

## 품종별 귀리 메탄올 추출물의 항산화 성분 및 항산화 활성

함현미<sup>1</sup> · 우관식<sup>1</sup> · 이병원<sup>1</sup> · 박지영<sup>1</sup> · 심은영<sup>1</sup> · 김병주<sup>1</sup> · 이춘우<sup>1</sup>  
김시주<sup>1</sup> · 김옥한<sup>1</sup> · 이준수<sup>2</sup> · 이유영<sup>1</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부  
<sup>2</sup>충북대학교 식품생명공학과

### Antioxidant Compounds and Activities of Methanolic Extracts from Oat Cultivars

Hyeonmi Ham<sup>1</sup>, Koan Sik Woo<sup>1</sup>, Byongwon Lee<sup>1</sup>, Ji-Young Park<sup>1</sup>, Eun-yeong Sim<sup>1</sup>, Byung Joo Kim<sup>1</sup>,  
Choonwoo Lee<sup>1</sup>, Si-Ju Kim<sup>1</sup>, Wook Han Kim<sup>1</sup>, Junsoo Lee<sup>2</sup>, and Yu-Young Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Central Area, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

<sup>2</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

**ABSTRACT** Oats (*Avena sativa* L.) were evaluated in recent years as a promising crop for increasing the nutritional quality of foods, due to their abundance in many bioactive compounds. The objectives of this study were to determine antioxidant compounds and antioxidant activities of nine oat cultivars and investigate the relationships between antioxidant compounds and antioxidant activities in oat cultivars. The contents of total polyphenolics and vitamin E in oat cultivars were analyzed by spectrophotometric methods and normal phase HPLC, respectively. 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activities, reducing power, and chelating effects were used to compare the relative antioxidant activities of oat cultivars. In this study, total polyphenolic and vitamin E contents of oat cultivars ranged from 83.41 to 130.59 mg gallic acid equivalents/100 g and 0.54 to 1.90 mg/100 g, respectively. High levels of ABTS radical (116.14 mg Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/100 g) and DPPH radical (38.58 mg TEAC/100 g) scavenging activities and reducing power ( $A_{700}=0.922$ ) were found in Daeyang. Significant correlation was evaluated between total polyphenolic contents and their antioxidant activities, namely ABTS and DPPH radical scavenging activities and reducing power. A low correlation was observed between vitamin E contents and their antioxidant activities. The results of this study could have an impact on oat consumption by enhancing consumer awareness of the health benefits of oats.

**Key words:** oat, polyphenolics, vitamin E, antioxidant activity

## 서 론

세계적으로 주요 작물인 곡류에는 탄수화물, 단백질, 미네랄 등의 다양한 영양소를 비롯하여 phenolic compounds, flavonoids, vitamin E, carotenoids, anthocyanins, lignans 등의 기능성 성분을 함유하고 있다. 곡류의 phenolic compounds는 암, 심혈관계 질환, 노화 관련 질환 등과 같은 스트레스와 관련된 질환을 예방하는 데 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한 vitamin E는 tocopherol과 tocotrienol을 총칭하는 것으로, 세포막 내 불포화 지방산의 산화를 방지하고 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 등 만성질환을 예방하는 데 효과적이다(1-3).

