

## 발아시간에 따른 국산밀(*Triticum aestivum* L.)의 페놀성분 및 라디칼 소거활성

함현미 · 최인덕 · 박혜영 · 윤순덕 · 오세관 · 김욱한 · <sup>†</sup>우관식

농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

### Phenolic Compounds and Radical Scavenging Activity of the Korean Wheat (*Triticum aestivum* L.) according to Germination Times

Hyeonmi Ham, In Duck Choi, Hye Young Park, Soon Duck Yoon, Se Gwan Oh,

Wook Han Kim and <sup>†</sup>Koan Sik Woo

Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the phenolic compounds and radical scavenging activity of the Korean wheat (*Triticum aestivum* L.) according to germination times. The cultivated varieties were *T. aestivum* L. cv. Keumkang, Jokyung, Baekjoong, and Goso. The total polyphenol, flavonoid, and tannin contents of the ethanolic extracts of wheat were significantly increased with longer germination times. The total polyphenol contents of ungerminated Keumkang, Jokyung, Baekjoong, and Goso were 13.74, 15.05, 16.84, and 13.02 mg GAE/100 g, respectively, and the contents in germinated wheats increased with longer germination times. The total flavonoid contents of ungerminated wheats were 5.11, 6.72, 6.28, and 5.43 mg CE/100 g, and the total tannin content was 9.19, 8.86, 8.93, and 8.66 mg TAE/100 g, respectively. The total flavonoid and tannin contents were substantially increased with longer germination times. The DPPH radical scavenging activity of ungerminated Keumkang, Jokyung, Baekjoong, and Goso was 30.77, 23.88, 25.35, and 18.73 mg TE/100 g, and the activity in wheats germinated at 25°C for 72 hours was 47.47, 44.17, 38.22, and 42.85 mg TE/100 g, respectively. The ABTS radical scavenging activity of ungerminated wheats was 3.42, 88.53, 88.87, and 79.97 mg TE/100 g, respectively, and the activity in germinated wheats increased with longer germination times.

Key words: wheat(*Triticum aestivum* L.), germination, polyphenol, flavonoid, antioxidant activity

#### 서 론

밀(*Triticum aestivum* L.)은 쌀과 옥수수보다 더불어 3대 작물 중 하나이며, 최근 세계 주요 밀 수출국가의 생산량 감소와 재고량의 감소로 밀 곡물가가 상승하면서 수입밀과 국산밀의 가격이 점차 좁혀져 식량안보가 부각되고 있다(Kim 등 2013). 국내에서는 밀의 주 재배는 벼 후작 형태로 재배되고 있어, 근본적으로 작부체계를 합리화할 수 있는 밀 품종의 조

숙화, 단위면적당 수량성의 제고와 용도별 고품질 품종 개발이 시급하다고 할 수 있다(Chun & Kang 2002). 우리나라의 국민 1인당 밀 소비량은 연간 32.4 kg으로 쌀 다음으로 많지만, 밀의 식량 자급률은 1.7%로 연간 200만 톤을 수입하고 있으며, 수입 원맥을 제분하여 국내에서 생산되는 수입 밀가루는 연간 170만 톤 정도인데, 주로 제면(37%), 제과·제빵(25%)과 가정용 소비를 포함한 기타 식품 소비(22%)로 이용된다(Kang 등 2008). 국산밀 생산은 2003년 이후 계약재배의 점진

<sup>†</sup> Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea. Tel: +82-31-695-4084, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: wooks@korea.kr

적 확대로 2008년에는 9.6천 톤 생산되었고, 2010년 정부의 자급률 향상을 위한 정책으로 2015년까지 10% 자급률을 향상시키고자 노력한 결과, 2010년에는 12.5천 ha로 재배면적이 확대되었고, 35천 톤을 생산하였다(Kim 등 2013).

발아란 식물의 씨눈에 정해진 유전적 정보가 적당한 환경 하에서 싹이 발생 또는 그 종의 번식을 위해 생명을 시작하는 것으로 종자의 씨눈과 배젖에 있는 비활성상태의 DNA 유전 정보와 각종 효소, 영양소 등이 외적 환경 여건이 좋아지면 활성화 되어 식물로서의 생명을 시작하는데, 발아 시 각종 영양소가 최대한 갖추어지게 된다(Bartnick & Szafranska 1987). 씨눈 부분이 발아되면서 영양성분인 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 미네랄, 식이섬유 등이 변화하며,  $\gamma$ -orizanol 이나 arabinoxylane,  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA), vitamin E 등의 생리활성 성분들도 증가하고, 발아 중에 효소가 활성화됨으로써 영양성분들의 체내 흡수가 용이하게 되는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2007). 발아에 관한 연구는 종자의 발아 시 탄수화물(Lee 등 1994), 단백질과 아미노산(Cho 등 1985), 지방산(Choi & Kim 1985; Colmenares de Ruiz & Bressani 1990), 무기질(Kim 등 1985) 및 비타민(Hsu 등 1980)의 함량 변화에 대한 연구가 진행되었으며, 각종 효소나 효소 저해제의 하나인 트립신 저해제의 변화(Ikeda 등 1984.)에 관한 연구들이 수행되어 왔다. 또한 종자의 발아 과정 중에 곰팡이, 박테리아 등 외부의 적으로부터 자신을 방어할 무기로써 생리활성 물질을 생산하게 되는데(Lee 등 2003), 무순은 항산화 비타민, 식이섬유 및 isothiocyanates 함량이 높아지며(Song MR 2001), 유채는 필수아미노산과 항산화 비타민 함량이 증가하며(Kim 등 1997), 또한 메밀은 식이섬유 및 rutin과 같은 생리활성 물질들이 증가한다고 보고되었다(Kim 등 2005).

