

## 숙성처리에 따른 지황 슬러리의 환원당 및 카탈폴 변화

장귀영 · 김동휘\* · 박찬흠 · 신유수\*\* · 강태수\*\*\* · 정현상\*\*\*\* · †최재훈\*\*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 박사후연구원, \*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 연구관  
\*\*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 연구사, \*\*\*충북도립대학 바이오식품과학과 교수,  
\*\*\*\*충북대학교 식품생명공학과 교수

### Changes in Reducing Sugar and Catalpol Contents of *Rehmannia* Root Slurry with Aging Treatments

Gwi Yeong Jang, Dong Hwi Kim\*, Chan Hum Park, Yu Su Shin\*\*, Tae Su Kang\*\*\*,  
Heon Sang Jeong\*\*\*\* and †Jehun Choi\*\*

Post-doc., Dept. of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea

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

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

\*\*\*Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science and Technology, Chungbuk 29046, Korea

\*\*\*\*Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea

#### Abstract

*Rehmannia glutinosa* root (*R.* root) has been used as a traditional medicine, and is an important resource for natural medicines and functional foods. However, *R.* root contains catalpol which is bitter, and undigested sugars, including stachyose and raffinose, which can cause diarrhea. Therefore, this study was performed to identify the changes in reducing sugar from undigested sugars and in catalpol contents in *R.* root slurry induced by aging treatments. *R.* root slurry was treated at 10~70°C for up to 72 hr; and extracted with a 50% ethanol solution. The catalpol content was analyzed using HPLC-UVD. Reducing sugar content generated from undigested sugars was measured by the Nelson-Somogyi methods, and the reaction rates were calculated from their variation according to aging time and temperature. During the aging treatment, reducing sugar increased and catalpol decreased. Their formation and degradation rates were highest at 50°C and 30~40°C, and their rates were 2.05 mg/g·hr and 23.09 to 23.33%/hr, respectively. These results indicated that aging treatment can positively affect the sweetness and digestibility of *R.* root slurry. Therefore, an aging treatment could be considered for improving the taste and digestibility of *R.* root.

Key words: *Rehmannia glutinosa* root slurry, catalpol, sugars, sweetness, digestibility

#### 서론

지황(*Rehmannia glutinosa*)은 현삼과(Scrophulariaceae)에 속하는 약용작물로(Jeong 등 2004), 국내에서 재배되는 주요 약용작물 중 하나이다(MAFRA, 2017). 지황은 주로 잔뿌리를 제거하고 그대로 사용하는 생지황, 건지황, 주침, 증숙 및 건

조를 반복하여 제조하는 숙지황으로 사용하고 있으며, 생지황보다는 건지황이나 숙지황으로 주로 이용된다(Lee 등 2002; Lee 등 2017a; Kim 등 2008).

지황의 생리활성으로는 항종양(Chao 등 2006), 면역증진(Zhao 등 1990), 심혈관계질환 개선(Chang 등 1998) 등의 효과가 알려져 있어 의약품이나 기능성 식품 소재로서 높은 활용

† Corresponding author: Jehun Choi, Dept. of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea. Tel.: +82-43-871-5765, Fax: +82-43-871-5759, E-mail: jehun@korea.kr

가치가 있다. 생지황의 주요 성분으로 카탈폴(catalpol), 스타키오스(stachyose) 및 라피노스(raffinose) 등이 대표적이며(Liu 등 1992; Oshio 등 1981, Ghisalberti EL 1998), 이리도이드 배당체(iridoid glycoside)인 카탈폴과 비소화성 당류(스타키오스, 라피노스)는 섭취하였을 때 설사와 복통을 유발할 수 있다(Hata 등 1991; Murphy 등 1972, Shin 등 1997). 스타키오스와 라피노스를 분해하여 환원당인 갈락토스(galactose)와 단맛이 강한 슈크로스(sucrose)를 생성하는  $\alpha$ -galactosidase가 지황에서 분리되었으나(Zhao 등 2006), 이를 이용하여 소화성과 관능적인 품질을 개선하기 위한 연구는 전무한 실정이다. 또한, 카탈폴과 같은 이리도이드 배당체는 쓴 맛을 내는 대표적인 성분으로 관능적인 품질에 좋지 않은 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Mander & Liu 2010). 이러한 요인들은 생지황을 이용한 가공식품을 제조하는데 있어 소화성과 관능적인 문제로서 작용할 수 있다.

