

## 품종 및 재배시기에 따른 조와 기장의 항산화성분 및 항산화활성

우관식<sup>1\*</sup> · 이재생<sup>1</sup> · 고지연<sup>1</sup> · 송석보<sup>1</sup> · 서혜인<sup>1</sup> · 서명철<sup>1</sup> · 오병근<sup>1</sup> · 광도연<sup>1</sup> · 남민희<sup>1</sup> · 오인석<sup>1</sup> · 정현상<sup>2</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

<sup>2</sup>충북대학교 식품공학과

### Antioxidant Compounds and Antioxidant Activities of Different Varieties of Foxtail Millet and Proso Millet according to Cultivation Time

Koan Sik Woo<sup>1\*</sup>, Jae Saeng Lee<sup>1</sup>, Jee Yeon Ko<sup>1</sup>, Seuk Bo Song<sup>1</sup>, Hye In Seo<sup>1</sup>, Myung Chul Seo<sup>1</sup>, Byeong Geun Oh<sup>1</sup>, Do Yeon Kwak<sup>1</sup>, Min Hee Nam<sup>1</sup>, In Seok Oh<sup>1</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science,  
Rural Development Administration, Gyeongnam 627-803, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

#### Abstract

Effects of cultivation time on the antioxidant contents and activities of foxtail millet and proso millet were determined. The cultivation times were early-season (ES), normal-season (NS), and late-season (LS), and the cultivated varieties were Hwanggeum-cho (HGC), Cheongcha-cho (CCC), Samdamae (SDM), Gyeongkwon 1 (GK 1), Gyeongkwon 2 (GK 2), Ganghae-cho (GHC), Hwanggeum-gijang (HGG), Manhongchal-gijang (MHCG), Byeoruk-gijang (BRG), Norangchal-gijang (NRG), and Whin-gijang (WG). The total polyphenol, flavonoid, tannin content, and DPPH and ABTS radical scavenging activities of the methanolic extracts of foxtail millet and proso millet showed significant differences according to cultivation variety and time. The highest total polyphenol content of foxtail millet was 29.33 mg of gallic acid equivalent (GAE)/g of sample in GK 1 at LS, whereas that of proso millet was 23.48 mg of GAE/g of sample in BRG at LS. The highest total flavonoid content of foxtail millet was 2.12 mg of catechin equivalent (CE)/g of sample in CCC at ES, whereas that of proso millet was 4.49 mg of CE/g of sample in BRG at LS. The highest total tannin content of foxtail millet was 14.07 mg of tannic acid equivalent (TAE)/g of sample in SDM at LS, whereas that of proso millet was 15.59 mg of TAE/g of sample in BRG at LS. The highest DPPH radical scavenging activity of foxtail millet was 7.71 mg of TE/g of sample in CCC at NS, whereas that of proso millet was 12.66 mg of TE/g of sample in BRG at LS. The highest ABTS radical scavenging activity of foxtail millet was 8.05 mg of TE/g of sample in GK 1 at LS, whereas that of proso millet was 34.46 mg of TE/g of sample in BRG at LS. Generally, HGC, GK 1, and GHC had more beneficial effects at LS than ES or NS, whereas CCC, SDM, and GK 2 had more beneficial effects at NS than ES or LS, and proso millet had more beneficial effects at LS than ES or NS.

**Key words:** foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.), proso millet (*Panicum miliaceum* L.), cultivation time, antioxidant compound, antioxidant activity

#### 서 론

조(foxtail millet, *Setaria italica* Beauv.)는 1년생 초본으로 요수량이 적고 수분조절 기능이 높아서 한밭에 매우 강할 뿐만 아니라 밀, 보리, 콩 등의 재배가 어려운 척박한 토양에서도 생육이 좋은 작물로 알려져 있다(1,2). 국내에서 생산되고 있는 조는 열매가 잘고 둥글며, 메조와 차조로 구별되며, 아밀로스 함량은 메조 전분이 28%, 차조전분이 8%로 알려져 있고 수분 및 섬유소 함량은 메조와 차조에서 유사하게 함유되어 있어서 입안에서의 촉감이나 맛이 우수한 편은 아니지만 배변을 쉽게 하여 변비를 예방하고 대장암을

예방하는 효과가 있다(3). 기장(proso millet, *Panicum miliaceum* L.)은 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 수확량이 적고 주식으로 이용하기도 부적합하여 재배가 많지 않다. 주성분은 당질이고 쌀에 비해 소화율은 떨어지나 단백질, 지방질, 비타민 A 등이 풍부하고 떡을 만들면 소화율이 향상된다(3). 다른 millet 종류에 비하여 단백질 및 무기성분 함량이 다소 높은 편이며, 개간지, 척박지와 가뭄에 적응성이 매우 높고, 불량환경에도 잘 적응하는 특성을 가지고 있다(4).

