에 따른 건조황의 조직감

품종에 따른 건조황의 조직감을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 12 품종의 경도는 평균 37.30 N 이었고, 가장 높은 품종이 대경 57.37 N, 가장 낮은 품종이 다강 12.63 N으로 품종간 차이가 크게 나타났다. 한편 부착성은 품종간 유의적인 차이가 없었으나, 탄력성, 씹힘성, 응집성은 모두 연강이 가장 높게 나타났다. 하지만 연강의 경우, 전체적으로 조직감의 편차가 매우 크게 나타나, 본 실험에서 품종의 특성으로 단정하는 것은 어려울 것으로 보이며 추후 반복실험을 통해 확인해 보아야 할 것으로 생각된다.

조직감은 식품의 식감 등 관능특성의 중요한 요인이며, 저장성과도 밀접한 관계를 갖는 요인이다. 특히 생지황은 저장기간이 짧아 주로 건조황 형태로 많이 저장되거나 유통되는데, 저장 시 조직이 무르면 부패하기 쉽고, 품질이 떨어져 취급하기 어렵고 경제적으로도 불리하다. Youn 등 (2011)에 의하면 저장 중 과실의 연화는 성숙 중에 세포벽분해효소의 작용에 의해서 세포벽이 변하고, 이는 조직감의 변화를 초래한다고 하였으며, 포도의 경우, 품종 차이에 따라 경도의 차이를 나타내며 저장기간이 경과함에 따라 경도가 전체적으로 감소한다고 보고하였다 (Yang *et al.*, 2007).

따라서 각 품종별로 조직감을 조사하고 저장 측면에서 유리

한 품종을 선발하는 것은 산업적 기초자료로 중요하다고 생각되어지며 본 연구결과에 따르면 대경과 원강 품종이 타 품종 대비 경도가 높게 나타나 장기저장 및 유통에 있어 유리할 것으로 판단된다.

5. 품종에 따른 건지황의 유효성분

건지황의 유효성분으로는 catalpol과 aucubin, verbascoside를 조사하였고, 그 결과는 Table 6과 같다. 12 품종의 catalpol 평균 함량은 31.44 mg/g으로 품종간 유의한 차이를 보였다. Catalpol 함량이 가장 높은 품종은 토강으로 40.50 mg/g이었고, 다음은 연강, 원강, 고려, 대경, 고강, 지황 1호, 황강, 다황, 다강, 세강, 충강 순이었다.

Catalpol은 지황에서 주요 활성을 내는 iridoid 배당체로, 혈당강하와 치매치료 등의 효과가 보고되어 (Zhang *et al.*, 2008, Jiang *et al.*, 2015) 이와 관련된 치료제나 기능성 식품으로 활용가능성이 높는데, 이러한 원료로 토강과 원강과 같이 catalpol 함량이 높은 품종을 선발하여 사용한다면 더욱 유리할 것으로 생각된다. Aucubin의 전체 평균 함량은 약 0.21 mg/g 이었으며, 품종간의 유의한 차이를 보였다. 12 품종 중 가장 함량이 높은 품종은 황강으로 0.28 mg/g이었는데, 이는 지황 1호 함량에 비해 약 2.3 배 높았다.

충강을 제외한 11 품종과 2 개 계통의 생지황의 유효성분 분석 연구에서는 catalpol 함량이 12.91 - 17.44 mg/g, aucubin 함량이 미검출 또는 0.04 - 0.10 mg/g으로 (Lee *et al.*, 2017b), 전체적으로 본 연구에 비해 매우 낮은 값을 보였는데, 이는 생지황에 비해 건지황이 건조과정을 거치며 유효성분 함량이 증가하였기 때문으로 판단된다. 한편 본 연구에서의 품종 간 경향은 선행연구와 일부 차이가 있었는데, 이는 품종 간 내병성, 내서성 등이 다르기 때문에 (Lee *et al.*, 2017a) 해당연도의 기후 등 외부환경에 따라 품종 간 생육에 차이가 발생했기 때문으로 생각된다.

