

## 열풍건조 및 데침 처리에 따른 배암차즈기(*Salvia plebeia* R. Br.)의 항산화 및 이화학적 특성 변화

정지숙<sup>1\*</sup> · 김용주<sup>1</sup> · 최보름<sup>1</sup> · 고근배<sup>2</sup> · 손병길<sup>2</sup> · 강석원<sup>2</sup> · 문승만<sup>2</sup>

<sup>1</sup>구례야생화연구소

<sup>2</sup>구례군농업기술센터 자원연구개발과

### Antioxidant and Physicochemical Changes in *Salvia plebeia* R. Br. after Hot-air Drying and Blanching

Ji-Suk Jeong<sup>1\*</sup>, Yong-Joo Kim<sup>1</sup>, Bo-Rum Choi<sup>1</sup>, Geun-Bae Go<sup>2</sup>, Byeong-Gil Son<sup>2</sup>,  
Suk-Won Gang<sup>2</sup>, and Seung-Man Moon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wild Flower Institute and <sup>2</sup>Dept. of Research and Development of Resources,  
Gurye-gun Agricultural Center, Jeonnam 054-805, Korea

**ABSTRACT** The aim of this study was to investigate physicochemical changes in *Salvia plebeia* R. Br. (SPA) upon hot-air drying and blanching. After hot-air drying and blanching, total polyphenol and flavonoid contents were reduced from 96.64 mg and 48.40 mg gallic acid equivalent/g to 29.70 mg and 22.10 mg quercetin equivalent/g, respectively. DPPH radical scavenging activities at 25 µg/mL of SPA were 94.5% for ascorbic acid, 84.3% for hot-air dried SPA, and 59.7% for blanched SPA and there was no significant difference between those of hot-air dried SPA and ascorbic acid as a positive control. Total sugar contents were 7.187% and 6.104% for hot-air dried SPA and blanched SPA, respectively. During the blanching process, sucrose and maltose contents decreased, whereas glucose and fructose contents increased. Glucose and fructose were converted into citric acid in blanched SPA, whereas sucrose and maltose were converted into tartaric acid, malic acid, and succinic acid. Fourteen kinds of amino acids were found, but methionine, lysine, glycine, histidine, and cysteine were absent. The proportion of essential amino acids was 61.76% upon hot-air drying, which was a relatively high amount. In addition, hot-air drying resulted in 1.40 mg/100 g of norvaline as well as 39.00 mg/100 g of GABA, which are non-amino acids. Therefore, *Salvia plebeia* R. Br. can be used not only as vegetables but also as highly useful and various health functional foods with antioxidant effects and excellent nutrition.

**Key words:** *Salvia plebeia* R. Br., antioxidant, amino acid, norvaline,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA)

## 서 론

배암차즈기(*Salvia plebeia* R. Br.)는 꿀풀과(Labiatae)의 두해살이풀로 잎의 모양이 곰보 같다고 하여 곰보배추, 뱀비늘처럼 생겼다고 뱀배추 등으로 불린다(1). 또한 설견초, 나인초, 수양이(水羊耳), 과송청(過冬靑)이라고도 하며 한방에서는 향기로운 가지가 달린 풀이라 하여 여지초(荔枝草)라고도 한다(1). 잎은 길이 3~6 cm로 뿌리에서 뭉쳐나고 땅 위로 퍼져 2개씩 마주나며, 잎 가장자리에 둔한 톱니가 있고 앞뒷면에 간혹 잔털이 있어 잎자루가 길다. 어릴 때는 쭈글쭈글하고 납작하게 땅에 붙어서 월동하며 자라면서 잎이 덜 쭈글하고 완만하게 네모지고 곧게 자란다(1). 민간에서는 주로 기침, 천식, 염증 등에 효과가 있는 것으로 알려져

있다(2). 한의학적으로 성미가 고신, 량(涼)하며, 청혈해육, 양혈산어, 이수소종 등의 효능이 있어 감모발열, 인후종통, 폐열해수, 토혈, 요혈, 치창출혈, 신염누종, 백탁, 치질, 옹종창독, 습진소양, 질타손상 등을 치료한다고 하였다(3,4). 주요 성분으로는 flavonoid와 phenol성 물질, saponin, 강심배당체, 불포화 sterol, 정유 등이 있으며 종자에는 지방유를 함유하고 있다. Cho 등(5)은 배암차즈기 경엽을 메탄올로 추출하여 추출액의 에칠아세테이트 분획을 <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR 등으로 구조를 분석한 결과 rosmarinic acid, luteolin 7-O- $\beta$ -glucopyranoside, hispidulin 7-O-glucopyranoside 등을 동정하였으며, 이 중 rosmarinic acid의 항산화 활성이 가장 높은 것으로 보고하였다. Lim 등(2)의 보고에 의하면 배암차즈기 메탄올 추출물을 0.2 mg/mL 첨가하여 지질과산화물을 측정된 결과 linoleic acid에 대해 72.86~78.32%의 항산화력을 나타내어 기능성 식품소재 및 식품첨가물로써 사용 가능하리라 제안하였다. 또한 항암(6), 항

Received 25 February 2014; Accepted 25 April 2014

\*Corresponding author.

E-mail: herojisuk@hanmail.net, Phone: +82-10-3528-7174

염증(7,8)에 우수한 효과가 있는 것으로 보고되었다.

