

## 고온단시간 처리에 따른 저장 중 참당귀의 품질 특성

이은숙 · 지윤정\* · 이지연\*\* · 최수지\*\*\* · 이승은\*\*\*\* · 김형돈\*\*\*\* ·  
최재훈\*\*\*\* · 강민혜\*\*\*\* · 김동휘\*\*\*\* · †장귀영\*\*\*\*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 공무원연구원,

\*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 박사전문연구원, \*\*충북대학교 식품생명공학과 박사과정생,  
\*\*\*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 연구관, \*\*\*\*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 연구사

### Quality Characteristics of *Angelica gigas* Nakai in Response to High-Temperature-Short-Time Treatment during Storage

Eun Suk Lee, Yun-jeong Jee\*, Ji Yeon Lee\*\*, Su Ji Choi\*\*\*, Seung Eun Lee\*\*\*\*, Hyung Don Kim\*\*\*\*,  
Jehun Choi\*\*\*\*, Min Hye Kang\*\*\*\*, Dong Hwi Kim\*\*\* and †Gwi Yeong Jang\*\*\*\*

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

\*Post-Doctor, Dept. of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea

\*\*Doctor's Student, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea

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

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

#### Abstract

*Angelica gigas* Nakai (*A. gigas*) easily changes its color during storage, and appropriate thermal treatment can improve storage stability through inactivation of enzymes such as polyphenol oxidase. Therefore, this study was performed to determine quality characteristics of dried *A. gigas* in response to high-temperature-short-time (HTST) treatment during storage. Dried *A. gigas* were treated at 120-180°C for 10 min, the samples were stored at 4°C and 50°C for 10 weeks, and used for the analysis of qualities. Concerning the color values, the sample treated at 120°C was similar to the control, and the color change was large when treated above 180°C. However, color difference ( $\Delta E^*_{ab}$ ) was lower in treated samples than in control. Browning index was similar for all the samples except for the sample treated at 180°C. Functional qualities (phenolics content, antioxidant activities, and level of major components) showed a slight difference according to storage periods in all samples without control, and nodakenin content was observed in control. The results of this study showed that HTST treatment improved storage stability such as stability of colors and browning index in dried *A. gigas* during storage, and the appropriate treatment temperature was 120°C in terms of stability in color and browning index.

Key words: *Angelica gigas* Nakai, browning, color value, high-temperature-short-time treatment, quality stability

#### 서 론

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 한국에서 자생하는 산형과(Umbelliferae)에 속하는 다년생 초본으로서, 건뿌리는 약재로 쓰이고, 어린순은 나물(Park 등 2018)로 먹는, 활용도가 높

은 작물이다. 한방에서는 동의보감 처방 중에 500회 이상 언급되어, 감초, 생강 등과 함께 가장 많이 이용되고 있으며(Park 등 2019), 주로 보혈약(補血藥)으로 월경통, 월경불순, 빈혈증 등 부인과 질병의 치료에 사용되어 왔다(Lee 등 2019). 참당귀의 주요성분은 coumarin 계열로서 decursin,

† Corresponding author: Gwi Yeong Jang, Researcher, Dept. of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
Tel: +82-43-871-5768, Fax: +82-43-871-5759, E-mail: janggy@korea.kr

decursinol angelate, nodakenin 등으로(Park 등 2020), 이 성분들은 뇌 보호(Kang 등 2003), 항암(Ahn 등 1996), 항염(Ma 등 2009), 그리고 동맥경화증과 같은 혈액순환장애의 예방 및 치료 효과(Ohshiro 등 2006)가 있는 것으로 보고되었다.

품질은 상품을 선택하는 기준이 되며, 특히 외적 품질은 구매할 때 눈으로 확인 할 수 있는 품질지표로서 외관의 변화는 상품성 저하와 동시에 구매 욕구를 떨어뜨리는 요인이 된다(Lee & Kim 2020). 특히 과채류에서 외적품질에 많은 영향을 미치는 갈변은 생물학적 및 이화학적 요인에 의해 발생한다. 그 중 가열살균되지 않은 식품에서 발생하는 생물학적 요인으로는 효소적 갈변이 대표적이며 박피와 절단 과정에서 공기 노출과 세포벽 파괴로 발생한다. 효소적 갈변의 주원인은 polyphenol oxidase(PPO)이며, PPO는  $Cu^{2+}$ 를 함유하고 있는 효소로서 세포 내에 존재하는 polyphenol 화합물을 산화시켜 L-3,4-dihydroxyphenylalanine(L-DOPA)으로 전환되고, L-DOPA는 DOPAquinone으로 전환된다. 이후 산화적 중합 반응을 거쳐 흑갈색의 melanin 색소를 형성하는 갈변 현상을 일으킨다(Martinez & Whitaker 1995; Lee & Kim 2020). 산업에서는 효소적 갈변을 방지하기 위하여 ascorbic acid, citric acid, ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA) 등의 합성화합물을 사용해 왔다(Laurila 등 1998). 그러나 최근 소비자들의 건강에 대한 관심으로 농산물의 수확 또는 가공 중 화학물질 처리가 줄어드는 추세이며, 이에 따라 천연갈변억제제(Park & Kim 2013)나 비화학적 갈변억제 기술의 개발이 요구되고 있다.

