# 도라지 쓴맛 개선을 위한 공정개발 연구

장윤제 · 김은미 · 최윤상 · 전기홍 · 김영붕 한국식품연구원

# Development Process for Decreasing Bitterness of Doraji (*Platycodon grandiflorum*)

Yoon-Je Chang, Eunmi Kim, Yun-Sang Choi, Ki-Hong Jeon, and Young-Boong Kim

Korea Food Research Institute

**ABSTRACT** This study was conducted to evaluate the improvement effects of bitter taste of doraji (*Platycodon grandiflorum*) with different freezing temperature conditions (-5°C, -10°C, -20°C, and -70°C). After freezing for 4 h, frozen doraji was thawed and dehydrated. Doraji frozen at -20°C showed higher contents of crude fat, crude protein, crude ash, crude fiber, and nitrogen free extract. Moisture, crude saponin, and total polyphenol contents of doraji frozen at -5°C were higher than in other samples. Weight loss of doraji was significantly different as freezing temperature decreased and the process repeated. Doraji frozen at -5°C showed higher contents of saponin and phenol than the control. Hardness of doraji increased as freezing temperature decreased. According to the preference test, Doraji frozen

at -5°C showed higher preference and less bitter taste intensity than other samples. These results mean that doraji

Key words: bitter taste, doraji, Platycodon grandiflorum, freezing temperature conditions

frozen at -5°C with less bitter taste could be utilized widely as a food material.

## 서 론

도라지(Platycodon grandiflorum)는 국화목에 해당하는 초롱꽃과(Campanulaceae) 초롱꽃속에 속하는 도라지 종 으로 분류된다. 다년생 초본식물인 도라지는 7~8월에 보라 색 또는 백색으로 피는데, 원줄기 끝에 1개 또는 여러 개가 위를 향해 달린다. 화관은 끝이 펴진 종 모양으로 끝이 5갈래 로 갈라지고 꽃받침도 5갈래로 갈라지며, 5개의 수술과 1개 의 암술이 있다. 분포는 한국을 비롯한 중국, 일본, 대만, 러시아 등 동남아시아에 자생하고 있으며 영양학적으로는 섬유질, 칼슘 및 철이 풍부하게 함유되어 있고 식품원료로 생채, 전 및 나물 등으로 이용되고 있다(1,2). 또한 식품뿐만 아니라 다양한 약리작용으로 약재로도 이용되고 있으며, 한 방에서는 도라지 뿌리인 길경이 거담, 배농, 진해약, 편도선 염, 최유, 감기, 기침 등에 효과가 있다고 알려져 있다(3). 도라지 뿌리인 길경에는 다량의 사포닌이 함유되어 있는데, 사포닌의 주성분으로는 platycodin A, C, D와 platycoside A, B, C, D, E가 있다고 알려져 있다(4). 이 중에서 platycodin D의 생리활성 연구 결과 진해거담작용, 중추신경억제작 용(2), 혈당강화작용 및 콜레스테롤 대사개선작용(5), 항암 활성 효과(6,7) 항염증 효과(8,9), 항비만 효과(10) 등이 있는 것으로 밝혀졌다.

우리나라에서는 서구화된 식생활, 운동부족 및 스트레스, 환경오염 등에서 기인하는 각종 성인병, 환경병 등으로 인해 저칼로리 및 기능성 식품에 대한 관심의 증가와 함께 특히 효능을 갖는 식물성 식품에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 이러한 이유로 도라지의 약리작용과 생리활성을 이용한 다양한 도라지 제품개발에 대한 연구가 수행되어 왔으며 대표적으로 도라지 식혜(11), 도라지 요구르트(12), 도라지 설기 떡(13), 도라지 차(14), 도라지 양갱(15), 도라지 캔디(16), 도라지 쿠키(17) 등이 있다.

그러나 식품 가공산업에서 도라지는 사포닌 성분으로 인한 독특한 쓴맛과 향이 있어 가공제품의 기호도를 저하시키며, 가공 과정에서 쓴맛이 강해져 장기적 식용을 기피하여다양한 식품원으로서 부가가치를 높이는 데 제한 요소로 작용하였다. 특히 건도라지를 이용한 한식상품과 산채제품 개발에도 쓴맛을 제거 또는 완화시키는 방법으로 염수 또는 냉수에 침지 및 세척하는 과정을 반복하는 등 산업적 적용이어려운 방법을 사용하고 있다(18). 본 연구는 도라지의 쓴맛을 제거하여 기호도 상승시키면서 대량처리로 산업적 활용이 가능한 물리적 공정을 개발하고자 실시하였다.

Received 29 June 2015; Accepted 4 August 2015

Corresponding author: Eunmi Kim, Korea Food Research Institute,

Seongnam, Gyeonggi-do 13539, Korea

E-mail: kem@kfri.re.kr, Phone: +82-31-780-9287

## 재료 및 방법

#### 실험재료

실험에 사용한 원료는 국내에서 2014년도에 재배된 1년 근의 도라지를 충남 부여에서 대량 구입하여 사용하였다. 구입한 도라지는 수세하고 껍질을 제거한 다음 길이가 8~9 cm가 되도록 세절한 후 실험 원료로 사용하였다.

#### 동결방법

원료 도라지는  $-5^{\circ}$ C,  $-10^{\circ}$ C,  $-20^{\circ}$ C 및  $-70^{\circ}$ C의 냉동고에서 4시간 동안 보관하면서 얼린 다음, 해동과 탈수를 반복하는 방법으로 수행하였다. 채소의 수분을 제거하는 탈수기 (1,200 rpm, W-100T, Hanil Electric, Seoul, Korea)를이용하여 물기를 제거한 후  $65^{\circ}$ C의 온도에서 열풍 건조한 것을 실험시료로 사용하였다.