귀리(*Avena sativa* L.)는 벼과(Gramineae)에 속하는 곡류로 일반적으로 기온이 낮고 습도가 높은 지역에서 잘 자라며(4), 탈곡 과정 시 겉껍질이 쉽게 제거되는 쌀귀리와 탈곡 과정 후에도 종실에 겉껍질이 붙어있는 걸귀리가 있다. 세계적으로 벼과 작물 중에서 밀, 옥수수, 벼, 보리 다음으로 생산량이 많고 러시아, 미국, 캐나다, 호주 등에서 많이 생산되고 있다. 귀리는 생산량 중 약 75%가 가축의 사료로 소비되고 있으며 식용 및 종자용으로는 약 22%만이 이용되고 있고 비누, 로션, 샴푸 등의 세정제나 자외선 차단제 등의 화장품 원료로도 이용된다(5). 귀리의 배유 세포벽에는 glucose가  $\beta(1\rightarrow3)$ 과  $\beta(1\rightarrow4)$  결합으로 연결된 직쇄상의 다당류인  $\beta$ -glucan이 2~6% 함유되어 있다(6,7). 귀리의  $\beta$ -glucan은 혈중 콜레스테롤 저하, 당류 소화흡수 저해, 당뇨병 예방, 변비 치료, 대장암 예방 등 다양한 생리활성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(8-10). 귀리는 단백질 함량이 13~20%로 다른 곡류에 비해 많이 함유되어 있으며 필수아미노산이

Received 28 July 2015; Accepted 7 September 2015

Corresponding author: Yu-Young Lee, Department of Central Area, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi-do 16613, Korea  
E-mail: leeyy260@korea.kr, Phone: +82-31-695-0621

균형 있게 포함되어 있기 때문에 채식을 위주로 하는 사람들을 위한 단백질 공급원으로서 그 가치가 높다(11). 또한 단백질과 지질이 풍부하여 아침식사대용이나 다른 곡류 또는 콩 등과 혼합되어 제과·제빵용으로 이용되고 건강식, 균형식으로 가치가 재인식되고 있다(12). 2002년 타임지가 선정한 10대 식품 중 통곡물로는 유일하게 포함된 귀리는 높은 영양학적 가치와 건강에 대한 소비자의 관심 증가로 인해 소비가 증가하고 있는 추세이다.

이처럼 귀리에 대한 수요가 증가하고 있지만 국내에서 개발된 귀리 품종의 항산화 성분 및 항산화 활성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 개발된 귀리 품종의 이용 증진을 위해 품종별 귀리의 항산화 성분과 활성을 비교 분석해보고, 항산화 성분과 항산화 활성과의 상관관계를 알아보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에 사용된 시료는 선양, 대양, 조양, 수양 및 중모 2005 등 쌀귀리 5품종과 삼한, 동한, 하이스피드 및 조풍 등 겉귀리 4품종 등 총 9품종의 귀리를 사용하였으며, 2013년 경기 수원 소재의 국립식량과학원에서 생산된 시료를 사용하였다. 항산화 성분 분석에 사용된 gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, sodium carbonate와 항산화 활성 측정에 사용된 Trolox, ABTS(2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)), DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), potassium persulfate, potassium ferricyanide, trichloroacetic acid, ferric chloride, ferrous chloride, ferozine [3-(2-pyridyl)-5,6-bis-(4-phenylsulfonic acid)-1,2,4-triazine] 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Tocopherol 및 tocotrienol은 Merck사(Darmstadt, Germany)에서 구입하였다. 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

### 메탄올 추출물의 제조

시료는 Vibrating sample mill(CMT Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 분쇄하였으며, 분쇄된 시료 25 g에 메탄올 300 mL를 가한 뒤 상온에서 24시간 교반하면서 추출하였다. 추출 후 고형분은 Whatman NO. 2 filter paper (Whatman International Limited, Kent, UK)를 이용하여 분리하였고 용매는 감압농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 이용하여 증발시켰다. 추출 수율을 측정한 후 잔사는 메탄올로 재용해 하였다. 각 추출물은 질소 충전 후 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가

추출물의 폴리페놀 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 착색으로 발색하는 것을 원리로 하여 측정하였다(13). 각 추출물 100 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가하고 3분 방치한 후 50% Folin-Ciocalteu's reagent 100 µL를 가하였다. 3분 반응 후 반응액의 흡광도를 750 nm에서 측정하였고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용하였다.

