



## 지황 종근의 저장성 및 수량에 미치는 음건 처리의 효과

이상훈\* · 윤형목\*\* · 구성철\* · 허 목\* · 한종원\* · 이우문\* · 장재기\* · 김연복\*\*†

\*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, \*\*한국농수산대학 특용작물학과

## Effects on the Storability Enhancement and Root Yield by Air Curing of the Seed Rhizome of *Rehmannia glutinosa* Liboschitz ex Steudel

Sang Hoon Lee\*, Hyeong Muk Yun\*\*, Sung Cheol Koo\*, Mok Hur\*, Jong Won Han\*,  
Woo Moon Lee\*, Jae Ki Chang\* and Yeon Bok Kim\*\*†

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

\*\*Department of Medicinal and Industrial Crops, Korean National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea.

### ABSTRACT

**Background:** The use of *Rehmannia glutinosa* of the family *Scrophulariaceae*, in traditional medicine is well known. This study was conducted to elucidate the effect of air curing of the seed rhizome of *R. glutinosa* on its storability and yield.

**Methods and Results:** The root of the *R. glutinosa* cultivar (Dagang) was harvested in at the end of November. The seed rhizomes were air cured for one to seven days. They were subsequently wrapped with newspaper and further stored in a plastic container at 1 °C. It was observed that the weight loss and decay rates were significantly lower in the air cured seeds than in the untreated ones. Moreover, the decay rate of the control was approximately 50%, 120 days after storage. However, the decay rate of all the air cured treatment groups was less than 1%. Additionally, air curing led to an increase in the germination rate of the seeds and the root yield when compared with the untreated groups. Taken together, the ideal treatment period for air curing was found to be 3 days. Under these conditions, the germination rate and yield were 88.7% and 2,185 kg/10a, respectively.

**Conclusions:** This study successfully demonstrated that the air curing of seed rhizomes can lead to a considerable increase in the storability and yield of *R. glutinosa*.

**Key Words:** *Rehmannia glutinosa*, Air Curing Treatment, Long-term Storage, Seed Rhizome, Storage Method

### 서 언

지황 (*Rehmannia glutinosa* Liboschitz ex Steudel)은 현삼과 (Scrophulariaceae)에 속하는 다년생 식물로서 중국이 원산지이다. 지황은 온난한 기후에서 생육이 양호한 식물로서 분포지역은 한국, 중국, 베트남 등이다. 우리나라 강원도와 중부 산간지역 등 추운 지방은 재배가 어려워 주로 중부지역이나 남부지역에서 재배되고 있다 (Lee *et al.*, 2017a). 현재 국내 지황의 주산단지에는 충남 금산, 전북 정읍, 경북 안동, 영주 등이며, 주산단지 주변으로 재배가 확대되고 있다.

2015년 기준으로 지황의 전국 재배면적은 약 161 ha이고,

국내 생산량은 1,363 톤으로 조사되었다 (MAFRA, 2016). 지황은 수입대체 작물로 국내 생산량이 늘면 수입량이 감소하는 경향이 있으며, 국내 생산량이 늘어남에 따라 중국에서의 수입량도 2010년 이후에 점차 줄고 있는 추세이다 (Lee *et al.*, 2017b).

지황의 이용부위는 뿌리로 가공하지 않은 지황 뿌리를 생지황 (生地黃), 생지황을 건조한 것을 건지황 (乾地黃), 잘 정제된 지황을 보통 술, 사인, 진피를 보료로 하여 속과 겉이 검게 되고 윤기가 흐르며 질이 부드럽고 연하며 점조하게 될 때까지 찌고 햇볕에 말리는 작업을 반복한 것이 숙지황 (熟地黃)이다 (MFDS, 2016).

†Corresponding author: (Phone) +82-63-238-9092 (E-mail) yeondarabok@korea.kr

Received 2018 March 19 / 1st Revised 2018 April 10 / 2nd Revised 2018 May 15 / 3rd Revised 2018 May 24 / Accepted 2018 May 25

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.

대한민국약전에 따르면 지황은 ‘현삼과 지황 (*R. glutinosa*)의 뿌리’이고, 이 뿌리를 포제 가공한 것을 숙지황이라 하며, 이 약을 건조한 것을 정량할 때 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde (5-HMF) 0.1% 이상을 함유해야 한다고 규정되어 있다.