본 연구에서는 국내에서 많이 재배되고 있는 밀 품종에 대해 발아시간에 따른 항산화 성분 및 항산화 활성을 측정하여 밀의 기능성 증진 연구의 기초자료와 이용성 증진에 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 발아 시료 제조

본 연구에 사용된 밀은 국립식량과학원에서 2014년 생산된 금강밀, 조경밀, 백중밀, 고소밀 등 4품종을 사용하였다. 발아는 식물생장조절장치(Plant growth chamber, PGC-20, Conviron, Manitoba, Canada)를 이용하여 98% 습도를 유지하면서 발아시켰다. 발아온도는 15, 20 및 25°C 등 3구간을 설정하였고, 시료는 24, 36, 48, 60 및 72시간에 채취하여 50°C에서 24시간 열풍 건조하였다. 건조한 시료는 hammer mill(Laboratory Mill 3100; Pertent Co., Ltd., Huddinge, Sweden)을 이용하였으며,

0.5-mm screen으로 사용하였다. 분쇄된 시료는 -20°C 냉동실에 보관하면서 추출용 시료로 사용하였다.

### 2. 발아시간별 국산밀 추출물 제조 및 페놀성분 함량 분석

시료의 페놀성분 및 라디칼 소거활성을 분석하기 위하여 분쇄된 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올로 상온에서 24시간 동안 3회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하여, -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto 등 2002). 추출물 50  $\mu$ L에 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50  $\mu$ L를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 100 g당 mg gallic acid equivalent (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250  $\mu$ L에 증류수 1 mL와 5%  $\text{NaNO}_2$  75  $\mu$ L를 가한 다음, 5분 후 10%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  150  $\mu$ L를 가하여 6분 방치하고, 1 N NaOH 500  $\mu$ L를 첨가하고 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Dewanto 등 2002). 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 100 g당 mg catechin equivalent(CE, dry basis)로 나타내었다. 총 탄닌 함량은 Duval & Shetty(2001)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고, 5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액 1 mL와 1 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich)를 표준물질로 검량선을 작성하여 시료 100 g당 mg tannic acid equivalent(TAE, dry basis)로 나타내었다.

### 3. 발아시간에 따른 국산밀 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성 측정

에탄올 추출물에 대한 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 라디칼 소거활성을 측정하였다(Choi 등 2006). DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은 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 몰 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50  $\mu\text{L}$ 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 시료 100 g당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

#### 4. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean $\pm$ S.D.로 표현하였다. 또한 결과에 대한 통계분석은 SAS version 9.2(Statistical Analysis System, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 성분 및 활성에 대한 유의성을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 발아시간에 따른 국산밀 에탄올 추출물의 페놀성분 함량

발아시간에 따른 국산밀 에탄올 추출물의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등 페놀성분의 함량을 측정한 결과, Table 1~3과 같이 발아시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포되어 있는 물질로 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지며(Choi 등

2003), 곡류에 함유되어 있는 폴리페놀 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있다(Rice-Evans 등 1997). 무처리 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의 총 폴리페놀 함량은 Table 1과 같이 각각 13.74 $\pm$ 0.68, 15.05 $\pm$ 0.21, 16.84 $\pm$ 0.82 및 13.02 $\pm$ 0.40 mg GAE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 금강밀의 경우, 발아온도 25 $^{\circ}\text{C}$ 의 72시간 발아 시료(28.22 $\pm$ 0.85 mg GAE/100 g)가 가장 높은 함량을 나타내었으며, 조경밀은 발아온도 20 및 25 $^{\circ}\text{C}$ 의 72시간 발아 시료에서 각각 27.28 $\pm$ 0.44 및 26.71 $\pm$ 0.78 mg GAE/100 g으로 유의적으로 높은 함량을 나타내었다( $p<0.05$ ). 백중밀과 고소밀은 발아온도 20 $^{\circ}\text{C}$ 의 72시간 발아 시료에서 각각 29.63 $\pm$ 1.37 및 22.38 $\pm$ 2.12 mg GAE/100 g으로 유의적으로 높았다( $p<0.05$ ).