나물은 일상식으로 쉽게 접할 수 있는 식재료이나 데쳐서 양념에 버무리는 형태로 주로 이용될 뿐 가공 활용도가 낮은 편이다. 참나물(9), 활나물(10), 땅콩나물(11), 우산나물(12), 동부나물(13) 등의 다양한 종류의 나물에 대한 기능성 연구가 이루어졌으나 배암차즈기는 항산화 및 세포독성 등의 효능에 대한 연구가 일부 보고되었을 뿐이며, 영양학적 성분조사는 Park 등(14)의 연구 외에는 전무하였다. 또한 Park(15)의 연구결과에서처럼 대식세포에서 산화저밀도지단백의 유입을 억제하고 콜레스테롤의 유출을 촉진하는 기능을 가진 배암차즈기 나물을 일상식에서 적극적으로 활용할 수 있다면 동맥경화증뿐만 아니라 다양한 질병예방 효과가 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 식용야생화자원 개발 및 나물활용도를 증진시키기 위해 나물 이용 시 보편적인 방법인 열풍건조 및 데침 처리에 따른 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능 등의 항산화 효과와 유기산, 유리당 및 유리아미노산 등의 이화학적 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 배암차즈기(*Salvia plebeia* R. Br.)는 전라남도 구례군농업기술센터 친환경시험장(위도 127° 26'30", 경도 35° 14'25") 노지에서 재배된 것으로 3월 중순에 길이 10~20 cm의 것을 채취하여 지상부를 사용하였다. 지상부는 이물질 제거 및 수세 후 열풍건조 및 데침 처리하였다. 열풍건조 시료는 dry oven(SH-FDO 150, Samheung, Sejong, Korea)을 사용하여 45°C에서 12시간 건조하였다. 데친 후 열풍건조 시료는 water bath(BS-31, Jeio, Incheon, Korea)를 사용하여 생채 나물 1 kg에 20배(20 L)의 증류수를 넣고 가열하여 96±1°C에서 3분간 데친 후 흐르는 물에 1분간 수세하고, 다시 증류수에 담갔다가 뻗 후 채반에서 물기를 제거하였다. 데친 시료는 다시 45°C에서 12시간 열풍건조 하였다. 열풍건조 및 데친 후 열풍건조한 시료는 분쇄기(SMX-4000DY, (주)동양피씨에스, Gyeonggi, Korea)로 분쇄하여 -80°C deep freezer(MDF-U53V, Sanyo, Osaka, Japan)에 동결 보관하면서 추출물 제조에 사용하였다.

### 추출물 제조 및 수율

열풍건조 및 데친 후 열풍건조한 시료는 각각 20 g씩 정량하고 400 mL의 증류수를 혼합하여 heating mantles (WHM12295, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Gangwon, Korea)를 이용하여 열수 추출물을 제조하였다. 추출온도 70°C에서 3시간 동안 추출하여 filter paper로 여과한 후 감압농축(H-1000VW, NVC-2100, Tokyo, Japan) 하여 농축된 시료를 얻어 -80°C에서 동결건조(FDU-2100, Eyela,

Tokyo, Japan) 하여 추출수율을 조사하였다.

### 총 폴리페놀 함량 분석

폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's의 방법(16)에 따라 각 추출물 60 µL에 증류수 540 µL를 첨가하여 여기에 Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 100 µL를 첨가하여 30초간 혼합하였다. 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Sigma-Aldrich Co.) 100 µL를 가하고 혼합하여 20°C에서 90분간 정치 반응한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

### 총 플라보노이드 함량 분석

플라보노이드 함량은 Moreno 등의 방법(17)에 준하여 측정하였다. 추출물을 농도별로 100 µL에 80% ethanol 900 µL를 혼합한 시료 100 µL를 시험관에 취하고 10% aluminum nitrate(Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan)와 1 M potassium acetate(Junsei Chemical Co.)를 각각 0.1 mL를 넣고, 80% ethanol(Merck, Darmstadt, Germany) 4.3 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치 반응한 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로는 quercetin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

### DPPH radical 소거능 측정

전자공여능 측정은 Blois의 방법(18)에 따라 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co.)에 대한 수소공여 효과를 측정하여 전자공여능(EDA; electron donating ability)으로 나타내었다. 즉 각 시료용액 2 mL에 0.2 mM의 DPPH 용액(dissolved in 99% ethanol, Sigma-Aldrich Co.) 1 mL 넣고 교반한 후 37°C에서 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 감소율 차이를 백분율(%)로 나타내어 전자공여능으로 표시하였다.

### 유리당 함량 측정

유리당 분석은 Gancedo와 Luh의 방법(19)에 준하여 실시하였으며, 분석조건은 Table 1에 나타내었다. 시료 1 g에 80% ethanol(Merck) 50 mL를 가하여 heating mantle에서 75°C로 5시간 가열한 다음 여과지(Whatman No. 2, Whatman, Maidstone, UK)로 여과하고 여액을 rotary vacuum evaporator에서 감압농축 후 10 mL로 정용하여 ion chromatography(DX-600, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다. 분석조건은 Carbo Pac<sup>TM</sup>-PA10 analytical (4×250 mm)과 용출용매 Ca-EDTA(500 mg/L, Sigma-Aldrich Co.)를 조합하였다. 전처리된 시료 1 mL를 취하여

**Table 1.** Operating conditions of HPLC for analysis free sugar, organic acids, and amino acid in *Salvia plebeia* R. Br. after hot-air drying and blanching

Conditions	Free sugar	Organic acid	Free amino acid
HPLC	Ion chromatography (DX-600, Dionex)	Ion chromatography (DX-600, Dionex)	Agilent Technologies 1200 series
Detector	Reactive index detector	Photodiode array detector (M990, Waters)	Diode array detector
Column	CarboPacTM-PA10 analytical (4×250 mm)	Supelcogel™ C-610H column (300×3.9 mm, 4 μm)	Zorbax Eclipse AAA analytical (150×4.6 mm I.d., 5 μm)
Wavelength (nm)		210	338
Flow rate (mL/min)	0.5	0.5	2
Injection volume (μL)	20	15	1

0.45 μm membrane filter로 여과한 후 column에 20 μL씩 주입하였다. 이때의 column 온도는 90°C를 유지하였고 용출 용매는 0.5 mL/min으로 흘려보냈으며 검출은 reactive index detector를 사용하였다.

