

## 품종 및 입도별 보리 맥강의 기능성분 함량

백소윤<sup>1</sup> · 이윤정<sup>1</sup> · 장귀영<sup>1</sup> · 김민영<sup>1</sup> · 오남석<sup>1</sup> · 이미자<sup>2</sup> · 김현영<sup>2</sup> · 이준수<sup>1</sup> · 정현상<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품생명공학과  
<sup>2</sup>국립식량과학원 작물기초기반과

### Functional Components of Barley Bran with Different Particle Sizes and Cultivars

So Yune Baek<sup>1</sup>, Yoon Jeong Lee<sup>1</sup>, Gwi Young Jang<sup>1</sup>, Min Young Kim<sup>1</sup>, Nam Seok Oh<sup>1</sup>,  
Mi Ja Lee<sup>2</sup>, Hyun Young Kim<sup>2</sup>, Jun Soo Lee<sup>1</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

<sup>2</sup>Department of Crop Foundation Division, National Institute of Crop Science

**ABSTRACT** This study evaluated the functional components of barley bran with different particle sizes and cultivars (*Dahan*, *Hinchalssalbori*, *Heukgwang*, *Huknuri*, and *Boseokchal*). Barley bran divided into fractions I (<60 mesh), II (60~100 mesh), and III (>100 mesh) was collected as pearling by-products produced by an industrial process consisting of consecutive barley pearlors. Total  $\beta$ -glucan contents of all cultivars were especially highest in fraction II. Total arabinoxylan was the highest in barley bran from *Boseokchal* in fraction II. Total polyphenol contents were the highest in bran from *Boseokchal* and *Hinchalssal* in fraction II, and contents ranged of 5.61~7.00 and 4.24~6.58, respectively. Total flavonoid contents of all cultivars were especially highest in fraction II. 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activities ranged from 2.78~7.53 mg L-ascorbic acid (AA) eq/g and 2.24~4.83 mg AA eq/g, respectively. ABTS and DPPH radical scavenging activities were the highest in barley bran from *Dahan* in fraction II. In this study, fraction II showed enriched functional components and has the best particle size range for enriched antioxidant activities. These results provide useful data for selection of appropriate cultivars and particle size of bran to achieve high quality barley processing.

**Key words:** barley bran, cultivars, particle size, functional components

## 서 론

보리(barley, *Hordeum vulgare*)는 쌀보리와 길보리로 분류되며, 쌀보리는 아밀로스와 아밀로펙틴의 함량에 따라서 찰보리와 메보리로 나뉘는데, 찰보리는 메보리보다 아밀로펙틴의 함량이 높은 특성을 가지고 있어 취반 특성과 식감이 개선되어 식용으로 주로 이용되고 있다(1,2).

또한, 유색보리는 다른 보리에 비해 안토시아닌 색소가 함유되어 있어 항산화 기능과 함께 심혈관계 질환, 암, 당뇨병과 같은 질병에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(3).

보리를 식용으로 이용하기 위해서는 도정을 실시하는데 할맥, 압맥 또는 정맥 등으로 가공처리를 할 때 대맥강 등 가공부산물이 약 30% 정도 발생되고 있으나 식품으로서의 활용방안이 마련되어 있지 않아 대부분 사료로 이용되고 있

다(4). 보리에는 페놀성 물질이 함유되어 있고, 특히 이들 페놀성 물질은 보리의 내부 배유조직보다 껍질을 포함하는 외층부 및 배아 부위에 더 많이 함유되어 있으며(5), 보리 도정 부산물에는  $\beta$ -glucan(6), tocopherols, tocotrienol(7), 폴리페놀 화합물(8) 등 생리활성 물질들이 풍부하게 함유되어 있다.