식품의 숙성가공은 100°C 이상의 고온에서 이루어지는 가공보다는 비교적 낮은 온도(50~80°C)에서 이루어지기 때문에 고온에서 나타나는 변화와는 다른 특성 변화가 나타나며, 원료의 생물학적인 특성에 따라 다양한 변화를 기대할 수 있다(Kim 등 2008; Hwang 등 2006; Lee 등 2013).

따라서 본 연구에서는 산업적으로 주로 이용되는 슬러리 상태의 지황을 제조하고, 다양한 온도에서 숙성시켜 비소화성 당류인 스타키오스와 라피노스로부터 생성되는 환원당과 쓴맛의 주요 원인인 이리도이드 배당체로서 카탈폴의 함량 변화를 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 지황 슬러리 제조 및 숙성처리

지황은 국립원예특작과학원 인삼특작부에서 2017년 10월에 수확한 다강 품종을 시료로 사용하였다. 수확한 지황은 흐르는 물에 깨끗이 세척 후 바로 물기를 제거하였다. 지황 슬러리는 blade mill(HMF-3500TG, 7,460 rpm, 650 W, Hanil Electric, Seoul, Korea)을 이용하여 제조하였으며, 지황 무게와 동량의 증류수를 첨가하였다. 지황 슬러리는 50 mL conical tube에 담아 10~70°C에서 0~72시간 동안 배양기(VS-1203PFC, Vision Scientific Co., LTD., Daejeon, Korea)에서 효소에 의한 성분 변화를 확인하기 위하여 숙성시켰다. 숙성이 끝난 지황 슬러리에 동량의 95% 에탄올을 첨가하여 반응을 정지시켰으며, 샘플링 간격은 성분의 변화량에 따라 환원당은 24시간 간격으로, 카탈폴은 2~24시간 간격으로 실시하였다. 숙성된 지황 슬러리의 추출에는 50% 에탄올을 사용하여 초음파 추출하였다. 추출물은 membrane filter(PVDF, 0.45  $\mu$ m, Whatman, Maidstone, England)로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다.

### 2. 환원당 함량 측정

생지황 및 숙성지황 슬러리의 환원당 함량은 Lee 등(1995)의 방법으로 측정하였다. 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 0.5 g을 50 mL에 용해하고, 20 mL의 2 N-NaOH(Sigma-Aldrich)를 가한 후, 30 g의 rochelle 염(potassium sodium tartrate tetrahydrate, Sigma-Aldrich)을 가하여 완전히 용해 후 증류수로 100 mL까지 정용하였다. 환원당 함량은 추출물 0.2 mL에 DNS 시약 0.4 mL를 가하여 100°C에서 5분간 가열 후 냉각시키고 증류수 1.8 mL를 첨가한 다음 525 nm에서 흡광도(Synergy H1, Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)를 측정하였다. 표준물질은 글루코스(glucose, Sigma-Aldrich)를 사용하였다. 환원당 함량은 지황 슬러리 건물량 기준 mg/g으로 나타내었다.

### 3. 카탈폴 함량 분석

생지황 및 숙성지황 슬러리의 카탈폴 함량은 high-performance liquid chromatography와 UV-vis detector(HPLC-UVD, 1200 Series, Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA)를 사용하여 분석하였다. 분석방법은 Hwang SJ(2005)의 방법을 변형하여 사용하였으며, 분석조건은 C18 컬럼(YMC-ODS-AM, 250×4.6 mm, 5  $\mu$ m, YMC, Inc., Wilmington, NC, USA), 이동상은 물(A):acetonitrile(B) 기울기 조건(0~5 min: 0% B, 5~8 min: 0~0.5% B, 8~13 min: 0.5% B, 13~20 min: 0.5~2.0% B, 20~25 min: 2.0~5.0% B, 25~30 min: 5.0~100.0% B), 유속 1 mL/min, 주입량 10  $\mu$ L 및 검출파장은 210 nm이었다. 표준품은 카탈폴(Sigma-Aldrich)을 사용하였다. 카탈폴 함량은 지황 슬러리 건물량 기준  $\mu$ g/g으로 나타내었다.