지황은 한방에서 경옥고 (瓊玉膏), 십전대보탕 (十全大補湯), 보중익기탕 (補中益氣湯), 육미지황탕 (六味地黃湯), 쌍화탕 (雙和湯) 등의 원료로 사용되어 왔으며 (Ma *et al.*, 2000), 주요 성분으로는 aucubin, catalpol, rehmanin, vitamin A, 5-HMF, GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) 등이 있다 (Morota *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 2017a). 또한 당 성분으로는 glucose, galactose, fructose, mannito (단당류), sucrose (2당류), raffinose, mannitriose (3당류), stachyose (4당류), verbascose (5당류), rehmannan S (다당류) 등이 보고되었다 (Liu *et al.*, 2013).

지황은 영양번식 작물로 근경을 이용하여 번식하는데 농가에서 가장 큰 문제가 종근의 확보이다. 지황은 첫 서리가 내린 후 수확하는데, 보통 중부 지방은 10 월 중순부터 수확이 가능하며, 남부 지방은 11 월 중순부터 수확이 가능하다 (Kim *et al.*, 2004). 수확 후 4 개월 정도 뒤인 3 월 하순부터 4 월 중순 사이에 지황 종근을 정선하여 파종하기 시작한다.

지황의 종근은 저장이 까다로워 수확 후 2 개월이 넘으면 저장고에서 부패가 시작되기 때문에 4 개월을 넘기려면 제때에 부패한 종근을 정선해야 한다. 남부지방의 경우 3 월에도 수확이 가능해 종근 조달이 일정부분 가능하나, 대부분의 지역에서는 당해 수확이 불가능한 경우가 아니면 해를 넘기기 전에 수확하기 때문에 지황 종근의 장기 저장 방법 연구는 반드시 필요한 실정이다. 지황 장기 저장을 위한 선행연구가 있었지만 (Kim *et al.*, 2004), 저장 중간에 부패 여부를 확인하기 어렵고 현재 농가에서 잘 쓰이지 않고 있다.

따라서 본 연구는 지황의 종근을 안전하게 장기 저장할 수 있는지의 여부를 알아보기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험에 사용된 재료는 국립원예특작과학원 약용작물과 시험 포장에서 2016년 4월 중순에 정식하고 2016년 11월 하순에 수확한 다강 품종의 뿌리를 수확하여 사용하였다. 주로 지황 (*Rehmannia glutinosa* Liboschitz ex Steudel) 종근용으로 사용되고 있는 굵기인 6 - 10 mm 의 지황만 따로 정선하여 실험에 사용하였다.

### 2. 지황 저장 방법 및 감모율, 부패율 측정

지황 저장 방법에 대한 조건을 확립하기 위해 농가에서 수확 후 납품까지 걸리는 저장기간을 고려하여 2 주간 마대자루

에 넣어 온도  $9.0 \pm 4.0^\circ\text{C}$ , 상대습도  $45 \pm 5\%$ 에 보관한 후 정선하여 사용하였으며, 보관 후 종근의 건조도는 약  $0.9 \pm 0.1\%$ 였다.

정선된 종근은 실내 저장창고에서 0, 1, 3, 5, 7 일간 각각 음건하였고, 음건 조건은 온도  $10.0 \pm 5.0^\circ\text{C}$ , 상대습도  $43.0 \pm 5.0\%$ 로 저장하였다. 각 처리별 건조도는 무처리 0%, 1 일 음건 처리 4.8%, 3 일 음건 처리 11.8%, 5 일 음건 처리 15.9%, 7 일 음건 처리 19.8%였다.

건조 처리 후, 신문지로 플라스틱 컨테이너 박스 안을 포장하고 한쪽 면만을 개방한 다음에 종근을 넣어 보관하였다. 지황 저장은 가림막이 설치된 실외 항온저장고를 사용하였으며, 저장조건은 온도  $1 \pm 0.2^\circ\text{C}$ , 상대습도는  $88 \pm 1\%$ 이다. 종근의 저장 기간은 4 개월이었으며, 30 일 마다 감모율, 부패율을 측정하였다. 감모율과 부패율 공식은 아래와 같으며, 부패율 측정 시에는 부패가 조금이라도 시작된 종근은 다른 부위가 건전하더라도 부패된 것으로 간주하였다.

$$\text{Weight loss rate (\%)} = \frac{\text{weight of initial seed rhizome} - \text{weight of seed rhizome (measuring time)}}{\text{weight of initial seed rhizome}} \times 100$$

$$\text{Decay rate (\%)} = \frac{\text{weight of decay seed rhizome (measuring time)}}{\text{weight of initial seed rhizome}} \times 100$$