국내에서는 곡물 가공 시 발생하는 부산물을 활용하고자 하는 연구(9)가 많이 이루어져 왔으나 보리 도정 부산물인 맥강에 대한 연구는 많이 진행되지 못한 실정이다. 맥강에 대한 연구로는 폴리페놀 추출물을 이용한 항산화 효과 등(10)이 있으며, 도정 부산물인 맥강을 첨가한 반죽의 물성 변화(11), 보리 등겨 첨가 빵의 제빵과 식미특성(12) 등에 관한 연구가 진행되어 왔지만, 맥강의 기능성분을 효율적으로 이용하기 위한 연구는 미흡한 실정이다. 특히 맥강에는 외피, 호분층을 포함한 도정 겨, 배아 및 기타 과쇄립 등이 함유(8)되어 있기 때문에 보다 효율적으로 활용하기 위한 선별 작업이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 보리 도정 부산물을 효과적으로 이용하기 위하여 5가지 품종의 쌀보리로부터 얻어진 맥강을

Received 25 July 2017; Accepted 5 September 2017

Corresponding author: Heon Sang Jeong, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea

E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr, Phone: +82-43-261-2570

입도별로 분리하고 입도별 성분 및 다양한 기능성을 평가하여 새로운 기능성 식품소재로써 활용할 수 있는 기초자료로 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 보리 맥강은 국립식량과학원에서 2014년에 생산된 것으로 메성 보리인 다한(*Dahan*), 찰성 보리인 흰찰쌀(*Hinchalssalbori*), 유색보리인 흑광(*Heukgwang*) 및 흑누리(*Huknuri*), 유색 찰성 보리인 보석찰(*Boseokchal*)을 사용하였다. 보리는 시험용 도정기(TM05C, SATAKE, Hiroshima, Japan)를 이용하여 보리 가공 시 가장 많이 쓰이는 23%로 도정하여 그 부산물인 맥강을 시료로 사용하였다.

### 입도분석

맥강의 입도분석은 표준망이 설치된 로탐시험기(Sieve shaker CKHG 210, Dae Yang Eng. Co. Ltd., Seoul, Korea)로 1시간 진동체별 하여 60 mesh 미만, 60~100 mesh, 100 mesh 초과 3구간의 입도별로 분획하여 사용하였다.

### 베타글루칸 함량 측정

$\beta$ -Glucan의 함량은  $\beta$ -D-glucan assay kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)을 이용하여 McCleary와 Glennie-Holmes(13)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉 맥강 100 mg에 50% 에탄올 0.2 mL와 20 mM sodium phosphate buffer(pH 6.5) 4.0 mL를 가하여 혼합한 후 끓는 물에서 3분간 방치한 다음 lichenase(10 U) 0.2 mL를 가하여 50°C에서 1시간 효소처리 하였다. 효소처리액에 200 mM sodium acetate buffer(pH 4.0) 5.0 mL를 가하여 반응을 종료시킨 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상등액을 취하였다. 상등액 0.1 mL를 test tube에 넣고  $\beta$ -glucosidase(10 U) 0.1 mL를 가하여 50°C에서 10분간 배양하였다. 배양액에 GOPOD(glucose oxidase/peroxidase) 3.0 mL를 가하고 50°C에서 20분간 배양한 후 spectrophotometer(spectrophotometer UV-1650 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하여  $\beta$ -glucan의 함량을 측정하였다.

### 아라비노자일란 함량 측정

총 아라비노자일란 함량은 Phloroglucinol 방법(14)을 이용하여 비색법으로 측정하였다. 시료의 저분자 당을 제거하기 위해 시료 1 g에 20 mL의 80% ethanol(v/v)을 가하고 100°C의 진탕 항온기(JBBS 30-T, JSR, Seoul, Korea)에서 5분간 추출하였으며, 이를 원심분리 하여 상등액을 제거하였다. 추출, 원심분리, 상등액 제거 과정을 반복한 후 침전물을 건조하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료 20 mg에 2 mL의 증류수와 extraction solution 10 mL를 가하고,

100°C의 진탕항온기에서 25분간 반응시켰다. 그 후 spectrometer(UV-1600, Shimadzu)를 사용하여 552 nm와 510 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하여 552 nm 흡광도 수치에서 510 nm 흡광도 수치를 뺀 수치로 계산하였다. 표준물질로 D-(+)-xylose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였다. Extraction solution은 phloroglucinol 5 g을 ethanol 25 mL에 녹여서 1.75%(w/v) glucose 용액 5 mL, glacial acetic acid 550 mL, HCl 10 mL를 넣어 제조하였다.