플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라 특정 플라보노이드는 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(Middleton & Kandaswami 1994). 무처리 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의 총 플라보노이드 함량은 Table 2와 같이 각각 5.11 $\pm$ 0.04, 6.72 $\pm$ 0.57, 6.28 $\pm$ 0.26 및 5.43 $\pm$ 0.01 mg CE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, 유의성을

Table 1. Total polyphenol contents<sup>1)</sup> of the ethanolic extracts on Korean wheat according to variety and germination times

Germination temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Germination time (hr)	Variety of wheat			
		Keumkang	Jokyung	Baekjoong	Goso
15	Control	13.74 $\pm$ 0.68 <sup>g(2)(3)</sup>	15.05 $\pm$ 0.21 <sup>fg</sup>	16.84 $\pm$ 0.82 <sup>fg</sup>	13.02 $\pm$ 0.40 <sup>h</sup>
	24	15.55 $\pm$ 0.88 <sup>def</sup>	15.58 $\pm$ 0.38 <sup>ef</sup>	16.02 $\pm$ 0.24 <sup>gh</sup>	14.24 $\pm$ 0.84 <sup>gh</sup>
	36	15.69 $\pm$ 0.31 <sup>de</sup>	16.46 $\pm$ 0.58 <sup>e</sup>	16.90 $\pm$ 1.17 <sup>fg</sup>	16.27 $\pm$ 1.05 <sup>ef</sup>
	48	17.64 $\pm$ 0.50 <sup>cd</sup>	17.86 $\pm$ 0.72 <sup>d</sup>	17.53 $\pm$ 0.75 <sup>ef</sup>	17.24 $\pm$ 0.70 <sup>de</sup>
	60	19.12 $\pm$ 0.57 <sup>c</sup>	18.82 $\pm$ 0.48 <sup>d</sup>	19.05 $\pm$ 0.99 <sup>cd</sup>	17.46 $\pm$ 0.90 <sup>de</sup>
20	72	22.60 $\pm$ 0.62 <sup>b</sup>	22.34 $\pm$ 0.99 <sup>b</sup>	22.42 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	20.20 $\pm$ 0.91 <sup>bc</sup>
	24	15.53 $\pm$ 0.13 <sup>def</sup>	15.17 $\pm$ 0.24 <sup>fg</sup>	16.28 $\pm$ 1.47 <sup>fgh</sup>	14.97 $\pm$ 0.05 <sup>fg</sup>
	36	16.00 $\pm$ 0.45 <sup>d</sup>	16.20 $\pm$ 0.20 <sup>e</sup>	16.26 $\pm$ 0.34 <sup>fgh</sup>	16.26 $\pm$ 0.48 <sup>ef</sup>
	48	18.16 $\pm$ 1.76 <sup>c</sup>	18.82 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>	19.62 $\pm$ 0.48 <sup>c</sup>	18.71 $\pm$ 0.84 <sup>cd</sup>
	60	19.64 $\pm$ 2.07 <sup>c</sup>	22.63 $\pm$ 0.47 <sup>b</sup>	22.82 $\pm$ 0.53 <sup>b</sup>	19.52 $\pm$ 1.33 <sup>bc</sup>
25	72	23.70 $\pm$ 1.94 <sup>b</sup>	27.28 $\pm$ 0.44 <sup>a</sup>	29.63 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>	22.38 $\pm$ 2.12 <sup>a</sup>
	24	13.52 $\pm$ 1.76 <sup>f</sup>	14.31 $\pm$ 0.26 <sup>g</sup>	15.16 $\pm$ 0.37 <sup>h</sup>	13.71 $\pm$ 0.73 <sup>gh</sup>
	36	15.90 $\pm$ 1.28 <sup>d</sup>	15.10 $\pm$ 0.15 <sup>fg</sup>	16.04 $\pm$ 0.90 <sup>gh</sup>	15.11 $\pm$ 0.38 <sup>fg</sup>
	48	19.53 $\pm$ 1.23 <sup>c</sup>	17.87 $\pm$ 0.14 <sup>d</sup>	17.13 $\pm$ 0.13 <sup>efg</sup>	17.72 $\pm$ 0.24 <sup>de</sup>
	60	22.55 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>	21.02 $\pm$ 1.29 <sup>c</sup>	18.29 $\pm$ 0.03 <sup>de</sup>	18.78 $\pm$ 0.60 <sup>cd</sup>
	72	28.22 $\pm$ 0.85 <sup>a</sup>	26.71 $\pm$ 0.78 <sup>a</sup>	21.52 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	20.87 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Mean of triplicate determinations expressed as mg gallic acid equivalents (GAE) per 100 g of sample (dry weight basis). <sup>2)</sup> Each value is mean $\pm$ SE (n=3). <sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

Table 2. Total flavonoid contents<sup>1)</sup> of the ethanolic extracts on Korean wheat according to variety and germination times