### 3. 발아율 및 생산량 검정

노지에서 발아율을 검정하기 위해 검은색 PE필름으로 멀칭한 시험구 ( $1 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ )를 설치하고, 재식거리는 조간거리 30 cm, 주간거리 15 cm으로 하였으며, 5 월 상순에 파종하였다. 시험구의 배치는 난괴법 3 반복으로 하였다. 발아율은 5 월 하순에 측정하였고, 종근 재식 수 대비 발아 개체수를 측정하여 백분율로 표시하였다. 생산량은 11 월 상순에 검정하였으며, 생산량 검정은 농촌진흥청 시험연구 조사기준에 준하여 실시하였다.

### 4. 통계분석

실험결과는 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical analysis system, 2009, Cray, NC, USA)로 분석하였고, 3 반복한 결과 값을 평균치  $\pm$  표준편차 (means  $\pm$  SD)로 나타내었다. 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% ( $p < 0.05$ )에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 음건 처리 기간에 따른 종근 감모율 및 부패율

종근 저장 시에 수분의 소실로 인해 감모가 이루어지는데,

감모율은 정식시 식물생장 및 발아율 등에 영향을 미치기 때문에 중요하다. 특히 높은 감모율은 식물 발아를 억제하는 요인이기도 하다. 보통 저장 기간이 길수록 감모율이 증가하는 경향이 있으며, 강황의 저장에도 이러한 경향이 보고된 바 있다 (Lim *et al.*, 2013).

본 지황 (*R. glutinosa*) 종근 저장 실험에서도 이러한 경향이 나타났으며, 특히 음건 처리를 하지 않았던 조건에서 감모율이 높게 나타났다 (Table 1). 이러한 결과는 건조를 하지 않았기 때문에 종근 표면에 있던 수분과 저장 기간 동안의 수분손실까지 더해져 나타난 결과로 사료된다.

감모율은 저장 후 60 일까지는 조건별로 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 90 일 이후부터는 차이가 나타나기 시작했다. 기존에 연구된 지황 연구 결과에서도 저장 후 90 일이 지나면 모든 처리구에서 부패가 시작된다고 보고된 바 있는데 (Kim *et al.*, 2004), 이 시기와 감모율의 변화가 나타나는 시기와 비슷한 경향을 보이는 것으로 볼 때, 지황 종근은 저장 후 60 일에서 90 일 사이에 급격한 내부 변화가 있는 것으로 사료된다.

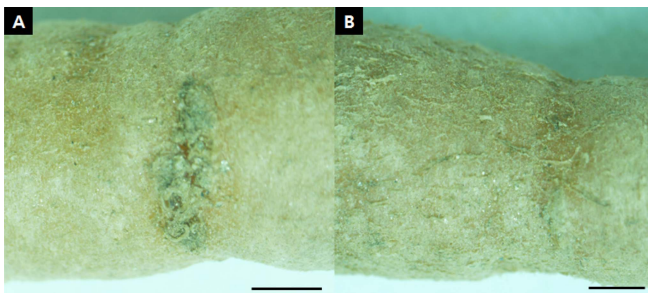
저장하기 전과 저장 120 일 후의 비교 사진을 보면 표면이 약간 거친 것을 제외하고는 외형적으로 특별한 차이점은 없었다 (Fig. 1). 표면이 약간 거칠어진 이유는 저장 기간 동안의

**Table 1.** Effect of air curing on the weight loss rate of *R. glutinosa* rhizome seeds depending on the storage days.

(unit: %)

Air curing (days)	Weight loss (%)			
	30d	60d	90d	120d
0	2.9±0.2 <sup>a</sup>	5.9±0.6 <sup>a</sup>	8.3±0.5 <sup>b</sup>	14.1±0.5 <sup>c</sup>
1	2.7±0.3 <sup>a</sup>	4.9±0.4 <sup>a</sup>	6.5±0.3 <sup>a</sup>	11.8±0.3 <sup>a</sup>
3	3.1±0.3 <sup>a</sup>	4.6±0.3 <sup>a</sup>	6.5±0.1 <sup>a</sup>	11.9±0.3 <sup>a</sup>
5	2.8±0.3 <sup>a</sup>	4.6±0.3 <sup>a</sup>	6.5±0.4 <sup>a</sup>	12.2±0.4 <sup>ab</sup>
7	2.8±0.2 <sup>a</sup>	5.6±0.5 <sup>a</sup>	7.2±0.4 <sup>ab</sup>	13.9±0.5 <sup>bc</sup>

Means values of weight loss rate (%) ± SD from triplicate separated experiments are shown. \*Means with difference letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).