작물의 재배와 성분에 관한 연구로는 재배시기가 나물용 콩 종실의 품질에 미치는 영향을 분석한 결과 단백질, iso-

\*Corresponding author. E-mail: wooks@korea.kr  
Phone: 82-55-350-1269, Fax: 82-55-352-3059

flavone 등의 성분들과 수분흡수율, 발아율 등이 파종시기에 따라 차이를 보여 종실의 품질 향상을 위해 품종 특성을 고려해야 한다고 보고하였다(5,6). Lee 등(7)은 재배시기에 따라 벼 품종별 녹미 특성을 분석한 결과 녹색도, 단백질함량 등 품질이 상이한 것으로 보고하였다. 또한 재배환경에 따른 보리의 β-glucan 함량에 관한 연구(8)에서 β-glucan 함량은 재배지역에 따라 큰 차이가 없는 것으로 보고하였으며, 쌀의 이화학적 특성에 관한 연구(9)에서 품종별 아밀로그래프 특성이 차이가 있는 것으로 보고하였다. 검정콩에 함유된 안토시아닌의 함량을 재배지역(10) 및 고도(11)에 따라 함량변이가 있음이 보고된 바 있다. 또한 검정콩의 안토시아닌 함량은 파종시기, 수확시기, 연차 등 환경적인 요인에 영향을 받는 것으로 보고하였고(12,13) 풋완두 재배에 있어 지역 및 시기를 고려하여 파종해야 하는 것으로 보고되어 있다(14). 따라서 본 연구에서는 작물학적 특성이 다른 대표적인 millet류인 조와 기장의 항산화성분 및 항산화활성에 미치는 재배시기의 영향을 구명하여 조와 기장의 안정적인 생산과 고품질의 잡곡 생산을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료의 재배조건

본 연구에 사용된 조는 황금조, 청차조, 삼다메, 경관1호, 경관2호, 강해조 등 6품종을 사용하였으며, 종실의 색은 황금조와 삼다메, 경관2호는 황색, 청차조와 경관1호는 녹황색, 강해조는 백색이다. 기장은 황금기장, 만홍찰기장, 벼룩기장, 노랑찰기장, 흰기장 등 5종으로 하였으며, 종피색은 황금기장은 갈색, 만홍찰기장은 주황색, 벼룩기장은 흑갈색, 노랑찰기장은 황색, 흰기장은 백색이다. 재배지역은 강원도 원주시 신림면의 시험포장(37°13'59" N, 128°05'08" E, altitude above sea level 330 m)에서 재배하였다. 파종과 정식은 3차에 걸쳐 실시하였으며, 조기재배(early-season)인 1차는 파종은 2010년 5월 15일 파종하여 6월 1일에 정식하였고 보통기재배(normal-season)인 2차는 2010년 6월 15일 파종하여 6월 30일에 정식하였고 만기재배(late-season)인 3차는 2010년 7월 15일 파종하여 7월 30일에 정식하였다. 재식본수는 2본으로 하였고 재식거리는 120×15 cm로 하였다. 시료의 수확 시기는 출수 후 45일이 되는 8월말에서 10월초에 걸쳐 수확을 하였으며, 각각 시료의 파종기, 정식기, 출수기, 수확기에 대한 특성은 Table 1과 같다. 재배기간 동안 재배지의 평균기온은 24.5°C로 나타났으며, 강수량은 605.8 mm로 나타났고 일조시간은 448.8시간으로 나타났다.

#### 메탄올 추출물의 제조

항산화성분 및 항산화활성 측정을 위한 전 처리는 도정하지 않은 종자상태의 시료를 Vibrating sample mill(CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 항산화활성 측정에 있어 추출물의 수율은 중요한 요소

로 작용하며, 항산화성분의 추출은 용매에 대한 용해도 차이로 인해 차이가 있을 수 있다(15). Zielinski와 Kozłowska(16)는 메탄올을 사용하였을 경우 그 추출물의 높은 항산화활성과 항산화성분 함량을 보고하여 본 연구에서 메탄올을 추출 용매로 사용하였다. 분쇄된 시료 10 g을 취하여 80% 메탄올 50 mL을 첨가하여 24시간 동안 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)을 3회 실시한 다음 여과하여 감압농축기(Eyela N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거하였다. 여기에 80% 메탄올을 이용하여 재용해한 후 100 mL로 정용하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였으며, 최종적으로 항산화성분의 함량과 라디칼 소거활성을 시료 g당 성분 표준품의 당량으로 환산하여 표기하였다.

#### 조와 기장 메탄올 추출물의 항산화성분 함량 측정

추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(17). 각 추출물 50 μL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalent(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Jia 등(18)의 방법에 따라 추출물 250 μL에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75 μL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 150 μL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μL를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg catechin equivalent(CE, dry basis)로 나타내었다. 총 tannin 함량은 Duval과 Shetty(19)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL과 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL과 1 N Folin-ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich)로 표준물질로 검량선을 작성하여 시료 g중의 mg tannic acid equivalent(TAE, dry basis)로 나타내었다.