Germination temperature (°C)	Germination time (hr)	Variety of wheat			
		Keumkang	Jokyung	Baekjoong	Goso
15	Control	5.11±0.04 <sup>2)(def3)</sup>	6.72±0.57 <sup>a</sup>	6.28±0.26 <sup>a</sup>	5.43±0.01 <sup>bc</sup>
	24	4.90±0.10 <sup>ef</sup>	5.10±0.09 <sup>b</sup>	5.59±0.10 <sup>abc</sup>	5.31±0.10 <sup>bc</sup>
	36	4.97±0.02 <sup>ef</sup>	5.16±0.26 <sup>b</sup>	5.05±0.12 <sup>cd</sup>	5.37±0.02 <sup>bc</sup>
	48	5.07±0.10 <sup>def</sup>	5.23±0.38 <sup>b</sup>	5.49±0.05 <sup>bcd</sup>	5.23±0.32 <sup>c</sup>
	60	5.03±0.24 <sup>def</sup>	5.13±0.14 <sup>b</sup>	6.05±0.35 <sup>ab</sup>	5.72±0.24 <sup>abc</sup>
20	72	5.18±0.41 <sup>def</sup>	6.61±0.06 <sup>a</sup>	5.57±0.67 <sup>abc</sup>	5.63±0.12 <sup>bc</sup>
	24	4.85±0.01 <sup>ef</sup>	5.40±0.69 <sup>b</sup>	5.16±0.91 <sup>cd</sup>	5.78±0.47 <sup>abc</sup>
	36	4.79±0.21 <sup>f</sup>	6.45±0.50 <sup>a</sup>	4.73±0.07 <sup>d</sup>	5.32±0.17 <sup>bc</sup>
	48	5.28±0.11 <sup>cde</sup>	5.95±0.96 <sup>ab</sup>	4.88±0.01 <sup>cd</sup>	5.52±0.28 <sup>bc</sup>
	60	5.43±0.33 <sup>bcd</sup>	5.97±0.60 <sup>ab</sup>	4.99±0.13 <sup>cd</sup>	6.03±0.27 <sup>abc</sup>
25	72	5.29±0.07 <sup>cde</sup>	6.72±0.31 <sup>a</sup>	5.46±0.40 <sup>bcd</sup>	6.12±0.20 <sup>ab</sup>
	24	4.99±0.04 <sup>def</sup>	5.06±0.16 <sup>b</sup>	4.73±0.03 <sup>d</sup>	5.86±0.70 <sup>abc</sup>
	36	5.22±0.04 <sup>cdef</sup>	5.13±0.02 <sup>b</sup>	4.95±0.20 <sup>cd</sup>	5.42±0.40 <sup>bc</sup>
	48	5.64±0.12 <sup>bc</sup>	5.26±0.07 <sup>b</sup>	4.90±0.02 <sup>cd</sup>	5.65±0.03 <sup>bc</sup>
	60	5.82±0.02 <sup>ab</sup>	5.87±0.63 <sup>ab</sup>	5.12±0.04 <sup>cd</sup>	5.63±0.58 <sup>bc</sup>
	72	6.13±0.37 <sup>a</sup>	6.55±0.06 <sup>a</sup>	5.36±0.04 <sup>bcd</sup>	6.47±0.44 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean of triplicate determinations expressed as mg catechin equivalents (CE) per 100 g of sample (dry weight basis). <sup>2)</sup> Each value is mean±SE (n=3). <sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

보이는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 금강밀의 경우, 15 및 20°C에서 발아시킨 시료는 무처리보다 적거나 유의적으로 비슷한 수치를 보였고, 25°C에서 발아시킨 시료는 발아 72시간에 6.13±0.37 mg CE/100 g으로 비교적 높은 값을 보였다. 조경밀의 경우, 15, 20 및 25°C에서 72시간 발아시킨 시료가 각각 6.61±0.06, 6.72±0.31 및 6.55±0.06 mg CE/100 g으로 처리구별로 높은 함량을 보였으나, 무처리와 유의적인 차이는 없었다. 백중밀은 전체적으로 발아 시료가 무처리에 비해 유의적으로 낮은 함량은 보였고, 고소밀의 경우 전체적으로 발아 시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며( $p<0.05$ ), 25°C에서 72시간 발아시킨 시료가 6.47±0.44 mg CE/100 g으로 높은 함량을 나타내었다.

탄닌은 차의 가장 중요한 성분의 하나로, 차의 맛, 향기 및 색에 깊이 관여하며, 여러 가지 생리작용을 가지는 성분으로 알려져 있다(Nakagawa & Amano 1974). 무처리 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의 총 탄닌 함량은 Table 3과 같이 각각 9.19±0.17, 8.86±0.36, 8.93±0.29 및 8.66±0.19 mg TAE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 유의성을 보이는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 금강밀의 경우, 15 및 20°C에서 발아시킨 시료는 10.02~10.46 mg TAE/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았으며, 25°C에서 발아시킨 시료는