## 일반성분 분석

도라지의 일반성분은 AOAC(19)의 표준분석법에 준하여 분석하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법, 단백질은 Kjeltec system(Kjeltec auto sampler system 8240 analyzer, Foss Tecator, Hillerod, Denmark), 지방은 Soxhlet 추출 법, 회분은 550°C 회화법, 섬유는 1.25% 황산 분해법을 이 용하여 분석하였다.

#### 무게 변화

시료의 무게는 동결 전, 동결→해동→탈수(1회 가공) 후, 동결→해동→탈수→동결→해동→탈수(2회 가공) 후, 동결 →해동→탈수→동결→해동→탈수→동결→해동→탈수(3회 가공) 후 총 4번에 걸쳐 측정하였다.

### 색차계 색도

시료의 색도는 건조된 시료를 분쇄기(Super grinder JL-1000, Hibell, Hwaseong, Korea)로 분쇄한 후, 색차계(CM-3500d, Konica Minolta Sensing, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하고 이를 Hunter Lab Scale에 의한 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness) 값으로 나타내었다.

#### 조직감

시료의 조직감 측정을 위해 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)를 이용하여 지름 3 mm인 aluminium cylinder probe(pretest speed 5 mm/s, posttest speed 5 mm/s, test speed 5 mm/s)로 2회 연속 압착시켰을 때 얻어지는 힘-거리 곡선으로부터 각각 견고성(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성 (chewiness)을 측정하였으며, 10회 반복 측정 후 평균치를 계산하였다.

#### 사포닌 함량

도라지의 사포닌 함량은 시료 5 g에 80% methanol 50 mL를 가하여 70°C 수조 상에서 30분간 추출하고, 추출물을 Whatman filter paper(Whatman filter paper No.2, GE Healthcare Life Science, Buckinghamshire, UK)를 이용하여 여과하였다. 이러한 추출과정을 2회 반복 실시하여 추출액을 합하고 55°C에서 감압 농축한 다음 잔여물을 증류수50 mL로 정용하였다. 이것을 분액깔때기에 옮기고 에테르50 mL로 씻은 다음 물 층을 물포화 부탄올 50 mL로 3회추출한 후, 물포화 부탄올 층을 미리 항량으로 한 농축플라스크에 회수하여 감압 농축한 후 105°C에서 20분간 건조하였다. 다시 데시케이터에서 30분간 식혀 무게를 측정한 후 사포닌 함량을 구하였다.

#### 총 페놀 함량

도라지 시료 1 g에 80% methanol 25 mL를 가하여 80°C 에서 3시간 동안 환류추출을 2번 반복하여 추출액을 합쳐 Whatman filter paper(Whatman filter paper No.2, GE Healthcare Life Science)를 이용하여 여과하였다. 여과한 후 회전진공농축기(IKA Rotary Evaporator RV10, IKA Werke Gmbh & Co. KG, Staufen, Germany)로 55°C에서 용매를 완전히 제거시킨 다음 10 mL의 증류수로 정용하여 추출물을 제조하였다.

추출물의 총 페놀 함량은 Yang 등(20)과 Dewanto 등 (21)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 각 추출물 100 µL에 증류수 5 mL를 가한 후 Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL를 가하였다. 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액을 1.5 mL 가하고 증류수 2.9 mL를 가한 후 2시간 방치한 다음 반응액의 흡광도를 spectrophotometer(UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 765 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 총 페놀 함량은 시료 g 중의 페놀 mg으로 나타내었다.

## 주사전자현미경 관찰

시료의 조직을 조사하기 위하여 수직 및 수평으로 절단하여 고진공증착기(Polaron SC502 sputter coater, Quorum Technologies Ltd., Lewes, UK)에서 gold coating 한 후 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, SEM, DSM960A, Zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용하여 각각의 시료 단면을 확대하여 관찰하였다.

## 기호도 검사

기호도 검사는 한국식품연구원 10명을 관능요원으로 선발하여 기호도 평가의 목적과 항목 및 측정방법에 관하여 충분히 설명하여 훈련시킨 후 실시하였다. 평가한 항목은 외관(appearance), 향미(flavor), 쓴맛(bitter taste), 조직

감(texture), 씹힘성(chewiness)과 전반적인 기호도(overall preference)의 특성을 7점 척도법으로 평가하였다.

#### 통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였으며, 실험 결과 통계처리는 SPSS 통계 프로그램(Version 18, IBM Inc., New York, NY, USA)을 사용하여 분석하였다. 먼저 각 동결온도에 따른 도라지 시료들의 평균값과 표준편차를 산출하였고, 그 후 동결온도에 따라 도라지의 특성에 차이가 있는지를 분산분석(ANOVA)을 통해 알아보았으며, 사후분석은 Duncan의 다중범위 검정법을 이용하여 P < 0.05 수준에서 유의성을 비교하였다.

## 결과 및 고찰

#### 일반성분 분석

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 일반성분을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. -5°C에서 동결한 도라지는 수분 함량이 가공횟수에 따라 92.15~94.35%로 다른 온도에서 동결한 도라지에 비해 높았으나 조단백, 조지방, 조회분 및 조섬유의 함량은 가장 낮게 측정되었다. -5°C에서 1회 동결한 도라지의 수분 함량은 94.35%이고, 2회와 3회반복한 도라지는 92.99%와 92.15%로 동결횟수가 증가할수록 수분 함량이 감소하는 것으로 나타났다. -20°C에서 동결한 도라지는 모든 회차에서 대조구보다 낮은 수분 함량을 나타내었다. 조단백 함량은 -20°C에서 동결 과정을 1~3회반복한 도라지에서 각각 1.63, 1.58 및 1.70%로 가장높게 측정되었다. 조지방의 함량은 -20°C에서 2회 동결한