### 4. 환원당 및 카탈폴 함량의 변화 속도

생지황 및 숙성지황 슬러리의 환원당 및 카탈폴 함량의 변화속도는 각 숙성온도별 시간의 증가에 따른 변화량으로부터 계산하였으며, 숙성조건별 환원당 증가와 카탈폴 감소 속도는 각각 mg/g-h와 %/h로서 추출수율을 환산하여 건물량 기준으로 나타내었다.

### 5. 통계분석

모든 실험은 3회 반복하였으며, 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 각 시료군의 평균과 표준편차를 산출하고, 처리 간 차이 유무를 one-way ANOVA(Analysis of variation)로 분석한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 검정하였다( $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 1. 숙성처리에 따른 지황 슬러리의 환원당 함량 변화

숙성처리에 따른 지황 슬러리의 환원당 함량 변화는 Fig. 1과 같다. 숙성시키지 않은 생지황 슬러리는 27.652 mg/g의 환원당 함량을 나타내었다. 30~70°C에서 숙성하였을 때 시간이 증가함에 따라 지황 슬러리의 환원당 함량이 증가하였으며, 50°C에서 가장 많은 증가량을 보였다. 그에 반해 10°C와 20°C에서 숙성하였을 때 함량 증가를 거의 보이지 않았다. 지황 슬러리를 72시간 동안 숙성시켰을 때, 환원당 함량은 10, 20, 30, 40, 50, 60 및 70°C 처리구에서 각각 28.995, 30.050, 33.318, 85.656, 175.495, 113.422 및 64.551 mg/g으로 50°C에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 이는 지황에 함유된 스타키오스와 라피노스가  $\alpha$ -galactosidase에 의해 환원당인 갈락토스가 생성되어 증가하는 것으로 판단되며, Zhao 등(2008)의 연구 결과와 같이 지황에 존재하는  $\alpha$ -galactosidase의 최적 반응 온도가 50°C에 가까울 것으로 추정된다. 또한, 스타키오스와 라피노스가 분해되며, 같이 생성되는 슈크로스는 높은 감미를 나타내기 때문에 숙성처리가 지황 슬러리의 관능적인 품질에 좋은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

지황의 성분에 대한 연구에서 탄수화물 함량은 건물량 기준으로 82.91~86.94%이었으며, 그 중 비소화성 당류인 스타키오스와 라피노스의 비율은 탄수화물 중 50.16~54.52%와 3.52~5.77%로 총 탄수화물의 50% 이상이 비소화성 당류로 이루어져 있어 섭취하였을 때 장내 비피도박테리아의 생육 촉진으로 유익할 수 있으나, 가스와 설사 유발로 불편을 일으킬 가능성이 있다(Oh 등 2012; Hata 등 1991; Murphy 등 1972). 스타키오스와 라피노스는 지황뿐만 아니라, 콩에도 많은 함량이 들어있어 콩 가공품의 소화성에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 이를 감소시키기 위해 두유에  $\alpha$ -galactosidase를 처리하여 분해시킴으로써 소화성을 개선하거나(Thananunkul 등 1976), 유산균을 이용한 발효(Mital 등 1974), 스타키오스와 라피노스 함량이 낮은 두부를 제조하