**유기산 함량 측정**

유기산 분석은 Kim 등의 방법(20)에 따라 실시하였으며, 분석조건은 Table 1에 나타내었다. 마쇄한 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 80% 수조에서 4시간 가열한 다음 여과지(Whatman No. 2, Whatman)로 여과하고, 여액을 rotary vacuum evaporator로 감압농축 한 다음 증류수 10 mL로 정용하여 ion chromatography(DX-600, Dionex)로 분석하였다. 분석조건으로 검출기는 photodiode array detector(M990, Waters, Milford, MA, USA), column은 Supelcogel™ C-610H column(300×3.9 mm, 4 μm)을 이용하여 실시하였다. 이외의 분석조건으로는 wavelength는 200~300 nm(main 210 nm), flow rate는 0.5 mL/min, injection volume은 15 μL, 이동상은 0.1% phosphoric acid를 각각 사용하였다.

**유리아미노산 함량 측정**

유리아미노산 분석은 Mun 등(21)의 방법을 변형하여 HPLC(1200 series, Agilent Technologies, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였으며, 분석조건은 Table 1에 나타내었다. 시료 0.1 g을 2.0 mL eppendorf tube에 담고 5% trichloroacetic acid(TCA, SAMCHUN Chemical, Pyeongtaek, Korea) 수용액 1.2 mL를 넣었다. 상온에서 1시간 정지한 후 원심분리기(Micro 17TR, Hanil Science, Incheon, Korea)로 15,000 rpm, 4°C에서 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 상층액을 회수하여 0.45 μm PTFE hydrophilic syringe filter로 여과한 후 HPLC vial에 담아 초저온냉동고(MDF-U53V, Sanyo)에서 -80°C로 보관하면서 사용하였다. 분석칼럼은 Zorbax Eclipse AAA analytical(150×4.6 mm I.d., particle size 5 μm)을 사용하였다. Detection wavelength는 338 nm, flow rate는 2 mL/min, column temperature는 40°C로 설정하였다. 시료주입은 injector

program을 사용하여 2.5 μL borate buffer로 0.5 μL sample을 2×로 섞어주고 30초간 기다린 후 HPLC급 증류수가 들어있는 vial에 needle을 씻고 0.5 μL OPA 용액을 6×로 혼합하고 다시 needle을 증류수에 씻고 증류수 32 μL로 혼합 후 주입하였다. 이동상 용매는 용매 A[40 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, D.W(pH 7.8)]와 용매 B[ACN : MeOH : water(45:45:10, v/v/v)]를 사용하였으며, 용매 A를 1.9분까지 100%로 유지하였으며 21.1분까지 43%로 감소시켰다. 이후 21.6분까지 0%로 감소시킨 후 25분까지 유지시켰다. 25.1분에 다시 100%로 증가시킨 후 유지하였다. 각각의 표준품의 유리아미노산 HPLC peak 면적(area)과 각각 시료의 성분면적을 비교하여 정량화(mg/100 g flash wt.)하였으며, 모든 유리아미노산 표준품은 Agilent Technologies 제품을 사용하였다.

**통계처리**

모든 자료의 통계는 SPSS program(SPSS Statistics 14.0, IBM, New York, NY, USA)을 사용하여 나타내었다. 모든 데이터는 특별한 경우를 제외하고는 3회 반복 측정한 후 평균치±표준편차로 나타내었으며, 집단별 평균분석 및 각 실험군 간의 차이를 독립표본 T-검정하고 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**총 폴리페놀 함량**

폴리페놀(polyphenol)은 식물에서 발견되는 화합물질의 일종으로 분자 하나에 페놀 그룹이 한 개 이상 있으며 탄닌, 플라보노이드, 리그닌 등으로 분류되고 두 개 이상의 히드록시기로 치환된 것으로(22), 총 폴리페놀 함량은 항산화 효과와 밀접한 관계가 있어 노화를 방지하는 것으로 알려져 있다(22,23). Table 2에서 보는 바와 같이 열풍건조한 배암차즈기의 총 폴리페놀 함량은 94.64 mg/g이며, 데친 후에는 48.40 mg/g으로 감소하였다(P<0.0001). Lee 등(24)은 34종의 산채류에서 조제된 물 추출물의 폴리페놀 함량이 4.6~183.8 mg/g으로 식물 중에 따라 페놀성 물질의 함량이 다양한 것으로 보고하였다. 돌단풍(183.8 mg/g), 광대싸리

**Table 2.** Change in the contents of total polyphenols, and total flavonoids contents of *Salvia plebeia* R. Br. extract after hot-air drying, and blanching

	Extraction yield (%) dried basis)	Total polyphenol (GAE <sup>1)</sup> mg/g)	Total flavonoids (QE <sup>2)</sup> mg/g)
Hot-air drying	22.5	94.64±0.97 <sup>a</sup>	29.70±1.28 <sup>a</sup>
Blanching	15.8	48.98±0.62 <sup>b</sup>	22.10±0.35 <sup>b</sup>
F-value		4,719.67 <sup>****</sup>	99.017 <sup>***</sup>

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.

<sup>1)</sup>GAE: gallic acid equivalence.

<sup>2)</sup>QE: quercetin equivalence.

<sup>ab</sup>Different superscripts within a column are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test.

Significant level <sup>\*\*\*</sup> $P<0.001$ , <sup>\*\*\*\*</sup> $P<0.0001$ .

(166.9 mg/g), 기린초(145.8 mg/g), 까치수영(132.4 mg/g), 짚신나물(120.0 mg/g) 등은 열풍건조한 배암차즈기의 물 추출물보다 폴리페놀 함유량이 높았으며, 뽕꼭채가 97.0 mg/g으로 비슷한 수준이었다. 애기나리(49.6 mg/g), 멸가치(46.5 mg/g), 개시호(45.2 mg/g) 등은 데친 후 열풍건조한 배암차즈기의 폴리페놀 함량과 비슷한 수준이었다. 폴리페놀 함량은 식물의 종류에 따라 상당한 차이가 있으며, 데침 처리 후 상당량 감소되는 것으로 데치는 과정 중 수용성인 폴리페놀 물질이 소실된 것으로 판단된다. Chae 등(25)은 참나물을 이물질만 제거한 원료, 씻은 후, 데친 후, 찌 후의 폴리페놀 함량을 조사하였으며, 데친 후 오히려 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 보고하여 본 연구결과와는 상반된 결과를 나타내었다.