도라지의 0.41%와 -70°C에서 1회 동결한 도라지의 0.41%로 대조구의 조지방 함량인 0.18%보다 높게 측정되었다. -5°C와 -10°C에서 동결한 도라지의 조회분 함량은 대조구의 0.34%보다 낮거나 유사한 반면, -20°C와 -70°C에서 동결한 도라지의 조회분 함량은 대조구의 함량과 유사하거나 높은 것으로 나타났다. 대조구의 조섬유 함량은 1.27%였으며, -20°C에서 1~3회 동결한 도라지는 2.69, 3.13 및 2.77%의 높은 조섬유 함량을 나타내었다. 결과적으로 동결은도에 따라 도라지의 일반성분의 함량이 많은 차이를 보였다. 특히 수분 함량을 제외한 나머지 일반성분의 함량은 -20°C에서 동결한 도라지에서 높았고 -5°C에서 동결한 도라지에서 낮았다.

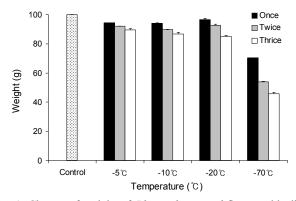
#### 무게 변화

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 무게를 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 시료의 무게는 동결하기 전, 동결→해동→탈수(1회 가공), 동결→해동→탈수→동결→해동→탈수(2회 가공) 및 동결→해동→탈수→동결→해동→탈수(3회 가공) 후의 총 4번에 걸쳐 측정하였다. 동결하기 전 모든 시료의 무게는 100.00 g이었다. 1회, 2회 및 3회의 가공 후 모든 시료는 무게가 감소하였고, 가공횟수가 많을수록 중량 손실이 더 크게 나타났다. 특히 -70°C에서 1회 가공한 도라지의 무게는 67.13 g이었고, 2회와 3회 가공한 도라지의 무게는 각각 52.74 g, 45.65 g으로, -70°C에서 동결한 도라지의 경우 중량 손실이 더 크게 나타났다. 이는 동결과 탈수 과정의 반복과 낮은 온도로 인한열의 빼앗김으로 인해 조직이 더 수축되어 그만큼 수분이용출되고 몇몇 수용성 성분이 빠져나가면서 무게가 감소한

**Table 1.** General composition of *Platycodon grandiflorum* with different freezing temperature and number of process (%)

	Number of process	Control –	Temperature				
			-5°C	-10°C	-20°C	-70°C	
	Once		94.35±0.25 <sup>d</sup>	85.70±0.22 <sup>ab</sup>	83.30±0.06 <sup>a</sup>	83.04±0.01 <sup>a</sup>	
Moisture	Twice	$87.08\pm0.11^{b1}$	$92.99\pm0.64^{cd}$	$91.27\pm0.28^{c}$	$83.10\pm1.09^{a}$	87.84±1.33 <sup>b</sup>	
	Thrice		$92.15\pm0.58^{cd}$	$90.08\pm0.65^{c}$	$83.87 \pm 0.22^a$	$86.93\pm0.74^{b}$	
	Once		0.47±0.01 <sup>a</sup>	1.42±0.02°	1.63±0.01 <sup>d</sup>	1.59±0.03 <sup>d</sup>	
Crude protein	Twice	$1.07\pm0.00^{b}$	$0.66\pm0.06^{a}$	$0.86\pm0.03^{a}$	$1.58\pm0.10^{c}$	$1.17\pm0.13^{b}$	
1	Thrice		$0.75\pm0.02^{a}$	$0.92\pm0.02^{b}$	$1.70\pm0.05^{d}$	$1.43\pm0.04^{c}$	
	Once		0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.34±0.01°	0.35±0.03°	0.41±0.00 <sup>d</sup>	
Crude fat	Twice	$0.18\pm0.02^{b}$	$0.16\pm0.00^{b}$	$0.23\pm0.02^{bc}$	$0.41\pm0.03^{d}$	$0.34\pm0.02^{c}$	
	Thrice		$0.16\pm0.01^{b}$	$0.22\pm0.01^{bc}$	$0.30\pm0.02^{c}$	$0.36\pm0.01^{c}$	
	Once		0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.33±0.00°	0.40±0.01 <sup>d</sup>	0.40±0.01 <sup>d</sup>	
Crude ash	Twice	$0.34\pm0.02^{c}$	$0.18\pm0.02^{a}$	$0.20\pm0.00^{a}$	$0.37\pm0.03^{c}$	$0.28\pm0.02^{b}$	
	Thrice		$0.23\pm0.01^{ab}$	$0.28\pm0.02^{b}$	$0.36\pm0.01^{c}$	$0.33\pm0.00^{c}$	
	Once		0.73±0.05 <sup>a</sup>	2.12±0.12°	2.69±0.01 <sup>d</sup>	2.76±0.07 <sup>d</sup>	
Crude fiber	Twice	$1.27\pm0.00^{b}$	$1.21\pm0.07^{a}$	$1.66\pm0.02^{b}$	$3.13\pm0.17^{d}$	$2.30\pm0.31^{c}$	
	Thrice		$1.27\pm0.03^{b}$	$1.58\pm0.07^{b}$	$2.77\pm0.03^{d}$	$2.38\pm0.11^{cd}$	
NIII C	Once		4.21±0.17 <sup>a</sup>	10.10±0.14°	11.63±0.02°	11.80±0.01°	
Nitrogen free	Twice	$10.06\pm0.07^{c}$	$4.81\pm0.49^{a}$	$5.77\pm0.16^{a}$	$11.41\pm0.67^{c}$	$8.07\pm0.82^{b}$	
extract	Thrice		$5.44\pm0.36^{a}$	$6.92\pm0.11^{ab}$	-20°C  83.30±0.06 <sup>a</sup> 83.10±1.09 <sup>a</sup> 83.87±0.22 <sup>a</sup> 1.63±0.01 <sup>d</sup> 1.58±0.10 <sup>c</sup> 1.70±0.05 <sup>d</sup> 0.35±0.03 <sup>c</sup> 0.41±0.03 <sup>d</sup> 0.30±0.02 <sup>c</sup> 0.40±0.01 <sup>d</sup> 0.37±0.03 <sup>c</sup> 0.36±0.01 <sup>c</sup> 2.69±0.01 <sup>d</sup> 3.13±0.17 <sup>d</sup> 2.77±0.03 <sup>d</sup> 11.63±0.02 <sup>c</sup>	$8.57\pm0.41^{b}$	

<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup>Values with different letters in the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test (P<0.05).