참당귀의 경우 한약재표준제조공정지침에 따르면 뿌리를 세척 후 양건 또는 온풍건조기를 이용해 약  $40^{\circ}C$ 에서 건조감량이 50% 정도로 1차 건조 한 후 3~5 mm 두께로 절단한 후 온풍 건조기를 이용,  $40^{\circ}C$ 에서 2차 건조를 하게 된다. 2차 건조 후 선별과 대포장, 검사, 소분 규격 포장을 거친다. 이때 제조 공정이나 보관 중 참당귀의 육질이 갈변되면 품위가 떨어지고 상품가치가 하락하기 때문에 저장 중 참당귀의 품질 변화를 방지하기 위한 가공기술의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 경제적인 가공공정으로서 고온단시간처리(high-temperature-short-time treatment; HTST treatment)를 통해 참당귀의 이화학적 품질과 저장 중 품질변화에 미치는 영향을 확인하고자 저장온도와 저장기간별 색도, 갈변도, 항산화 특성 및 주요 기능성분 함량을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 참당귀 고온단시간처리 및 저장 조건

시료로 사용한 참당귀는 제천소재의 영농조합에서 2019년 10월 중순에 수확하여 세척 후  $40^{\circ}C$  이하에서 1차 건조

후 편상으로 절단하고  $40^{\circ}C$  이하에서 2차 건조하여 제조한 것을 구입하였다. 저장 중 품질변화 억제를 위한 고온단시간처리(HTST)로서 120, 150 및  $180^{\circ}C$ 에서 10분간 열풍으로 가열하였으며,  $20^{\circ}C$ 의 냉풍으로 10분간 냉각하여 처리를 종료하였다. 처리된 시료는  $4^{\circ}C$ (냉장)와  $50^{\circ}C$ (가혹조건)에 보관하며 1주일 단위로 10주차까지 샘플링하여 분석시료로 사용하였다.

### 2. 분석 시료 조제

HTST 처리한 참당귀는 시료간 동일한 조건에서 색도를 분석하기 위하여 일정한 입도로 분쇄(100 mesh)하여 색도 측정에 사용하였으며, 성분 분석에는 분쇄한 시료 0.5 g에 70% 에탄올 20 mL를 가한 후 1시간 동안 초음파 추출 후 상등액을  $0.45 \mu m$  RC membrane(Phenomenex, Torrance, CA, USA)으로 여과하여 추출물을 제조하였다. 추출물은 HTST처리에 의한 저장 중의 품질변화를 평가하기 위해 항산화 활성, 주요 성분 분석에 시료로 사용하였다.

### 3. 저장기간에 따른 품질특성 평가

#### 1) 색도

색도는 색차계(CR-300, Konica, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다. 색도는 명도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였으며, 색차(color difference)는  $\Delta E^*_{ab}$ 값으로 나타내었다. 표준 백색판의 L, a 및 b 값은 각각 96.15, 0.16 및 1.97이었다.

#### 2) 갈변도

갈변도(browning index)는 각 추출물을 microplate에 일정량 취한 후 420 nm에서 microplate reader(Bio-Tek Synergy HT, BioTek, Winooski, VT, USA)로 흡광도를 측정하였다.

#### 3) 항산화 특성 평가

##### (1) 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량을 확인하기 위해 Dewanto 등(2002)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 측정하였다. 즉, 각 추출물에 2%  $Na_2CO_3$  용액을 가한 후 1N Folin-ciocalteu reagent를 가하였다. 30 분간 방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm로 microplate reader로 측정하였다. 표준 물질로 gallic acid를 사용하였으며 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

### (2) DPPH 라디칼 소거능

Tepe 등(2006)의 방법을 변형하여 전자공여능(Electron donating ability, EDA(%))을 측정하였다. 시료 50  $\mu\text{L}$ 에 에탄올에 용해된 0.2 mM DPPH(2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 200  $\mu\text{L}$ 를 첨가하여 암소에서 30분간 방치 후 반응액의 흡광도 값을 microplate reader를 이용하여 520 nm에서 측정하였다. 양성대조군으로 trolox(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하였다.

### (3) ABTS 라디칼 소거능

Re 등(1999)의 방법을 변형하여 ABTS radical cation scavenging activity을 측정하였다. 7.4 mM 2,2-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Chemical Co. USA)과 potassium persulfate 2.6 mM을 12시간 이상 암소에 방치하여 ABTS<sup>•+</sup> 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS<sup>•+</sup> 용액 190  $\mu\text{L}$ 에 추출액 10  $\mu\text{L}$ 를 가하여 흡광도의 변화를 30분 후에 microplate reader로 측정하였다. 양성대조군으로 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

### 4) 주요 성분 분석

저장기간 중 참당귀의 주요 성분 변화를 확인하기 위하여 추출물을 0.2  $\mu\text{m}$  GHP membrane(PALL, New York, USA)로 여과 후 nodakenin, decursin 및 decursinol angelate의 함량을 분석하였다. 표준물질은 Sigma Co.에서 구입하였고, 메탄올에 1 mg/mL 농도로 표준원액을 제조 후 희석하여 사용하였다. 분석에는 HPLC-UVD(1200 series, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)와 Kinetex<sup>®</sup> XB-C18 100 Å 컬럼(100 mm $\times$ 4.6 mm, 2.6  $\mu\text{m}$ , Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA)을 사용하였다. 분석조건은 이동상은 0.1% formic acid/water(A), 0.1% formic acid/acetonitrile(B) 기울기 조건(0~2 min: 0~20% B, 2~7 min: 20~20% B, 7~8 min: 20~55% B, 8~15 min: 55~55% B, 15~16 min: 55~100% B, 16~20 min: 100~100%), 컬럼 온도 35 $^{\circ}\text{C}$ , 유속 0.9 mL/min, 주입량 2  $\mu\text{L}$ , 검출파장 330 nm로 분석하였다. 정량은 검량선의 검량 계수 값을 구하고 각 화합물의 함량을 계산하였고(Table 1), 건물량 기준 mg/g

으로 나타내었다.