### Tocopherol 및 tocotrienol 함량 측정

추출물의 tocopherol 및 tocotrienol 함량 분석은 메탄올 추출물 일정량을 질소가스를 이용하여 증발시킨 후 다시 동량의 이동상으로 재용해 하여 순상 HPLC(Jasco, Tokyo, Japan)로 분석하였다(14). 분석 칼럼은 LiChrosphere® Diol 100 column(250×4 mm, i.d., 5 µm, Hibar Fertigsaupe RT, Darmstadt, Germany)을 사용하였고, 형광검출기의 excitation wavelength는 290 nm, emission wavelength는 320 nm를 이용하였다. 이동상은 1.1% isopropanol을 함유한 *n*-hexane을 사용하였으며 유속은 1.0 mL/min이었다.

### ABTS 라디칼 제거능

ABTS 라디칼 제거능은 Re 등(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. ABTS 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 라디칼을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 라디칼 용액 1 mL에 추출물 50 µL를 가하여 60분 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. Trolox를 이용하여 표준곡선을 작성한 후 시료의 항산화력(Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)을 계산하였다.

### DPPH 라디칼 제거능

DPPH 라디칼 제거능은 0.2 mM DPPH 용액 1 mL에 추출물 50 µL를 가하고 30분 후에 흡광도의 변화를 520 nm에서 측정하였다(16). DPPH 라디칼 제거능은 ABTS 라디칼 제거능과 동일한 방식에 의해 계산되었으며 TEAC 값으로 항산화력을 나타내었다.

### 환원력

환원력은 Oyaizu(17)의 방법을 응용하여 측정하였다. 추출물 250 µL에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250 µL, 1% potassium ferricyanide(w/v) 250 µL를 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid(w/v) 250 µL를 가하였다. 위 반응액을 10,000 rpm에서 10분 동안 원심분리 하여 상등액 500 µL에 증류수 500 µL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride(w/v) 100 µL를 가하여 700 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하였다. 반응액은 Fe<sup>3+</sup>과 Fe<sup>2+</sup> 간의 상호 전환에 의하여 청록색을 나타내며 흡광도 값이 클수록 높은 환원력을 의미한다.

### 금속이온 제거능

금속이온 제거능은 Seo 등(18)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출물 250  $\mu$ L에 2 mM ferrous chloride와 5 mM ferrozine을 각각 50  $\mu$ L씩 가한 후 흡광도 값의 조정을 위해 메탄올 500  $\mu$ L를 가하였다. 10분간 상온에서 방치한 후 562 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하여 시료 첨가구와 비 첨가구의 흡광도 차를 백분율로 표시하여 금속이온 제거능으로 나타내었다.

### 통계분석

모든 실험 결과는 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었으며, 결과에 대한 유의성 검정은 SAS version 9.2(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여  $P < 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 귀리 메탄올 추출물의 항산화 성분

품종별 귀리 메탄올 추출물의 수율은 Table 1에 나타내었다. 조양과 중모 2005 품종이 각각 11.06%와 10.28%로 높은 추출 수율을 나타내었고 조풍 품종이 8.31%로 가장 낮은 수율을 보였다. 추출 수율은 항산화 활성의 측정에 있어 중요한 요소로 작용하며, 항산화 성분들의 추출은 용매에 대한 항산화 성분의 용해도 차이에 의해 달라진다(19). 또한 추출에 사용된 용매의 극성이 증가할수록 항산화 성분의 추출률이 증가하며, 메탄올로 추출하였을 경우 n-hexane, diethyl ether, ethyl acetate, acetone 및 water로 추출하였을 때보다 높은 항산화 성분과 항산화 활성을 나타냄이 보고되었다(20,21). 따라서 본 연구에서는 메탄올을 추출용매로 사용하여 활성 성분들을 추출하고자 하였다.