**Fig. 1.** Change of weight of *Platycodon grandiflorum* with different freezing temperature and number of process.

것으로 판단된다.

#### 색차계 색도

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 색도를 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다. 밝은 정도를 나타내는 L 값은 -5°C와 -10°C의 온도에서 1회 동결한 도라지가 대조구보다 높은 값을 나타내었다. 1회 가공한 도라지에서는 -5°C, -10°C, -70°C 및 -20°C의 순서로 L 값이 감소하였고, 2회가공한 시료보다 1회 가공한 시료에서 더 높은 L 값을 나타내었다. 3회 가공한 도라지에서는 -20°C 동결한 경우를 제

외하고 2회 가공한 도라지보다 L 값이 높았다. 적색도를 나 타내는 a 값은 각 온도에서 2회 가공한 도라지와 -20℃에서 동결한 도라지에서 유사하게 나타났으며, 이는 다른 처리구 보다 높은 값이었다. 황색도를 나타내는 b 값은 -5°C와 -10°C에서 1회 가공한 도라지에서 적게 나타났으며 나머지 처리구는 대조구와 유사한 값을 나타내었다. Lee 등(22)은 수삼을 가열 처리하고 그에 따른 색도를 측정한 결과 가열온 도가 높을수록 a 값과 b 값은 계속 증가하고 L 값은 감소하 는 경향을 나타내었다. 본 연구에서는 -5°C와 -10°C의 비 교적 높은 온도에서 동결한 도라지의 L 값은 증가하였고 a 값은 대조구보다 감소하였으며, b 값에는 큰 차이가 없는 것으로 보아 가열 처리한 수삼과는 다른 경향을 나타내었다. 도라지를 식용으로 이용하는 경우 밝은 색을 우선시하는 것 을 고려하면 -20°C 이하의 온도에서 동결하는 것은 적절하 지 않은 것으로 생각된다. 한편 -5°C와 -10°C에서 동결한 도라지는 대조구보다도 밝은 색을 나타내고 있어 식용으로 많이 선호할 것으로 생각된다.

#### 조직감

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 조직감을 측정한 결과를 Table 3에 나타내었다. 견고성은 -5°C, -10°C 및 -20°C에서 동결한 도라지가 대조구의 1.86 kg보다 경도가 감소한 것으로 측정되었다. 경도가 감소하는 것은 도라지를

Table 2. Hunter color values of Platycodon grandiflorum with different freezing temperature and number of process

	Number of	Control	Temperature				
	process	Control –	-5°C	-10°C	-20°C	-70°C	
L (lightness)	Once Twice Thrice	78.02±0.89 <sup>de1)</sup>	81.41±3.58 <sup>f</sup> 72.27±0.57 <sup>a</sup> 76.62±1.14 <sup>cd</sup>	80.64±2.62 <sup>ef</sup> 72.67±0.74 <sup>ab</sup> 75.64±2.45 <sup>bcd</sup>	75.90±0.17 <sup>cd</sup> 75.85±0.94 <sup>cd</sup> 75.07±0.48 <sup>abcd</sup>	77.96±1.09 <sup>de</sup> 73.85±1.35 <sup>abc</sup> 76.17±1.96 <sup>cd</sup>	
a (redness)	Once Twice Thrice	2.03±0.45 <sup>ab</sup>	1.39±1.00 <sup>a</sup> 3.52±0.07 <sup>c</sup> 2.81±0.29 <sup>bc</sup>	1.41±0.57 <sup>a</sup> 3.76±0.50 <sup>c</sup> 2.93±0.74 <sup>bc</sup>	3.49±0.22° 3.61±0.72° 3.29±0.15°	2.98±0.72 <sup>bc</sup> 3.66±0.53 <sup>c</sup> 2.92±0.14 <sup>bc</sup>	
b (yellowness)	Once Twice Thrice	22.56±1.13 <sup>b</sup>	17.41±2.93 <sup>a</sup> 22.07±0.74 <sup>b</sup> 23.39±0.88 <sup>b</sup>	17.95±1.83 <sup>a</sup> 21.61±2.10 <sup>b</sup> 22.57±1.21 <sup>b</sup>	21.80±0.82 <sup>b</sup> 22.84±0.99 <sup>b</sup> 21.17±0.92 <sup>b</sup>	21.32±1.53 <sup>b</sup> 21.02±0.93 <sup>b</sup> 22.10±0.77 <sup>b</sup>	

<sup>1)</sup> Values with different letters in the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test (P<0.05).