#### 조와 기장 메탄올 추출물의 항산화활성 측정

추출물에 대한 항산화활성은 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 및 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(20). DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% methanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은

Table 1. Seeding, planting, earing and harvest times of foxtail millet and proso millet with varieties and cultivated times

Variety <sup>1)</sup>	Cultivated times	Seeding	Planting	Earing	Harvest	
Foxtail millet	HGC	Early-season	5. 15 <sup>2)</sup>	6. 1	7. 15	8. 29
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 8	9. 22
		Late-season	7. 15	7. 30	8. 31	10. 15
	CCC	Early-season	5. 15	6. 1	8. 6	9. 20
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 24	10. 8
		Late-season	7. 15	7. 30	9. 11	10. 26
	SDM	Early-season	5. 15	6. 1	8. 6	9. 20
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 20	10. 4
		Late-season	7. 15	7. 30	9. 9	10. 24
	GK 1	Early-season	5. 15	6. 1	8. 2	9. 16
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 18	10. 2
		Late-season	7. 15	7. 30	9. 7	10. 22
	GK 2	Early-season	5. 15	6. 1	7. 27	9. 10
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 18	10. 2
		Late-season	7. 15	7. 30	9. 1	10. 16
	GHC	Early-season	5. 15	6. 1	8. 8	9. 22
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 24	10. 8
		Late-season	7. 15	7. 30	9. 11	10. 26
Proso millet	HGG	Early-season	5. 15	6. 1	7. 12	8. 26
		Normal-season	6. 15	6. 30	7. 27	9. 10
		Late-season	7. 15	7. 30	8. 18	10. 2
	MHCG	Early-season	5. 15	6. 1	7. 21	9. 4
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 8	9. 22
		Late-season	7. 15	7. 30	8. 22	10. 6
	BRG	Early-season	5. 15	6. 1	7. 23	9. 6
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 12	9. 26
		Late-season	7. 15	7. 30	8. 26	10. 10
	NRG	Early-season	5. 15	6. 1	7. 21	9. 4
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 12	9. 26
		Late-season	7. 15	7. 30	8. 30	10. 14
	WG	Early-season	5. 15	6. 1	7. 19	9. 2
		Normal-season	6. 15	6. 30	8. 12	9. 26
		Late-season	7. 15	7. 30	8. 30	10. 14

<sup>1)</sup>HGC: Hwanggeum-cho, CCC: Cheongcha-cho, SDM: Samdamae, GK 1: Gyeongkwan 1, GK 2: Gyeongkwan 2, GHC: Ganghae-cho, HGG: Hwanggeum-gijang, MHCG: Manhongchal-gijang, BRG: Byeoruk-gijang, NRG: Norangchal-gijang, WG: Whin-gijang.  
<sup>2)</sup>Month. day.

ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수 ( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50  $\mu\text{L}$ 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g sample로 표현하였다.

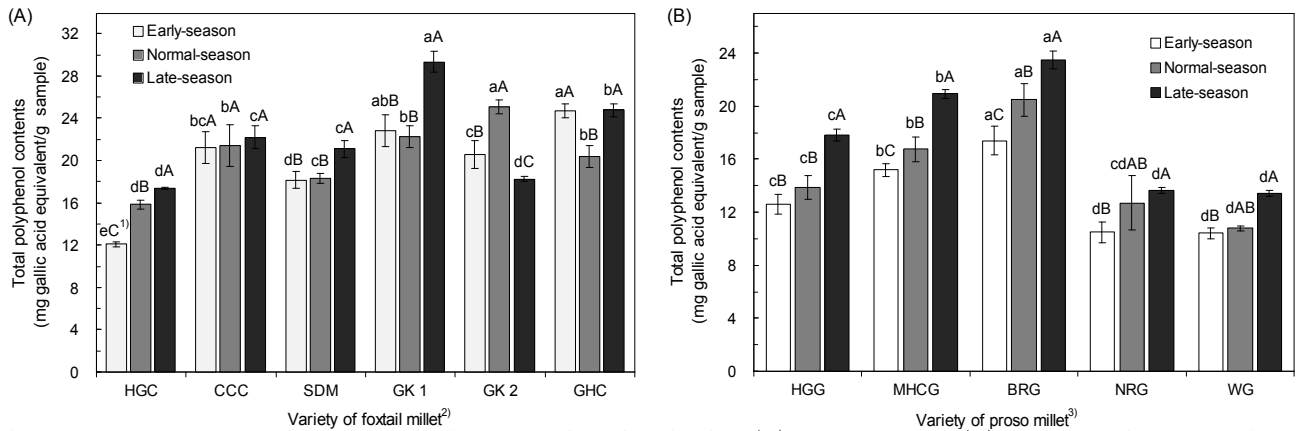
#### 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean $\pm$ SD로 표현하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각각의 변수에 대한 특성을 분석하였다.