Verbascoside의 전체 평균 함량은 약 0.26 mg/g이었으며, 품종간의 유의한 차이를 보였다. 12 품종 중 가장 함량이 높았던 품종은 충강으로, catalpol과 aucubin의 함량은 가장 낮았던 데 반해 verbascoside의 함량은 0.41 mg/g으로 가장 높았다. 품종별 catalpol과 verbascoside의 함량 분포는 Fig. 3과 같이 catalpol 함량이 높은 품종은 verbascoside 함량이 낮게 나타났다. 본 연구에서는 두 성분 간 상관계수 (r)가 -0.80으로, 높은 음의 상관관계를 가졌으나, 보다 명확한 상관관계 분석을 위해서는 두 성분의 구조와 합성경로 등에 관련한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

건지황 품종에 따른 3 가지 유효성분 함량을 조사한 결과, 3 가지 성분의 총 함량이 가장 높았던 품종은 토강이었고 연강, 원강, 고려, 대경, 고강, 지황 1호, 황강, 다황, 다강, 세강, 충강 순이었다. 따라서 전반적으로 유효성분 함량이 높은 원

Table 6. Active component content of dried *Rehmannia glutinosa* with 12 different cultivars.

Cultivars	Catalpol (mg/g)	Aucubin (mg/g)	Verbascoside (mg/g)
Jihwang1	30.24±0.61 ^e	0.12±0.00 ^d	0.27±0.01 ^d
Goryeo	34.75±0.09 ^c	0.26±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^g
Daegyung	33.16±1.14 ^d	0.21±0.01 ^{cd}	0.22±0.01 ^f
Gogang	31.88±0.05 ^d	0.22±0.01 ^c	0.24±0.00 ^e
Togang	40.50±2.28 ^a	0.23±0.05 ^{abc}	0.22±0.01 ^f
Dagang	26.47±0.60 ^f	0.25±0.04 ^{abc}	0.30±0.00 ^c
Wongang	38.17±0.44 ^b	0.15±0.00 ^d	0.24±0.01 ^e
Yeongang	39.24±0.09 ^{ab}	0.23±0.03 ^{abc}	0.19±0.01 ^g
Hwanggang	29.31±0.38 ^e	0.28±0.03 ^a	0.24±0.00 ^e
Dahwang	27.01±2.41 ^f	0.23±0.08 ^{bc}	0.24±0.02 ^e
Segang	24.37±1.64 ^g	0.26±0.03 ^{ab}	0.34±0.01 ^b
Chunggang	22.17±0.75 ^h	0.13±0.01 ^d	0.41±0.00 ^a

All values are means ± SD of triplicates. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

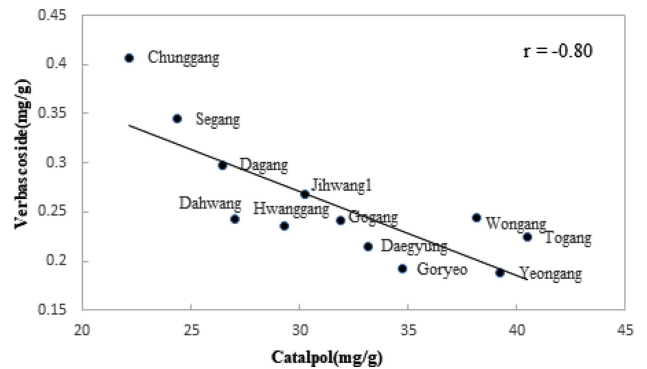


Fig. 3. Correlation between catalpol and verbascoside of 12 different cultivars. Value of Pearson's correlation coefficients (r) showed in the figure is calculated by correlation option in data analysis tools using microsoft excel.

료를 산업적으로 이용하고자 한다면 토강이 가장 유리할 것으로 생각된다. 반면, 특정 유효성분을 고함유하고 있는 원료를 이용할 때는 Table 6의 각각의 성분함량 결과를 참고할 수 있을 것이라 생각한다.

6. 품종에 따른 항산화성분

건지황의 항산화성분으로는 총폴리페놀과 플라보노이드를 측정하였고, 그 결과는 Table 7과 같다. 총폴리페놀은 대경, 고강, 충강이 품종이 약 2.13 mg/g, 2.07 mg/g, 2.06 mg/g으로 가장 높았고, 다강과 세강이 1.89 mg/g, 다황 1.84 mg/g, 황강 1.71 mg/g, 고려 1.46 mg/g, 토강 1.38 mg/g, 연강 1.35 mg/g, 원강 1.24 mg/g, 지황 1호가 0.93 mg/g 순으로 높았다. 총플라

Table 7. Total polyphenol and flavonoid contents of dried *Rehmannia glutinosa* with 12 different cultivars.