**Fig. 1.** Observation of different storage periods in seed rhizome of *R. glutinosa* (A; 0 day, B; 120 days). The bar size is 2 mm.

수분 손실로 인한 문제로 생각된다.

지황의 부패율을 보면 저장 후 90 일에서 음건하지 않은 조건에서 처음으로 부패된 종근이 나타났으며, 음건 처리를 한 모든 조건에서 120 일 후 부패된 종근이 나타났다. 특히 저장 120 일 후 부패율을 보면 음건 처리를 하지 않았던 조건에서 약 50%의 종근에서 부패가 일어났으나, 음건 처리를 한 조건에서는 1% 미만의 부패율을 보였다 (Table 2).

이러한 결과는 뿌리를 저장하는 경우에 토양에 있는 세균과 곰팡이 등에 의해 종근이 부패할 수 있다는 기존 연구와도 경향이 일치하였으며 (Brecht, 2003), 건조 처리를 통해 부패율을 낮출 수 있다고 보고된 마늘 종구 저장연구와도 경향이 일치하였다 (Ning *et al.*, 2013).

그러나 음건 처리를 한 조건에서 매우 낮은 부패율을 보였던 이유는 표면에 세균이나 곰팡이 등의 감염체가 잠복하다가 지황 종근의 상태가 좋지 않은 상황에서 종근을 감염시키는데, 음건 처리를 하게 되면 표면에 있는 수분이 증발되어 세균이나 곰팡이가 자랄 수 있는 조건이 악화되어 감염체가 쉽게 지황 종근을 감염시키기 어려워졌기 때문으로 생각된다.

이러한 부패 세균이나 곰팡이 등의 감염체의 번식에는 최저 수분활성 이상의 수분이 필요로 한다고 보고된 바 있다 (Heo *et al.*, 2005). 본 실험에서는 수분활성을 측정하진 못했지만, 음건 처리를 통해 부패 세균이나 곰팡이 등의 번식에 필요한 수분활성 이하로 종근의 수분상태를 유지했던 것으로 사료된다.

또한 기존에 보고된 지황 저장 연구에서 최저 부패율은 4.3% 였는데 (Kim *et al.*, 2004), 본 연구의 최저 부패율은 1% 이하로 더 좋았다 (Table 2). 그 이유는 이전의 저장방식은 움저장으로 토양의 온도를 제어할 수 없었지만 (Kim *et al.*, 2004), 본 실험은 온도를 제어할 수 있는 저장고에서 실험했기 때문에 부패율이 더 낮았다.

저장이 잘 된 종근과 부패된 종근의 절단사진을 보면 (Fig. 2), 저장이 잘 된 종근은 표피 및 형성층 등 식물 조직이 잘 보이는 반면, 부패된 종근은 전체적으로 갈변한 모습을 보인다. 이러한 부패현상은 종근을 저장하는 식물에서 이미 많이 보고된 바 있으며 (Kim *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2004; Lim *et al.*, 2013), 그 이유는 단백질 변성이나 감염체의 번성 등으로 인한 것으로 생각된다 (Kim *et al.*, 1998; Hahm *et al.*, 2006).

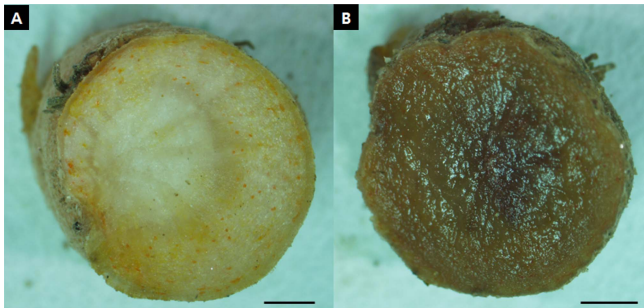
위의 결과를 종합해보면, 지황 종근 장기 저장에는 음건 여부가 중요한 요건으로 생각된다. 신선지를 이용하여 저온저장고에 저장하는 방법은 여러 농가에서 적용하고 있음에도 성공하는 농가와 실패하는 농가가 나오는데, 아마도 종근을 음건하지 않고, 신선한 종근을 저장한 농가에서 실패했을 것으로 생각된다. 그러나 1 일 음건했을 때와 7 일 음건했을 때 부패율의 차이가 통계적으로 유의한 차가 없는 것으로 볼 때, 지황 표면의 수분이 마를 수 있는 충분한 기간은 1 일이면 될