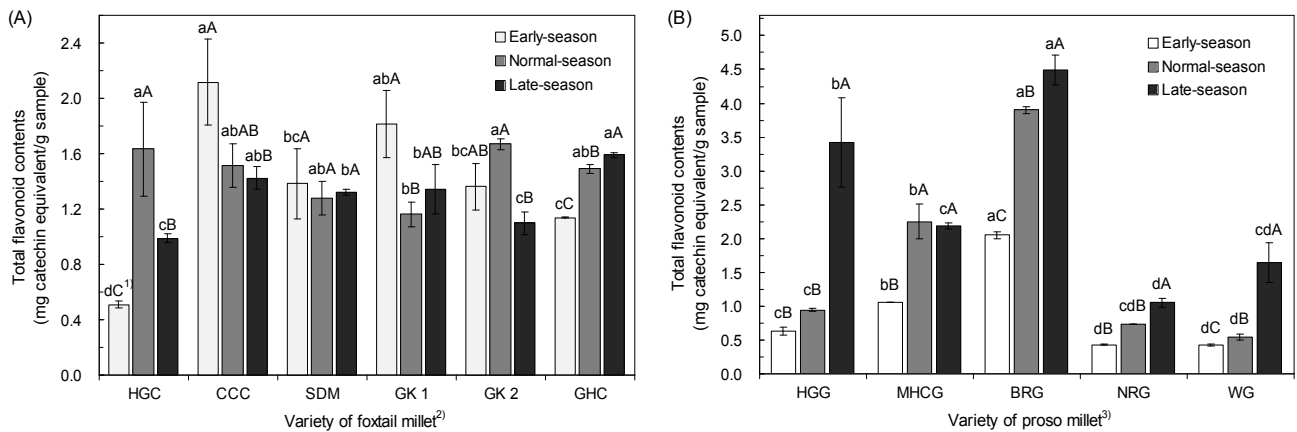
## 결과 및 고찰

### 재배시기에 따른 조와 기장의 항산화성분

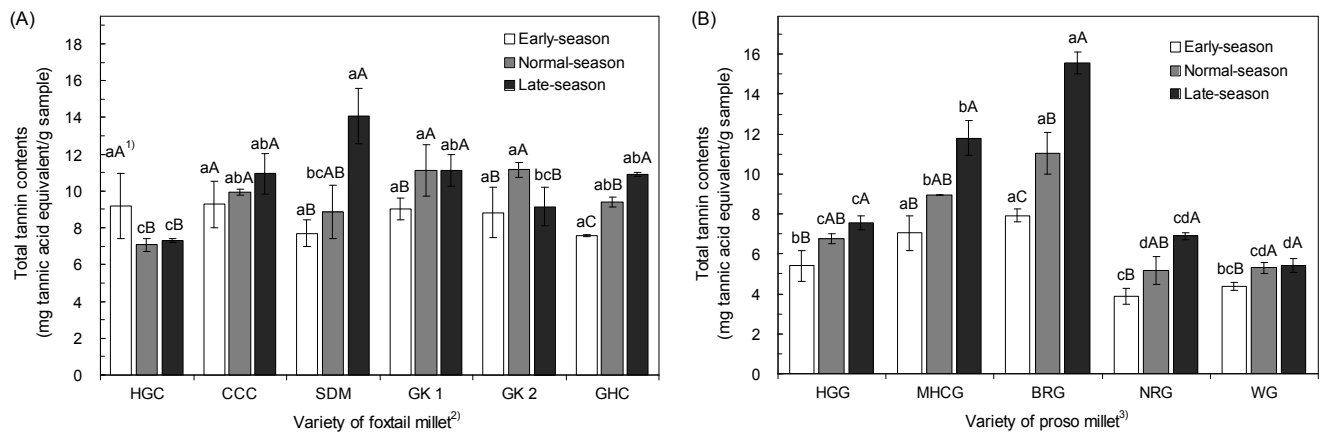
재배시기에 따른 조와 기장의 총 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 등의 항산화성분의 함량을 측정한 결과 Fig. 1~3과 같이 나타났다. 페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl 기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(21). 곡류에 함유되어 있는 항산화물질 중 polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며, 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어져 있다(22). 특히 곡류의 flavonoid는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있다



**Fig. 1.** Total polyphenol contents of methanolic extracts from foxtail millet (A) and proso millet (B) with the variety and cultivated times. <sup>1</sup>Mean values with different superscript small letter of same cultivated times are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). Mean values with different superscript capital letter at the one variety are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>HGC: Hwanggeum-cho, CCC: Cheongcha-cho, SDM: Samdamae, GK 1: Gyeongkwon 1, GK 2: Gyeongkwon 2, GHC: Ganghae-cho. <sup>3</sup>HGG: Hwanggeum-gijang, MHCG: Manhongchal-gijang, BRG: Byeoruk-gijang, NRG: Norangchal-gijang, WG: Whin-gijang.



**Fig. 2.** Total flavonoid contents of methanolic extracts from foxtail millet (A) and proso millet (B) with the variety and cultivated times. <sup>1</sup>Mean values with different superscript small letter of same cultivated times are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). Mean values with different superscript capital letter at the one variety are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>HGC: Hwanggeum-cho, CCC: Cheongcha-cho, SDM: Samdamae, GK 1: Gyeongkwon 1, GK 2: Gyeongkwon 2, GHC: Ganghae-cho. <sup>3</sup>HGG: Hwanggeum-gijang, MHCG: Manhongchal-gijang, BRG: Byeoruk-gijang, NRG: Norangchal-gijang, WG: Whin-gijang.