기 위한 품종 선발(Lee 등 2017b) 등의 다양한 연구가 이루어졌다. 지황에서 분리한  $\alpha$ -galactosidase의 최적 반응 온도는 50°C로 본 연구에서의 최적 조건과 유사하였으며(Zhao 등 2008), Thananunkul 등(1976)이 발표한 두유의 스타키오스와 라피노스의 분해에 사용한  $\alpha$ -galactosidase는 미생물(*Mortierella vinacea*)로부터 분리한 효소이지만 지황 유래 효소와 같이 50~55°C에서 가장 우수한 활성을 보여 유사한 결과를 나타내었다.  $\alpha$ -Galactosidase에 의한 스타키오스와 라피노스의 분해산물로서 스타키오스로부터 라피노스와 갈락토스가, 라피노스로부터 갈락토스와 슈크로스가 생성되는 것으로 보고되었으며(LeBlanc 등 2004), 갈락토스와 슈크로스는 스타키오스나 라피노스와 비교하여 높은 감미도를 갖고 단맛은 쓴맛을 억제하는 효과가 있기 때문에(Birch & Shallenberger 1976), 지황 슬러리에서 스타키오스와 라피노스로부터 갈락토스와 슈크로스가 증가하는 것은 소화성뿐 아니라, 관능적으로도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

### 2. 숙성처리에 따른 지황 슬러리의 카탈폴 함량 변화

숙성처리에 따른 지황 슬러리의 카탈폴 함량 변화를 확인한 결과, 환원당과 같이 특정한 온도에서 많은 변화를 나타내었다. 지황 슬러리 추출물의 카탈폴을 분석한 크로마토그램에서도 숙성처리에 의해 카탈폴 피크가 40°C에서 2시간 만에 크게 감소하는 것으로 확인되었으며(Fig. 2), 숙성온도에 따라 변화량이 다른 것으로 확인되었다(Fig. 3). 70°C를 제외한 모든 온도에서 숙성시간이 증가함에 따라 카탈폴이 감소하였으며, 10, 20, 30 및 40°C에서 20시간 이내에 대부분의 카탈폴이 분해되는 것으로 나타났다. 특히 40°C에서 숙성시켰을 때 가장 많이 감소하였다. 50°C와 60°C에서는 48시간을 기준으로 각각 31.02%와 27.19%가 감소하여 10~40°C와 비교하여 감소속도가 느린 것으로 확인되었다. 숙성시키지 않은 지황 슬러리의 카탈폴 함량은 1,794.45  $\mu$ g/g이었으며, 10, 20, 30 및

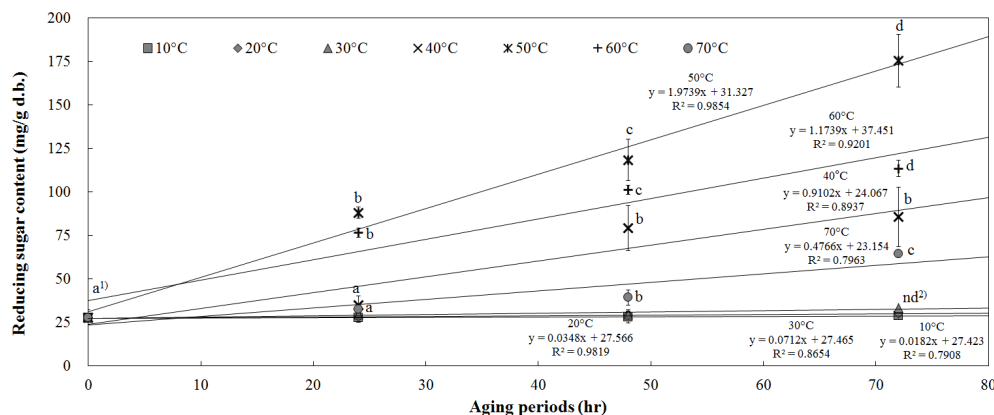


Fig. 1. Changes in reducing sugar content of *R.* root slurry during aging treatment. <sup>1)</sup> Different letters among the same temperature means a significant difference ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>2)</sup> Not significant.