Table 3. Texture profile analysis of Platycodon grandiflorum with different freezing temperature and number of process

	Number of process	Control —	Temperature				
			-5°C	-10°C	-20°C	-70°C	
Hardness (kg)	Once Twice Thrice	1.86±0.03 <sup>cde1)</sup>	1.16±0.04 <sup>a</sup> 1.55±0.11 <sup>b</sup> 1.58±0.20 <sup>bc</sup>	1.20±0.14 <sup>a</sup> 1.55±0.20 <sup>b</sup> 1.73±0.35 <sup>bcd</sup>	1.47±0.03 <sup>b</sup> 1.58±0.02 <sup>bc</sup> 1.89±0.06 <sup>de</sup>	1.74±0.26 <sup>bcd</sup> 2.06±0.18 <sup>e</sup> 2.99±0.24 <sup>f</sup>	
Springiness	Once Twice Thrice	0.25±0.01 <sup>bc</sup>	$0.16\pm0.02^{ab}$ $0.17\pm0.01^{ab}$ $0.17\pm0.05^{ab}$	$0.10\pm0.05^{a}$ $0.10\pm0.02^{a}$ $0.18\pm0.01^{ab}$	$0.20\pm0.04^{ab} \ 0.21\pm0.14^{ab} \ 0.20\pm0.10^{ab}$	0.16±0.02 <sup>ab</sup> 0.26±0.04 <sup>bc</sup> 0.35±0.05 <sup>c</sup>	
Chewiness	Once Twice Thrice	1.44±0.06	1.30±0.04 1.31±0.17 1.40±0.10	1.30±0.02 1.31±0.05 1.36±0.14	1.25±0.06 1.24±0.22 1.25±0.05	1.20±0.04 1.50±0.14 1.58±0.06	

<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup>Values with different letters in the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test (P<0.05).

동결 건조함에 따라 도라지의 조직이 물러진 것으로 판단된 다. Lee 등(23)의 연구에서도 증숙함에 따라 도라지의 조직 이 물러지고 약해져 생도라지의 경도가 증숙한 흑도라지의 경도보다 10배가량 높게 나타났다. 그에 따라 식품소재로 이용 시 도라지 내에 함유된 유용성분의 추출이 용이할 것으 로 판단된다고 보고하였다. 그러나 동결온도가 낮아질수록, 동결횟수가 증가할수록 견고성이 증가하였다. -70°C의 온 도에서 동결한 도라지는 동결, 해동 및 탈수의 과정을 2회와 3회를 거치면서 경도가 각각 2.06 kg와 2.99 kg까지 증가하 였다. 탄력성은 대조구의 경우 0.25의 값을 나타내었으며, 이는 동결과정을 거친 도라지에 비해 높게 측정되었다. 그러 나 -70°C에서 3회 동결한 도라지의 탄력성은 0.35로 대조 구보다 높게 측정되었다. 씹힘성은 대조구와 처리구 간에 유의적 차이를 나타내지 않았다. -70°C와 같은 아주 낮은 온도에서 동결하고 해동과 탈수의 공정을 반복하면 조직감 에 큰 영향을 주게 되어 대조구와는 상이한 결과를 나타내게 된다. 이는 기호도에도 영향을 주게 되는데, 도라지 대조구 와 유사한 형태를 유지하기 위해서는 -5°C 또는 -10°C의 온도에서 동결하는 것이 적합하다고 판단된다.

#### 사포닌 함량

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 사포닌 함량은 Fig. 2에 나타내었다. -5°C에서 1~3회 및 -10°C에서 1, 2회 동결한 도라지의 사포닌 함량은 각각 46.28, 44.18, 42.07, 48.38 및 44.18 mg/g으로 대조구의 25.24 mg/g보다 높게 나타났다. 그러나 -10°C에서 3회 동결한 도라지와 -20°C 및 -70°C의 온도에서 동결한 도라지는 대조구와 유사한 사포닌 함량을 나타냈다. 각 온도별 가공횟수가 증가함에 따라 사포닌 함량은 감소하는 것으로 나타났다. 특히 -70°C에서 2회 및 3회 가공한 도라지의 사포닌 함량은 각각 23.14 및 21.04 mg/g으로 대조구의 사포닌 함량보다 낮은 것으로 측정되었다. 이러한 결과를 통해 -5°C 또는 -10°C의 온도에서 동결한 도라지는 생도라지에 비해 사포 닌 추출 효율이 좋다는 것을 알 수 있었다. 이로써 동결, 해동 및 탈수의 과정을 거친 도라지는 사포닌 추출 효율이 향상되

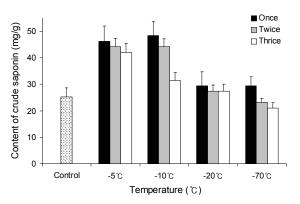


Fig. 2. Crude saponin content of weight of *Platycodon grandi-florum* with different freezing temperature and number of process.

어 생리활성이 활발할 것으로 판단된다.

본 연구에서 실시한 물리적인 가공방법은 쓴맛을 내는 사 포닌의 제거에 매우 효율적이고 탁월할 수 있지만 도라지의 조직감에는 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 물리적 인 방법 외에도 Wie 등(24)이 보고한 Aspergillus niger 발 효에 의한 사포닌의 구조변경은 쓴맛 감소 방법으로 매우 유용한 방안으로 생각된다. 발효공정의 활용은 조직감을 훼 손하지 않는다는 측면에서 추가 연구에서 활용이 가능할 것 으로 보인다. 특히 동결공정 후에 발효공정을 거치면 좀 더 빨리 많은 사포닌을 제거하고 변형하여 쓴맛을 급격히 감소 시켜 매우 유용할 것으로 여겨진다. 또한 본 연구에서는 조 사포닌으로 분석하고 표현했지만, 서론에서 언급한 것처럼 도라지의 사포닌은 그 종류가 많으며, 각 종류별로 다른 쓴 맛과 생리적 효능을 가졌을 것으로 여겨진다. 따라서 현재는 도라지의 사포닌을 HPLC로 분석하고 세분화하여 연구를 추진 중에 있다. 이를 통해 쓴맛을 많이 내는 사포닌을 특정 하고 효율적으로 제거하는 공정을 완성할 수 있을 것이다.