Cultivars	Total polyphenol (mg/g)	Total flavonoid (mg/g)
Jihwang1	0.93±0.06 ^g	0.41±0.00 ⁱ
Goryeo	1.46±0.09 ^d	0.68±0.00 ^f
Daegyung	2.13±0.02 ^a	0.99±0.02 ^b
Gogang	2.07±0.02 ^a	0.96±0.01 ^c
Togang	1.38±0.02 ^{de}	0.47±0.01 ⁱ
Dagang	1.89±0.05 ^b	0.85±0.02 ^d
Wongang	1.24±0.05 ^f	0.45±0.00 ⁱ
Yeongang	1.35±0.00 ^e	0.64±0.01 ^g
Hwanggang	1.71±0.02 ^c	0.57±0.01 ^h
Dahwang	1.84±0.09 ^b	0.77±0.01 ^e
Segang	1.89±0.05 ^b	1.10±0.01 ^a
Chunggang	2.06±0.04 ^a	1.12±0.03 ^a

All values are means ± SD of triplicates. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

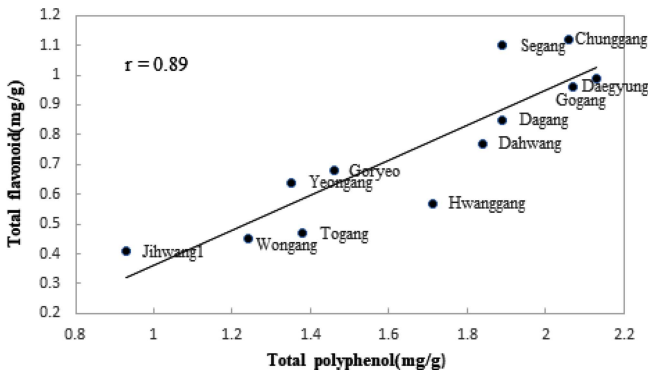


Fig. 4. Correlation between total polyphenol and flavonoid of 12 different cultivars. Value of Pearson's correlation coefficients (r) showed in the figure is calculated by correlation option in data analysis tools using microsoft excel.

보노이드는 충강과 세강이 각각 1.12 mg/g, 1.10 mg/g으로 가장 높았으며, 대경 0.99 mg/g, 고강 0.96 mg/g, 다강 0.85 mg/g, 다황 0.77 mg/g, 고려 0.68 mg/g, 연강 0.64 mg/g, 황강 0.57 mg/g, 토강 0.47 mg/g, 원강 0.45 mg/g, 지황 1호 0.41 mg/g 순이었다.

일반적으로 총폴리페놀 함량이 높은 경우, 총플라보노이드 함량도 높게 나타나는 경향이 있는데 (Lee *et al.*, 2012), 본 연구에서도 총폴리페놀 함량이 높은 대경, 고강, 세강, 충강 등의 품종이 총플라보노이드도 높아 선행연구결과와 일치하였다. 두 요인간의 상관관계수 (r)는 0.89로, 높은 정의 상관관계를 나타냈다 (Fig. 4). 이러한 경향은 플라보노이드가 폴리페놀의

범위에 속하기 때문으로 생각된다. 다만 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량 순위가 반드시 일치하는 것은 아닌데, 이는 총폴리페놀에는 총플라보노이드 외에 비 플라보노이드계도 포함되기 때문이다 (Kim *et al.*, 2012).

총폴리페놀과 플라보노이드는 항산화활성에 관여하는 대표적인 항산화물질로 자연계에 널리 분포하고 있으며 (Byun *et al.*, 2016), 최근에는 이러한 천연 항산화물질에 대한 연구와 산업화 노력이 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 건지황의 항산화성분을 품종별로 비교한 결과, 충강과 고강, 토강의 함량이 높아 항산화성분의 산업적 이용 측면에서 타 품종 대비 더 유리할 것으로 생각된다.

7. 품종에 따른 항산화활성

건지황의 항산화활성을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. DPPH radical 소거능은 물 추출물 10 mg/ml의 농도에서 전체적으로 39.77 - 60.82%의 소거능을 보였으며, 품종별로 유의한 차이가 있었다. 가장 소거능이 높았던 품종은 충강, 세강, 대경 품종으로 각각 45.39%, 44.80%, 44.74%의 소거능을 보였고, 다음은 다황, 토강, 원강, 다강, 고강, 황강, 지황 1호, 연강, 고려 순으로 높았다.

ABTS radical 소거능은 물 추출물 2.5 mg/ml의 농도에서 전체적으로 39.77 - 60.82%의 소거능을 보였으며, 품종별로 유의한 차이가 있었다. 가장 소거능이 높았던 품종은 다황으로 약 60.74%의 소거능을 보였으며, 다강, 토강, 세강, 대경, 황강, 원강, 충강, 연강, 고강, 고려, 지황 1호 순으로 높았다. 주로 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높았던 충강, 세강, 대경이 DPPH 소거능도 높게 나타났으며, 함량이 낮았던 연강과 지황 1호 품종이 DPPH 라디칼 소거능도 낮게 나타났다.