### 총 폴리페놀 함량 측정

맥강에 함유된 유용성분을 추출하기 위해 에탄올 추출물을 제조하였다. 총 폴리페놀 분석을 위하여 시료 중량 대비 20배의 80% 에탄올(v/v)을 첨가하여 초음파 추출기(Ultrasonic cleaner, frequency 40 KHz, power 810 W, SD-350H, Seong Dong, Seoul, Korea)로 1시간 동안 3회 반복 추출하였다. 이 추출물을 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare, Maidstone, UK)하여 동결건조(Freeze Dryer, FD 5508, Ilshin Lab Co., Ltd., Dongducheon, Korea) 후 -20°C에서 보관하면서 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(15)의 방법을 변형하여 사용하였으며 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 정색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 즉 각 추출물 100  $\mu$ L에 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치한 다음, 0.5 M Folin-Ciocalteu reagent 100  $\mu$ L를 첨가 후 실온에서 30분 반응한 다음 spectrometer (UV-1600, Shimadzu)를 사용하여 750 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였다.

### 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(16)의 방법을 변형하여 분석하였다. 폴리페놀 분석을 위한 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 6분간 방치하고 1 M NaOH 500  $\mu$ L를 가하였다. 11분 후 반응액의 흡광도를 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였다.

### ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력 측정

총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(17)을 사용하여 측정하였다. 7.4 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma-Aldrich Co.)와 2.6 mM potassium persulphate를 하루 동안 암소에서 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 735 nm에서 흡광도 값이 1.4가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS

용액 1 mL에 추출액 50  $\mu$ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid (AA, Sigma-Aldrich Co.)를 동량 첨가하였다.

**DPPH 라디칼 소거능 측정**

전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Hwang 등(18)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 맥강 에탄올 추출물 0.2 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-Aldrich Co.) 용액 0.8 mL를 가하여 실온에서 60분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 전자공여능은 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 mg ascorbic acid eq/g으로 표현하였다.

**통계분석**

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리조건에 따른 유의차를 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 후 신뢰구간  $P < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하고 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, ABTS와 DPPH 라디칼 소거능 간의 이변량 상관계수를 분석하였다.

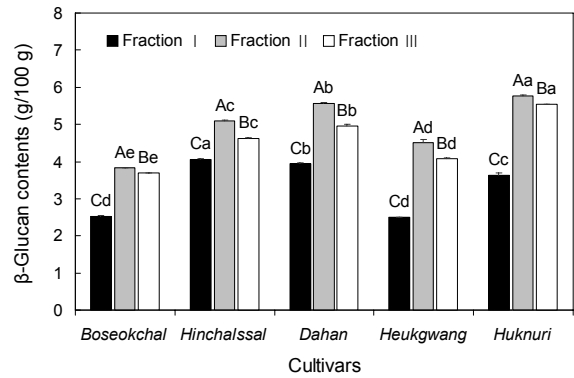
**결과 및 고찰**

**입도**

맥강의 입도 분석 결과는 Table 1과 같다. 모든 품종이 60 mesh 미만에서 9.47~13.41% 범위로 가장 적은 양을 나타내었고, 60~100 mesh에서 33.72~39.80% 그리고 100 mesh 초과에서 49.10~53.79% 범위를 나타내어 입자가 작아질수록 입도별 수율은 증가하였다. 품종에 따른 차이는 표준체를 사용하는 측정방법의 특성상 시료의 수분 함량이나 지질 성분의 존재 여부, 입도 분포, 입자 표면의 거친 정도에 따른 영향을 받는다는 연구(19)와 유사하게 나타났다. 모든 입도 분획물들은 60 mesh 미만의 입도 분획물을 fraction I, 60~100 mesh를 fraction II 그리고 100 mesh 초과를 fraction III로 표현하였다.

**베타글루칸 함량**

보리에는 세포벽을 구성하는 식이섬유가 다량 함유되어 있어 식이섬유의 중요한 급원으로 이용할 수 있다. 수용성 식이섬유는 체내 혈중 콜레스테롤을 경감시키는 효과가 있



**Fig. 1.** Total  $\beta$ -glucan contents of barley bran with different cultivars and particle size. Different capital letters in the same cultivars indicate a significant difference ( $P < 0.05$ ) among particle size. Different small letters in the same particle sizes indicate a significant difference ( $P < 0.05$ ) among cultivars. Fraction I, particle size of <60 mesh; Fraction II, particle size of 60~100 mesh; Fraction III, particle size of >100 mesh.

