

## 생지황을 이용하여 전통방법으로 제조한 숙지황의 항산화 활성

김효진\* · 이지연\* · 유보람\* · 도은수\*\* · 김미리\*†

\*충남대학교 식품영양학과, \*\*중부대학교 한방제약과학과

### Antioxidant Activities of *Rehmannia glutinosa* by Traditional Methods

Hyo Jin Kim\*, Ji Yeon Lee\*, Bo Ram You\*, Doh Eun Soo\*\* and Mee Ree Kim\*†

\*Department of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

\*\*Department of Oriental Pharmaceutical Science, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea.

**ABSTRACT :** The objective of this study was to evaluate antioxidant activities of *Rehmannia glutinosa* (Raw Jihwang) by traditional method. The total phenol content of *Rehmannia radix* Preparata (the final cycle of Jihwang) was increased to 205%, compared with *Rehmannia glutinosa*. Antioxidant activities, determined by ferric-reducing antioxidant potential (FRAP), 2,2'-azinobis(3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity, 1,1-diphenyl-2-picryldrazyl (DPPH) and hydroxyl radical scavenging activities, increased remarkably as the number of steaming-drying cycles increased. Especially, FRAP value increased 285%. Also, IC<sub>50</sub> values for DPPH and hydroxyl radical scavenging activities of the final 9th-cycling product, decreased 48.4% and 76%, respectively, compared with those of *Rehmannia glutinosa*. Our result was suggested that antioxidant activities of *Rehmannia radix* Preparata improve according to the increasing number of steaming-drying cycles.

**Key Words :** *Rehmannia glutinosa*, *Rehmannia radix* Preparata, Steaming-Drying Cycle, Antioxidant Activities

## 서 론

지황 (*Rehmannia radix*)은 현삼과에 속하는 다년생 초목인 *Rhemannia glutinosa* LIBOSCHITH var. *purpurea* MAKINO의 뿌리로 있는 긴 타원형이고 주름이 많이 있으며 온몸에 흰색의 부드러운 잔털이 밀생해 있다 (Park *et al.*, 2002). 근엽과 잔뿌리를 제거하여 깨끗이 씻은 것을 생지황 (生地黃)이라고 하고 생지황을 양건한 것을 건지황 (乾地黃)이라고 하고 황주, 백주 또는 사인주로 구증구포한 것을 숙지황 (熟地黃)이라 한다 (Ahn *et al.*, 1999). 국내에서 지황은 충남 금산, 경북 군위, 전남 화순, 충북 제천 등지에서 많이 재배되고 있다. 한때, 우리나라에서의 지황재배면적은 89년에 392 ha이었으나 중국에서의 수입증가로 재배면적이 감소하였었다. 허나 현재에는 고품질의 지황을 선호하는 소비자가 늘어가며 국내 지황의 생산이 증가하는 추세이다 (You *et al.*, 2011). 지황의 주요성분으로는 catalpol, rehmanin, carotene,  $\beta$ -sitosterol, 5-HMF (5-Hydroxymethylfurfural), Vitamin A 및 glucose, raffinose, manntriiose를 비롯한 당류 등이 알려져 있으며 (Ahn *et al.*, 1998; Ma *et al.*, 2002; Morota *et al.*, 1989; Park *et al.*,

1989), 생지황과 숙지황은 각각 약리를 달리하여 사용하고 있다. 숙지황의 약성 및 효능이 생지황과 숙지황이 차이가 나는 것은 그 제조과정에서 함유성분의 함량 및 성상이 변화되기 때문인 것으로 알려져 있다. 기존의 숙지황에 대한 연구로는 숙지황의 제조과정 중 일반성분 변화에 관한 연구 (Hwang *et al.*, 2001)와 수치와 포제에 따른 숙지황 중의 5-HMF 함량을 분석한 연구 (Lee *et al.*, 2002; Chun *et al.*, 2002), 국내산 숙지황의 유효성분을 효율적으로 추출하기 위한 공정 개발 (Chun *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2004)등의 연구가 보고되었으며, 대부분의 숙지황의 지표성분인 5-HMF의 함량의 관한 연구 (Lee *et al.*, 2002; Chun *et al.*, 2002)와 한약재로서의 연구 (Chun *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2004)가 대부분이다.