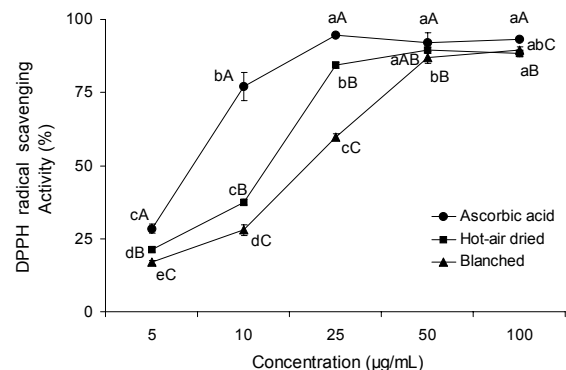
### 총 플라보노이드 함량

Table 2에서 보는 바와 같이 열풍건조한 배암차즈기의 총 플라보노이드 함량은 29.70 mg/g이며, 데친 후에는 22.10 mg/g으로 유의적으로 감소하였다( $P<0.001$ ). 플라보노이드(flavonoid)는 식물성 폴리페놀계 화합물의 가장 큰 부류이며, 약 4,000여 개의 화합물로 이루어진 화합물로 노란색 계열의 항산화 물질이다. 화학적 구조 차이에 의해 플라바놀(flavanol), 플라바논(flavanone), 플라본(flavone), 이소플라본(isoflavone), 안토시아닌(anthocyanidin)의 6가지 하위 그룹으로 나뉘며, 생리활성, 분포와 대사에 있어 차이점을 가지며 효능에도 차이가 있다(26). 시험관 실험에서 플라보노이드는 효과적으로 free radical의 포착제(scavenger)로서 항산화 효과를 가지나 다른 항산화 영양소와 달리 체내 플라보노이드 농도는 다량의 섭취 후에도 조직과 혈액에 미치는 항산화 효과는 상대적으로 낮다(26).

### DPPH radical 소거능

DPPH는 비교적 안정한 radical을 갖는 물질로 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족 화합물, 항산화 물질이 전자 공여하여 산화를 억제하는 정도를 측정하는 방법

이며, 시료와 에틸알코올에 용해되어 있는 짙은 보라색을 띠는 유리라디칼인 DPPH를 반응시켜 짙은 보라색이 무색으로 변하는 색깔 변화를 측정하는 방법이다(27). 열풍건조와 데친 후의 배암차즈기의 전자공여능을 ascorbic acid를 대조군으로 하여 비교하였다. 그 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 ascorbic acid는 25 µg/mL 이상의 농도에서는 92.2~94.5%로, 낮은 농도에서도 90% 이상의 높은 DPPH radical 소거능을 보였다( $P<0.0001$ ). 열풍건조한 배암차즈기는 농도 비례적으로 DPPH radical 소거능을 나타내었고 25 µg/mL 이상의 농도에서는 84.3~89.4%로 80% 이상의 소거능을 나타내었고 10 µg/mL 이하에서는 37.5%로 급격히 감소하는 경향이 있었다( $P<0.0001$ ). 데친 후 열풍건조한 배암차즈기도 농도 비례적으로 소거능을 보였으며, 50 µg/mL 이상의 농도에서 86.9~89.6%로 85% 이상의 소거능을 보였다( $P<0.0001$ ). 그러나 25 µg/mL 농도에서는 ascorbic acid, 열풍건조 및 데친 후 열풍건조한 배암차즈기는 각각 94.5%, 84.3% 및 59.7%로 유의적인 차이를 나타내었다( $P<0.0001$ ). 10 µg/mL 농도에서는 배암차즈기 처리조건에 따라 ascorbic acid와 상당한 차이를 나타내었으나( $P<0.0001$ ), 5 µg/mL 농도에서는 오히려 ascorbic acid와 열풍건조 배암차즈기의 소거능에 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 Chae 등(25)의 결과에서는 데친 참나물, 찌 참나물, 씻은 참나물, 원료 참나물 순으로 비가열 처리보다 가열 처리에서 항산화 성분 및 생리활성이 높게 나타난 것으로 보고하여 본 연구결과와는 상이한 결과를 보였다. Lim 등(2)의 연구결과와 비교 시 배암차즈기 메탄올 추출물의 전자공여능(RC<sub>50</sub>)은 51.10 µg/mL보다 상당히 낮은 농도로 확인되어 본 실험에 사용한 배암차즈기 물 추출물의 전자공여능이 더 우수한 것으로 확인되었다. SOD 유사활성은 추출물(0.92 mg/mL)을 첨가하였을 때 62.11%로 가장 높게 관찰되었으며, linolic acid에 대한 항산화력은 추출물 0.2 mg/mL 첨가하여 지질과산화물을 측정된 결과 배양시간 1, 2, 4일 경과 후 각각



**Fig. 1.** Effect of *Salvia plebeia* R. Br. extract on DPPH radical scavenging activity. Results were expressed as % control and data were mean±SD. <sup>a-c</sup>Different letters in the same drying condition are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test. <sup>A-C</sup>Different letters in the same concentration are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 3.** Change in the contents of free sugar in *Salvia plebeia* R. Br. after hot-air drying and blanching (unit: mg/100 g)

	Hot-air drying	Blanching	F-value
Glucose	1,316±133 <sup>b</sup>	1,983±97 <sup>a</sup>	0.485
Fructose	1,401±152 <sup>b</sup>	2,248±115 <sup>a</sup>	0.356
Sucrose	3,794±521 <sup>a</sup>	1,443±45 <sup>b</sup>	6.549
Maltose	675±56 <sup>a</sup>	430±23 <sup>b</sup>	2.272
Total	7,187	6,104	

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations. <sup>a,b</sup>Different superscripts within a row are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test.

72.86%, 77.18%, 78.32% 감소율을 보임으로써 효과적인 항산화 효과를 나타내었다. 활성산소는 정상세포를 비정상적세포로 유발하여 암 등의 여러 가지 병인을 유발할 수 있기 때문에 활성산소를 제거할 수 있는 천연물질이 각종 질병을 예방하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. Lim 등(2)도 배암차즈기 메탄올 추출물은 우수한 항산화 효과와 아질산염 소거능을 나타냄으로써 기능성 식품소재 및 식품첨가물로써 사용 가능한 것으로 제안하였다.