Kim 등 (2009)의 연구에 따르면, 항산화활성과 총페놀 및 플라보노이드류의 함량과의 관련성이 크게 나타났으며, Jeon 등 (2013)의 연구에서는 총폴리페놀 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거능의 상관관계를 조사한 결과, 각각 0.849, 0.932로 높은 양의 상관관계를 보였는데, 본 연구에서도 상관관계가 선행연구만큼 높지는 않았으나, 일부 동일한 경향을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 국내 개발된 지황 12 육성품종에 대한 물리적, 화학적 특성들을 조사하였고, 품종 간의 항산화성분과 항산화활성 차이를 확인하였다. 이 때의 품질 특성은 생지황 상태가 아닌 시중에서 많이 유통, 저장되고 있는 형태인 건지황 상태에서의 품질특성을 비교하였다. 이러한 결과는 산업적으로 용도에 따라 지황 원료를 선정하는 데에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이라 생각되며, 농가의 국내 육성품종 보급과 활성화에도 도움을 줄 것이라 판단된다.

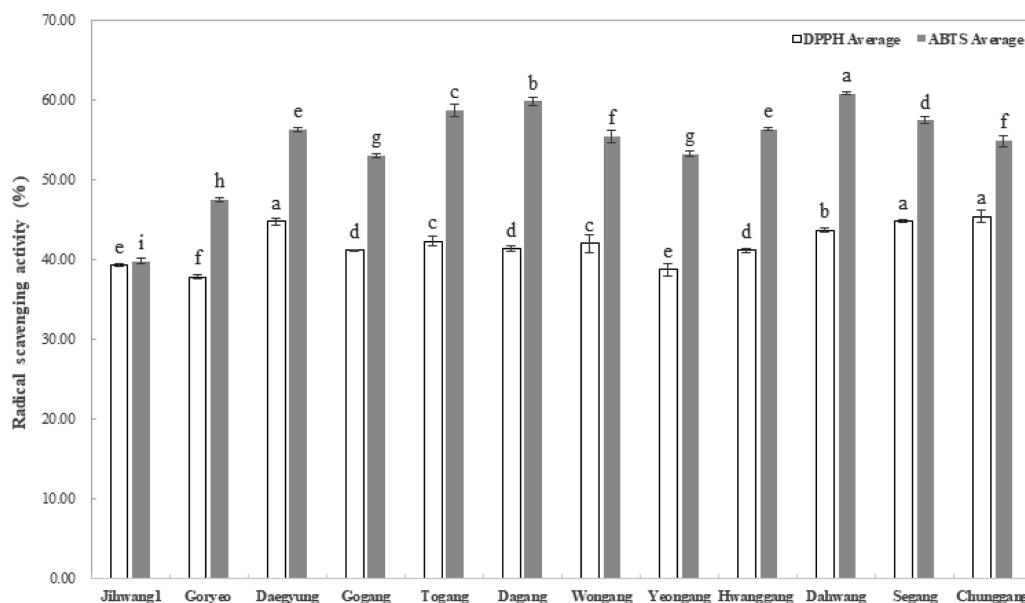


Fig. 5. DPPH and ABTS radical scavenging activity of dried *Rehmannia glutinosa*. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01363803)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Association of Official Analytical Chemists(AOAC). (1995). Official methods of analysis. (16th ed.), Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. p.1-26.

Byun EB, Park WY, Ahn DH, Yoo YC, Park CH, Jang BS, Park WJ, Byun EH and Sung NY. (2016). Comparison study of three varieties of red peppers in terms of total polyphenol, total flavonoid contents, and antioxidant activities. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 45:765-770.

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

Folin O and Denis W. (1912). On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *Journal of Biological Chemistry*. 12:239-243.

Han SH, Jang JK, Ma KH, Kim YJ, Kim SM, Lee HJ and Hong CO. (2019). Selection of superior resources through analysis of growth characteristics and physiological activity of *Schisandra chinensis* collection. *Korean Journal of Medical Crop Science*. 27:9-16.

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

Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY and Park DS. (2013). Antioxidant activities of processed

Deoduck(*Codonopsis lanceolata*) extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 42:924-932.

Jiang B, Jing D, Liu JH, Bao YM and An LJ. (2008). Catalpol attenuates the neurotoxicity induced by β -amyloid₁₋₄₂ in cortical neuron-glia cultures. *Brain Research*. 1188:139-147.