귀리 품종별 메탄올 추출물의 총 폴리페놀(mg gallic acid equivalents/100 g of sample) 함량은 Table 1에 나타내었

다. 폴리페놀 화합물은 과일, 채소, 곡류 등의 식품에 함유되어 있는 효과적인 항산화 물질 중 하나이며, 분자 내에 phenolic hydroxyl group이 free radical을 안정화시키기 때문에 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되어 있다(22). Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 하여 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과 귀리의 품종 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 중모 2005 품종이 130.59 mg/100 g으로 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 보였으며 삼한, 하이스피드 및 조풍 품종이 각각 87.85, 83.41 및 88.02 mg/100 g으로 낮은 함량을 나타내었다. 또한 쌀귀리 품종의 총 폴리페놀 함량이 걸귀리 품종보다 높은 것으로 나타났다. Tong 등(23)은 중국의 21품종 귀리의 총 폴리페놀 함량을 비교 분석한 결과 101.7~151.9 mg/100 g으로 나타났음을 보고하였으며, 국내에서 개발된 귀리 품종의 총 폴리페놀 함량과 유사한 수준을 보였다. 또한 국내에서 소비되는 곡류 메탄올 추출물의 항산화력을 비교한 Choi 등(13)의 연구와 비교하면 국내에서 개발된 귀리는 흑미와 수수보다 낮은 값만 백미, 기장, 울무, 녹두 등보다 높은 함량의 총 폴리페놀을 함유하고 있으며, 천연 항산화제로써 좋은 급원이 될 것으로 생각한다.

Vitamin E는 세포막에서 지질과산화물을 억제함으로써 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되어 있으며(24), 본 연구에서는 순상 HPLC를 이용하여 tocopherol 및 tocotrienol 8가지 유도체를 분리하였다. 귀리 품종별 메탄올 추출물의 vitamin E(mg/100 g of sample) 함량은 Table 1에 나타내었다. Vitamin E 함량은 0.54~1.90 mg/100 g으로 나타내었으며  $\gamma$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocotrienol,  $\delta$ -tocopherol 및  $\delta$ -tocotrienol은 검출되지 않았다. 동한 품종이 1.90 mg/100 g으로 가장 높았으며 중모 2005 및 하이스피드 품종이 각각 0.54 및 0.59 mg/100 g으로 낮은 함량을 나타내었다. 또한 중모 2005 품종을 제외한 모든 품종의 귀리에서  $\alpha$ -tocotrienol의 비중이 가장 높은 것으로 나타났다.

**Table 1.** Total polyphenolics and vitamin E contents of the methanolic extracts from oat cultivars and extraction yields

Cultivar	Total polyphenolics <sup>1)</sup>	Tocopherol and tocotrienol <sup>2)</sup>				Yield (%)		
		$\alpha$ -T <sup>3)</sup>	$\beta$ -T	$\alpha$ -T3	$\beta$ -T3			
Hullness	Seonyang	119.65 $\pm$ 2.27 <sup>b4)</sup>	0.12 $\pm$ 0.00 <sup>bc</sup>	ND <sup>5)</sup>	0.69 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.97 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	9.98
	Daeyang	122.55 $\pm$ 5.19 <sup>b</sup>	0.14 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	0.16 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.57 $\pm$ 0.02 <sup>bc</sup>	0.08 $\pm$ 0.00 <sup>e</sup>	0.96 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	9.60
	Choyang	113.08 $\pm$ 4.22 <sup>c</sup>	0.12 $\pm$ 0.00 <sup>bc</sup>	0.21 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.76 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	0.23 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	1.32 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	11.06
	Suyang	96.90 $\pm$ 4.01 <sup>d</sup>	0.07 $\pm$ 0.00 <sup>de</sup>	0.14 $\pm$ 0.00 <sup>cd</sup>	0.34 $\pm$ 0.01 <sup>de</sup>	0.10 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.65 $\pm$ 0.01 <sup>de</sup>	9.18
	Jungmo 2005	130.59 $\pm$ 4.54 <sup>a</sup>	0.03 $\pm$ 0.00 <sup>ef</sup>	0.28 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.18 $\pm$ 0.00 <sup>e</sup>	0.05 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>	0.54 $\pm$ 0.03 <sup>e</sup>	10.28
Covered	Samhan	87.85 $\pm$ 2.65 <sup>e</sup>	0.17 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	0.12 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.65 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.12 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	1.06 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>	9.41
	Donghan	98.39 $\pm$ 3.87 <sup>d</sup>	0.25 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	1.26 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.28 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	1.90 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	9.98
	Highspeed	83.41 $\pm$ 4.24 <sup>e</sup>	0.08 $\pm$ 0.00 <sup>cd</sup>	0.13 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.28 $\pm$ 0.00 <sup>de</sup>	0.10 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	0.59 $\pm$ 0.01 <sup>e</sup>	8.69
	Opung	88.02 $\pm$ 2.98 <sup>e</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>bc</sup>	0.16 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0.43 $\pm$ 0.05 <sup>cd</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.88 $\pm$ 0.05 <sup>cd</sup>	8.31