**유리당 함량**

배암차즈기의 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 glucose, fructose, sucrose, maltose가 검출되었다. 총당 함량은 열풍건조한 배암차즈기와 데친 후 열풍건조한 배암차즈기가 각각 7,187 mg/100 g과 6,104 mg/100 g으로 약 1,083 mg/100 g 감소하였다( $P<0.05$ ). 데치는 과정 중 sucrose와 maltose는 감소하였으며, glucose와 fructose는 증가하였다. Park 등(14)은 glucose 1.7%, fructose 1.7%, sucrose 1.71%, maltose 0.38%로 총당 함량이 10.78%인 것으로 보고하여, 본 결과의 총당 함량 7.19%보다 높게 측정되었으며 sucrose의 함량은 상당량 차이가 있었다. 데친 후 총당의 함량에는 큰 변화가 없었으나, 열풍건조와 데친 후 열풍건조 시료가 각각 3.79%에서 1.44%로 데치는 과정 중 감소 변화가 있었다. 상대적으로 이당류가 감소하고 단당류가 증가한 것은 일부 조리용수에 빠져나갔으며, 일부의 이당류가 데치는 과정과 열풍건조 과정 중의 열에 의해 단당류로 분해된 것으로 사료된다.

**유기산 함량**

배암차즈기의 유기산 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 4와 같다. 그 결과 citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid가 검출되었으며, oxalic acid, lactic acid 및 acetic acid는 검출되지 않았다. 배암차즈기의 주요 유기산은 succinic acid이었다. 총 유기산 함량은 열풍건조 후에 8,001 mg/100 g에서 데친 후 7,365 mg/100 g으로 소폭 감소하였으나, 데친 후 열풍건조한 배암차즈기에서 succinic acid는 상당량 감소(약 2.5배)한 반면에 citric acid는 오히려 증가(약 2.7배)하는 경향을 보였다. 가장 크

**Table 4.** Change in the contents of organic acids in *Salvia plebeia* R. Br. after hot-air drying and blanching (unit: mg/100 g)

	Hot-air drying	Blanching	F-value
Oxalic acid	ND <sup>1)</sup>	ND	—
Citric acid	1,703±33 <sup>b</sup>	4,544±197 <sup>a</sup>	9.106 <sup>*</sup>
Tartaric acid	320±8 <sup>NS2)</sup>	212±10	0.164
Malic acid	1,132±36 <sup>a</sup>	648±19 <sup>b</sup>	0.878
Succinic acid	4,846±63 <sup>a</sup>	1,961±20 <sup>b</sup>	2.999
Lactic acid	ND	ND	—
Acetic acid	ND	ND	—
Total	8,001	7,365	

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations. <sup>1)</sup>ND: not detected. <sup>2)</sup>NS: not significant.

<sup>a,b</sup>Different superscripts within a row are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test. Significant level <sup>\*</sup> $P<0.05$ .

게 감소한 유기산은 배암차즈기에 가장 많이 함유되어 있는 유기산인 succinic acid이었다.

**유리당과 유기산의 상관관계**

열풍건조 및 데친 후 열풍건조한 배암차즈기의 유기산과 유리당의 상관관계를 Table 5에서 보는 바와 같이, glucose는 fructose에 대해 양의 상관관계( $P<0.01$ ), sucrose와 maltose는 음의 상관관계를 나타내었다( $P<0.05$ ). Glucose는 citric acid에 대해서는 양의 상관관계를 나타내었으나( $P<0.01$ ), tartaric acid, malic acid, succinic acid에 대해서는 음의 상관관계를 나타내었다( $P<0.01$ ). Fructose는 citric acid를 제외하고는 sucrose, maltose, tartaric acid, malic acid, succinic acid에 대해 음의 상관관계를 나타내었다( $P<0.01$ ). Sucrose는 citric acid만 음의 상관관계를 나타내었으며( $P<0.01$ ), tartaric acid, malic acid, succinic acid는 양의 상관관계를 보였다( $P<0.01$ ). Maltose도 citric acid만 음의 상관관계를, tartaric acid, malic acid, succinic acid는 양의 상관관계를 보였다( $P<0.01$ ). 따라서 glucose와 fructose는 citric acid의 생성에 영향을 주며, sucrose와 maltose는 tartaric acid, malic acid 및 succinic acid의 생성에 영향을 주는 것으로 조사되었다.

**유리아미노산 함량**

배암차즈기의 유리아미노산 함량 변화를 HPLC 분석한 결과는 Table 6과 같다. 배암차즈기에는 valine, isoleucine, leucine, threonine, phenylalanine, tryptophane 7종의 필수아미노산과 aspartic acid, serine, glutamic acid, asparagine, glutamine, alanine, tyrosine, arginine 10종의 비필수 아미노산으로 총 14종의 유리아미노산이 검출되었으며, methionine, lysine, glycine, histidine, cystine은 검출되지 않았다. 각각의 조건에 따른 총 유리아미노산의 함량은 열풍건조한 배암차즈기가 122.61 mg/100 g, 데친 후 열풍건조한 배암차즈기는 65.95 mg/100 g이었다.

**Table 5.** Correlation coefficient between free sugar and organic acids of prepared *Salvia plebeia* R. Br. after hot-air drying and blanching

	Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid
Glucose	1.000	0.998**	-0.873*	-0.850*	0.994**	-0.949**	-0.940**	-0.960**
Fructose		1.000	-0.885**	-0.864*	0.953**	-0.962**	-0.950**	-0.966**
Sucrose			1.000	0.996**	-0.970**	0.964**	0.985**	0.971**
Maltose				1.000	-0.969**	0.956**	0.977**	0.963**
Citric acid					1.000	-0.988**	-0.993**	-0.996**
Tartaric acid						1.000	0.994**	0.992**
Malic acid							1.000	0.996**
Succinic acid								1.000

Significant level \* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ .**Table 6.** Change in the contents of total amino acids in *Salvia plebeia* after R. Br. hot-air drying and blanching (unit: mg/100 g fresh wt.)