72시간 발아 시료(10.33±0.23 mg TAE/100 g)를 제외하고, 9.34~9.66 mg TAE/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았다. 조경밀은 25°C에서 48시간 발아시킨 시료가 8.29±0.18 mg TAE/100 g으로 낮은 함량을 나타내었고, 전체적으로 발아시간에 따라 유의적인 차이를 보였으나( $p<0.05$ ), 특이한 경향을 나타내지 않았다. 백중밀의 경우, 20°C에서 72시간 발아시킨 시료가 10.30±0.14 mg TAE/100 g으로 높은 함량을 나타내었으며, 25°C 발아시료는 7.93~8.76 mg TAE/100 g으로 무처리에 비해 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다( $p<0.05$ ). 고소밀의 경우, 발아온도 15°C의 48시간 발아 시료(10.76±0.34 mg TAE/100 g)와 20°C의 72시간 발아 시료(10.75±0.22 mg TAE/100 g)에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 발아온도에 따라서는 25°C에서 발아시킨 시료가 8.97~9.44 mg TAE/100 g으로 15 및 20°C에서 발아시킨 시료보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다( $p<0.05$ ). 발아시간에 따라 조, 기장, 수수 등 잡곡류의 총 폴리페놀 및 탄닌 함량은 유색 종피의 황금찰수수를 제외하고, 다른 품종들은 약간 증가하였고, 플라보노이드는 발아시간에 대해 특이한 경향을 보이지 않는 것으로 보고하였으며(Ko 등 2011a), 발아온도에 따라 총 페놀 성분은 조와 기장의 경우 온도가 높을수록 감소하고, 수수는 증가하는 경향을 보이는 것으로 보고하였다(Ko 등 2011b). 본 연구에서는 총 폴

**Table 3. Total tannin contents<sup>1)</sup> of the ethanolic extracts on Korean wheat according to variety and germination times**

Germination temperature (°C)	Germination time (hr)	Variety of wheat			
		Keumkang	Jokyung	Baekjoong	Goso
15	Control	9.19±0.17 <sup>2)c3)</sup>	8.86±0.36 <sup>ef</sup>	8.93±0.29 <sup>ef</sup>	8.66±0.19 <sup>f</sup>
	24	10.14±0.05 <sup>abc</sup>	9.52±0.17 <sup>bcd</sup>	9.50±0.07 <sup>cd</sup>	9.29±0.10 <sup>de</sup>
	36	10.35±0.03 <sup>a</sup>	9.62±0.15 <sup>bc</sup>	9.32±0.15 <sup>d</sup>	10.51±0.14 <sup>abc</sup>
	48	10.20±0.15 <sup>ab</sup>	9.40±0.12 <sup>cd</sup>	9.81±0.07 <sup>bc</sup>	10.76±0.34 <sup>a</sup>
	60	10.02±0.11 <sup>abc</sup>	9.57±0.33 <sup>bc</sup>	10.09±0.10 <sup>ab</sup>	10.37±0.40 <sup>abc</sup>
20	72	10.46±0.05 <sup>a</sup>	9.63±0.30 <sup>bc</sup>	9.84±0.25 <sup>bc</sup>	10.28±0.29 <sup>bc</sup>
	24	10.34±0.10 <sup>a</sup>	9.83±0.24 <sup>ab</sup>	9.25±0.07 <sup>de</sup>	10.12±0.17 <sup>c</sup>
	36	10.31±0.11 <sup>ab</sup>	10.06±0.25 <sup>a</sup>	8.92±0.28 <sup>ef</sup>	10.20±0.13 <sup>bc</sup>
	48	10.21±0.15 <sup>ab</sup>	9.48±0.13 <sup>bcd</sup>	9.78±0.19 <sup>bc</sup>	10.40±0.16 <sup>abc</sup>
	60	10.23±0.30 <sup>ab</sup>	9.83±0.20 <sup>ab</sup>	9.97±0.11 <sup>ab</sup>	10.58±0.21 <sup>ab</sup>
25	72	10.29±1.32 <sup>ab</sup>	10.21±0.05 <sup>a</sup>	10.30±0.14 <sup>a</sup>	10.75±0.22 <sup>a</sup>
	24	9.34±1.37 <sup>bc</sup>	8.88±0.19 <sup>ef</sup>	8.24±0.19 <sup>hi</sup>	8.97±0.31 <sup>ef</sup>
	36	9.66±0.12 <sup>abc</sup>	8.54±0.12 <sup>fg</sup>	7.93±0.21 <sup>i</sup>	9.08±0.27 <sup>de</sup>
	48	9.50±0.31 <sup>abc</sup>	8.29±0.18 <sup>g</sup>	8.76±0.37 <sup>fg</sup>	9.44±0.21 <sup>d</sup>
	60	9.63±0.15 <sup>abc</sup>	8.94±0.14 <sup>e</sup>	8.46±0.20 <sup>gh</sup>	9.21±0.15 <sup>de</sup>
	72	10.33±0.23 <sup>a</sup>	9.15±0.17 <sup>de</sup>	8.65±0.20 <sup>fg</sup>	9.08±0.17 <sup>de</sup>

<sup>1)</sup> Mean of triplicate determinations expressed as mg tannic acid equivalents (TAE) per 100 g of sample (dry weight basis). <sup>2)</sup> Each value is mean±SE (n=3). <sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등 페놀성분의 함량은 발아시간이 증가함에 따라 대체로 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 총 폴리페놀과 플라보노이드는 발아온도가 높을수록 증가하는 경향을 보였고, 탄닌 함량은 발아온도가 높을수록 약간 감소하는 경향을 보였다.