### 4. 통계분석

모든 실험은 3회 반복하였으며, 통계분석은 SPSS(Statistical package for the social science, Ver. 23.0, 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 test(DMRT)를 이용하여 검정하였다( $p<0.05$ ). 또한 요인간의 상관성분석은 Pearson's correlation analysis를 통하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

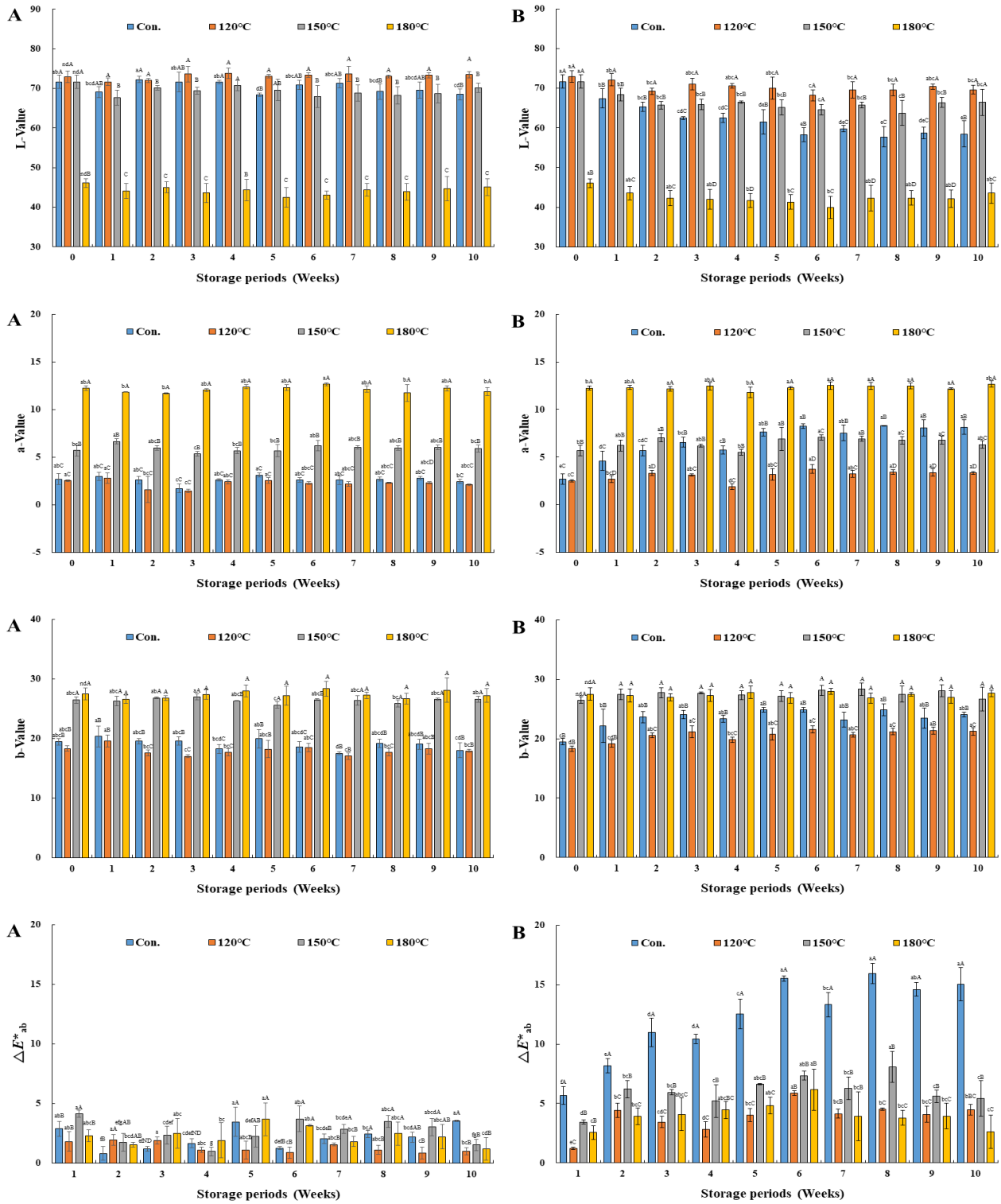
### 1. HTST 처리에 따른 참당귀의 저장 중 색도 변화

HTST 처리한 참당귀의 색도 변화를 측정한 결과 Fig. 1과 같다. 명도는 0일차에서 대조구(71.64)와 비교하여 120 $^{\circ}\text{C}$ (72.89), 150 $^{\circ}\text{C}$ (71.64) 처리에서 유의적인 차이가 없었고, 180 $^{\circ}\text{C}$ (46.11)에서 감소하여 가열에 의해 갈변되었음을 확인하였다. 저장 온도에 따른 명도 변화는 4 $^{\circ}\text{C}$ 에서 보관시 대조구와 처리구 모두 0일차에서 10주 동안 크지 않았다. 50 $^{\circ}\text{C}$  보관시, HTST 처리구는 명도 변화가 크지 않은 반면 대조구는 10주(71.64  $\rightarrow$  58.44) 동안 크게 감소되었다. 적색도는 대조구(2.68)와 120 $^{\circ}\text{C}$ (2.51) 처리구간 유의적인 차이가 없었으나 150 $^{\circ}\text{C}$ (5.68), 180 $^{\circ}\text{C}$ (12.24) 처리에서 온도에 따라 높아지는 경향을 보였다. 4 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하였을 때 대조구와 처리구 모두 적색도의 변화를 보이지 않았다. 그러나 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였을 때 저장기간에 따라 대조구(2.68  $\rightarrow$  8.16)의 경우 적색도가 높아졌지만 처리구는 0일차와 큰 차이를 보이지 않았다. 황색도는 적색도와 비슷한 경향을 보였다. 대조구(19.46)와 120 $^{\circ}\text{C}$ (18.31) 처리구는 유의적 차이가 없었다. 150 $^{\circ}\text{C}$ (24.46)와 180 $^{\circ}\text{C}$ (27.48) 처리에서는 온도에 따라 높아졌다. 4 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장 하였을 때 대조구와 처리구 모두 황색도 변화가 크지 않았다. 그러나 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였을 때 저장기간에 따라 대조구(19.46  $\rightarrow$  24.07)의 경우 황색도가 높아졌지만 처리구는 0일차와 큰 차이를 보이지 않았다.