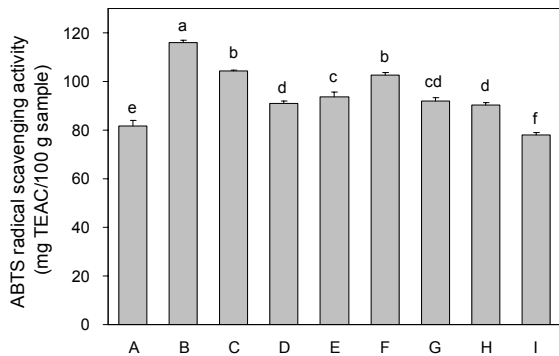
<sup>1)</sup> Mean of triplicate determinations $\pm$ standard deviation (SD) expressed as mg gallic acid equivalents per 100 g of sample.

<sup>2)</sup> Mean of duplicate determinations $\pm$ standard deviation (SD) expressed as mg per 100 g of sample.

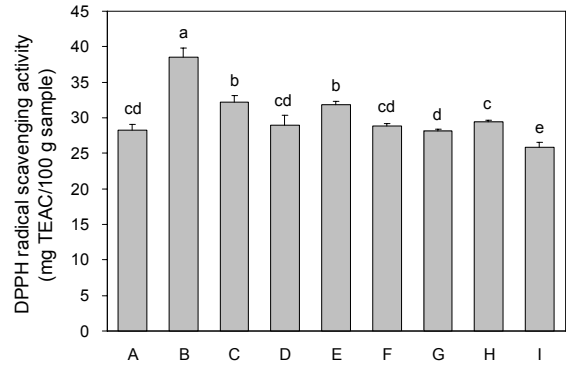
<sup>3)</sup> Corresponding tocopherols (T) and tocotrienols (T3).

<sup>4)</sup> Different letters within a column indicate significant different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test.

<sup>5)</sup> Not detected.



**Fig. 1.** Scavenging activity of methanolic extracts from oat cultivars on ABTS radical. Different letters (a-f) above the bars indicate significant different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test. A, Seonyang; B, Daeyang; C, Choyang; D, Suyang; E, Jungmo 2005; F, Samhan; G, Donghan; H, Highspeed; I, Jopung.



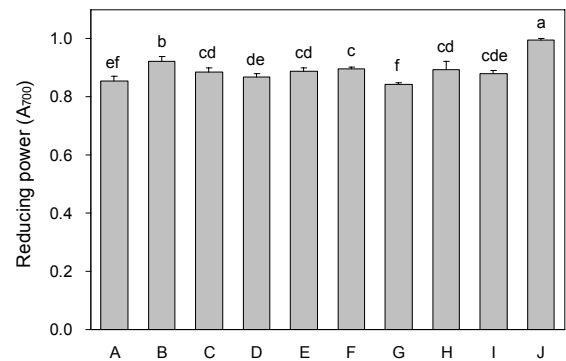
**Fig. 2.** Scavenging activity of methanolic extracts from oat cultivars on DPPH radical. Different letters (a-e) above bars indicate significant different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test. A, Seonyang; B, Daeyang; C, Choyang; D, Suyang; E, Jungmo 2005; F, Samhan; G, Donghan; H, Highspeed; I, Jopung.