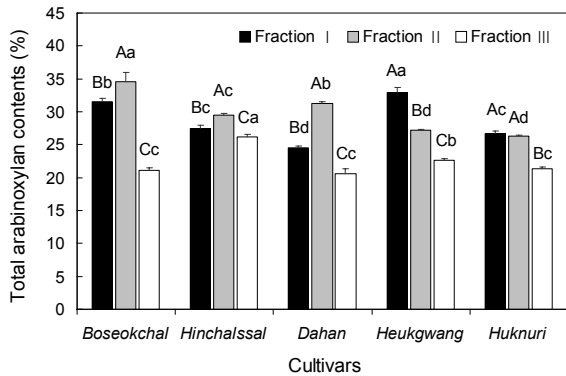
으며 베타글루칸은 콜레스테롤을 저하 효과, 혈중 포도당 농도 조절, 암 예방 효과 등 생리적 기능은 많이 알려져 있다(20). 맥강의 품종과 입도에 따른 베타글루칸 함량은 Fig. 1에 나타내었다. 품종별 입도별 보리의 베타글루칸 함량은 2.5~5.76 g/100 g의 범위로 나타났다. Kim 등(21)의 품종별 쌀 보리의 베타글루칸 함량은 도정이 진행될수록 낮아지는 것과 본 연구의 결과를 비교했을 때, 도정 부산물인 맥강보다 보리의 배유에 베타글루칸이 다량 함유되어 있다는 결과가 일치하였다. 모든 품종의 시료가 fraction II의 분획물에서 가장 높은 베타글루칸 함량을 보였으며 보석찰, 흰찰쌀, 다한, 흑광 및 흑누리에서 각각 3.83, 5.09, 5.56, 4.51 및 5.76 g/100 g이었다. 또한, 모든 품종의 시료가 fraction I의 분획물에서 낮은 함량을 보였으며 보석찰, 다한, 흑광 및 흑누리에서 각각 2.53, 4.06, 3.95, 2.5 및 3.64 g/100 g이었다. Fraction II의 품종별 함량을 비교하였을 때 흑누리와 다한에서 5.76, 5.56 g/100 g으로 높은 함량을 나타내었다.

**아라비노자일란 함량**

아라비노자일란은 벼, 밀, 옥수수, 보리와 같은 벼과식물의 세포벽에 헤미셀룰로즈 형태로 존재하는 다당류로써 xylose와 arabinose로 구성되어 있으며, 항산화, 암세포 독성효과 증진이나 면역세포 활성화 작용 등의 생리활성이 보고되어 있다(22,23). 맥강의 품종과 입도에 따른 아라비노자일란 함량은 Fig. 2와 같다. 품종별 맥강의 아라비노자일란 함량은 20.64~34.52%로 함유되어 있는 것으로 나타났

**Table 1.** Particle size distribution of barley bran in different cultivars (%)

Sieving mesh sizes	Cultivars				
	<i>Boseokchal</i>	<i>Hinchalssal</i>	<i>Dahan</i>	<i>Heukgwang</i>	<i>Huknuri</i>
<60	12.26±0.51	13.41±0.64	9.47±0.23	10.86±0.41	11.12±0.52
60~100	37.61±1.84	33.72±1.27	36.74±0.46	39.80±1.11	39.78±0.78
>100	50.13±2.43	52.87±2.51	53.79±1.18	49.34±1.85	49.10±1.74



**Fig. 2.** Total arabinoxylan contents of barley bran with different cultivars and particle size. Different capital letters in the same cultivars indicate a significant difference ( $P < 0.05$ ) among particle size. Different small letters in the same particle sizes indicate a significant difference ( $P < 0.05$ ) among cultivars. Fraction I, particle size of  $< 60$  mesh; Fraction II, particle size of  $60 \sim 100$  mesh; Fraction III, particle size of  $> 100$  mesh.

다. Fraction III에서 아라비노자일란 함량은 보석찰, 흰찰쌀, 흑광, 흑누리 및 다한에서 각각 21.13, 26.15, 20.64, 22.64 및 21.41%로 낮은 함량을 보였는데 이러한 결과는 맥강의 입자가 작아질수록 아라비노자일란이 적게 포함된 배유층이 증가하기 때문이라고 판단된다(24). 품종별 함량은 fraction II에서 유색보리인 보석찰이 34.52% 그리고 다한이 31.27%로 다른 품종에 비하여 높은 함량을 나타내었으며, 이는 품종에 따른 차이에서 기인한 것으로 판단된다. Fincher(24)의 연구에 따르면 보리의 아라비노자일란 함량은 배유(20%)보다 호분층(65%)에 더 많이 존재하기 때문에 보리의 최외층 부분에 해당되는 맥강일수록 아라비노자일란 함량이 높은 것으로 생각된다.