색차를 나타내는  $\Delta E_{ab}^*$ 는 저장 0일차 대비 종합적인 색 차이를 나타낸다. 10주 동안 4 $^{\circ}\text{C}$ 에서 저장시 대조구(3.47)는

**Table 1. Retention time, calibration equation, and correlation coefficient values**

Compound	Linear range ( $\mu\text{g/mL}$ )	Calibration equation	Correlation coefficient ( $r^2$ )
Nodakenin	25~1,200	$y=2.3634x+2.0453$	1.0000
Decursin	25~1,200	$y=5.1053x+11.8649$	1.0000
Decursinolangelate	25~1,200	$y=4.0201x+8.0926$	1.0000



**Fig. 1.** Color values of dried *A. gigas* with HTST treatment and storage condition. Different small letters and capital letters on the bars indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among different storage periods (small letters) and different HTST treatment conditions (capital letters), respectively. Storage conditions: A: 4°C, B: 50°C. Values are means±deviation (n=3).  $\Delta E^*_{ab}$  was calculated by equation;  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ .

120°C(0.84), 150°C(1.49) 및 180°C(1.12) 처리구에 비해 높은 색차를 나타내었으며, 50°C에서도 대조구(15.02)가 120°C(4.48), 150°C(5.26) 및 180°C(2.56) 처리구와 비교하여 색차가 크게 발생하는 것을 확인하였다.

이러한 결과는 HTST 처리에 의해 건조 참당귀의 색 안정성이 증가되는 것을 보여준다. 저장조건에 따른 차이에서, 4°C보다 50°C에서 색 변화의 폭이 크게 나타나는 것은 효소적 갈변의 원인이 되는 polyphenol oxidase(PPO)의 활성온도가 4°C보다 최적 활성온도에 가까운 50°C에서 주로 증가되는 것으로 추정된다(Buckow 등 2009). HTST 처리구에서 저장온도와 상관없이 색 변화가 거의 없는 것은 HTST 처리에 의하여 PPO가 실활되는 것으로 추정된다. PPO의 최적 활성 온도는 작물의 종류에 따라 다양한데 우영의 뿌리로 부터 추출된 PPO는 35°C에서 최고조로 온도가 올라감에 따라 서서히 감소하여 60°C에서 실활되었다(Lim 등 2005). 돼지감자 PPO의 최적온도는 40°C(Park 등 1991), Niagara grapes PPO는 25°C이며 10°C 저온에서도 85%의 활성이 남아있다고 보고하였다(Wissemann & Lee 1981). 참당귀 PPO는 4°C는 활성을 나타내지 않지만 50°C에서는 활성이 유지됨을 추정할 수 있다.

## 2. HTST 처리에 따른 참당귀의 저장 중 갈변도 변화

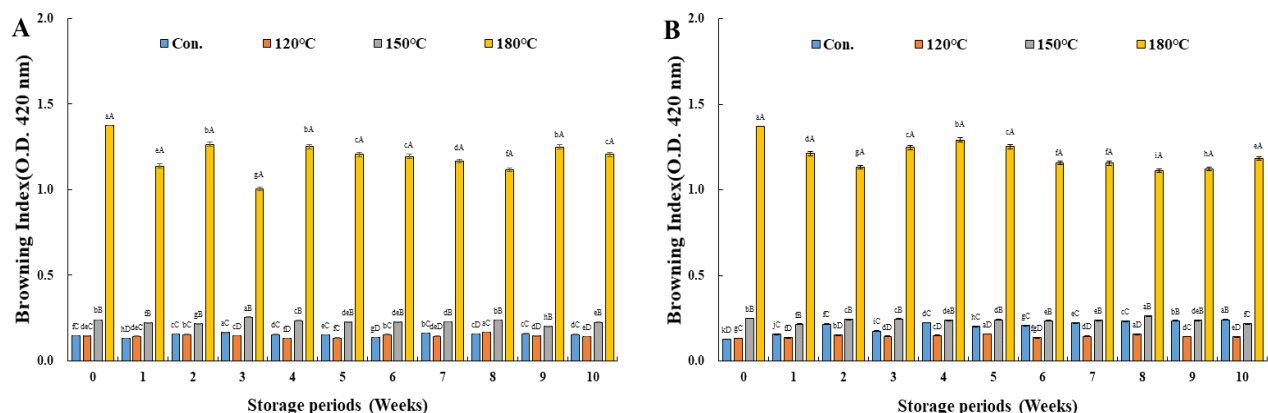
갈변도(browning index)를 측정된 결과, 4°C 저장조건에서 대조구, 120°C, 150°C 및 180°C에서 각각 0.130~0.164, 0.132~0.166, 0.216~0.253 및 1.006~1.265의 범위를 나타내어 대조구와 120°C는 유사한 값을 나타내었으며 150°C와 180°C에서는 큰 차이를 나타내었다(Fig. 2). 특히 180°C에서는 저장 전 값을 기준으로 대조구 대비 약 9배 이상의 값을 나타내었으며, 50°C 저장시에도 유사한 경향을 나타내었다. 모든 시료에서

저장조건이나 저장기간에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 HTST 처리조건에 의한 차이만을 나타내었다.