활성산소 중에는 superoxidation radical, hydrogen peroxide, hydroxy radical ( $\cdot$ HO), singlet oxygen ( $^1$ O<sub>2</sub>) 등이 존재하며 반응성이 높은 활성산소종의 과다분비는 생체 방어체계의 용량을 초과하게 하여 산화적 스트레스를 야기 시켜 세포막 분해, 단백질 분해 등 심각한 생리적 장애를 주며 심할 경우 생명을 잃게 하는 것으로 알려져 있다 (Cerutti 1985; Cohen 1988; Halliwell *et al.*, 1984). 최근 항산화 관련 효소와 이차

†Corresponding author: (Phone) +82-42-821-6837 (E-mail) mrkim@cnu.ac.kr

Received 2011 September 14 / 1st Revised 2011 October 1 / 2nd Revised 2011 October 5 / Accepted 2011 October 5

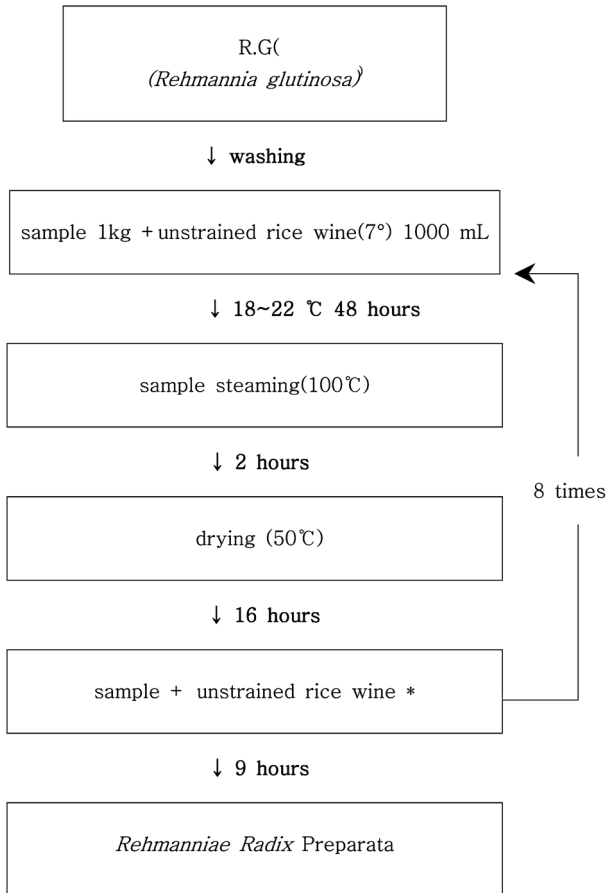


Fig. 1. Manufacturing process of *Rehmanniae radix* Preparata.

대사 산물에 대한 연구가 약용작물을 중심으로 하여 급진전되고 있기는 하지만 다양한 약용식물에서의 항산화 효소와 phenol 화합물에 대한 정보가 미흡할 뿐 아니라 phenol 화합물의 합성수준과 항산화성의 상관관계를 규명할 필요성이 대두되고 있다 (Lee et al., 2004). 이처럼 지황의 효능 및 효과에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나, 항산화에 관련되어서는 연구가 미비하다. 따라서 본 연구에서는 생지황을 전통 방법으로 구증구포하여 단맛이 나는 숙지황을 제조하는 과정에서의 항산화 특성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 숙지황제조

본 실험에서 사용한 생지황은 금산군 남이면 GAP농가에서 재배한 고려지황을 사용하였으며, 숙지황 제조 시 사용되는 막걸리는 이동백운주조에서 제조한 포천 쌀 막걸리를 사용하였다. 생지황을 이용한 제조공정은 Fig. 1에 나타내었다. 생지황 및 건지황을 탁주에 넣고 24시간 주침(酒浸)한 후 찜통에서 100°C의 수증기로 약 2시간 동안 증숙 후 시료를 건조기에서

50°C로 16시간 동안 건조, 9시간 탁주에 주침하는 과정을 9번 반복하여 숙지황을 제조하였다.