**Fig. 3.** Total tannin contents of methanolic extracts from foxtail millet (A) and proso millet (B) with the variety and cultivated times. <sup>1</sup>Mean values with different superscript small letter of same cultivated times are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). Mean values with different superscript capital letter at the one variety are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). <sup>2</sup>HGC: Hwanggeum-cho, CCC: Cheongcha-cho, SDM: Samdamae, GK 1: Gyeongkwon 1, GK 2: Gyeongkwon 2, GHC: Ganghae-cho. <sup>3</sup>HGG: Hwanggeum-gijang, MHCG: Manhongchal-gijang, BRG: Byeoruk-gijang, NRG: Norangchal-gijang, WG: Whin-gijang.

며, 그 구조에 따라 특정 flavonoid는 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(22). 재배시기에 따른 조와 기장 메탄을 추출물의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과 Fig. 1과 같이 나타났다. 조의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1A와 같이 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 황금조, 청차조, 삼다메 및 경관1호의 경우 만기재배에서 각각 17.40, 22.18, 21.09 및 29.33 mg GAE/g sample로 가장 높게 나타났으며, 경관2호는 보통기재배에서 25.04 mg GAE/g sample로 조기나 만기재배보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났고 강해조는 조기와 만기재배에서 각각 24.70 및 24.75 mg GAE/g sample로 보통기재배보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 기장의 경우 Fig. 1B와 같이 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 황금기장, 만홍찰기장, 벼룩기장, 노란찰기장, 흰기장은 재배시기별로 보았을 때 만기재배에서 각각 17.83, 20.93, 23.48, 13.64 및 13.41 mg GAE/g sample로 조기(각각 12.60, 15.20, 17.41, 10.50 및 10.42 mg GAE/g sample)나 보통기재배(각각 13.88, 16.75, 20.50, 12.71 및 10.78 mg GAE/g sample)보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 품종에 따라서는 종피색이 흑색인 벼룩기장이 가장 높은 함량을 나타내었다.

재배시기에 따른 조와 기장의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 2와 같이 나타났다. 조(Fig. 2A)와 기장(Fig. 2B)의 총 플라보노이드 함량은 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 황금조와 경관2호는 보통기재배에서 1.63 및 1.67 mg CE/g sample로 조기나 만기재배보다 높은 함량을 보였고 청차조, 삼다메 및 경관1호는 조기재배에서 각각 2.12, 1.38 및 1.82 mg CE/g sample로 보통기나 만기재배보다 높은 함량을 보였으며, 강해조는 만기재배에 1.59 mg CE/g sample로 조기나 보통기재배보다 높은 함량을 보였다. 기장의 경우 전체적으로 벼룩기장 만기재배에서 4.49 mg CE/g sample로 가장 높은 함량을 보였으며, 보통기재배(3.90 mg CE/g sample) 또한 비교적 높은 함량을 보였다. 황금찰기장은 만기재배에서 3.43 mg CE/g sample로 조기(0.63 mg CE/g sample)나 보통기재배(0.94 mg CE/g sample)보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 만홍찰기장은 보통기 및 만기재배에서 각각 2.25 및 2.19 mg CE/g sample로 유사한 경향을 보였으며, 노란찰기장과 흰기장은 만기재배에서 1.05 및 1.65 mg CE/g sample로 조기나 보통기재배보다 비교적 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다.

재배시기에 따른 조와 기장의 총 탄닌 함량은 Fig. 3과 같이 나타났다. 조와 기장 등 millet류의 탄닌 함량에 대한 연구로는 Ramachandra 등(23)이 갈색 계열의 finger millet에서 0.12~3.47%, 흰색 계열의 finger millet에서 0.04~0.06% 포함되어 있는 것으로 보고하였으며, millet류의 탄닌 성분의 구조에 대한 연구는 부족한 실정이다(24). 조(Fig. 3A)와 기장(Fig. 3B)의 총 탄닌 함량은 품종 및 재배시기별로 유의적