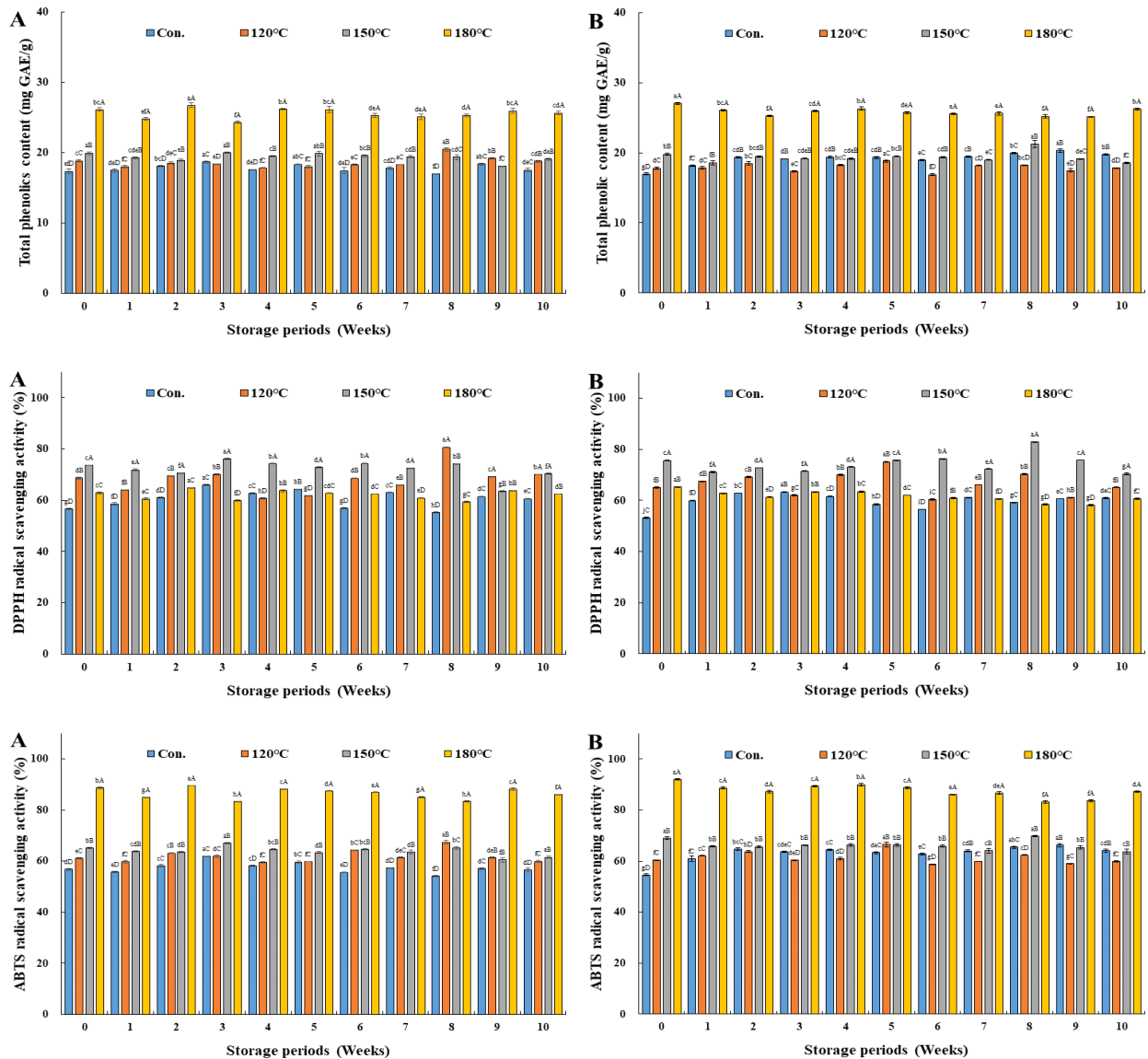
이러한 결과는 대조구에서 발생한 색 변화는 효소적 갈변에 해당하기 때문에 효소적 갈변보다는 주로 이화학적 갈변 수준을 보여주는 갈변도 측정에서는 큰 변화를 나타내지 않은 것으로 추정된다. 150°C와 180°C HTST에서 갈변도가 크게 증가한 이유도 효소적 갈변이 아닌 가열에 의한 이화학적 갈변이기 때문으로 판단된다. Mishra 등(2013)의 연구에서도 가지의 효소적 갈변에 대하여 PPO 활성 수준과 갈변도를 측정된 결과 PPO 활성 증가의 경향은 다르나 증가폭은 PPO 대비 매우 작은 것으로 나타났다. Jang 등(2018)의 숙성 더덕과 Lee 등(2013)의 숙성 도라지에 대한 연구에서도 갈변도의 증가는 효소적 갈변이 이루어지는 60°C보다는 이화학적 갈변이 주로 이루어지는 80°C 조건에서 크게 증가하는 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사한 특성을 나타내었다.

## 3. HTST 처리에 따른 참당귀의 저장 중 항산화 특성 변화

HTST 처리에 따른 저장 중 참당귀의 항산화 특성을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 총 페놀 함량을 측정된 결과, 120°C와 150°C 처리에서는 대조구에 비해 큰 차이를 보이지 않았으며, 180°C처리에서 증가하는 경향을 보였다. 또한 저장 온도 및 저장 기간에 따른 총 페놀 함량의 변화는 크게 나타나지 않았다. DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, 120°C와 150°C에서는 대조구에 비해 처리 온도에 따라 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 보였고, 180°C에서는 변화를 보이지 않았다. 저장조건이나 기간에 따른 경향은 총 페놀 함량과 유사하였다. ABTS 라디칼 소거능을 측정된 결과에서는 120°C와 150°C에서는 대조구에 비해 변화를 보이지 않았고, 180°C에서는



**Fig. 2. Browning index of dried *A. gigas* with HTST treatment and storage condition.** Different small letters and capital letters on the bars indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among different storage periods (small letters) and different HTST treatment conditions (capital letters), respectively. Storage conditions: A: 4°C, B: 50°C. Values are means±deviation (n=3).