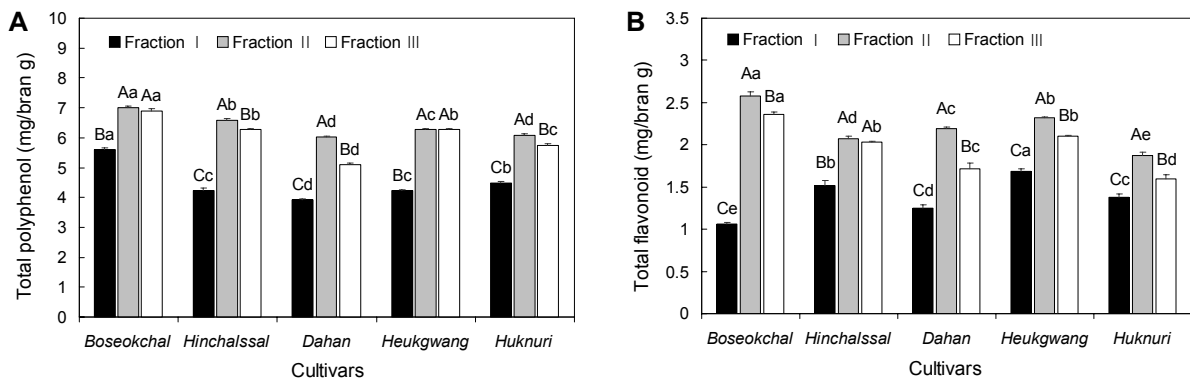
### 총 폴리페놀 함량

폴리페놀 성분들은 식물체에 특수한 색깔을 부여하고 플라보노이드와 탄닌이 주성분으로 충치 예방, 고혈압 억제,

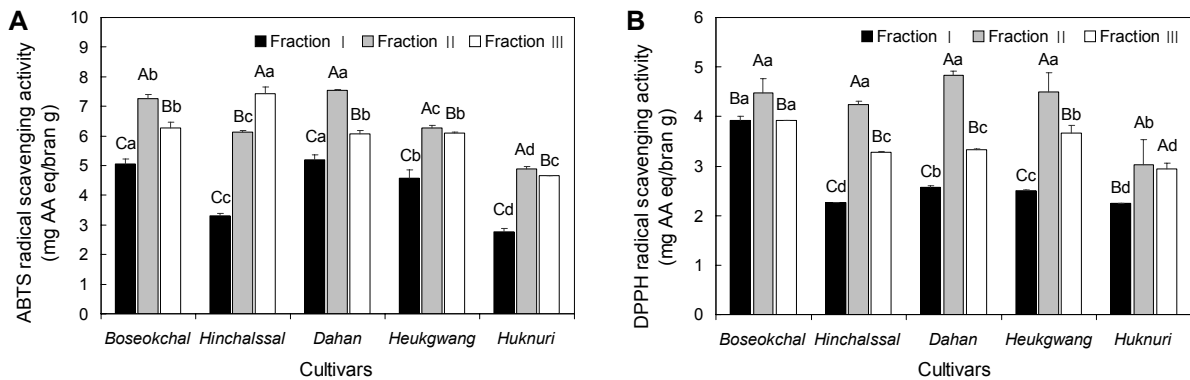
항에이즈, 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 가진다고 알려져 있다(25). 맥강의 품종과 입도에 따른 총 폴리페놀 함량은 Fig. 3A에서 보는 바와 같이 3.92~7.00 mg/g의 범위로 나타났으며, 이는 Kim 등(21)의 결과 중 원곡에서 도정된 보리의 값을 맥강으로 환산하여 나타냈을 때와 유사한 경향을 보였다. 모든 품종의 fraction II에서 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타내었으며, 보석찰, 흰찰쌀, 다한, 흑광 및 흑누리에서 각각 7.00, 6.58, 6.03, 6.27 및 6.09 mg/g이었다. 또한, fraction I의 폴리페놀 함량은 각각 5.61, 4.24, 3.92, 4.22 및 4.48 mg/g으로 fraction II보다는 낮게 나타났다. 품종별로 살펴보면 유색 찰성보리인 보석찰이 가장 높은 폴리페놀 함량을 보였으며 fraction I, II 및 III에서 각각 5.61, 7.00, 6.88 mg/g으로 나타났고, 메성보리인 다한의 fraction I, II 및 III에서 각각 3.92, 6.03, 5.09 mg/g으로 가장 낮은 총 폴리페놀 함량을 나타내었다. 이는 Siebenhandl 등(26)의 연구 결과와 같이 유색보리의 경우 색소성분의 함유로 일반 보리보다 폴리페놀 함량이 더 높게 나타났다.