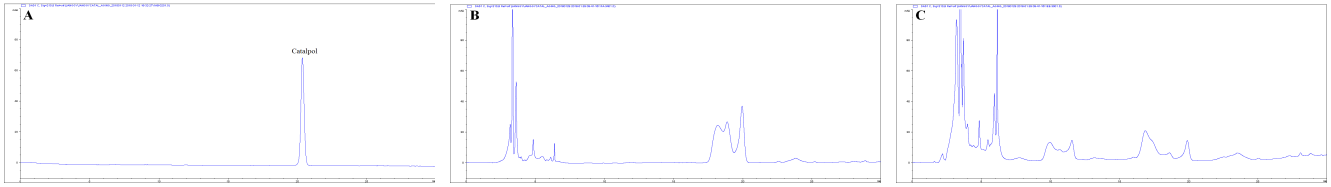


Fig. 2. Chromatograms of catalpol standard and *R. root slurry* with aging treatment. Samples: A; Catalpol standard, B; Control, C; *R. root slurry* aged at 40°C for 2h.

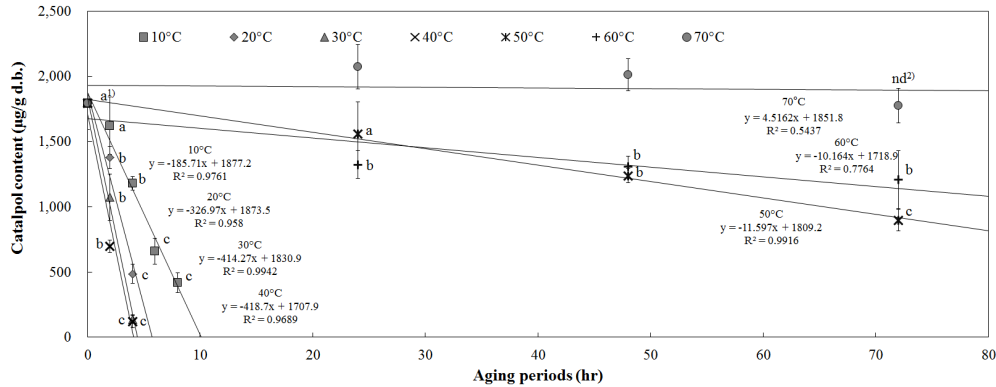


Fig. 3. Changes in catalpol content of *R. root slurry* during aging treatment. <sup>1)</sup> Different letters among the same temperature means a significant difference ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>2)</sup> Not significant.

40°C에서 4시간 숙성시켰을 때 각각 1,178.91, 486.57, 137.38 및 119.66 µg/g이었다. 일반적으로 이리도이드 배당체는 다양한 식물에 존재하며 쓴맛을 갖는 것으로 알려져 있어(Mander & Liu 2010), 카탈폴의 감소가 지황 슬러리의 관능적 품질에 긍정적인 것으로 추정되나, 카탈폴 배당체가 분해되어 생성된 성분이 어떤 관능적 특성을 갖는지 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

카탈폴의 이화학적 처리에 의한 분해속도 연구에서 pH 4, 5, 6, 7, 8 및 9로 조정된 카탈폴 용액을 100°C로 가열하였을 때 pH 4를 제외한 나머지 시료에서는 비교적 안정한 결과를 나타내었으며, 특히 pH 7에서는 8시간까지도 함량의 변화를 나타내지 않아(Wei & Wen 2014), 본 연구에서도 열에 의한 분해보다는 효소적인 분해에 의한 감소로 추정된다. 카탈폴과 같은 이리도이드 배당체의 glycosidic bond는 β-glucosidase에 의해 쉽게 비배당체로 분해되며, 다양한 동식물에 존재하는 것으로 알려져 있다(Konno 등 1999). 와인 유래 효모의 β-glucosidase의 활성온도에 대한 연구에서 20~60°C의 넓은 범위에서 효소활성을 나타내어 40°C에서 가장 우수한 효과를 나타내었으며(Hernandez 등 2003), Rosi 등(1994)의 연구에서도 β-glucosidase의 최고 활성 온도는 40°C 이었고, 50°C부터는 활성이 크게 감소하는 것으로 나타나, 본 연구의 결과와 유사하여 숙성 중 지황 슬러리의 카탈폴 감소는 이화학적 반응보다는 효소작용에 의한 것으로 판단되며, 이리도이드 배당체인 카탈폴의 감소는 지황

슬러리의 관능적 품질에 영향을 미칠 수 있을 것으로 추정된다.