**Fig. 3. Antioxidant properties of dried *A. gigas* with HTST treatment and storage condition.** Different small letters and capital letters on the bars indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among different storage periods (small letters) and different HTST treatment conditions (capital letters), respectively. Storage conditions: A: 4°C, B: 50°C. In the measurement of the inhibition rate of DPPH and ABTS radical, 1 mg/ml of sample was treated. Values are means $\pm$ deviation (n=3).

증가하였다. 모든 시료는 저장기간과 저장온도에 따른 항산화 특성 변화는 나타나지 않았으며, 주로 처리조건에 따른 차이만을 나타내었다.

HTST 처리시 항산화 특성의 변화는 가열시 이루어지는 갈변반응에서 생성되는 갈변 물질이 항산화 활성을 갖고 있기 때문이며(Kim 등 1981; Hur 등 2018), 180°C 가열처리시 DPPH 라디칼 소거능이 총페놀 함량과 ABTS 라디칼 소거능이 높아진 것에 비해 변화를 보이지 않는 것은 생성된 갈변 물질과 DPPH 라디칼의 반응성에 따른 차이인 것으로 추정

된다.

#### 4. HTST 처리에 따른 참당귀의 저장 중 주요 성분 함량

HTST 처리에 따른 저장 중 참당귀의 주요 성분 변화를 확인하기 위하여 참당귀의 지표성분인 decursin, decursinol angelate와 nodakenin을 측정하였다(Fig. 4, Fig. 5). 처리 온도 별 nodakenin의 함량은 모든 시료에서 6.12~6.99 mg/g의 수준을 나타내어 큰 차이를 보이지 않았다. 대조구를 제외한 모든 시료에서 저장 기간에 따른 변화는 크지 않았으며, 대조

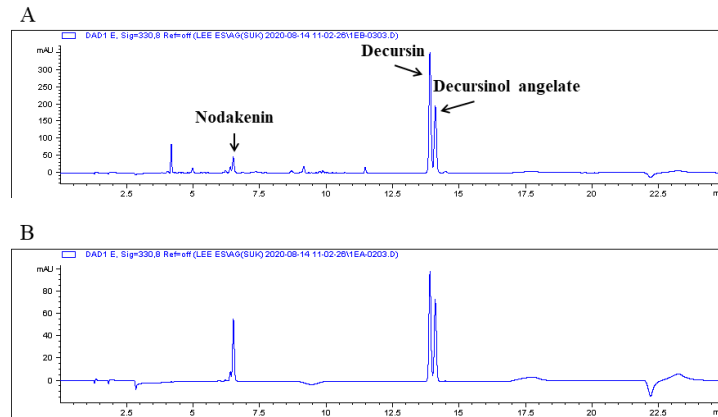


Fig. 4. Typical chromatograms of dried *A. gigas*. Samples: A: dried *A. gigas*, B: standards.