#### 총 페놀 함량

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 페놀 함량은 Fig. 3에 나타내었다. -5°C에서 동결한 도라지의 페놀 함량은 대조구의 페놀 함량인 0.06 mg/g보다 높았다. -10°C와-20°C에서 동결한 도라지의 페놀 함량은 대조구와 유사했으나, -70°C에서 1~3회 동결한 도라지의 페놀 함량은 각각대조구의 절반 수준인 0.03, 0.02 및 0.02 mg/g이었다. 특히 -5°C에서는 동결, 해동 및 탈수의 공정을 반복할수록 페놀 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 페놀 함량의 차이는 미량이지만 -5°C에서 동결한 도라지가 대조구보다 페놀의 추출 효율이 향상된 것을 확인하였다.

## 주사전자현미경 관찰

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 조직 특성을 알아보기 위하여 주사전자현미경으로 비교 관찰한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 가공하지 않은 도라지는 동그란 모양의 세포벽이 유지되고 있으나 동결→해동→탈수의 공정을 거치

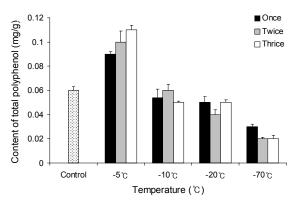


Fig. 3. Total polyphenol content of *Platycodon grandiflorum* with different freezing temperature and number of process.

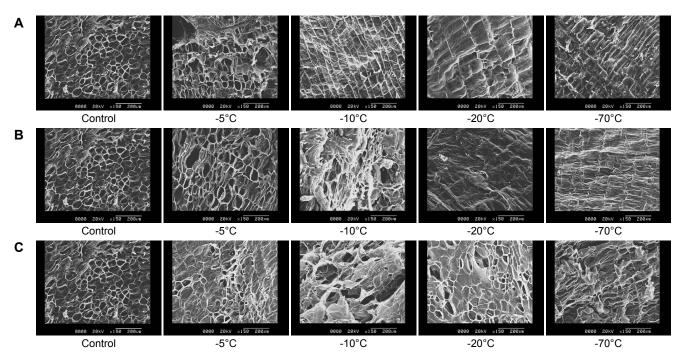


Fig. 4. Scanning electron microscopy (SEM) pictures of *Platycodon grandiflorum* with different freezing temperature and number of process; (A) once, (B) twice, and (C) thrice.

면서 세포벽이 늘어져 막처럼 변한 것을 볼 수 있다. -70℃ 에서 동결한 도라지의 세포벽이 가장 많이 변형되었으나 -5 °C에서 동결한 도라지는 동그란 모양의 세포벽의 형태를 가 지고 있었고, 특히 2회 가공한 도라지는 대조구와 가장 유사 하다고 볼 수 있다. 가공횟수가 증가할수록, 동결온도가 낮 을수록 세포벽의 변화가 더 심하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 동결, 해동 및 탈수 과정의 반복과 동결건조 로 인해 조직이 수축된 결과라고 생각되며, 동결과 가공에 따른 도라지 조직의 특성을 확인할 수 있었다. Kim 등(25)은 증숙단계별 홍삼 조직의 특성을 관찰한 결과 증숙하지 않고 건조된 시료의 세포막은 유지되었으나 증숙이 진행됨에 따 라 건조에 의한 수축으로 세포막이 주름져 보인다고 보고하 였다. 또한 Bae 등(26)의 감자전분의 하이드록시프로필화 에 대한 주사전자현미경 관찰 결과 하이드록시프로필화 전 분의 입자 형태는 치환도가 높아질수록 전분입자 형태의 파 괴가 심화되었다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 본 연구의 가공이 진행될수록 도라지 조직이 변형되는 것과 유사한 경 향을 나타내었다.

#### 기호도 검사

동결온도와 가공횟수에 따른 도라지의 기호도를 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다. 외관, 향미, 쓴맛, 조직감, 씹힘성과 전반적인 기호도의 6가지 항목에 대하여 기호도 검사를 한 결과 -5°C에서 동결한 도라지는 외관, 향미, 조직 감 및 씹힘성의 항목에서 대조구와 유사한 결과를 보였다. 그러나 쓴맛은 대조구보다 개선되어 전반적인 기호도가 가장 높게 나타났다. -10°C, -20°C 및 -70°C에서 동결한 도

라지는 쓴맛을 제외한 나머지 항목에서 대조구보다 점수가 낮았기 때문에 전반적인 기호도가 낮은 것으로 나타났다. 하지만 이러한 결과는 세부적인 동결온도와 쓴맛과의 상관 관계 및 조직감 등의 기호도에 미치는 영향에 대해 종합적인 평가를 하기에는 자료가 부족한 것으로 여겨지며, 이를 보완하기 위한 추가적인 연구가 절실한 시점이다.

#### 요 약

본 연구는 다양한 생리활성을 지닌 도라지의 쓴맛을 완화시 켜 식품소재로서의 활용도를 높이고자 동결온도와 탈수방 법 및 횟수에 따른 품질 변화를 조사하였다. 수분을 제외한 일반성분 함량에서는 -20 및 -70°C에서 동결 처리한 도라 지가 -5 및 -10°C에서 동결 처리한 것에 비해 그 함량이 대체적으로 많았다. 조단백질 함량은 1, 2 및 3 차 동결과 탈수 처리 모두 -20°C에서 동결한 도라지에서 가장 높았고, 같은 동결온도에서는 3차 동결 처리했을 때 단백질 함량이 가장 높았다. 조지방 함량도 -20 및 -70°C의 처리구가 -5 및 -10°C 결과치보다 높았다. 대체적으로 -5°C 동결 처리 한 도라지가 가장 낮은 수준의 조단백, 조지방, 조섬유 및 조회분의 함량을 가진 것으로 나타났다. 동결온도와 가공횟 수에 따른 무게 변화는 온도가 낮을수록 컸으며 가공을 반복 할수록 더 크게 나타났다. 색도에서 L 값은 -20°C 동결을 제외하고 2회 가공한 도라지에서 가장 낮은 것으로 나타났 고, b 값은 -5℃와 -10℃에서 각각 1회 가공한 도라지를 제외한 나머지 처리구가 대조구와 유사한 값을 나타내었다. 도라지의 조직감 중 견고성은 처리구가 대조구보다 감소하