### 3. 숙성 온도별 지황 슬러리의 환원당 생성 및 카탈폴 분해 속도

숙성 온도별 지황의 환원당 및 카탈폴 함량의 변화속도는 Table 1과 같다. 환원당 생성속도의 의미를 나타내는 기울기는 10, 20, 30, 40, 50, 60, 및 70°C에서 각각 0.0182, 0.0348, 0.0712, 0.9102, 1.9739, 1.1739 및 0.4766이었으며, 생성속도는 0.02, 0.03, 0.08, 0.81, 2.05, 1.19 및 0.51 mg/g·h로 50°C에서 가장 빠른 생성속도를 보여 환원당의 생성과 관련된 스타키오스와 라피노스의 분해가 50°C에서 가장 빠르게 이루어진 것으로 추정된다.

이는 특정 온도에서 성분변화의 속도가 증가하는 것을 나타내며, 일반적인 화학반응에서 온도가 증가함에 따라 반응이 증가하는 것과는 달리 효소 반응 특유의 최적 온도가 존재하여 50°C에서 반응이 가장 빠르게 이루어지는 것으로 추정된다. Zhao 등(2008)의 연구 결과에서도 지황 유래의 α-galactosidase의 최적온도는 50°C이었으며, 50°C보다 높거나 낮은 온도에서는 효소의 활성이 낮아지는 것으로 보고된바 있다. Jung & Lee(1986)가 보고한 대두의 섭취 시 stachyose와 raffinose로 인해 발생하는 복부 팽만감을 개선하기 위한 α-galactosidase의 특성 연구에서도 50°C에서 가장 우수한 분해 효과를 나타내어 본 연구 결과와 유사하였다.

**Table 1. Reaction rates of reducing sugar formation and catalpol degradation in *R.* root slurry with aging temperatures**

Temperatures (°C)	Reducing sugar			Catalpol		
	Formation rate (mg/g·h, d.b.)	Slope	R <sup>2</sup>	Degradation rate (%/h, d.b.)	Slope	R <sup>2</sup>
10	0.02 <sup>e1)</sup>	0.0182	0.7908	9.58 <sup>c</sup>	-185.7064	0.9761
20	0.03 <sup>e</sup>	0.0348	0.9819	18.22 <sup>b</sup>	-326.9701	0.9580
30	0.08 <sup>e</sup>	0.0712	0.8654	23.09 <sup>a</sup>	-414.2675	0.9942
40	0.81 <sup>c</sup>	0.9102	0.8937	23.33 <sup>a</sup>	-418.6975	0.9689
50	2.05 <sup>a</sup>	1.9739	0.9854	0.70 <sup>d</sup>	-11.5970	0.9916
60	1.19 <sup>b</sup>	1.1739	0.9201	0.46 <sup>d</sup>	-10.1640	0.7764
70	0.51 <sup>d</sup>	0.4766	0.7963	0.01 <sup>d</sup>	4.5162	0.5437

<sup>1)</sup> Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

지황의 쓴맛과 관련된 카탈폴 분해 속도를 확인한 결과, 추세선의 기울기는 10, 20, 30, 40, 50, 60 및 70 °C에서 각각 -185.70, -326.9701, -414.2675, -418.6975, -11.5969, -10.1637 및 4.5162이었으며, 분해속도는 생지황 슬러리의 카탈폴 함량을 100%라고 하였을 때 각각 9.58, 18.22, 23.09, 23.33, 0.70, 0.46 및 0.01%/h를 나타내어 30~40 °C에서 가장 빠르게 감소하는 것으로 확인되었으며, 환원당이 생성되는 온도와 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지황 슬러리의 숙성 온도를 선정할 때 단일 온도로 이루어진 숙성 처리보다는 이리도이드 배당체의 감소와 비소화성 당류의 분해 단계를 온도를 달리하여 순차적으로 적용하는 숙성처리 방법을 고려할 필요가 있음을 보여준다.