### 2. Total Phenol 함량

페놀성 물질이 phosphomolybic acid와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 방법으로 Singleton 등 (1965)의 Folin-Denis법에 의해 측정하였다. 시료의 전처리에는 시료 1.5 g에 메탄올 50 mL을 가한 후 1200 rpm에서 15시간 동안 추출하여 감압 농축하였다. 제조된 농축물을 250 mg 당 1 mL PBS (Phosphate buffered saline) buffer를 첨가하여 250 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 증류수 2.5 mL에 시료 0.33 mL, Folin-Denis 0.16 mL, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.3 mL을 넣고 암실에서 30분 발색시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며 standard는 tannic acid를 사용하였다.

### 3. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능

DPPH라디칼 소거작용은 Blois (1958)의 방법에 따라 측정하였으며 시료의 전처리에는 시료 1.5 g에 메탄올 50 mL을 가한 후 1200 rpm에서 15시간 동안 추출하여 감압 농축하였다. 농축물은 250 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 250 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 시료용액 50 µL에 1.5 × 10<sup>-4</sup> mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)용액 150 µL을 가한 후 30분 후에 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 제조 한 시료 용액을 20배, 50배, 100배, 200배, 400배로 희석하여 라디칼 소거능 (%)을 다음의 식으로 계산한 후 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC<sub>50</sub>을 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

Abs<sub>DPPH</sub>: DPPH 시약의 흡광도

Abs<sub>sample</sub>: DPPH 시약과 Sample의 반응 흡광도

### 4. FRAP (ferric-reducing antioxidant potential) value 측정

FRAP 측정은 Benzie and Strain (1996)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료의 전처리에는 시료 1.5 g에 메탄올 50 mL을 가한 후 1200 rpm에서 15시간 동안 추출하여 감압 농축하였다. 농축물 250 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 250 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 제조된 0.9 mL FRAP reagent에 시료 0.03 mL과 증류수 0.09 mL을 넣은 후 37°C에서 10분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 5. ABTS radical 소거능

ABTS[2,2'-azinobis (3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)]

radical cation decolorization의 측정은 Pellegrin의 방법 (1998)에 의해 측정하였으며 시료의 전처리 방법은 다른 실험과 동일하다. 농축물 250 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 250 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 시료 용액 50 µL와 ABTS solution 1 mL를 30초 동안 섞은 후 2.5분간 incubation하여 734 nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 식에 의해 저해율을 계산하였다.

$$\text{Inhibition rate (\%)} = \frac{(1 - \text{Abs}_{\text{sample}})}{\text{Abs}_{\text{ABTS}}} \times 100$$

Abs<sub>ABTS</sub>: ABTS Solution의 흡광도

Abs<sub>sample</sub>: ABTS Solution과 Sample의 반응 흡광도

### 6. Hydroxyl radical 소거능

시료의 전처리는 시료 1.5 g에 메탄올 50 mL을 가한 후 1200 rpm에서 15시간 동안 추출하여 감압농축하였다. 실험에 사용된 시료 용액은 농축물 250 mg 당 1 mL PBS (Phosphate buffered saline) buffer를 첨가하여 250 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 사용하였다. 제조 한 시료 용액을 20배, 50 배, 100배, 200배, 400배로 희석하여 시료용액 0.15 mL에 buffer 0.35 mL, 3 mM deoxyribose용액 0.1 mL, 0.1 mM ascorbic acid용액 0.1 mL, 0.1 mM EDTA용액, 0.1 mM FeCl<sub>3</sub> 용액, 1 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>용액 0.1 mL을 넣어 잘 교반 한 후 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후 2% TCA용액과 1% TBA 용액을 잘 섞은 후 100°C에서 20분간 반응한 후 냉각하여 원심 분리하였다. 상등액을 분광광도계를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Total phenol 함량

생지황을 숙지황으로 제조하는 과정의 지황에 대한 total phenol함량 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 증포 과정에 따른 지황의 total phenol 함량은 생지황이 1.20 mg/mL, 1회 증포 시 2.05 mg/mL, 3회 증포 시 3.25 mg/mL, 6회 증포 시 3.57 mg/mL, 9회 증포 시 3.66 mg/mL으로 증포 과정이 반복될