Table 4. Preference test of Platycodon grandiflorum with different freezing temperature and number of process

	Number of	Control		Tempe	erature	
	process		-5°C	-10°C	-20°C	-70°C
	Once		$4.8 \pm 0.5$	3.3±1.0	3.5±1.3	1.8±0.5
Appearance <sup>1)</sup>	Twice	5.5±1.7	5.5±1.2	$2.0\pm0.4$	1.8±0.2	1.2±0.2
	Thrice		4.7±1.0	$1.2\pm0.5$	$1.0\pm0.5$	$1.0\pm0.3$
	Once		4.0±0.0	3.5±1.0	3.3±1.3	3.8±1.0
Flavor <sup>1)</sup>	Twice	$4.3 \pm 1.0$	$4.0\pm1.1$	$3.2\pm1.1$	$3.2 \pm 1.1$	$3.2 \pm 1.1$
	Thrice		$4.0\pm0.8$	$3.0\pm0.6$	-20°C 3.5±1.3 1.8±0.2 1.0±0.5 3.3±1.3	2.7±0.9
	Once		3.7±1.1	4.6±2.3	4.4±2.1	4.0±1.6
Bitter taste <sup>2)</sup>	Twice	$5.0\pm2.2$	$2.0\pm0.8$	$3.0\pm1.6$	$3.3 \pm 1.3$	4.3±2.1
	Thrice		$2.0\pm1.0$	2.6±1.1	-20°C 3.5±1.3 1.8±0.2 1.0±0.5 3.3±1.3 3.2±1.1 2.8±0.8 4.4±2.1 3.3±1.3 2.9±1.1 5.2±0.2 1.8±0.4 1.6±0.5 4.4±0.9 4.3±1.5 4.0±0.8 3.8±0.5 2.8±0.4	3.6±1.1
	Once		5.2±0.5	5.4±0.2	5.2±0.2	5.1±0.5
Texture <sup>1)</sup>	Twice	$5.5\pm0.4$	5.2±1.3	$2.2\pm0.8$	$1.8\pm0.4$	$1.4\pm0.5$
	Thrice		5.1±1.1	$2.0\pm0.9$	-20°C 3.5±1.3 1.8±0.2 1.0±0.5 3.3±1.3 3.2±1.1 2.8±0.8 4.4±2.1 3.3±1.3 2.9±1.1 5.2±0.2 1.8±0.4 1.6±0.5 4.4±0.9 4.3±1.5 4.0±0.8 3.8±0.5 2.8±0.4	1.2±0.4
	Once		5.8±0.4	5.8±0.4	4.4±0.9	3.0±1.0
Chewiness <sup>1)</sup>	Once Twice 5.0±2.2 Thrice Once Twice 5.5±0.4 Thrice Once Twice 6.5±0.6	$6.5\pm0.6$	5.3±1.3	4.3±1.5	$3.8 \pm 1.0$	
	Thrice		5.9±1.1	$5.0\pm0.9$	-20°C 3.5±1.3 1.8±0.2 1.0±0.5 3.3±1.3 3.2±1.1 2.8±0.8 4.4±2.1 3.3±1.3 2.9±1.1 5.2±0.2 1.8±0.4 1.6±0.5 4.4±0.9 4.3±1.5 4.0±0.8 3.8±0.5 2.8±0.4	$3.0\pm1.1$
	Once		5.0±0.8	2.8±1.0	3.8±0.5	2.5±1.7
Overall preference <sup>1)</sup>	Twice	$5.4 \pm 0.5$	$5.8 \pm 0.8$	2.4±0.5	$2.8 \pm 0.4$	2.4±0.9
•	Thrice		4.5±1.1	1.6±0.9	2.1±1.1	1.8±1.1

<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup>Preference: 7 scale (1, extremely dislike; 7, extremely like). <sup>2)</sup>Intensity: 7 scale (1, extremely weak; 7, extremely strong).

였으나, -20°C에서 3회 가공한 도라지와 -70°C에서 2회 및 3회 가공한 도라지는 대조구보다 견고성이 증가하였다. 탄력성은 -70°C에서 3회 가공한 도라지를 제외하고는 대조 구보다 낮은 값을 나타내었으며, 씹힘성은 대조구와 처리구 간에 유의적 차이를 나타내지 않았다. 사포닌 함량은 각 온 도별 가공횟수가 증가할수록, 동결온도가 낮아질수록 감소 하였다. 페놀 함량은 -5°C에서 1~3회 가공처리 한 도라지 의 경우 대조구보다 높은 함량을 나타내었으며, 가공횟수가 증가할수록 그 함량은 증가하였다. 동결온도가 낮을수록 페 놀 함량은 감소하였다. 주사전자현미경으로 도라지의 단면 을 관찰해본 결과 동결과 가공 공정이 진행됨에 따라 세포벽 이 주름진 것처럼 보이고 더 큰 구멍이 보임을 확인하였다. 기호도 검사를 통하여 -5°C에서 동결한 도라지가 다른 처리 구에 비해 높은 기호도를 보였으며, -5°C에서 동결과 탈수 과정을 2회 거친 실험처리군이 쓴맛의 개선 효과도 가장 좋 은 것으로 나타났다. 따라서 -5°C에서 동결과 탈수를 2회 반복한 도라지가 대조구와 가장 유사하며 사포닌과 페놀의 함량이 증가하였고 쓴맛이 완화되어 식품소재로서의 활용 이 증가될 수 있을 것으로 판단되었다.