인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 황금조는 조기재배에서 9.18 mg TAE/g sample로 보통기나 만기재배보다 높은 함량을 보였고 청차조, 삼다메 및 강해조는 만기재배에서 각각 10.93, 14.07 및 10.91 mg TAE/g sample로 조기나 보통기재배보다 높은 함량을 보였으며, 경관2호는 보통기재배에 11.15 mg TAE/g sample로 조기나 만기재배보다 높은 함량을 보였다. 경관1호의 경우 보통기와 만기재배에서 각각 11.13 및 11.11 mg TAE/g sample로 나타나 조기재배(9.18 mg TAE/g sample)에 비해 높은 함량을 나타냈다. 기장의 경우 품종에 따라서는 종피색이 흑색인 벼룩기장과 붉은색인 만홍찰기장이 높은 함량을 나타내었다. 재배시기별 탄닌 함량은 벼룩기장 만기재배에서 15.59 mg TAE/g sample로 가장 높은 함량을 보였으며, 조기(7.93 mg TAE/g sample)나 보통기재배(11.04 mg TAE/g sample)보다 높은 함량을 나타내었다. 만홍찰기장 또한 만기재배에서 11.80 mg TAE/g sample로 조기(7.05 mg CE/g sample)나 보통기재배(8.93 mg CE/g sample)보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 황금찰기장, 노란찰기장 및 흰기장은 만기재배에서 각각 7.57, 6.89 및 5.42 mg TAE/g sample로 조기(각각 5.40, 3.87 및 4.39 mg TAE/g sample)나 보통기재배(각각 6.76, 6.89 및 5.42 mg TAE/g sample)보다 유의적인 범위내에서 약간 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Lee 등(25)의 보고에 의하면 충북 괴산에서 생산된 조의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 각각 0.58 및 0.36 mg/g으로 보고하였고 기장은 각각 0.53 및 0.13 mg/g으로 보고하였으며, Ko 등(26)은 잡곡류의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량을 분석한 결과 황금조는 각각 46.83, 23.03 및 17.39 mg/g, 청차조는 각각 48.80, 35.08 및 23.08 mg/g, 붉은기장은 각각 45.47, 22.84 및 20.05 mg/g, 노란찰기장은 각각 45.50, 23.53 및 14.86 mg/g으로 보고하였다. 이러한 차이를 보이는 가장 큰 이유는 도정유무에 의한 것으로 생각되며, 또한 재배시기, 재배지역 및 추출용매(80% 에탄올 사용) 등의 차이로 인한 것으로 생각된다. 이상의 항산화성분 함량을 분석한 결과에서 조의 경우 조기재배보다는 보통기 내지 만기재배가 유리할 것으로 보인다. 기장의 경우 조기나 보통기재배보다 만기재배가 유리할 것으로 보이며, 품종에 따라서는 벼룩기장이나 만홍찰기장이 유리할 것으로 생각된다. 전체적으로 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등의 항산화성분의 함량은 품종과 재배시기에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

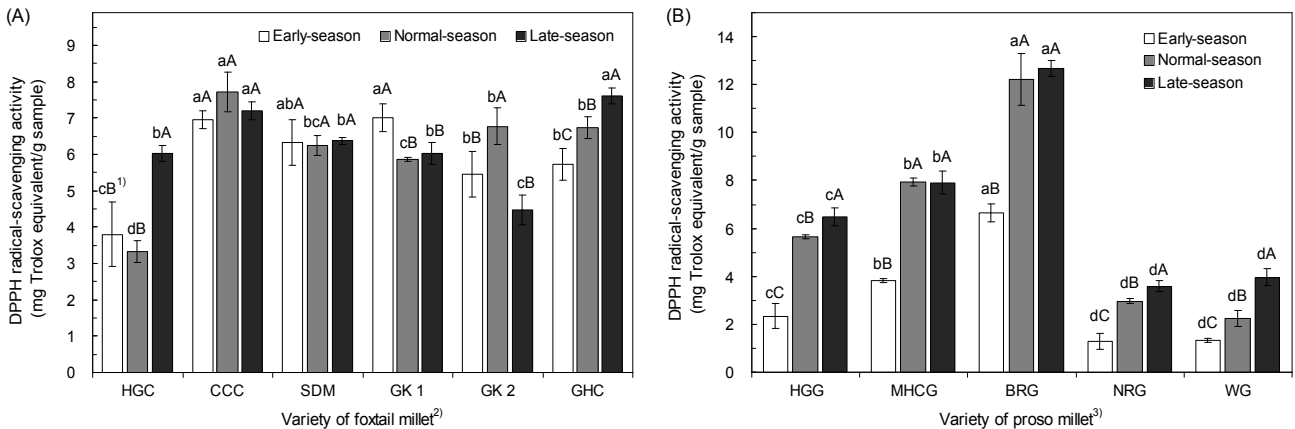
#### 재배시기에 따른 조와 기장의 항산화활성

천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(27). Ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해

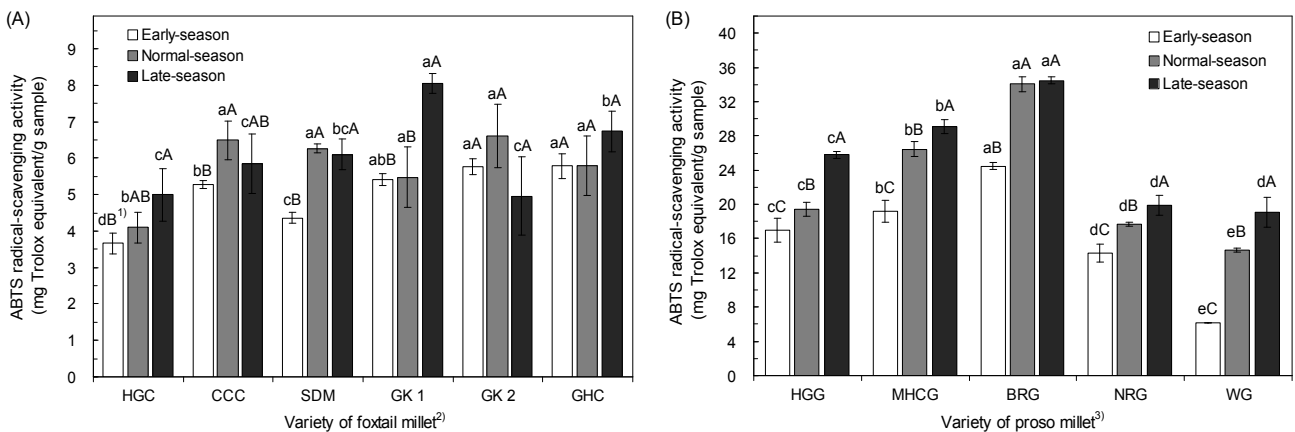
서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성법(28)과 혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical 소거활성법(29)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 mg TE/g sample로 나타낸 결과 Fig. 4 및 5와 같이 나타났다. 조의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 4A와 같이 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 황금조, 삼다메 및 강해조의 경우 만기재배에서 각각 6.03, 6.37 및 7.61 mg TE/g으로 조기나 보통기재배보다 높은 활성을 보였고 청차조와 경관2호는 보통기재배에서 각각 7.71 및 6.78 mg TE/g으로 조기나 만기재배보다 높은 활성을 보였으며, 경관1호는 조기재배에서 7.01 mg TE/g으로 보통기나 만기재배보다 높은 활성을 나타냈다. 기장의 경우 Fig. 4B와 같이 품종 및