## 요약 및 결론

본 연구 결과, 숙성처리는 지황의 비소화성 당류의 분해로 환원당이 증가하고, 쓴 맛의 원인인 카탈폴을 감소시킴으로써 지황의 소화성과 단맛의 증가에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각되며, 비소화성 당류로부터의 환원당 증가와 카탈폴 감소를 위한 최적 온도는 각각 50 °C와 30~40 °C이었다. 따라서 본 연구에서 제안하는 숙성처리가 낮은 소화성과 쓴맛으로 인해 활용성이 낮은 지황의 소화성과 관능적 품질 개선에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 원예특작시험연구사업의 지원에 의해 수행된 연구과제(과제번호: PJ012690)의 일부 결과이며, 2018년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것으로서 이에 감사드립니다.

## References

- Birch GG, Shallenberger RS. 1976. Structural relationships of sugars to taste. *Cri Rev Food Sci Nutr* 8:57-95
- Chang JM, Liu XY, Chang JH. 1998. Experimental study of *Rehmannia glutinosa* affecting blood pressure. *Lishizhen Med Mater Med Res* 9:416-417
- Chao JC, Chiang SW, Wang CC, Tsai YH, Wu MS. 2006. Hot water-extracted *Lycium barbarum* and *Rehmannia glutinosa* inhibit proliferation and induce apoptosis of hepatocellular carcinoma cells. *WJG* 12:4478-4484
- Ghisalberti EL. 1998. Biological and pharmacological activity of naturally occurring iridoids and secoiridoids. *Phytomedicine* 5:147-163
- Hata Y, Yamamoto M, Nakajima K. 1991. Effects of soybean oligosaccharides on human digestive organs: Estimation of fifty percent effective dose and maximum non-effective dose based on diarrhea. *J Clin Biochem Nutr* 10:135-144
- Hernandez LF, Espinosa JC, Fernandez-Gonzalez M, Briones A. 2003.  $\beta$ -Glucosidase activity in a *Saccharomyces cerevisiae* wine strain. *Int J Food Microbiol* 80:171-176
- Hwang SJ. 2005. Growth characteristics and catalpol production in Chinese foxglove (*Rehmannia glutinosa* Liboschitz) hairy roots transformed with *Agrobacterium rhizogenes* ATCC 15834. *J Plant Biol* 48:380-386
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38:342-347
- Jeong JH, Yu KW, Kim SJ, Choi YE, Paek KY. 2004. Plant