### 총 플라보노이드 함량

맥강의 품종과 입도에 따른 총 플라보노이드 함량은 Fig. 3B와 같다. 맥강의 총 플라보노이드 함량은 1.07~2.58 mg/g으로 나타났다. 품종별 맥강의 총 플라보노이드 함량을 살펴보면 보석찰, 흰찰쌀, 다한, 흑광 및 흑누리에서 각각 1.07~2.58, 1.52~2.07, 1.25~2.19, 1.68~2.32, 1.38~1.87 mg/g의 함량으로 fraction I, III, II의 순서로 함량이 증가하는 것을 알 수 있으며, 모든 품종에서 fraction II의 총 플라보노이드 함량이 가장 높게 나타났다. 품종별 총 플라보노이드 함량은 보석찰의 fraction II에서 2.58 mg/g으로 가장 높게 나타났고, fraction I에서 1.07 mg/g으로 가장 낮게 나타났으며, 이는 총 폴리페놀 함량과 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 플라보노이드가 식물체의 총 폴리페놀계의 화합물이기 때문으로 판단된다(27).



**Fig. 3.** Total polyphenol (A) and flavonoid (B) contents of barley bran with different cultivars and particle size. Different capital letters in the same cultivars indicate a significant difference ( $P < 0.05$ ) among particle size. Different small letters in the same particle sizes indicate a significant difference ( $P < 0.05$ ) among cultivars. Fraction I, particle size of  $< 60$  mesh; Fraction II, particle size of  $60 \sim 100$  mesh; Fraction III, particle size of  $> 100$  mesh.



**Fig. 4.** ABTS (A) and DPPH (B) radical scavenging activity of barley bran with different cultivars and particle size. Different capital letters in the same cultivars indicate a significant difference ( $P<0.05$ ) among particle size. Different small letters in the same particle sizes indicate a significant difference ( $P<0.05$ ) among cultivars. Fraction I, particle size of <60 mesh; Fraction II, particle size of 60~100 mesh; Fraction III, particle size of >100 mesh.

**ABTS 라디칼 소거능에 의한 총 항산화력**

맥강의 품종과 입도에 따른 ABTS 라디칼 소거능에 의한 총 항산화력을 측정된 결과는 Fig. 4A와 같다. 맥강의 ABTS 라디칼 소거능의 범위는 2.78~7.53 mg AA eq/g이었다. 입도별 ABTS 라디칼 소거능을 비교해보면 fraction I의 입도 분획물에서 2.78~5.19 mg AA eq/g으로 가장 낮은 소거능을 보였으며, fraction II와 III에서는 증가하였다. 품종별 ABTS 라디칼 소거능을 살펴보면 보석찰, 흰찰쌀, 다한, 흑광 및 흑누리에서 각각 5.06~7.25, 3.31~7.42, 5.19~7.53, 4.57~6.28 및 2.78~4.90 mg AA eq/g이었다. 메성 보리인 다한의 fraction II에서 7.53 mg AA eq/g으로 가장 높은 소거능을 보였다. 곡류에 함유되어 있는 항산화 물질 중 폴리페놀 화합물들은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring이 존재하기 때문에 뛰어난 항산화력을 가지는 것으로 보고되어 있듯이(28) 본 연구에서도 맥강의 입도별 분획물에 따라서 총 페놀 함량과 ABTS 라디칼 소거능 사이의 상관관계가 있다고 판단된다.