Amino acids	Hot-air drying	Blanching	F-value	
Essential amino acid	Valine	4.58±0.36 <sup>a</sup>	1.96±0.11 <sup>b</sup>	6.029
	Methionine	ND <sup>1)</sup>	ND	—
	Isoleucine	3.37±0.39 <sup>a</sup>	1.19±0.06 <sup>b</sup>	11.016**
	Leucine	2.56±0.17 <sup>a</sup>	1.06±0.08 <sup>b</sup>	3.341
	Threonine	2.18±0.07 <sup>a</sup>	1.45±0.07 <sup>b</sup>	0.000
	Phenylalanine	5.68±0.42 <sup>a</sup>	0.47±0.81 <sup>b</sup>	2.994
	Tryptophane	57.35±4.47 <sup>a</sup>	29.44±1.42 <sup>b</sup>	1.926
	Lysine	ND	ND	—
Total essential amino acids	75.72	35.57		
Non-essential amino acid	Aspartic acid	2.29±0.11 <sup>b</sup>	3.07±0.27 <sup>a</sup>	3.773
	Serine	3.00±0.83 <sup>a</sup>	1.13±0.14 <sup>b</sup>	8.733**
	Glutamic acid	2.65±0.03 <sup>b</sup>	6.77±0.52 <sup>a</sup>	11.112**
	Asparagine	5.75±0.50 <sup>a</sup>	2.11±0.34 <sup>b</sup>	0.626
	Glutamine	17.91±0.89 <sup>a</sup>	14.26±1.11 <sup>b</sup>	0.144
	Glycine	ND	ND	—
	Alanine	4.50±0.41 <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>	5.508
	Tyrosine	7.55±2.20 <sup>a</sup>	2.51±0.18 <sup>b</sup>	13.404**
	Histidine	ND	ND	—
	Cystine	ND	ND	—
Arginine	3.24±0.36 <sup>a</sup>	0.53±0.92 <sup>b</sup>	4.856	
Total non-essential amino acids	46.89	30.38		
Total amino acids	122.61	65.95		
Total EAA <sup>2)</sup> /Total AA <sup>3)</sup> (%)	61.76	53.94		

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.

<sup>1)</sup>ND: not detected.<sup>2)</sup>Total EAA: total essential amino acid.<sup>3)</sup>Total AA: total non-essential amino acid.<sup>a,b</sup>Different superscripts within a row are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test.Significant level \*\* $P<0.05$ .

총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 열풍건조한 배암차즈기가 61.76%를 차지하였으며, 데친 후 열풍건조 배암차즈기는 53.94%로 소폭 감소하였으나 필수아미노산의 비율은 50% 이상을 차지하였다. 열풍건조한 배암차즈기는 tryptophane이 57 mg/100 g으로 가장 높게 검출되었으며, 다음으로 glutamine과 tyrosine으로 각각 17.91 mg과 7.55 mg 순으로 검출되었다. 데친 후 열풍건조한 배암차즈기 시료에서도 tryptophane이 29.44 mg/100 g으로 가장 높게 검출되었으나 데치는 과정 중 유의적으로 감소하였다 ( $P<0.05$ ). 다음으로 glutamine과 glutamic acid가 각각

14.26 mg/100 g과 6.77 mg/100 g 순으로 검출되었다. 원추리도 데친 후 열풍건조 시에는 총 유리아미노산뿐만 아니라 필수아미노산의 비율도 감소하여 본 결과와 비슷한 경향이였다. 그러나 총 유리아미노산에 대한 필수아미노산의 함량이 열풍건조한 원추리(16.08%)에 비해 열풍건조한 배암차즈기(61.76%)가 상당히 높았다(28). 생 갯기름 나물과 데친 갯기름 나물의 총 아미노산 함량은 각각 16,580 mg/100 g과 14,798 mg/100 g으로 데친 후 10.75% 감소하였으나 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율이 각각 42.45%와 40.32%로 비슷하게 나타나 필수아미노산의 함량이 높은 것

**Table 7.** Change in the contents of norvaline, GABA, vitamin U of *Salvia plebeia* R. Br. after hot-air drying and blanching (unit: mg/100 g fresh wt.)

Non-amino acids	Hot-air drying	Blanching	F-value
Norvaline	1.40±0.25 <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>	13.619 <sup>**</sup>
GABA	39.00±2.72 <sup>a</sup>	21.20±1.50 <sup>b</sup>	1.210
Vitamin U	ND <sup>1)</sup>	ND	—

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations. <sup>1)</sup>ND: not detected.

<sup>a,b</sup>Different superscripts within a row are significantly different at  $P=0.05$  by Duncan's multiple range test.

Significant level <sup>\*\*</sup> $P<0.05$ .

으로 보이며(29), 데침 과정 중 조리수에 일부 아미노산이 용출되어 그 함량이 감소한 것으로 사료된다.

### Norvaline, GABA 및 vitamin U의 함량

Non-amino acid인 norvaline, GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid) 및 vitamin U의 함량은 Table 7에 나타내었다. 배암차즈기의 norvaline은 열풍건조 시 1.40 mg/100 g으로 소량 검출되었으나, 데친 후 열풍건조 시에는 검출되지 않았다. GABA는 열풍건조 및 데친 후 열풍건조 배암차즈기에서 각각 39.00 mg/100 g과 21.20 mg/100 g으로 상당량 검출되었고 vitamin U는 검출되지 않았다. GABA는 비단백질구성 아미노산으로 사람에게는 대부분 뇌의 척수에 존재하는 신경전달물질이다. Acetylcholine을 증가시키고 뇌기능을 촉진시켜 불면, 우울, 불안 등에 대한 신경안정 효과 및 간기능 활성, 알코올 분해대사 촉진 등의 생리활성 기능이 있는 것으로 알려져 있다(30,31). 체내에서는 GABA 요구량을 생성하지만 노화 등의 영향으로 생성이 억제되어 보충제 또는 함유식품으로의 섭취가 필요하다(32). 식품에는 극미량 존재하나 *Lactobacillus* 속 등의 유산균에 의해 발효된 김치, 치즈, 요구르트 등의 발효식품과 발아현미 등에 고농도로 함유된 것으로 보고되어 있다(33,34). 알코올 투여 흰쥐에 배추 중의 GABA 물질을 투여한 결과 지방대사 및 간기능을 부분적으로 개선시켰다는 보고도 있다(35). GABA는 건강기능성 식품소재로 이용되고 있어 배암차즈기는 건강기능성 식품소재로 활용가치가 높을 것으로 사료된다.