### 귀리 메탄올 추출물의 항산화 활성

체내의 신진대사와 산화된 식품의 섭취로 인해 기인되는 free radical은 반응성이 강하고 여러 생체물질과 쉽게 화학 반응을 일으켜 지질, 단백질, 핵산과 같은 체내 주요 물질의 비가역적 손상을 야기하며, 노화 및 만성질환을 유발한다(25). ABTS 라디칼을 이용한 항산화 활성의 측정은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS free radical이 시료의 항산화 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용한 측정 방법이다. ABTS 라디칼 제거능은 mg TEAC/100 g sample로 나타내었으며 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 대양 품종이 116.14 mg TEAC/100 g으로 가장 높았으며 조풍 품종이 77.88 mg TEAC/100 g으로 낮은 활성을 나타내었다.

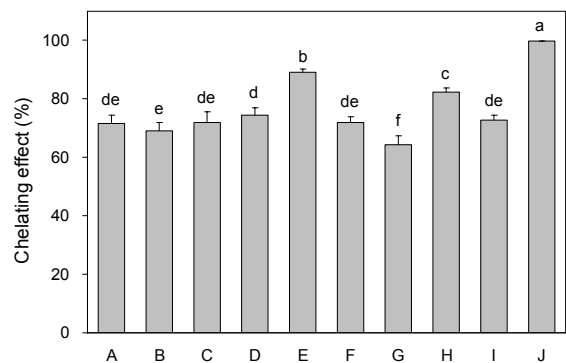
DPPH 라디칼 제거능은 DPPH 라디칼이 시료의 항산화 물질의 작용에 의해 수소 혹은 전자를 받음으로써 안정한 형태의 화합물로 전환되어 라디칼 특유의 보라색이 옅은 노란색으로 변하는 원리로 측정하였다. DPPH 라디칼 제거능 역시 mg TEAC/100 g sample로 나타내었으며 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 25.85~38.58 mg TEAC/100 g의 범위로 나타났으며 대양 품종이 38.58 mg TEAC/100 g으로 높은 활성을 보였고 조풍 품종이 25.85 mg TEAC/100 g으로 낮은 활성을 보였다.

환원력은 항산화 물질의 수소 공여능에 의한 것으로 potassium ferricyanide reduction 방법을 이용하여 측정하였으며, 700 nm에서의 흡광도 값으로 나타내었다(Fig. 3). Positive control로는 1.5 mM Trolox를 사용하였다. 측정 결과 환원력은 대양 품종( $A_{700}=0.92$ )이 가장 높은 활성을 보였고 동한 품종( $A_{700}=0.84$ )이 낮은 활성을 보였으나 positive control로 사용된 1.5 mM Trolox( $A_{700}=1.00$ )와 큰 차이를 보이지는 않았다. 따라서 귀리 메탄올 추출물에는 수소 또는 전자를 공여함으로써 유리라디칼을 안정화시키고 산화반응을 종결시킬 수 있는 reductone이 함유되어 있는 것으로 생각된다(26).



**Fig. 3.** Reducing power of methanolic extracts from oat cultivars. Different letters (a-f) above bars indicate significant different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test. A, Seonyang; B, Daeyang; C, Choyang; D, Suyang; E, Jungmo 2005; F, Samhan; G, Donghan; H, Highspeed; I, Jopung; J, Positive control (1.5 mM Trolox).

귀리 메탄올 추출물의 금속이온 제거능은 Fig. 4에 나타내었으며, positive control로는 1 mM EDTA를 사용하였



**Fig. 4.** Chelating effect of methanolic extracts from oat cultivars on ferrous ion. Different letters (a-f) above bars indicate significant different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test. A, Seonyang; B, Daeyang; C, Choyang; D, Suyang; E, Jungmo 2005; F, Samhan; G, Donghan; H, Highspeed; I, Jopung; J, Positive control (1 mM EDTA).