**DPPH 라디칼 소거능**

DPPH 라디칼 소거능은 phenolic acid와 flavonoids 등 페놀성 물질에 의한 항산화 작용의 지표이며 환원력이 큰 물질일수록 전자공여능이 높아진다고 알려져 있다(29). 맥강의 품종과 입도에 따른 전자공여능을 측정된 결과는 Fig. 4B에 나타내었다. 맥강의 전자공여능은 2.24~4.83 mg AA eq/g의 범위였고, 이는 일반적인 맥강의 전자공여능의 범위

에 있었다(30). 입도별 맥강은 fraction I에서 가장 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며, fraction II의 분획물에서 보석찰, 흰찰쌀, 다한, 흑광 및 흑누리에서 각각 4.48, 4.24, 4.83, 4.49 및 3.03 mg AA eq/g으로 가장 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며, fraction III의 분획물로 입자가 작을수록 전자공여능이 감소하는 경향을 보였다. 품종별 전자공여능은 fraction II에서 유색보리인 보석찰의 4.48 mg AA eq/g과 다한의 4.83 mg AA eq/g으로 다른 품종의 맥강에 비하여 높은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었으며, 이는 품종의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다.

**상관관계 분석**

입도에 따른 품종별 맥강의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드와 항산화 활성의 상관관계를 분석한 결과 Table 2에 나타낸 바와 같이 상관관계수 값(Pearson's correlation coefficient, r)이 0.666~0.791로 모든 항목에서 높은 유의적인 양의 상관관계( $P<0.01$ )가 있는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 총 플라보노이드 함량과 ABTS 라디칼 소거능, DPPH 라디칼 소거능과 양의 상관관계가 있으며, 총 폴리페놀 함량은 ABTS( $r=0.710$ ) 및 DPPH( $r=0.783$ ) 라디칼 소거능 모두와 높은 상관관계를 나타내는 반면에 총 플라보노이드 함량은 DPPH 라디칼 소거능( $r=0.666$ )보다는 ABTS( $r=0.714$ ) 라디칼 소거능과 높은 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 ABTS 라디칼 소거능 및 DPPH 라디칼 소거능과 유의한 상

**Table 2.** Correlation between total polyphenol, total flavonoid, and radical scavenging activities

Factors	Total polyphenol content	Total flavonoid content	ABTS radical scavenging activity	DPPH radical scavenging activity
Total polyphenol content	1	0.784**	0.710**	0.783**
Total flavonoid content		1	0.714**	0.666**
ABTS radical scavenging activity			1	0.791**
DPPH radical scavenging activity				1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

관관계를 나타낸다는 Kwak 등(31)의 연구 결과와 유사하였다.

## 요 약

보리 도정 시 발생하는 부산물(맥강)의 이용방안을 모색하기 위하여 5가지 품종의 쌀보리 보석찰(유색 찰성), 흰찰찰(찰성), 다한(메성), 흑광(유색), 흑누리(유색)를 23%로 도정한 다음 입도별(<60 mesh(fraction I), 60~100 mesh(fraction II), >100 mesh(fraction III)로 분획 후, 기능성분 함량에 대해 분석하였다. 베타글루칸의 함량은 모든 품종에서 fraction II에서 가장 높게 나타났으며, 다한과 흑누리에서 높은 함량을 나타내었다. 아라비노자일란은 fraction III에서 가장 낮은 함량을 보여 입도가 큰 분획물을 이용하는 것이 아라비노자일란 고함유 분획물을 얻을 수 있었다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드는 모든 품종에서 fraction II에서 가장 높은 함량을 나타내었으며, 항산화력과 라디칼 소거능 역시 fraction II에서 가장 좋은 활성을 나타내어 비슷한 경향을 나타내었다. 분석한 모든 기능성분의 함량이 높았던 fraction II는 보리의 겨층 부분과 배유층 부분이 적절히 혼합된 분획물로 판단되기 때문에 맥강의 기능성 식품 소재화를 위한 맥강을 선정할 때 fraction II를 활용하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 보리 도정 부산물의 효율적인 이용을 위하여 품종 및 입도별 분류를 통해 유용성분이 고함유되어 있는 층을 얻고, 이를 활용한 식품 기능소재로서의 가능성을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구비지원(과제번호: PJ011143 2017)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