- regeneration from adventitious roots of *Rehmannia glutinosa* Liboschitz and bioreactor culture. *Korean J Plant Biotechnol* 31:55-60
- Jung SS, Lee SR. 1986. Enzymatic characteristics of  $\alpha$ -galactosidase for the removal of flatulence factor in soybean. *Korean J Food Sci Technol* 18:450-457
- Kim DH, Park CH, Park HW, Park CG, Sung JS, Yu HS, Kim GS, Seong NS, Kim JC, Kim MS, Bae SG, Chung BJ. 2008. A new high-quality, disease resistance and high yielding *Rehmannia glutinosa* cultivar, "Kokang". *Korean J Breed Sci* 40:84-87
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40:166-170
- Konno K, Hirayama C, Yasui H, Nakamura M. 1999. Enzymatic activation of oleuropein: A protein crosslinker used as a chemical defense in the privet tree. *P Natl Acad Sci* 96: 9159-9164
- LeBlanc JG, Silvestroni A, Connes C, Juillard V, de Giori GS, Piard JC, Sesma F. 2004. Reduction of non-digestible oligo-saccharides in soymilk: Application of engineered lactic acid bacteria that produce  $\alpha$ -galactosidase. *Genet Mol Res* 3:432-440
- Lee HI, Park HO, Lee KH, Ku SJ. 1995. A study on the relation between the contents of tannin, free amino acid, reducing sugar and chlorophyll and sensory evaluation of the 7 kinds of edible grass by cooking. *Korean J Food Nutr* 8:199-205
- Lee SE, Seong NS, Park CG, Seong JS. 2002. Screening for antioxidative activity of oriental medicinal plant materials. *Korean J Med Crop Sci* 10:171-176
- Lee SH, Song EM, Jang GY, Li M, Kim MY, Park HJ, Kang TS, Jeong HS. 2013. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of Doragi (*Platycodon grandiflorum*) at different aging temperatures and for various durations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1405-1411
- Lee SH, Yoon JS, Kim JK, Park CG, Kim SC, Jung CS, Chang JK, Kim YB. 2017a. Aucubin, catalpol and GABA contents in different plant parts of *Rehmannia glutinosa* cultivars. *Korean J Med Crop Sci* 25:16-21
- Lee SJ, Hu WS, Chung JI, Jeong BY, Sung NJ. 2017b. The quality characteristics of low raffinose and stachyose (LRS) soybean cultivars and their tofu. *J Life Sci* 27:1299-1307
- Liu GC, Du HQ, Liang L. 1992. Determination of catalpol in *Rehmannia glutinosa* by HPLC. *Tradit Herb Drug* 23:71-73
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [MAFRA]. 2017. 2016 An Actual Output of Crop for a Special Purpose. pp. 88-91. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs
- Mander L, Liu HW. 2010. Comprehensive Natural Products II: Chemistry and Biology. (Vol. 1). pp.349. Elsevier
- Mital BK, Steinkraus KH, Naylor HB. 1974. Growth of lactic acid bacteria in soymilk. *J Food Sci* 39:1018-1022
- Murphy EL, Horsley H, Burr HK. 1972. Fractionation of dry bean extracts which increase carbon dioxide egestion in human flatus. *J Agr Food Chem* 20:813-817
- Oh HL, Kim NY, Lee KJ, Yang KH, Doh ES, Song MR, Park JY, Kim MR. 2012. Proximate, mineral and sugar composition of *Rehmannia glutinosa* by cultivars. *J East Asian Soc Diet Life* 22:365-370
- Oshio H, Naruse Y, Inouye H. 1981. Quantitative analysis of iridoid glycosides of *Rehmanniae radix*. *Shoyakugaku Zasshi* 35:291-294
- Rosi I, Vinella M, Domizio P. 1994. Characterization of  $\beta$ -glucosidase activity in yeasts of oenological origin. *J Appl Microbiol* 77:519-527
- Shin HH, Choi HT, Choi DW. 1997. Study on production and properties of galactooligosaccharide from soybean arabinogalactan. *Korean J Food Nutr* 10:497-502
- Thananunkul D, Tanaka M, Chichester CO, Lee TC. 1976. Degradation of raffinose and stachyose in soybean milk by a  $\alpha$ -galactosidase from *Mortierella vinacea*, entrapment of  $\alpha$ -galactosidase within polyacrylamide gel. *J Food Sci* 41:173-175
- Wei GD, Wen XS. 2014. Characteristics and kinetics of catalpol degradation and the effect of its degradation products on free radical scavenging. *Pharmacogn Mag* 10:S122-S129
- Zhao LG, Gao SJ, Meng QZ, Zhang FY. 1990. A comparative study on effects of single tonic herbs on defense mechanism. *Tianjin J Tradit Chinese Med* 5:30-32
- Zhao Y, Wen XS, Cui J, Wu WH. 2006. Extraction and salting-out purification of  $\alpha$ -galactosidase and  $\beta$ -glucosidase from fresh roots of *Rehmannia glutinosa*. *J Chinese Med Mater* 29:137-139
- Zhao Y, Wen XS, Cui J, Wu WH. 2008. Separation, purification and property study of  $\beta$ -glucosidase and  $\alpha$ -galactosidase from fresh roots of *Rehmannia glutinosa*. *Food Drug* 11:12-15

Received 29 March, 2018

Revised 03 June, 2018

Accepted 11 July, 2018