Vitamin U(S-methylmethionine sulfonium chloride)는 우리 인체의 필수 아미노산 중 하나인 methionine을 전구물질로 하여 S-adenosylmethionine을 거쳐 식물효소인 methionine S-methyltransferase에 의해서 합성이 촉진되는 천연 생리활성물질로 추정되고 있으나, 식물에 존재하는 vitamin U에 대한 생리활성 성분 및 특성에 대해서는 명확하게 밝혀지지 않았고, 주로 배추를 포함한 십자화과 채소에서 발견되고 있다(36-38). Hong과 Kim(39)은 배추의 leaf 부위의 함량이 midrib 부위에 비하여 함량이 높았으며, 55일 배추의 core midrib의 경우 저장 2주 후부터 함량이 크게 증가하는 것으로 분석하였다. 또한 김치의 숙성 기간이 경과할수록 vitamin U의 함량이 증가해 김치의 발효과정

이 vitamin U 함량에 영향을 주는 것으로 추정하였다.(40). 최근 vitamin U는 지방을 저장하는 세포주 3T3-L1의 분화 억제 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(40).

## 요 약

본 연구는 배암차즈기 나물을 열풍건조 및 데침 처리에 따른 이화학적 변화를 조사하였다. 열풍건조한 배암차즈기의 총 폴리페놀 함량 94.64 mg/g이었으며, 데친 후에는 48.40 mg/g으로 감소하였다. 열풍건조한 배암차즈기의 총 플라보노이드 함량은 29.70 mg/g이며, 데친 후에는 22.10 mg/g으로 감소하였다. 농도 비례적으로 DPPH radical 소거능을 나타내었으며, 25 µg/mL 농도에서 ascorbic acid, 열풍건조 및 데친 후 열풍건조한 배암차즈기가 각각 94.5%, 84.3% 및 59.7%로 유의적인 차이를 나타내었다. 총당 함량은 각각 7,187 mg/100 g과 6,104 mg/100 g으로 데친 후에 감소하였다. 데침은 과정 중 sucrose와 maltose는 감소하고 glucose와 fructose는 증가하였다. 주요 유기산은 succinic acid이었으며, 데친 후에는 succinic acid가 감소한 반면에 citric acid는 오히려 증가하는 경향을 보였다. Glucose와 fructose는 citric acid의 생성에 영향을 주며, sucrose와 maltose는 tartaric acid, malic acid 및 succinic acid의 생성에 영향을 주는 것으로 조사되었다. 14종의 아미노산이 검출되었으며, methionine, lysine, glycine, histidine, cystine은 검출되지 않았다. 배암차즈기는 총 아미노산의 함량은 다른 종류의 나물에 비해 적은 편이었으나, 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 열풍건조한 배암차즈기가 61.76%로 필수아미노산의 함유량이 상대적으로 높았다. 또한 열풍건조 배암차즈기는 비아미노산인 norvaline과 GABA가 각각 1.40 mg/100 g과 39.00 mg/100 g으로 상당량 검출되었다. 따라서 항산화 효과 및 영양학적으로도 우수한 배암차즈기는 나물뿐만 아니라 다양한 건강기능성 식품소재로의 활용가치가 우수한 것으로 평가된다.

## 감사의 글

이 연구는 산업통상자원부 지역특화기술융합연구지원사업(R0002043)의 연구비 지원에 의하여 수행된 연구의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

1. *Salvia plebeia* R. Br. [http://www.nature.go.kr/newkfsweb/kfi/kfs/kbi/plant/pilbk/selectPlantPilbkDtl.do?mn=KFS\\_28\\_01\\_02\\_01&orgId=kbi&plantPilbkNo=33589#.U6OCWZCweUk&plantPilbkNo=33589&mn=KFS\\_28\\_01\\_02\\_01](http://www.nature.go.kr/newkfsweb/kfi/kfs/kbi/plant/pilbk/selectPlantPilbkDtl.do?mn=KFS_28_01_02_01&orgId=kbi&plantPilbkNo=33589#.U6OCWZCweUk&plantPilbkNo=33589&mn=KFS_28_01_02_01).
2. Lim JA, Yun BW, Baek SH. 2007. Antioxidative activity and nitrite scavenging ability of methanol extract from *Salvia plebeia* R. Br. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15: 183-188.