수록 total phenol 함량이 유의적으로 증가하였다. 특히, 2회 증포 시 증가율이 108.1%였으며 9회 증포 시 205.4%의 높은 증가율을 나타내었다. 이는 생지황을 이용하여 숙지황을 제조하는 과정에서 증포 과정의 반복에 따라 total polyphenol 함량이 증가되는 것으로 사료된다. Woo 등 (2007)의 연구에 의하면 생지황을 구증구포 방법으로 숙지황을 제조하는 과정에서의 총 페놀 함량을 측정하였으며, 처리증수가 증가할수록 총 페놀 함량이 증가하는 본 실험과 동일한 결과를 나타내었다. You 등 (2011)의 연구에 따르면 지황은 품종별로 다른 total phenol 함량을 나타내며 그 중 고려지황의 total phenol 함량이 가장 높은 것으로 측정되었다. 페놀성 화합물은 한분자 내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl기를 가진 방향족 화합물들의 총칭으로 생체 내에서 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있으며 충치예방, 고혈압 억제, 항산화, 항암들의 다양한 생리활성을 가진다 (Yu *et al.*, 2006; Kang *et al.*, 2002). 따라서 증포 과정이 반복됨에 항산화능이 증가되는 것은 total phenol 함량의 증가로 기인한 것으로 사료된다.

### 2. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능

생지황을 숙지황으로 제조하는 과정의 지황에 대한 DPPH radical 소거능의 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 항산화 활성 측정방법 중 DPPH 라디칼 소거법은 항산화질의 전자공여능으로 인해 방향족 화합물 및 방향족 아민류에 의해 환원되어 자색이 탈색되는 정도를 나타내는 지표로 항산화능을 측정하는데 유용하게 사용되어 지고 있다. (Doh *et al.*, 2010). 생지황의 숙지황 제조 과정 중 증포 횟수에 따른 DPPH radical 소거능 IC<sub>50</sub> 값 (DPPH 라디칼을 50% 소거시키는데 필요한 농도)을 dry basis로 산출한 결과 생지황이 26.64 mg/mL, 1회 증포 시 24.16 mg/mL, 3회 증포 시 18.56 mg/mL, 6회 증포 시 16.58 mg/mL, 9회 증포 시 13.74 mg/mL으로 증포 횟수가 증가 할수록 생지황에 비하여 9회 증포 시 약 2배 감소하였다. 이는 생지황을 증포하여 숙지황을 제조하는 과정에서 증포 횟수가 반복됨에 따라 지황의 항산화능이 증가한 것으로 사료된다. Kim 등 (2009)의 연구에서는 인삼을 구증구포의 계속적인 증포 과정을 통하여 홍삼을 제조하는 과정에서 DPPH 분석한 결과 항산화력은 증포가 진행될수록 점차적으로 증가

**Table 1.** Total phenol content of *Rehmannia glutinosa* by traditional method.

	0 <sup>1)</sup>	1 <sup>2)</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9
Total phenol content (mg/mL)	1.20±0.08 <sup>d3)</sup>	2.08±0.04 <sup>d</sup>	2.50±0.08 <sup>c</sup>	3.25±0.04 <sup>b</sup>	3.26±0.06 <sup>b</sup>	3.41±0.09 <sup>b</sup>	3.57±0.08 <sup>a</sup>	3.60±0.04 <sup>a</sup>	3.65±0.11 <sup>a</sup>	3.66±0.18 <sup>a,***</sup>
Rate of increase (%)	0	65.0	108.1	171.2	171.9	184.2	197.9	200.6	204.1	205.4

<sup>1)</sup>0: *Rehmannia glutinosa* <sup>2)</sup>1~9: Steam and dry-processing times.

<sup>3)</sup>All values are Mean±S.D. of three replications.

<sup>\*\*</sup>Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at *p* < 0.05.

**Table 2.** FRAP value of *Rehmannia glutinosa* by traditional method.

	0 <sup>1)</sup>	1 <sup>2)</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9
FRAP value (mg/mL)	0.52±0.00 <sup>g3)</sup>	0.88±0.02 <sup>f</sup>	1.20±0.07 <sup>e</sup>	1.32±0.25 <sup>de</sup>	1.34±0.02 <sup>cde</sup>	1.37±0.15 <sup>bde</sup>	1.40±0.01 <sup>bcd</sup>	1.49±0.20 <sup>bc</sup>	1.52±0.17 <sup>b</sup>	1.99±0.11 <sup>a,**</sup>
Rate of increase (%)	0	70.0	132.3	154.5	158.4	164.0	170.7	189.0	193.8	285.0

<sup>1)</sup>0:*Rehmannia glutinosa* <sup>2)</sup>1~9:Steam and dry-processing times.