재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전체적으로 황금기장, 만홍찰기장, 벼룩기장, 노란찰기장, 흰기장의 만기재배에서 각각 6.48, 7.91, 12.66, 3.59 및 3.97 mg TE/g으로 조기나 보통기재배보다 높은 활성을 나타내었다.

조의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 5A와 같이 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 황금조, 경관1호 및 강해조의 경우 만기재배에서 각각 5.00, 8.05 및 6.74 mg TE/g으로 조기나 보통기재배보다 높은 활성을 보였고 청차조, 삼다메 및 경관2호는 보통기재배에서 각각 6.49, 6.26 및 6.61 mg TE/g으로 조기나 만기재배보다 높은 활성을 나타냈다. 기장의 경우 Fig. 5B와 같이 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전체적으로 황금기장, 만홍찰기장, 벼룩기장, 노란찰기장, 흰기장의 만기재배에서 각각 25.77, 29.10, 34.46, 19.88 및 19.05



**Fig. 4.** DPPH radical scavenging activity of methanolic extracts from foxtail millet (A) and proso millet (B) with the variety and cultivated times. <sup>1)</sup>Mean values with different superscript small letter of same cultivated times are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). Mean values with different superscript capital letter at the one variety are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). <sup>2)</sup>HGC: Hwanggeum-cho, CCC: Cheongcha-cho, SDM: Samdamae, GK 1: Gyeongkwan 1, GK 2: Gyeongkwan 2, GHC: Ganghae-cho. <sup>3)</sup>HGG: Hwanggeum-gijang, MHCG: Manhongchal-gijang, BRG: Byeoruk-gijang, NRG: Norangchal-gijang, WG: Whin-gijang.



**Fig. 5.** ABTS radical scavenging activity of methanolic extracts from foxtail millet (A) and proso millet (B) with the variety and cultivated times. <sup>1)</sup>Mean values with different superscript small letter of same cultivated times are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). Mean values with different superscript capital letter at the one variety are significantly different by Duncan's multiple ranged test ( $p < 0.05$ ). <sup>2)</sup>HGC: Hwanggeum-cho, CCC: Cheongcha-cho, SDM: Samdamae, GK 1: Gyeongkwan 1, GK 2: Gyeongkwan 2, GHC: Ganghae-cho. <sup>3)</sup>HGG: Hwanggeum-gijang, MHCG: Manhongchal-gijang, BRG: Byeoruk-gijang, NRG: Norangchal-gijang, WG: Whin-gijang.

mg TE/g으로 조기나 보통기재배보다 높은 활성을 나타내었다. Lee 등(25)의 보고에 의하면 충북 괴산에서 생산된 조의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 각각 6.36% 및 21.38 mg AA eq/g으로 보고하였고 기장은 각각 1.47% 및 6.69 mg AA eq/g으로 보고하였다. 또한 Ko 등(26)의 보고에서 황금조, 청차조, 붉은기장 및 노란찰기장 80% 메탄올 추출물의 DPPH radical 소거활성이 각각 40.29, 33.39, 19.81 및 21.11 mg TE/g의 활성을 보이는 것으로 보고하였다. 이러한 차이는 도정유무, 재배시기, 재배지역 및 추출용매(80% 에탄올 사용) 등의 차이로 인한 것으로 생각된다. DPPH나 ABTS radical 소거활성은 페놀류나 플라보노이드 물질에 기인하여 항산화활성을 나타내는 것으로 볼 때(30), 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등의 항산화성분의 함량이 높은 만기재배의 시료에서 조기나 보통기재배 시료보다 높은 활성을 보이는 것으로 나타났다.