3. State Administration of Traditional Chinese Medicine. 2012. *Chinese medicinal stuff*. Shanghai Science and Technology Publisher, Shanghai, China. p 1672-1675.
4. Lee HJ, Han DS. 2002. Appliances and antitoxic effects of the extracts of *Salvia plebeia* R. Br. *J Wonkwang Dental Research Institute* 11: 199-216.
5. Cho KJ, Bae SC, Kim JB, Kim SS, Kang SA, Kim MB. 2007. *Development of functional medicinal food materials and separation of physiological active substances from native plants*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (GOVP1200723280), Sejong, Korea. p 3-146.
6. Shin MK, Kim SK, Lee SK, Yang EY, Lee HO, Baek SH. 2001. Cytotoxicity and antimicrobial effect of the extract of *Salvia plebeia*. *Kor J Pharmacogn* 32: 55-60.
7. Jeong HR, Sung MS, Kim YH, Ham HM, Choi YM, Lee JS. 2012. Anti-inflammatory activity of *Salvia plebeia* R. Br. leaf through heme oxygenase-1 induction in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 888-894.
8. Jo SY, Lee UY, Kim EY, Lee SJ, Her JW, Yoon TJ. 2010. A study on the anti-inflammatory and anti-allergic effect of *Salvia plebeia* R. extracts. *Kor J Pharmacogn* 41: 31-37.
9. Ahn SM, Kim MS, Jung IC, Sohn HY. 2011. Antibacterial, antioxidative and anti-proliferative activity against human colorectal cell of *Pimpinella brachycarpa*. *Korean J Food Preserv* 18: 590-596.
10. Woo NRY, Kim TS, Park HW, Park CG, Seong HJ, Ko SB, Jung JW, Kang MH. 2005. Comparison of antioxidative activities of *Crotalaria sessiflora* L. extracts from leaves, seed, stem and root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1297-1301.
11. Jo NR, Park CI, Park CW, Shin DH, Hwang YC, Kim YH, Park SN. 2012. Cellular protective effects of peanut sprout root extracts. *Appl Chem Eng* 23: 183-189.
12. Lee YS, Ahn DS, Joo EY, Kim NW. 2009. Antioxidative activities of *Syneilesis palmata* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1471-1477.
13. Chon SU. 2013. Difference in growth, phenolics content and antioxidant activity of cowpea sprouts at different plant parts. *Korean J Crop Sci* 58: 232-238.
14. Park SI, Kim TS, Park CG, Kang MH. 2012. Nutritional and sensory of green leafy vegetables cultivated from medicinal plant seed. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 271-277.
15. Park SH. 2013. Effects of ellagic acid and sage weed extract on cholesterol efflux. *MS Thesis*. Hallym University, Gangwon, Korea.
16. Cho JY, Lee HH, Moon JH, Park KH. 2011. Physicochemical characterization and free radical-scavenging activity of non-fermented flower and fermented flower teas using *Camellia japonica* flower. *J Korea Tea Soc* 17: 48-55.
17. Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
18. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
19. Gancedo MC, Luh BS. 1986. HPLC analysis of organic acid and sugars in tomato juice. *J Food Sci* 51: 571-573.
20. Kim DH, Lim DW, Bai S, Chun SB. 1997. Fermentation characteristics of whole soybean meju model system inoculated with 4 *Bacillus* strains. *Korean J Food Sci Technol* 29: 1006-1015.
21. Mun MI, Xu M, Park YD, Hur YK. 2009. Organic nutrition and gene expression in different tissues of Chinese cabbage. *Hort Environ Biotechnol* 50: 166-174.
22. <http://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%8F%B4%EB%A6%AC%ED%8E%98%EB%86%80>.
23. Ra KS, Suh HJ, Chung SH, Son JY. 1997. Antioxidant activity of solvent extract from onion skin. *Korean J Food Sci Technol* 29: 595-600.
24. Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park DS. 2011. Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 29-36.
25. Chae HS, Lee SH, Jeong HS, Kim WJ. 2013. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of *Pimpinella brachycarpa* Nakai with treatments methods. *Korean J Food & Nutr* 26: 125-131.
26. Yoon S, Kwak HK, Kim YK, Kim HK, Park MS, Yeum KJ, Oh HS, Lee MJ, Lee JH, Ji GE. 2006. *Functional foods*. Life Science Publishing Co., Seoul, Korea. p 222-231.
27. Carmela L, Davide F. 2011. Silybin and the liver: from basic research to clinical practice. *World J Gastroenterol* 17: 2288-2301.
28. Jeong JS, Kim YJ, Choi BR, Park NJ, Son BG, Kwak YS, Kim JC, Cho KH, Kim IH, Kim SH. 2013. Physicochemical changes in *Hemerocallis coreana* Nakai after blanching, drying, and fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1638-1648.
29. Son HK, Kang ST, Jung HO, Lee JJ. 2013. Changes in physicochemical properties of *Peucedanum japonicum* Thunb. after blanching. *Korean J Food Preserv* 20: 628-635.
30. Lim SD, Kim KS. 2009. Effects and utilization of GABA. *Korean J Dairy Sci Technol* 27: 45-51.
31. Dhakal R, Bajpai VK, Baek KH. 2012. Production of GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) by microorganisms: a review. *Braz J Microbiol* 43: 1230-1241.
32. Kang TJ, Oh SH. 2007. GABA production and use. *BioWave* 9: 1-18.
33. Lee HH, Kim GH. 2013. Changes in the levels of  $\gamma$ -aminobutyric acid and free amino acids during Kimchi fermentation. *Korean J Food Cookery Sci* 29: 671-677.
34. Kim MJ, Kim KS. 2012. Isolation and identification of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA)-producing lactic acid bacteria from kimchi. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 55: 777-785.
35. Cha YS, Oh SH. 2000. Investigation of  $\gamma$ -aminobutyric acid in Chinese cabbages and effects of the cabbage diets on lipid metabolism and liver function of rats administered with ethanol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 500-505.
36. Maw GA. 1981. *The chemistry of the sulfonium group*. John Wiley & Sons, Ltd., Hoboken, NJ, USA. p 704-770.
37. Gessler NN, Kharchenko LI, Pavlovskaya TE, Bykhovskii VY. 1996. Radioprotective effects of S-methylmethionine (vitamin U). *Appl Biochem Microbiol Prikl Biokhim Mikrobiol* 32: 599-601.
38. Green RC, Davis NB. 1960. Biosynthesis of S-methylmethionine in the jack bean. *Biochim Biophys Acta* 43: 360-362.
39. Hong EY, Kim GH. 2005. Changes in vitamin U and amino acid levels of Korean Chinese cabbages during kimchi fermentation. *Korean J Food Preserv* 12: 411-416.
40. Lee NY, Park KY, Min HJ, Song KY, Lim YY, Park JH, Kim BJ, Kim MN. 2012. Inhibitory effect of vitamin U (S-methylmethionine sulfonium chloride) on differentiation in 3T3-L1 pre-adipocyte cell lines. *Ann Dermatol* 24: 39-44.