**Table 2.** Correlation coefficients among total polyphenolics, vitamin E, ABTS radical scavenging activity, DPPH radical scavenging activity, reducing power, and chelating effect of methanolic extract from oat cultivars

	Polyphenol	Vitamin E	ABTS	DPPH	Reducing power	Chelating effect
Polyphenol	1.000	—	—	—	—	—
Vitamin E	-0.440*	1.000	—	—	—	—
ABTS	0.847**	-0.284	1.000	—	—	—
DPPH	0.887**	-0.285	0.963**	1.000	—	—
Reducing power	0.653**	0.109	0.821**	0.819**	1.000	—
Chelating effect	-0.048	0.399	-0.099	-0.025	0.313	1.000

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

다. ABTS 및 DPPH 라디칼 제거능, 환원력과는 상이하게 중모 2005 품종이 89.20%로 가장 높았고 동한 품종이 64.38%로 가장 낮았다. 항산화 성분과 활성 사이의 상관관계를 분석한 결과(Table 2) 총 폴리페놀 및 vitamin E 함량과 금속이온 제거능 사이에는 상관성이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 금속이온을 제거하는 물질과 유리 라디칼을 제거하는 물질 간의 작용기작 차이에 의한 것으로 생각된다(18, 27). 또한 총 폴리페놀 함량과 ABTS 라디칼 제거능(0.847,  $P < 0.01$ ), DPPH 라디칼 제거능(0.887,  $P < 0.01$ ) 및 환원력(0.653,  $P < 0.01$ ) 사이에는 높은 상관성을 나타낸 반면, vitamin E 함량과 항산화 활성 사이에는 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 품종별 귀리 메탄올 추출물의 항산화 활성에 기여하는 항산화 성분은 vitamin E가 아닌 폴리페놀성 화합물인 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구에서는 국내에서 개발된 귀리 품종의 항산화 성분 및 항산화 활성을 측정하고 항산화 성분과 활성 간의 상관관계를 분석하고자 하였다. 항산화 성분으로는 총 폴리페놀과 vitamin E 함량을 측정하였으며 항산화 활성은 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)(ABTS) 및 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 제거능, 환원력, 금속이온 제거능을 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 83.41~130.59 mg/100 g으로 나타났으며 쌀귀리 품종의 총 폴리페놀 함량이 걸귀리보다 높은 것으로 나타났다. 또한 vitamin E 함량은 0.54~1.90 mg/100 g으로 나타났으며 중모 2005 품종을 제외한 모든 품종의 귀리에서  $\alpha$ -tocotrienol의 비중이 가장 높은 것으로 나타났다. ABTS 라디칼 제거능, DPPH 라디칼 제거능 및 환원력은 대양 품종이 각각 116.14 mg TEAC/100 g, 38.58 mg TEAC/100 g 및  $A_{700}=0.92$ 로 가장 높은 활성을 보였다. 항산화 성분과 활성 사이의 상관분석 결과 총 폴리페놀 함량과 ABTS 라디칼 제거능(0.847,  $P < 0.01$ ), DPPH 라디칼 제거능(0.887,  $P < 0.01$ ) 및 환원력(0.653,  $P < 0.01$ ) 사이에 높은 상관성을 나타내어 귀리 메탄올 추출물의 항산화 활성에 기여하는 성분은 폴리페놀성 화합물인 것으로 사료된다. 본 연구 결과는 귀리의 항산화 성분과 항산화 활성 연구에 있어 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각하며, 국내 개발 귀리 품종의