<sup>g)</sup>All values are Mean±S.D. of three replications.

<sup>\*\*</sup>Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

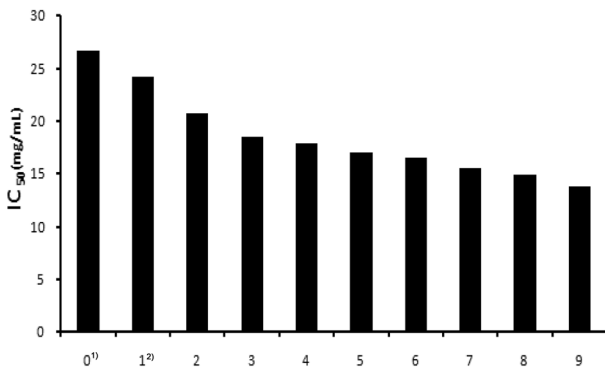
**Table 3.** ABTS radical scavenging activity of *Rehmannia glutinosa* by traditional method.

	0 <sup>1)</sup>	1 <sup>2)</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9
ABTS radical scavenging activity %	28.43±0.55 <sup>h3)</sup>	37.17±0.81 <sup>g</sup>	36.80±0.92 <sup>g</sup>	47.80±0.30 <sup>f</sup>	49.60±0.62 <sup>e</sup>	50.17±0.29 <sup>e</sup>	51.93±0.78 <sup>d</sup>	64.80±1.08 <sup>c</sup>	75.77±1.10 <sup>b</sup>	77.93±1.50 <sup>a,**</sup>

<sup>1)</sup>0:*Rehmannia glutinosa* <sup>2)</sup>1~9:Steam and dry-processing times.

<sup>g)</sup>All values are Mean±S.D. of three replications.

<sup>\*\*</sup>Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .



**Fig. 2.** DPPH radical scavenging activity of *Rehmannia glutinosa* by traditional method.

<sup>1)</sup>0:*Rehmannia glutinosa* <sup>2)</sup>1~9:Steam and dry-processing times.

하는 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 대한약전 (제7개정)에 따르면 숙지황의 5-HMF 함량은 0.1% 이상을 함유하고 있는 것으로 규정하고 있는데, Lee 등 (2002)은 숙지황의 제조 시 구증구포 횟수의 증가에 따른 5-HMF의 함량의 증가를 나타내었다. 이는 숙지황 제조 시 구증구포 횟수에 따라 5-HMF와 같은 성분의 증가로 항산화능이 증가하는 것으로 사료된다.

### 3. FRAP (ferric-reducing antioxidant potential) value 측정

생지황을 숙지황으로 제조하는 과정의 지황에 대한 FRAP value의 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 생지황의 숙지황 제조 과정 중 증포 횟수에 따른 FRAP value는 생지황이 0.52 mg/mL, 1회 증포 시 0.88 mg/mL, 3회 증포 시 1.32 mg/mL, 6회 증포 시 1.40 mg/mL, 9회 증포 시 1.99 mg/mL로 유의적으로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 이는 Kim *et al.* (2011)의

연구에서 피부직삼을 구증구포하여 흑삼으로 제조하는 과정 중 흑삼 주정 추출물의 FRAP value를 측정한 결과 피부직삼에 비하여 구증구포 과정을 거친 흑삼에서 FRAP value가 155.6% 증가한 결과와 같은 경향을 나타내었다. 따라서 이는 생지황의 증포 횟수를 거듭하여 숙지황을 제조하는 과정에서 지황의 항산화능이 증가되는 것으로 사료된다.

### 4. ABTS radical 소거능

생지황을 숙지황으로 제조하는 과정의 지황에 대한 ABTS radical 소거능 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. 지황의 숙지황 제조 과정 중 증포 횟수에 따른 ABTS radical 소거능은 각각의 시료가 12.5 mg/mL의 농도 일 때, 생지황이 28.43%, 1회 증포 시 37.17%, 3회 증포 시 47.80%, 6회 증포 시 51.93%, 9회 증포 시 77.93%으로 유의적으로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). Kim 등 (2007)의 연구에서 인삼의 용매추출물에 따른 ABTS 라디칼 소거능을 검토하였으며 에탄올 추출물이 50%, 75% 에탄올 추출물이 40%의 소거능을 보여 이는 본 실험에서 생지황은 인삼 용매 추출물에 비하여 낮은 활성을 나타내었지만 생지황을 구증구포하여 숙지황으로 제조하였을 때는 77.93%로 더 높은 소거능을 나타내었다.