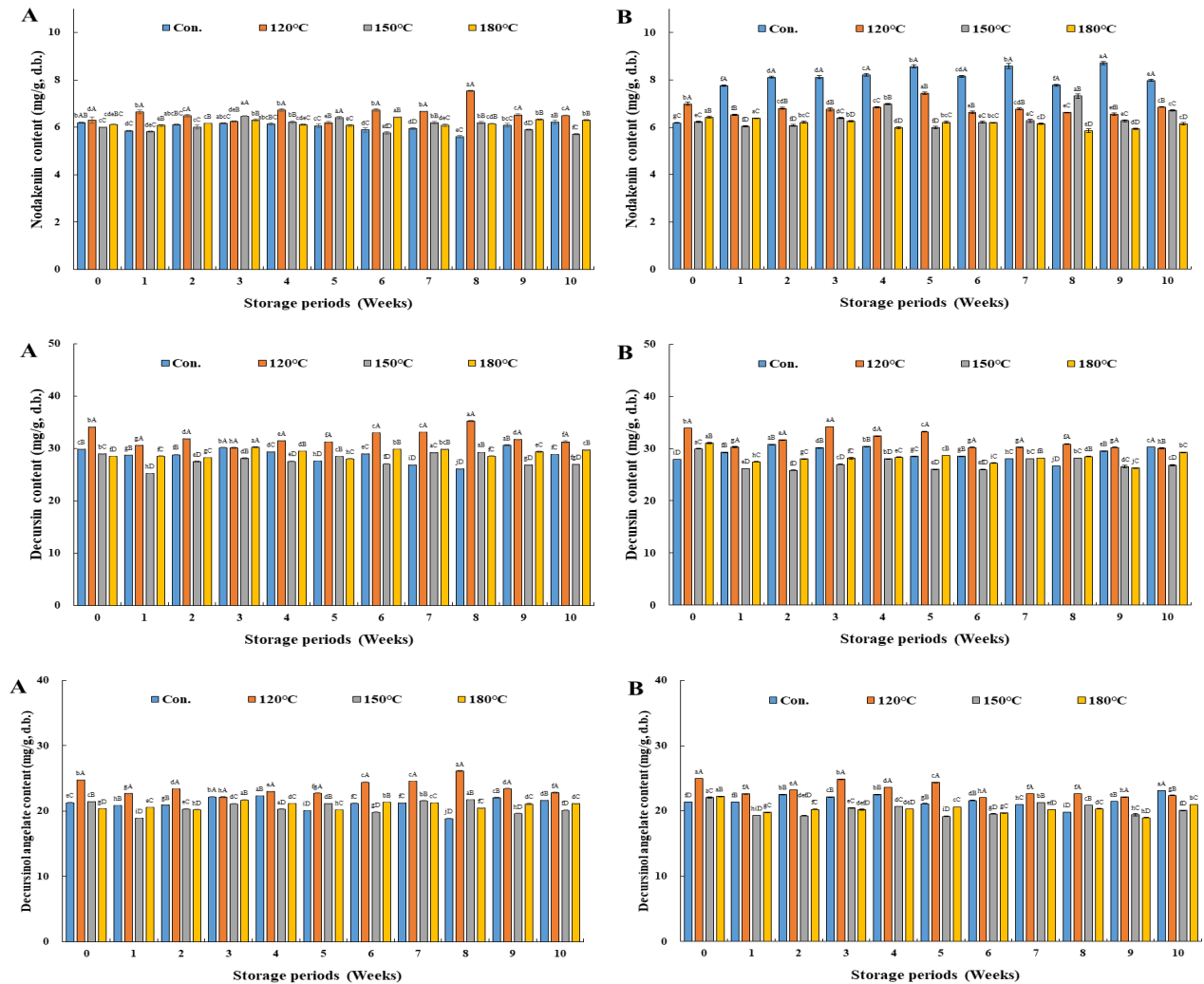


Fig. 5. Major components of dried *A. gigas* with HTST treatment and storage condition. Different small letters and capital letters on the bars indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among different storage periods (small letters) and different HTST treatment conditions (capital letters), respectively. Storage conditions: A: 4 °C, B: 50 °C. Values are means±deviation (n=3).

Table 2. Correlation between storage periods and qualities of dried *A. gigas* according to HTST treatment

Factors	L	a	b	△E	BI	TPC	DPPH	ABTS	Nod.	DE	DA
SP Con.	-0.910**	0.890**	0.612*	0.888**	0.826**	0.808**	0.221	0.674*	0.559	-0.134	-0.069
HTST (120°C)	-0.621*	0.545	0.766**	0.705*	0.176	-0.106	-0.155	-0.287	-0.156	-0.604*	-0.638*

SP: storage periods, Con.: control, HTST(120°C): *A. gigas* treated HTST treatment at 120°C, L: L-value, a: a-value, b: b-value, △E: △E<sup>ab</sup>, BI: browning index, TPC: total phenolic content, DPPH: DPPH radical scavenging activity, ABTS: ABTS radical scavenging activity, Nod: nodakenin content, De: decursin content, DA: decursinol angelate content.

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

구는 50°C에 저장하였을 때 최대 8.72 mg/g(약 29% 증가)의 함량을 나타내었다. Decursin 함량은 120°C를 제외한 모든 시료에서 27.79~31.06 mg/g의 범위를 나타내었으며, 120°C 처리구는 33.97 mg/g으로 다른 처리구보다 높은 함량을 나타내었다. 저장기간에 따른 함량 변화는 크지 않았으며 일정한 경향을 나타내지 않았다. Decursinol angelate의 함량도 decursin과 같이 120°C 처리구를 제외한 모든 시료에서 20.35~22.24 mg/g의 범위를 나타내어 큰 차이를 보이지 않았지만 120°C 처리구는 24.76 mg/g을 나타내어 다른 처리구 대비 약 10% 높은 함량을 나타내었다. 저장기간에 따른 경향 또한 decursin과 유사하였다. 따라서 대조구의 nodakenin 함량 변화를 제외한 성분의 변화의 범위는 10% 이내로 나타나 HTST 처리가 유효성분의 함량과 성분 안정성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Park 등(2020)이 보고한 참당귀의 재배지역에 따른 nodakenin (3.1~9.4 mg/g), decursin(30.9~35.0 mg/g), decursinol angelate (21.2~25.8 mg/g)의 성분 함량 분석과 비교하였을 때, 본 연구에 사용한 시료도 일반적인 범위였다.

### 5. HTST 처리에 따른 참당귀 저장기간과 품질요소간의 상관성 분석

HTST 처리가 참당귀의 저장 중 저장기간에 따른 품질저하에 미치는 영향을 확인하기 위하여, HTST 처리에 따른 외관 변화가 적은 120°C 처리구와 대조구에 대하여 저장기간(50°C 저장조건)과 품질요소간의 상관성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 무처리구는 여러 품질요소 중 명도(-0.910,  $p < 0.01$ ), 적색도(0.890,  $p < 0.01$ ), 황색도(0.612,  $p < 0.05$ ), 색차(0.888,  $p < 0.01$ ), 갈변도(0.826,  $p < 0.01$ ), 총 페놀 함량(0.808,  $p < 0.01$ ) 및 ABTS 라디칼 소거능(0.674,  $p < 0.05$ )이 저장기간과 유의한 상관성을 나타내었으며, 11가지 품질요소 중 5가지 품질 요소에 대하여 0.8 이상의 높은 상관성을 보였다. 그에 반해 120°C HTST 처리구의 경우, 명도(-0.621,  $p < 0.05$ ), 황색도(0.766,  $p < 0.01$ ), 색차(0.705,  $p < 0.05$ ), decursin(-0.604,  $p < 0.05$ ) 및 decursinol angelate 함량(-0.638,  $p < 0.05$ )과 저장기간간의 상관성을 나타내어 5가지 요소와의 관련성을 나타내었

으며 대조구 대비 낮은 상관계수를 나타내어 HTST 처리가 저장기간에 따른 품질 저하에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다. 특히 건조 참당귀의 외관 변화를 나타내는 색차와 갈변도 측면에서 대조구 대비 우수한 저장 안정성을 나타내었다.