이용 증진에 영향을 끼칠 것으로 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ0105082015, 세부과제번호 PJ010508022015)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Zielinski H, Kozłowska H, Lewczuk B. 2001. Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 2: 159-169.
- Adom KK, Liu RH. 2002. Antioxidant activity of grains. *J Agric Food Chem* 50: 6182-6187.
- Lee SM, Lee HB, Lee J. 2006. Comparison of extraction methods for the determination of vitamin E in some grains. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 248-253.
- Macrae R, Robinson R, Sadler MJ. 1993. *Encyclopedia of food science, food technology and nutrition*. Academic Press, San Diego, CA, USA. p 3319-3322.
- Forsberg RA, Reeves DL. 1992. Breeding oat cultivars for improved grain quality. In *Oat Science and Technology, Agronomy Monograph 33*. Marshall HG, Sorrells ME, eds. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. p 751-775.
- Aman P, Graham H. 1987. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1→3),(1→4)- $\beta$ -D-glucans in barley and oats. *J Agric Food Chem* 35: 704-709.
- Henry RJ. 1987. Pentosan and (1→3),(1→4)- $\beta$ -glucan concentrations in endosperm and whole grain of wheat, barley, oats and rye. *J Cereal Sci* 6: 253-258.
- Wood PJ, Anderson JW, Braaten JT, Cave NA, Scott FW, Vachon C. 1989. Physiological effects of  $\beta$ -D-glucan rich fraction from oats. *Cereal Foods World* 34: 878-882.
- Klofenstein CF. 1988. The role of cereal  $\beta$ -glucans in nutrition and health. *Cereal Foods World* 33: 865-869.
- Burnette D, Lenz M, Sisson PF, Sutherland S, Weaver SH. 1992. Marketing, processing and uses of oat for food. In *Oat Science and Technology, Agronomy Monograph 33*. Marshall HG, Sorrells ME, eds. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. p 247-263.
- Jeong YS, Kim JW, Lee ES, Gil NY, Kim SS, Hong ST. 2014. Optimization of alkali extraction for preparing oat protein concentrates from oat groat by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1462-1466.
- Han OK, Park HH, Heo HY, Park TI, Seo JH, Park KH, Kim JG, Hong YG, Kim DH. 2009. A new naked oat culti-

- var for human food, "Daeyang" with high-yielding and good-quality. *Korean J Breed Sci* 41: 56-60.
13. Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103: 130-138.
  14. Ham H, Oh SK, Lee JS, Choi IS, Jeong HS, Kim IH, Lee J, Yoon SW. 2013. Antioxidant activities and contents of phytochemicals in methanolic extracts of specialty rice cultivars in Korea. *Food Sci Biotechnol* 22: 631-637.
  15. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
  16. Sharma OP, Bhat TK. 2009. DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chem* 113: 1202-1205.
  17. Oyaizu M. 1986. Studied of products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
  18. Seo SJ, Choi Y, Lee SM, Kong S, Lee J. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 129-135.
  19. Kong S, Choi Y, Lee SM, Lee J. 2008. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 815-819.
  20. Oki T, Masuda M, Kobayashi M, Nishiba Y, Furuta S, Suda I, Sato T. 2002. Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *J Agric Food Chem* 50: 7524-7529.
  21. Zieliński H, Kozłowska H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J Agric Food Chem* 48: 2008-2016.
  22. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr* 81: 215S-217S.
  23. Tong L, Liu L, Zhong K, Wang Y, Guo L, Zhou S. 2014. Effects of cultivar on phenolic content and antioxidant activity of naked oat in China. *J Integr Agric* 14: 1809-1816.
  24. Qureshi AA, Mo H, Packer L, Peterson DM. 2000. Isolation and identification of novel tocotrienols from rice bran with hypocholesterolemic, antioxidant, and antitumor properties. *J Agric Food Chem* 48: 3130-3140.
  25. Halliwell B. 1996. Antioxidants in human health and disease. *Annu Rev Nutr* 16: 33-49.
  26. Amarowicz R, Pegg RB, Rahimi-Moghaddam P, Barl B, Weil JA. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plants species from the Canadian prairies. *Food Chem* 84: 551-562.
  27. Graf E, Eaton JW. 1990. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radic Biol Med* 8: 61-69.