## 2. 발아시간에 따른 국산밀 에탄올 추출물의 라디칼 소거활성

항산화 물질에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH 라디칼 소거활성법(Nieva 등 2000)과 혈장에서 ABTS 라디칼의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS 라디칼 소거활성법(Kim 등 2009)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g sample로 나타낸 결과, Table 4, 5와 같이 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 자유라디칼에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, 자유라디칼은 인체 내에서 각종질병과 세포의 노화를 일으키므로 식물 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다(Kim 등 2009). 무처리 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의

DPPH 라디칼 소거활성은 Table 4와 같이 각각 30.77±1.46, 23.88±1.07, 25.35±0.92 및 18.73±0.65 mg TE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 전체적으로 발아온도 25°C의 72시간 발아시킨 시료에서 각각 47.47±0.63, 44.17±1.52, 38.22±1.28 및 42.85±0.06 mg TE/100 g으로 유의적으로 높은 활성을 보이는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 또한 발아온도의 영향은 대체로 15 및 20°C에서 발아시킨 시료에 비해 25°C에서 발아시킨 시료에서 유의적으로 높은 활성을 보이는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ).

ABTS 라디칼 소거활성법은 ABTS와 potassium persulfate를 암소에 방치하여  $ABTS^+ \cdot$ 이 생성되면 추출물의 항산화성분에 의해  $ABTS^+ \cdot$ 이 소거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는데, 이를 흡광도 값으로 나타내어 소거활성을 측정할 수 있다(Kim 등 2009). 무처리 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의 ABTS 라디칼 소거활성은 Table 5와 같이 각각 83.42±2.73, 88.53±1.42, 88.87±3.55 및 79.97±1.45 mg TE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 금강밀의 경우, 25°C의 72시간 발아 시료가 102.68±1.19 mg TE/100 g으로 높은 활성을 나타내었고, 15°C의 72시간 발아 시료 또한 100.04±1.03 mg TE/100 g으로 비교적 높은 활성을 나타내었다. 조경밀은 25°C의 60 및

**Table 4. DPPH radical scavenging activity<sup>1)</sup> of the ethanolic extracts on Korean wheat according to variety and germination times**

Germination temperature (°C)	Germination time (hr)	Variety of wheat			
		Keumkang	Jokyung	Baekjoong	Goso
15	Control	30.77±1.46 <sup>2)figh3)</sup>	23.88±1.07 <sup>gh</sup>	25.35±0.92 <sup>fg</sup>	18.73±0.65 <sup>h</sup>
	24	29.63±0.15 <sup>ghi</sup>	26.08±0.30 <sup>ef</sup>	24.28±1.67 <sup>gh</sup>	21.07±0.18 <sup>g</sup>
	36	29.49±0.16 <sup>ghi</sup>	23.98±0.63 <sup>gh</sup>	22.54±2.11 <sup>h</sup>	22.64±1.65 <sup>fg</sup>
	48	30.83±0.81 <sup>fgh</sup>	23.05±1.23 <sup>gh</sup>	29.97±0.92 <sup>c</sup>	22.21±1.88 <sup>fg</sup>
	60	32.17±2.71 <sup>f</sup>	30.04±0.40 <sup>e</sup>	28.02±1.36 <sup>cde</sup>	27.66±0.60 <sup>e</sup>
20	72	34.68±0.72 <sup>e</sup>	33.43±0.32 <sup>d</sup>	26.91±0.81 <sup>def</sup>	33.61±1.14 <sup>c</sup>
	24	23.99±0.81 <sup>j</sup>	21.13±1.52 <sup>h</sup>	26.60±1.49 <sup>def</sup>	23.46±0.41 <sup>f</sup>
	36	28.74±1.58 <sup>hi</sup>	23.59±1.11 <sup>gh</sup>	21.72±0.09 <sup>h</sup>	20.74±1.43 <sup>g</sup>
	48	31.41±1.47 <sup>fg</sup>	24.52±1.93 <sup>g</sup>	26.92±0.10 <sup>def</sup>	27.78±0.77 <sup>e</sup>
	60	35.51±0.49 <sup>de</sup>	35.28±0.10 <sup>cd</sup>	23.55±0.46 <sup>gh</sup>	27.05±0.66 <sup>e</sup>
25	72	38.01±0.30 <sup>c</sup>	38.08±0.09 <sup>bc</sup>	34.96±0.89 <sup>b</sup>	33.58±0.45 <sup>c</sup>
	24	27.21±0.49 <sup>i</sup>	28.13±1.09 <sup>ef</sup>	25.47±1.12 <sup>fgh</sup>	23.75±0.41 <sup>f</sup>
	36	29.54±0.37 <sup>ghi</sup>	29.48±2.10 <sup>e</sup>	21.77±0.53 <sup>h</sup>	30.78±0.28 <sup>d</sup>
	48	37.07±1.01 <sup>cd</sup>	35.34±1.61 <sup>cd</sup>	25.28±1.11 <sup>fg</sup>	35.08±0.83 <sup>c</sup>
	60	42.53±0.20 <sup>b</sup>	39.75±2.51 <sup>b</sup>	29.02±0.78 <sup>cd</sup>	39.57±0.57 <sup>b</sup>
	72	47.47±0.63 <sup>a</sup>	44.17±1.52 <sup>a</sup>	38.22±1.28 <sup>a</sup>	42.85±0.06 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean of triplicate determinations expressed as Trolox equivalents (TE) per 100 g of sample (dry weight basis). <sup>2)</sup> Each value is mean±SE (n=3). <sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