### 5. Hydroxyl radical 소거능

생지황을 숙지황으로 제조하는 과정의 지황에 대한 Hydroxyl radical 소거능 IC<sub>50</sub> 값을 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 생지황을 이용하여 전통방법으로 9회 증포 과정의 hydroxyl radical IC<sub>50</sub> 측정값을 dry basis로 산출한 결과 생지황이 18.44 mg/mL, 1회 증포 시 13.27 mg/mL, 3회 증포 시 8.69 mg/mL, 6회 증포 시 8.53 mg/mL, 9회 증포 시 6.37 mg/mL으

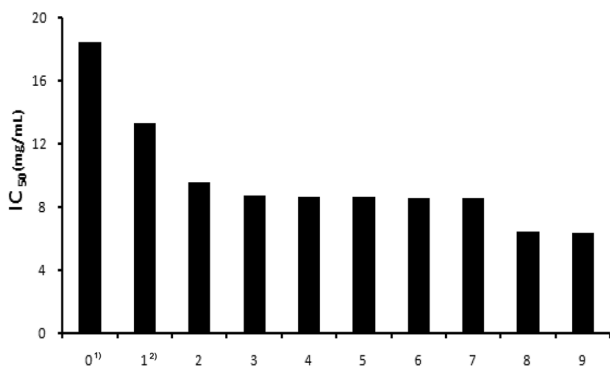


Fig. 3. Hydroxyl radical scavenging activity of *Rehmannia glutinosa* by traditional method.

<sup>1)</sup>0: *Rehmannia glutinosa* <sup>2)</sup>1~9: Steam and dry-processing times.

로 증포 횟수가 증가할수록 IC<sub>50</sub> 값이 76.1% 감소하였다. 따라서 증포 횟수가 증가할수록 IC<sub>50</sub> 값이 감소하여 항산화능이 증가하는 것으로 사료된다. hydroxyl radical (•OH)은 활성산소 중 반응성이 매우 강하여 생체 산화에 주된 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Chung, 1997). 또한 활성산소 라디칼 중에서 화학적으로 가장 반응성이 크며, 지질 산화를 개시하고 DNA 손상을 주거나 돌연변이를 유발하는 물질로 알려져 있으며, 가장 독성이 강한 free radical이다 (Kim *et al.*, 2011). You 등 (2011)의 연구에 따르면 품종별 지황의 hydroxyl radical 소거능 측정 결과 고려지황의 IC<sub>50</sub> 값이 가장 낮아 가장 높은 항산화능을 나타내었으며, 식물체의 경우 사용부위에 따라서 전자공여능의 차이를 나타내며, 품종에 따라 차이를 보인다고 발표하였다.

### 감사의 글

농촌진흥청 2011년도 지역농업 특성화 기술 지원연구과제로 수행한 연구의 일부로 이에 감사드립니다.

### LITERATURE CITED

Ahn DK, Kim CM, Shin MK and Lee KS. (1998). Traditional chinese medicine dictionary. Chungdambooks, Seoul. Korea. 2:168-176.

Ahn SW, Kim YG, Kim MH, Lee HY and Seong NS. (1999). Comparison of biological activities on *Rhemannia Radix* and *R. Radix* Preparata produced in Korea. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:257-262.

Benzie IF and Strain JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant power": The FRAP assay. Analytical Biochemistry. 230:70-79.

Blois MS. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 26:1199-1200.

Cerutti PA. (1985). Peroxidant states and tumor promotion.

Science. 227:375-381.

Chun JC, Kim JC, Hwang IT and Kim SE. (2002). Acteoside from *Rehmanniae glutinosa* nillities paraquat activity in *Cucumis sativua*. Pesticide Biochemistry and Physiology. 72:153-159.

Chun JC, Ma SY, Kim SE and Lee HJ. (1997). Physiological responses of *Rehmanniae glutinosa* to paraquat and its tolerance mechanisms. Pesticide Biochemistry and Physiology. 59:51-63.

Chung SK. (1997). Hydroxy radical scavenging effects of species and scavengers from brown mustard. Bioscience Biotechnology and Biochemistry. 61:118-123.