#### **REFERENCES**

- Lim KH. 1971. A medicinal phytology (The details). Dong Myoung Sa, Seoul, Korea. p 281.
- Sung NJ, Seo JK. 1998. Medical action of perennial *Patyco-don radix*. Proceedings of Institute Agriculture Research Utility Symposium for 50th Anniversary. Gyeongsang National University, Jinju, Korea. p 35-47.
- 3. Akiyama T, Tanaka O, Shibata S. 1972. Chemical studies

- on the oriental plant drugs. XXX. Sapogenins of the roots of *Platycodon grandiflorum* A. DE Candolle. (1) Isolation of the sapogenins and the stereochemistry of polygalacic acid. *Chem Pharm Bull* 20: 1945-1951.
- Ozaki Y. 1995. Studies on antiinflammatory effect of Japanese oriental medicines (Kampo medicines) used to treat inflammatory diseases. *Biol Pharm Bull* 18: 559-562.
- Zhao HL, Cho KH, Ha YW, Jeong TS, Lee WS, Kim YS. 2006. Cholesterol-lowering effect of platycodin D in hypercholesterolemic ICR mice. Eur J Pharmacol 537: 166-173.
- Choi CY, Kim JY, Kim YS, Chung YC, Seo JK, Jeong HG. 2001. Aqueous extract isolated from *Platycodon grandi-florum* elicits the release of nitric oxide and tumor necrosis factor-α from murine macrophages. *Int Immunopharmacol* 1: 1141-1151.
- Kim YS, Kim JS, Choi SU, Kim JS, Lee HS, Roh SH, Jeong YC, Kim YK, Ryu SY. 2005. Isolation of a new saponin and cytotoxic effect of saponins from the root of *Platycodon* grandiflorum on human tumor cell lines. *Planta Med* 71: 566-568.
- 8. Ahn KS, Noh EJ, Zhao HL, Jung SH, Kang SS, Kim YS. 2005. Inhibition of inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase II by *Platycodon grandiflorum* saponins via suppression of nuclear factor-kB activation in RAW 264.7 cells. *Life Sci* 76: 2315-2328.
- Kim YP, Lee EB, Kim SY, Li D, Ban HS, Lim SS, Shin KH, Ohuchi K. 2001. Inhibition of prostaglandin E<sub>2</sub> production by platycodin D isolated from the root of *Platycodon grandiflorum*. *Planta Med* 67: 362-364.
- Lee H, Kang R, Kim YS, Chung SI, Yoon Y. 2010. Platycodin D inhibits adipogenesis of 3T3-L1 cells by modulating Kruppel-like factor 2 and peroxisome proliferator-activated receptor gamma. *Phytother Res* 24: S161-S167.
- Jeong SI, Yu HH. 2013. Quality characteristics of Sikhe prepared with the roots powder of Doraji (*Platycodon gran-diflorum A. DE. Candolle*). J Korean Soc Food Sci Nutr

- 42: 759-765.
- Lee ST, Kim MB, Kim DK, Ryu JS, Lee HJ, Hae JS. 1998. Production of curd yogurt from the roots of *Platycodon grandiflorum* (Jacq) A. DC. Korean J Medicinal Crop Sci 6: 265-270
- Hwang SJ, Kim JW. 2007. Effects of roots powder of balloonflowers on general composition and quality characteristics of Sulgidduk. Korean J Food Culture 22: 77-82.
- Lee GD, Joo GJ, Kwon JH. 2000. Optimization for roast flavour formation of *Platycodon grandiflorum* tea. *J Korean* Soc Food Sci Nutr 29: 752-757.
- Park MS, Park DY, Son KH, Koh BK. 2009. A study on quality characteristics of Doraji (*Platycodon grandiflorum*) Yanggeng using by different pre-treatment methods and amounts adding levels of Doraji. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 78-88.
- Lee ST, Lee YH, Choi YJ, Son GM, Shim KH, Heo JS. 2001. Preparation and characteristics of candy using *Doraji* (*Platycodon grandiflorum* (Jacq.)). Korean J Postharvest Sci Technol 8: 146-150.
- Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies containing *Platycodon grandiflorum* powder. Korean J Food & Nutr 26: 759-765.
- Park S, Noh B, Han K. 2012. Standardization of manufacturing process and storage condition for pre-processed foodstuffs (pre-processed *namul*; peeled balloon flower roots and parboiled bracken). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1611-1618.

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 17, 37,440.
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
- 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.
- Lee JW, Lee SK, Do JH, Sung HS, Shim KH. 1995. Browning reaction of fresh ginseng (*Panax ginseng C.A. Meyer*) as affected by heating temperature. *Korean J Ginseng Sci* 19: 249-253.
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. 2013. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). Korean J Food Sci Technol 45: 422-427.
- Wie HJ, Zhao HL, Chang JH, Kim YS, Hwang IK, Ji GE. 2007. Enzymatic modification of saponins from *Platycodon grandiflorum* with *Aspergillus niger*. J Agric Food Chem 55: 8908-8913.
- Kim CS, Jang DS, Che SY. 2006. Histological characteristics of Korean red ginseng in steaming process. Korean J Medicinal Crop Sci 14: 36-40.
- Bae SK, Lee SJ, Kim MR. 1997. Physicochemical properties of potato starches hydroxypropylated with propylene oxide. J East Asian Soc Dietary Life 7: 519-526.