**Table 5. ABTS radical scavenging activity<sup>1)</sup> of the ethanolic extracts on Korean wheat according to variety and germination times**

Germination temperature (°C)	Germination time (hr)	Variety of wheat			
		Keumkang	Jokyung	Baekjoong	Goso
15	Control	83.42±2.73 <sup>2)ef3)</sup>	88.53±1.42 <sup>abc</sup>	88.87±3.55 <sup>c</sup>	79.97±1.45 <sup>de</sup>
	24	65.08±0.72 <sup>j</sup>	74.81±1.16 <sup>efg</sup>	73.50±2.55 <sup>f</sup>	69.23±1.29 <sup>g</sup>
	36	68.54±1.07 <sup>i</sup>	74.16±1.31 <sup>fg</sup>	79.08±2.09 <sup>e</sup>	53.41±0.39 <sup>i</sup>
	48	78.97±0.56 <sup>g</sup>	82.40±1.94 <sup>d</sup>	74.89±1.88 <sup>f</sup>	74.27±1.24 <sup>f</sup>
	60	88.83±0.28 <sup>d</sup>	82.27±1.83 <sup>d</sup>	74.48±1.55 <sup>f</sup>	74.09±0.78 <sup>f</sup>
20	72	100.04±1.03 <sup>b</sup>	87.39±1.39 <sup>bc</sup>	92.85±0.60 <sup>ab</sup>	82.37±1.53 <sup>c</sup>
	24	59.57±0.54 <sup>k</sup>	72.18±1.30 <sup>g</sup>	80.05±0.81 <sup>de</sup>	56.04±0.26 <sup>h</sup>
	36	70.30±1.08 <sup>hi</sup>	78.38±0.59 <sup>e</sup>	86.99±1.60 <sup>c</sup>	70.24±1.23 <sup>g</sup>
	48	85.27±1.89 <sup>e</sup>	86.91±3.08 <sup>bc</sup>	80.34±0.43 <sup>de</sup>	77.91±1.54 <sup>e</sup>
	60	95.18±1.83 <sup>c</sup>	83.10±1.56 <sup>d</sup>	80.44±1.21 <sup>de</sup>	70.61±0.88 <sup>g</sup>
25	72	96.25±0.61 <sup>c</sup>	85.74±1.56 <sup>cd</sup>	88.56±0.88 <sup>c</sup>	80.81±0.88 <sup>cd</sup>
	24	72.23±0.38 <sup>h</sup>	77.00±2.48 <sup>ef</sup>	82.67±1.46 <sup>d</sup>	81.11±2.56 <sup>cd</sup>
	36	82.65±0.99 <sup>f</sup>	82.36±2.71 <sup>d</sup>	86.75±1.30 <sup>c</sup>	91.21±1.35 <sup>b</sup>
	48	88.92±0.68 <sup>d</sup>	90.48±3.07 <sup>ab</sup>	91.77±0.75 <sup>b</sup>	92.99±0.49 <sup>b</sup>
	60	99.92±0.31 <sup>b</sup>	92.02±2.89 <sup>a</sup>	95.62±0.68 <sup>a</sup>	96.99±1.26 <sup>a</sup>
	72	102.68±1.19 <sup>a</sup>	90.23±2.55 <sup>ab</sup>	93.59±0.87 <sup>ab</sup>	98.72±1.15 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean of triplicate determinations expressed as mg Trolox equivalents (TE) per 100 g of sample (dry weight basis). <sup>2)</sup> Each value is mean±SE (n=3). <sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