## 요 약

조와 기장의 항산화성분 및 항산화활성에 미치는 재배시기의 영향을 규명하고자 재배시기를 달리하여 수확된 시료 메탄올 추출물의 항산화성분 및 항산화활성을 분석하였다. 재배시기에 따른 조와 기장 메탄올 추출물의 총 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 등의 항산화성분의 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 품종 및 재배시기별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 황금조, 청차조, 삼다메 및 경관1호의 경우 만기재배에서, 경관2호는 보통기재배에서, 강해조는 조기와 만기재배에서 비교적 높은 함량을 보였고 기장의 경우 전체적으로 만기재배에서 높은 함량을 나타냈다. 총 플라보노이드 함량은 황금조와 경관2호는 보통기재배에서, 청차조, 삼다메 및 경관1호는 조기재배에서, 강해조는 만기재배에 높은 함량을 보였고 기장은 만기재배에서 높은 함량을 보였다. 총 탄닌 함량은 황금조는 조기재배에서, 청차조, 삼다메 및 강해조는 만기재배에서, 경관2호는 보통기재배에 높은 함량을 보였고 기장은 만기재배에서 조기나 보통기재배보다 높은 함량을 보였다. 조의 DPPH radical 소거활성은 황금조, 삼다메 및 강해조는 만기재배에서, 청차조와 경관2호는 보통기재배에서, 경관1호는 조기재배에서 높은 활성을 나타냈으며, 기장은 전체적으로 만기재배에서 높은 활성을 나타내었다. ABTS radical 소거활성은 황금조, 경관1호 및 강해조는 만기재배에서, 청차조, 삼다메 및 경관2호는 보통기재배에서 높은 활성을 나타내었고 기장은 만기재배에서 높은 활성을 나타내었다. 이상의 항산화성분 함량 및 항산화활성을 분석한 결과에서 조의 경우 조기재배보다는 보통기 내지 만기재배가 유리할 것으로 보이며, 기장은 만기재배가 유리할 것으로 생각된다.

## 문 헌

1. Cho NK, Song CK, Kim IS, Cho YI, Oh EK. 2001. Effect

- of number of plants per hill on the major characters, forage yield and chemical composition of Jeju Italian millet. *J Anim Sci Technol* 43: 967-972.
2. Kim KJ, Lim KH. 1987. Study on the physico-chemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J Crop Sci* 32: 234-242.
3. Ha YD, Lee SP. 2001. Characteristic of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8: 182-192.
4. Park HS, Ko MS, Kim JT, Oh KW, Pae SB. 1999. Agronomic characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Korean J Breed* 31: 428-433.
5. Kim HS, Kim HS, Kim KH. 2006. Effects of sowing date for seed quality of sprout-soybean. *Korean J Crop Sci* 51: 152-159.
6. Kim HS, Kim HS, Kim KH, Oh YJ, Suh SK, Park HK. 2005. Water absorption and germination ratio of sprout-soybean varieties affected by different planting date. *Korean J Crop Sci* 50: 132-135.
7. Lee HH, Chu SH, Ryu SN, Shin MC, Koh HJ. 2006. Grain characteristics of green-kerneled rices under different planting time and N-fertilizer levels. *Korean J Breed* 38: 358-365.
8. Kim HS, Park KG, Baek SB, Son YK, Lee CW, Kim JG, Kim JC, Nam JH. 2003. Genotype and environment effects on barley grain  $\beta$ -glucan content. Abstract presented at Annual Meeting of the Korean Society of Crop Science. Seoul, Korea. p 240-241.
9. Kim KJ, Lim KH. 1987. Study on the physico-chemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J Crop Sci* 32: 234-242.
10. Yi MA, Kwon TW, Kim JS. 1997. Changes in isoflavone contents during maturation of soybean seed. *J Food Sci* 2: 255-258.
11. Shin SO, Shin SH, Ha TJ, Lim SG, Choi KJ, Baek IY, Lee SC, Park KY. 2009. Soybean ecological response and seed quality according to altitude and seeding dates. *Korean J Crop Sci* 54: 143-158.
12. Joo YH, Park JH, Kim YH, Choung MG, Chung KW. 2004. Change in anthocyanin contents by cultivation and harvest time in black-seeded soybean. *Korean J Crop Sci* 49: 512-515.
13. Jung CS, Park YJ, Kwon YC, Suh HS. 1996. Variation of anthocyanin content in color-soybean collections. *Korean J Crop Sci* 41: 302-307.
14. Kim DK, Lee JY, Yoon CY, Lee YS, Kuk YI, Chon SU, Park IJ. 2003. Growth and green pod yield by sowing and acclimation dates in autumn green pea. *Korean J Crop Sci* 48: 447-451.
15. Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The anti-oxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
16. Zielinski H, Kozłowska H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected grains and their different morphological fractions. *J Agr Food Chem* 48: 2008-2016.
17. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 50: 4959-4964.
18. Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and they scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
19. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.

20. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
21. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2: 152-159.
22. Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115-119.
23. Ramachandra G, Virupaksha TK, Shadaksharaswamy M. 1977. Relationship between tannin levels and in vitro protein digestibility in finger millet (*Eleusine coracana* Gaertn.). *J Agr Food Chem* 25: 1101-1104.
24. Dykes L, Rooney LW. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 44: 236-251.
25. Lee HK, Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee SH, Woo SH, Lee J, Jeong HS. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1399-1404.
26. Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1128-1135.
27. Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.
28. Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-savenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
29. Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. Antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 989-995.
30. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 624-630.

(2011년 12월 8일 접수; 2012년 2월 21일 채택)