이러한 결과는 HTST 처리가 건조 참당귀의 저장, 유통 과정에서 나타나는 품질 변화를 억제할 수 있다는 것을 나타내며, 특히 120°C 처리조건은 초기 외관 변화를 동반하지 않으면서 저장 안정성을 확보할 수 있어 가장 적절한 처리 조건이었다. 따라서 HTST 처리는 참당귀의 저장 안정성 증진을 위한 목적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 요약 및 결론

참당귀는 저장 중 품질변화가 쉽게 발생하여 저장 안정성을 향상시키기 위한 연구가 필요하다. 적절한 열처리는 효소의 비활성화를 통해 저장 안정성을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 연구는 저장 중 참당귀의 품질변화를 방지하기 위하여 고온단시간처리(HTST)를 적용하고 품질을 평가하였다. 참당귀는 120~180°C에서 10분 동안 처리하였으며, 모든 시료는 10주 동안 4°C 및 50°C에서 저장하고 1주 간격으로 품질특성(색도, 갈변도, 항산화 특성, 주요 성분)을 분석하였다. 색도는 120°C 처리된 샘플이 대조군과 유사하며 150°C 이상의 온도로 처리 시 외관변화가 나타났다. 120°C에서 색 변화는 대조구 및 다른 처리구보다 낮았으며, 저장기간에 따른 변화도 적었다. 항산화 특성과 주요 성분 함량(nodakenin, decursin 및 decursinol angelate)은 처리 수준과 저장 기간에 따른 큰 변화가 없었다. 대조구와 120°C HTST 처리구에서 저장기간과 품질요소간의 상관성을 분석한 결과, 120°C HTST 처리시 더 우수한 저장 안정성을 확보할 수 있어 참당귀의 품질변화 억제에 효과적이었으며 처리 온도는 색과 갈변도 측면에서 120°C가 적절하였다. 따라서 HTST처리는 고비용의 공정을 요하지 않으면서 참당귀의 저장 중 품질변화를 효과적으로 억제하여 산업적 이용가치가 클 것으로 판단된다.



## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 원예특작시험연구사업의 지원에 의해 수행된 연구과제(과제번호: PJ01381301)의 일부 결과이며 이에 감사드립니다.

## References

- Ahn KS, Sim WS, Kim IH. 1996. Decursin: A cytotoxic agent and protein kinase C activator from the root of *Angelica gigas*. *Planta Med* 62:7-9
- Buckow R, Weiss U, Knorr D. 2009. Inactivation kinetics of apple polyphenol oxidase in different pressure - temperature domains. *Innov Food Sci Emerg Technol* 10:441-448
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014
- Hur YJ, Kim GJ, Yoon JA, Chung KH, An JH. 2018. Effects of drying methods on the quality characteristics and antioxidant activity of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). *Korean J Food Nutr* 31:933-939
- Jang GY, Lee YR, Song EM, Jeong HS. 2018. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of Deoduck (*Codonopsis lanceolata*) with different aging temperatures and periods. *Korean J Food Nutr* 31:258-263
- Kang SY, Lee KY, Park MJ, Kim YC, Markelonis GJ, Oh TH, Kim YC. 2003. Decursin from *Angelica gigas* mitigates amnesia induced by scopolamine in mice. *Neurobiol Learn Mem* 79:11-18
- Kim SD, Do JH, Oh HI. 1981. Antioxidant activity of *Panax ginseng* browning products. *Appl Biol Chem* 24:161-166
- Laurila E, Kervinen R, Ahvenainen R. 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News Inf* 9:53N-65N
- Lee JY, Kim CY. 2020. Anti browning and antioxidant properties of *Foeniculum vulgare* seed extracts. *Korean J Food Preserv* 27:188-196
- Lee SH, Lee SH, Hong CO, Hur M, Han JW, Lee WM, Lee Y, Koo SC. 2019. Evaluation of the availability of bolting *Angelica gigas* Nakai. *Korean J Plant Res* 32:318-324
- 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
- Lim JH, Jeong MC, Moon KD. 2005. Purification and characterization of polyphenol oxidase from burdock (*Arctium lappa* L.). *Korean J Food Preserv* 12:489-495
- Ma Y, Jung YJ, Choi JH, Jeong WS, Song YS, Kang JS, Bi K, Kim MJ. 2009. Anti-inflammatory activities of coumarins isolated from *Angelica gigas* Nakai on LPS-stimulated RAW 264.7 cells. *J Food Sci Nutr* 14:179-187
- Martinez MV, Whitaker JR. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci Technol* 6:195-200
- Mishra BB, Gautam S, Sharma A. 2013. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). *Food Chem* 139:105-114
- Ohshiro T, Namatame I, Lee EW, Kawagishi H, Tomoda H. 2006. Molecular target of decursins in the inhibition of lipid droplet accumulation in macrophages. *Biol Pharm Bull* 29:981-984
- Park EB, Lee JS, Choi EH. 1991. Isolation and characteristic of polyphenol oxidase from Jerusalem Artichoke Tuber. *Korean J Food Sci Technol* 23:414-419
- Park HS, Ha HY, Kim HT. 2018. An experimental study on the effect of *Angelica gigas* ethanol extract on hyaluronic acid synthesis. *J Korean Med Ophthalmol Otolaryngol Dermatol* 31:32-41
- Park M, Kim GH. 2013. The Antioxidative and antibrowning effects of citrus peel extracts on fresh-cut apples. *Korean J Food Sci Technol* 45:598-604
- Park Y, Jeong D, Sim S, Kim N, Park H, Jeon, G. 2019. The characteristics of growth and active compounds of *Angelica gigas* Nakai population in Mt. Jeombong. *Korean J Plant Resour* 32:9-18
- Park Y, Park PS, Jeong DH, Sim S, Kim N, Park H, Jeon KS, Um Y, Kim MJ. 2020. The characteristics of the growth and the active compounds of *Angelica gigas* Nakai in cultivation sites. *Plants* 9:823
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Tepe B, Sokmen M, Akpulat HA, Sokmen A. 2006. Screening

of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food Chem* 95:200-204

46:506-508

---

Wissemann KW, Lee CY. 1981. Characterization of polyphenol-oxidase from Ravat 51 and Niagara grapes. *J Food Sci*

Received 21 October, 2020  
Revised 11 November, 2020  
Accepted 24 November, 2020