**Table 2.** Effect of air curing on a decay rate of *R. glutinosa* rhizome seeds.

(unit: %)

Air curing (days)	Decay (%)			
	30d	60d	90d	120d
0	ND	ND	17.1±0.4	49.6±1.1 <sup>b</sup>
1	ND	ND	ND	0.6±0.2 <sup>a</sup>
3	ND	ND	ND	0.7±0.3 <sup>a</sup>
5	ND	ND	ND	0.9±0.2 <sup>a</sup>
7	ND	ND	ND	0.9±0.3 <sup>a</sup>

ND; Not detected. Means values of decay rate (%) ± SD from triplicate separated experiments are shown. \*Means with difference letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).



**Fig. 2.** Cross section of fresh rhizome (A) and decay rhizome (B) in *R. glutinosa*. The bar size is 2 mm.

것으로 생각되나, 감모율과 부패율을 종합해 보면 1-3 일을 건조하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

## 2. 음건 처리 기간에 따른 발아율

음건 처리 기간에 따라 발아율의 변화가 있는지 확인하였는데, 당해 수확한 종근을 정선한 후 정식한 처리구를 추가하여 실험하였다. 당해 수확한 종근은 음건 처리를 하지 않았으며, 수확 30 일 후 정식을 하였다.

그 결과 발아율은 당해 수확한 종근의 발아율이 90.1%로 가장 높았고, 음건 처리하지 않고 120 일 저장한 종근은 약 85.6%로 가장 낮았으며, 음건 처리를 한 종근은 86-88%의 발아율을 보였다 (Table 3).

음건 처리를 한 종근은 무처리에 비해 발아율이 높았는데, 음건 처리가 발아율과 관련이 있을 것으로 생각된다. 기존에 보고된 울무 종자 발아 연구에서 종자소독제 처리가 잎마름병균 억제에 의해 발아율을 높이고, 부패율을 낮출 수 있다고 하였다 (Chang *et al.*, 2000).

지황 종근도 음건 처리가 병원균의 억제에 영향을 미쳐, 부패율을 낮추고 발아율을 증진시켰을 가능성이 있는 것으로 사료된다. 음건 처리한 종근은 당해 수확한 종근에 비해서는 발

**Table 3.** Effect of air curing on a germination rate of *R. glutinosa* rhizome seeds.

(unit: %)

Air curing (days)	Germination rate
0	85.6±2.1 <sup>c</sup>
1	87.2±1.2 <sup>bc</sup>
3	88.7±1.2 <sup>ab</sup>
5	88.9±1.1 <sup>ab</sup>
7	86.7±1.3 <sup>bc</sup>
<sup>1)</sup> Fresh root	90.1±0.7 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Fresh root; harvested in the end of March, 2017, storage in 1 month. Means values of germination rate (%) ± SD from triplicate separated experiments are shown. \*Means with difference letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

**Table 4.** The effect of storage condition on rhizome fresh root yield in *R. glutinosa*.

(unit: kg/10a)

Air curing (days)	Fresh root yield
0	2,029±95.8 <sup>b</sup>
1	2,133±72.1 <sup>ab</sup>
3	2,185±83.4 <sup>a</sup>
5	2,103±78.2 <sup>ab</sup>
7	2,132±64.6 <sup>ab</sup>
<sup>1)</sup> Fresh root	2,249±54.4 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Fresh root; harvested in the end of March, 2017, storage in 1 month. Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. \*Means with difference letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

아율이 낮은 결과를 보였는데, 당해 수확한 종근의 경우 감모가 거의 되지 않았고, 표피 상태도 좋았기 때문에 발아율이 높았을 것으로 생각된다. 그러나 발아율은 저장을 해도 85% 이상을 유지하기 때문에 문제가 없을 것으로 사료된다. 그 이유는 농가에서 실제로 80%만 발아해도 추가로 보식을 하지 않기 때문이다.