Jiang B, Shen RF, Bi J, Tian XS, Hincliffe T and Xia Y. (2015). Catalpol: A potential therapeutic for neurodegenerative diseases. *Current Medicinal Chemistry*. 22:1278-1291.

Jo YH, Park JW, Lee JM, Ahn GH, Park HR and Lee SC. (2010). Antioxidant and anticancer activities of methanol extracts prepared from different parts of jangseong daebong persimmon(*Diospyros kaki* cv. Hachiya). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 39:500-505.

Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH and Lee BH. (2012). Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 44:337-342.

Kim YE, Yang JW, Lee CH and Kwon EK. (2009). ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* Sing.(Pine Mushroom). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 38:555-560.

Kitagawa I, Nishimura T, Furubayashi A and Yosioka I. (1971). On the constituents of rhizome of *Rehmannia glutinosa* Libosch. forma hueichingensis Hsiao. *Yakugaku Zasshi*. 91:593-596.

Lee HJ, Lee SW, Park CG, Ahn YS, Kim JS, Bang MS, Oh CH and Kim CT. (2015). Effects of white *Hibiscus syriacus* L. flower extracts on antioxidant activity and bone resorption inhibition. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:190-197.

Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH and Pyo YH. (2012). Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean Journal of*

- Food Science and Technology. 44:540-544.
- Lee SH, Kim DH, Park CB, Han SH, Park CB, Park HR, Kim YB and Park CG.** (2017a). A disease resistance and high yielding *Rehmannia glutinosa* Libosch. ex Steud. cultivar 'Tokang'. Korean Journal of Breeding Science. 49:36-40.
- Lee SH, Park CB, Kang YK, Kim GS, Han SH, Choi AJ, Han SH, Kim JY, Park HR, Hur M and Park CG.** (2018). A high-yielding *Rehmannia glutinosa* Liboschitz ex Steudel cultivar 'Dagang'. Korean Journal of Breeding Science. 50:236-239.
- Lee SH, Yoon JS, Kim JK, Park CG, Chang JK and Kim YB.** (2017b). Analysis of iridoid glycoside and GABA content in the roots of the *Rehmannia glutinosa* cultivars. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:146-151.
- Lee SH, Yoon JS, Kim JK, Park CG, Kim SC, Jung CS, Chang JK and Kim YB.** (2017c). Aucubin, catalpol, and GABA contents in different plant parts of *Rehmannia glutinosa* Cultivars. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:16-21.
- Li JP, Zhou FJ and Jia JW.** (2003). Influences of different storage condition on the content of catalpol of *Rehmannia glutinosa*. Chinese Traditional and Herbal Drugs. 34:273-274.
- Liu GC, Du HQ and Liang L.** (1992). Determination of catalpol in *Rehmannia glutinosa* by HPLC. Chinese Traditional and Herbal Drugs. 23:71-73.
- Luo YY, Lu M, Li GH, Zhu Q and Sun Y.** (1994). Correlation between the content of catalpol and the appearance of the fresh radix Rehmanniae. Journal of Plant Resources and Environment. 3:27-30.
- Park NK, Kim SL, Hur HS and Park CH.** (2002). Development of R. Radix preparata with new Variety "Jiwhang 1". Journal of the Korean Society of International Agriculture. 14:34-39.
- Park YO, Choi JH, Choi JJ, Yim SH, Lee HC and Yoo MJ.** (2011). Physicochemical characteristics of yanggaeng with pear juice and dried pear powder added. Korean Journal of Food Preservation. 18:692-699.
- 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.
- Yang YJ, Hwang YS and Park YM.** (2007). Modified atmosphere packaging extends freshness of grapes 'Campbell Early' and 'Kyoho'. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 25:138-144.
- Youn AR, Kim BS, Kwon KH, Kim JH, Choi DJ and Cha HS.** (2011). Chemical Components of Muskmelon(*Cucumis melo* L.) according to Cultivars during Storage. Korean Journal of Food Preservation. 18:636-642.
- Zhang RX, Li MX and Jia ZP.** (2008). *Rehmannia glutinosa*: review of botany, chemistry and pharmacology. Journal of Ethnopharmacology. 117:199-214.
- Zhao M, Tao J, Qian D, Liu P, Shang EX, Jiang S, Guo J, Su SL, Duan JA and Du L.** (2016). Simultaneous determination of loganin, morroniside, 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.
- Zhou J, Xu G, Ma S, Li F, Yuan M, Xu H and Huang K.** (2015). Catalpol ameliorates high-fat diet-induced insulin resistance and adipose tissue inflammation by suppressing the JNK and NF- κ B pathways. Biochemical and Biophysical Research Communications. 467:853-858.