Cohen G. (1988). Oxygen radicals and Parkinson's disease. In Halliwell B, (ed.). Oxygen Radicals and Tissue Injury. Federation of American Societies for Experimental Biology. Bethesda, MD. USA. p. 130-135.

Doh ES, Chang JP, Lee KH and Seong NS. (2010). Ginsenoside change and antioxidation activity of fermented ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:255-265.

Halliwell B and Gutteridge JC. (1984). Oxygen toxicity, radicals, transition metal and disease. Biochemical Journal. 319:1-14.

Hwang SY, Hwang BY, Choi WH, Jung HJ, Huh JD, Lee KS and Ro JS. (2001). Quantitative determination of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in the *Rehmanniae radix* Preparata samples at various processing stages. Korean Journal of Pharmacology. 32:116-120.

Kang MH, Choi CS, Kim ZS, Chung HK, Min KS, Park CG and Park HW. (2002). Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch, and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. Korean Journal of Food Science Technology. 34:1098-1102.

Kim DW, Lee YJ, Min WJ, Kim YJ, Rho YD and Yang DC. (2009). Conversion of acidic polysaccharide and phenolics compound of changed ginseng by 9 repetitive steaming and drying process, and its effects of antioxidation. Korean Journal of Oriental Physiology & Pathology. 23:121-126.

Kim HJ, Lee JY, You BR, Kim HR, Choi JE, Nam KY, Moon BD and Kim MR. (2011). Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseng prepared by steaming-drying cycles. Journal of Korean Society Food Science Nutrition. 40:156-162.

Kim TH, Kim JM, Beak JM, Kim TW, kim DJ, Park JH and Choe M. (2011). Antioxidant and whitening effects of *Agrimonia pilosa* Ledeb water extract. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:177-184.

Kim YC, Cho CW, Rhee YK, Yoo KM and Rho JH. (2007). Antioxidant activity of ginseng extracts prepared by enzyme and heat treatment. Journal of Korean Society Food Science Nutrition. 39:1482-1485.

Lee CK and Seo JM. (2004). Changes of the constituents in the *Rehmanniae radix* Preparata during processing. Journal of Korean Society Food Science Nutrition. 33:1748-1752.

Lee JH, Koh JA, Hwang EY and Hong SP. (2002). Quantitative determination of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde from *Rehmanniae radix* Preparata according to various processing. Korean Journal of Herbology. 17:145-149.

Lim JD, Yu CY, Kim MJ, Yun SJ, Lee SJ, Kim NY and Chung IM. (2004). Comparison of SOD Activity and

- phenolics compound contents in various Korean medicinal plants. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:191-202.
- Ma JY, Ha CS, Sung HJ and Zee OP.** (2002). Hemopoietic effects of rhizoma *Rehmanniae* Preparata on cyclophosphamide-induced prenicious anemia rats. Korean Journal of Pharmacology. 31:325-334.
- Morota T, Sasaki H, Nishimura H, Sungama K, Chin M and Mitsahashi H.** (1989). Two iridoid glycosides from *Rehmannia glutinosa*. Phytochemistry. 28:2149-2153.
- 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 Korean Agricultural Chemistry Society. 32:249-254.
- Park NK, Kim SL, Hur HS and Park CH.** (2002). Development of *R. radix* Preparata with new variety "Jiwhang1". Korean Journal of International Agriculture. 14:3-39.
- Pellegrini N, Re R, Yang M and Rice-Evans V.** (1998). Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. Methods of Enzymology. 299:379-389.
- Singleton VL and Rossi JA.** (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology Viticulture. 16:144-158.
- Woo KS, Song DS, Lee JS, Lee HB and Jeong HS.** (2007). Quality characteristics of *Rehmannia radix* Preparata with pre-soaking solvents. Korean Journal of Food Science Technology. 39:289-294.
- You BR, Kim HR, Kim HJ, Lee JY, Lee SY, Song MR, Park JY and Kim MR.** (2011). Catalpol content an antioxidant activities in various cultivars of *Rehmanniae glutinosa*. Journal of Korean Society Food Science Nutrition. 40:481-485.
- Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ and Lee IS.** (2006). Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zizyphus juiuba* var. *inermis rehder*. Korean Journal of Food Science Technology. 38:128-134.