## 3. 음건 처리 기간에 따른 수확량

음건 처리 기간에 따른 지황의 수확량을 보면 발아율과 비슷하게 당해 수확한 종근을 정선해 정식한 처리구가 많은 수확량을 보였다. 반면, 음건하지 않고 저장한 처리구의 생산량은 낮았다. 음건 처리한 종근은 음건하지 않은 종근에 비해 수확량이 높았고, 당해 수확한 종근에 비해서는 수확량이 낮은 결과를 보였다 (Table 4).

이러한 결과는 발아율과도 상관관계가 있어 보이는데, 발아율이 높으면 그만큼 수확할 수 있는 개체가 많기 때문에 수확량이 늘어나기 때문이다. 그러나 통계적인 유의성을 보면 1 -

2%의 발아율 차이는 수확량에 미치는 효과가 미미한 것으로 나타났다. 이것은 지황이 방추형으로 뿌리가 퍼지면서 자라기 때문에 발아가 되지 않아 비어있던 공간까지 발아가 된 개체가 퍼져서 자랐기 때문에 수확량 차이가 적었던 것으로 사료된다.

위의 결과를 종합해 보면 수확량은 발아율도 중요하지만 음건 처리에 의해서도 영향을 받는 것으로 생각된다.

본 연구 결과를 종합해 보면, 연구에 사용된 지황의 저장방법이 기존의 연구에 비해 부패 비율을 조금 더 낮출 수 있었으며, 발아율 검정을 통해 저장된 종근이 발아가 정상적으로 잘됨을 알 수 있었다. 또한 수확량을 측정된 결과를 보아도 큰 이상이 없었음을 알 수 있었다.

따라서 본 연구결과는 감모율, 부패율, 발아율 그리고 생산량을 고려해 볼 때, 최적의 종근 건조 기간은 3 일이 가장 적정할 것으로 사료된다. 이 결과는 농가의 안정적인 종근 확보에 도움이 될 수 있을 것으로 생각되며, 농가 소득 향상에 기여할 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지황 신품종 육성 및 재배기술 연구사업(사업번호: PJ101029202)과 2018년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

### REFERENCES

**Brecht JK.** (2003). Underground storage organs(2nd ed.). In Bartz JA and Brecht JK. (ed.). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker. New York. NY, USA. p.625-647.

**Chang SW, Jeon DH, Kim HD, Yi ES and Park KJ.** (2000). Effects of seed disinfectant and soaking time in germination and disease occurrence of adlay, *Coix lacryma-jobi* L. var. *mayuen* Stapf. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 8:259-265.

**Hahm SS, Oh SY, Lee EM and Yu SH.** (2006). Identification of pathogens associated with bulb rot of lily during storage and effects of bulb disinfection on development of lily bulb rot. Research in Plant Disease. 12:20-24.

**Heo NK, Kim KD, Choi BG, Kim KH, Min HK and Kwon HJ.** (2005). Improvement of storing ability of waxycorn by retort pouch technique. Korean Journal of Crop Science. 50:147-151.

**Kim CH, Yang JM and Yang SS.** (1998). Identification and pathogenicity of microorganisms associated with seed-rhizome rot of gingers in underground storage caves. Korean Journal of Plant Pathology. 14:484-490.

**Kim IJ, Kim MJ, Nam SY, Lee CH and Kim HS.** (2004). Effects of storage methods on the rhizome quality of *Rehmannia glutinosa* L. Korean Journal of Food Preservation. 11:282-285.

**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.** (2017a). Aucubin, catalpol, and GABA contents in different plant parts of *Rehmannia glutinosa* cultivars. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:16-21.

**Lim JD, Kim EH, Yun JY, Park HI, Shim HS, Choi RN, Yang YS, Park CB, Ahn YS and Chung IM.** (2013). Effect of temperatures and fillers on yield and quality of turmeric(*Curcuma longa* L.) during postharvest seed rhizome storage. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:334-341.

**Liu Z, Lou Z, Ding X, Li X, Qi Y, Zhu Z and Chai Y.** (2013). Global characterization of neutral saccharides in crude and processed *Radix Rehmanniae* by hydrophilic interaction liquid chromatography tandem electrospray ionization time-of-flight mass spectrometry. Food Chemistry. 141:2833-2840.

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

**Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2016). 2015 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.335.

**Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2016). The Korean pharmacopoeia(10th ed.). The second section of each item in medicine and medical supplies. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea. p.1159.

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

**Ning XF, Kang TH, Park JW and Han CS.** (2013). Secondary drying effects on garlic quality after low temperature storage. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 42:1452-1460.

**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 Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology. 32:249-254.