72시간 발아 시료가 각각  $92.02 \pm 2.89$  및  $90.23 \pm 2.55$  mg TE/100 g으로 높은 활성을 보였으며, 백중밀의 경우 25°C의 60 및 72시간 발아 시료가 각각  $95.62 \pm 0.68$  및  $93.59 \pm 0.87$  mg TE/100 g으로 유의적으로 높은 활성을 보였다( $p < 0.05$ ). 고소밀 또한 25°C의 60 및 72시간 발아 시료에서 각각  $96.99 \pm 1.26$  및  $98.72 \pm 1.15$  mg TE/100 g으로 유의적으로 높은 활성을 보였다( $p < 0.05$ ). 발아시간에 따라 잡곡류의 DPPH 라디칼 소거활성은 작목과 품종마다 약간 증가하거나 감소하였으나, 발아시간에 대해 특이한 경향을 보이지 않는 것으로 보고하였으며(Ko 등 2011a), 발아온도에 따라 ABTS 라디칼 소거활성은 조와 기장의 경우 큰 차이를 보이지 않았고, 수수는 증가하는 경향을 보이는 것으로 보고하였다(Ko 등 2011b). 천연물의 항산화 활성은 활성 라디칼에 전자를 공여하고, 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고, 인체 내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(Kim 등 2001). 이상의 결과에서 국산밀의 발아를 통하여 페놀성분 및 라디칼 소거활성이 증진된 효과를 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있었으며, 추후 밀에 함유된 주요 기능성분의 변화와 물리적 특성이나 조리특성 등에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구에서는 국산밀 품종에 대해 발아시간에 따른 항산화 성분 및 항산화 활성을 측정하였다. 발아시간에 따른 국산밀 에탄올 추출물의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 등 페놀성분의 함량은 발아시간에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 무처리 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의 총 폴리페놀 함량은 13.74, 15.05, 16.84 및 13.02 mg GAE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 총 플라보노이드 함량은 각각 5.11, 6.72, 6.28 및 5.43 mg CE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, 유의성을 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 총 탄닌 함량은 각각 9.19, 8.86, 8.93 및 8.66 mg TAE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, 유의성을 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 금강밀, 조경밀, 백중밀 및 고소밀의 DPPH 라디칼 소거활성은 각각 30.77, 23.88, 25.35 및 18.73 mg TE/100 g이었으며, 25°C에서 72시간 발아 시료가 각각 47.47, 44.17, 38.22 및 42.85 mg TE/100 g으로 유의적으로 높은 활성을 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). ABTS 라디칼 소거활성은 각각 83.42, 88.53, 88.87 및 79.97 mg TE/100 g이었으며, 발아시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다

( $p < 0.05$ ). 이상의 결과 국산밀의 발아를 통하여 페놀성분 및 라디칼 소거활성이 증진된 효과를 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ010155)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Al-Wahsh IA, Horner HT, Palmer RG, Reddy MB, Massey LK. 2005. Oxalate and phytate of soy foods. *J Agric Food Chem* 53:5670-5674
- Anderson RL, Wolf WJ. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytate, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J Nutr* 125:581-588
- Bartnick M, Szafranska J. 1987. Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. *J Cereal Sci* 5:23-28
- Cho BM, Yoon SK, Kim WJ. 1985. Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. *J Korean Food Sci* 17:371-376
- Choi KS, Kim ZU. 1985. Changes in lipid components during germination of mungbean. *Korean J Food Sci Technol* 17:271-275
- Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:723-727
- 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
- Chun JU, Kang SW. 2002. Genetic analyses of heading and maturing dates and their relationship to freezing resistance in barley. *Korean J Crop Sci* 47:395-401
- Colmenares de Ruiz AS, Bressani R. 1990. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain. *Cereal Chem* 67:519-522
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 50:4959-4964
- Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by geneti-

- cally transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377
- Hsu D, Leung HK, Finney PL, Morad MM. 1980. Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils and faba beans. *J Food Sci* 45:87-91
- Ikeda K, Arioka K, Fujii S, Kusano T, Oku M. 1984. Effect on buck-wheat protein quality of seed germination and changes in trypsin inhibitor content. *Cereal Chem* 61:236-240
- Kang CS, Kim HS, Cheong YK, Kim JG, Park KH, Park CS. 2008. Flour characteristics and Enduse quality of commercial flour produced from Korean wheat and imported wheat. *Korean J Food Preserv* 5:687-693
- Kim HS, Kim YJ, Kim KH, Park HH, Kang CS, Kim KH, Hyun JN, Kim KJ. 2013. Difference of agricultural characteristics and quality with fertilizer types in wheat cultivation. *Korean J Crop Sci* 58:15-19
- Kim IS, Han SH, Han KW. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:1058-1062
- Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1985. Study on the chemical change of general composition fatty acids and mineral contents during germination. *Korean J Food Sci Technol* 17:371-376
- 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
- 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
- Kim YS, Kim JG, Kang IJ, Lee YS. 2005. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:206-211
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011a. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1128-1135
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011b. Minerals, total polyphenolic contents and antioxidant activity of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination temperature. *J Agr Sci Chungbuk Nat'l Univ* 27:165-172
- Lee MH, Son HS, Choi OK, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in physico-chemical properties and mineral contents during buck-wheat germination. *J Korean Food Nutr* 7:267-273
- Lee MJ, Cheong YK, Kim HS, Park KH, Doo HS, Suh DY. 2003. *trans*-Resveratrol content of varieties and growth period in peanut. *Korean J Crop Sci* 48:429-433
- Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 16:1006-1010
- Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Nakagawa M, Amano I. 1974. Evaluation method of green tea grade by nitrogen analysis. *J Japanese Food Sci Technol* 21:57-63
- 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
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2:152-159
- Song MR. 2001. Volatile flavor components of cultivated radish (*Raphanus sativus* L.) sprout. *Korean J Food Nutr* 14:20-27

---

Received 29 July, 2015

Revised 19 August, 2015

Accepted 26 August, 2015