1. Cha MN, Jun HI, Song GS, Kim YS. 2012. The effects of germination conditions on GABA and the nutritional components of barley. *Korean J Food Sci Technol* 44: 41-47.
2. Kim YS, Lee YT, Seong HM. 1999. Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hull-less barleys. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42: 240-245.
3. Park SM, Choi YM, Kim YH, Ham HM, Jeong HS, Lee JS. 2011. Antioxidant content and activity in methanolic extracts from colored barley. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1043-1047.
4. Seog HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT. 2002. Characteristics of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 775-779.
5. Kim YS, Lee YT, Seog HM. 1999. Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hull-less barleys. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42: 240-245.
6. Bhatti RS. 1999. Physicochemical properties of roller-milled barley bran and flour. *Cereal Chem* 70: 397-401.
7. Peterson DM. 1994. Barley toccols: Effects of milling, malting, and mashing. *Cereal Chem* 71: 42-44.
8. Tamagawa K, Iizuka S, Fukushima S, Endo Y, Komiyama Y. 1997. Antioxidative activity of polyphenol extracts from barley bran. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 44: 512-515.
9. Jung SO. 1990. A study on the extraction of antioxidative materials from defatted rice bran. *MS Thesis*. Korea University, Seoul, Korea.
10. Seog HM, Seo MS, Kim HM, Ahn MS, Lee YT. 2002. Antioxidative activity of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 889-892.
11. Choi UK, Yoo BH, Son DH, Kwon DJ, Kim MH, Kim YH. 2005. Rheological properties of dough added with barley bran. *Korean J Food Sci Technol* 37: 751-756.
12. Choi UK. 2005. Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. *Korean J Food Sci Technol* 37: 746-750.
13. McCleary BV, Glennie-Holmes M. 1985. Enzymatic quantification of (1→3)(1→4)-β-D-glucan in barley and malt. *J Inst Brew* 91: 285-295.
14. Douglas SG. 1981. A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chem* 7: 139-145.
15. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
16. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
17. 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.
18. Hwang IG, Woo K, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
19. Neel DV, Hoseney RC. 1984. Sieving characteristics of soft and hard wheat flours. *Cereal Chem* 61: 259-261.
20. Klopfenstein CF. 1988. The role of cereal β-glucans in nutrition and health. *Cereal Foods World* 33: 865-866.
21. Kim EH, Lee YJ, Jang GY, Kim MY, Yoon NR, Ji YM, Lee MJ, Lee J, Jeong HS. 2016. Functional components of different varieties of barley powder with varying degrees of milling. *Korean J Food Sci Technol* 48: 256-261.
22. Vinkx CJA, Stevens I, Gruppen H, Grobet PJ, Delcour JA. 1995. Physicochemical and functional properties of rye non-starch polysaccharides. VI. Variability in the structure of water-unextractable arabinoxylans. *Cereal Chem* 72: 411-418.
23. Choi EM, Kim AJ, Hwang JK. 2005. Enhanced immune cell functions and cytokine production after *in vitro* stimulation with arabinoxylans fraction from rice bran. *Food Sci Biotechnol* 14: 479-486.
24. Fincher GB. 1975. Morphology and chemical composition of barley endosperm cell walls. *J Inst Brew* 81: 116-122.
25. Yoshizawa S, Horiuchi T, Fujiki H, Yoshida T, Okuda T. 1987. Antitumor promoting activity of (-)-epigallocatechin gallate, the main constituent of "tannin" in green tea. *Phytother Res* 1: 44-47.
26. Siebenhandl S, Grausgruber H, Pellegrini N, Del Rio D, Fogliano V, Pernice R, Berghofer E. 2007. Phytochemical profile of main antioxidants in different fractions of purple and blue wheat, and black barley. *J Agric Food Chem* 55:

- 8541-8547.
27. Hertog MGL, Hollman PCH, van de Putte B. 1993. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juice. *J Agric Food Chem* 41: 1242-1246.
  28. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2: 152-159.
  29. Shin JH, Lee JY, Ju JC, Lee SJ, Cho HS, Sang NJ. 2005. Chemical properties and nitrate scavenging ability of citron (*Citrus junos*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 496-502.
  30. Zhu F, Du B, Xu B. 2015. Superfine grinding improves functional properties and antioxidant capacities of bran dietary fibre from Qingke (hull-less barley) grown in Qinghai-Tibet Plateau, China. *J Cereal Sci* 65: 43-47.
  31. Kwak CS, Kim SA, Lee MS. 2005. The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1143-1150.