

## 추출온도에 따른 국내 벼 품종 미강의 항산화 활성 비교

이정희 · 오세관 · <sup>†</sup>김대중 · 윤미라 · 천아름 · 최임수 · 이점식 · 김연규  
농촌진흥청 국립식량과학원

### Comparison of Antioxidant Activities by Different Extraction Temperatures of Some Commercially Available Cultivars of Rice Bran in Korea

Jeong-Heui Lee, Sea-Kwan Oh, <sup>†</sup>Dae-Jung Kim, Mi-Ra Yoon, Areum Chun,  
Im-Soo Choi, Jeom-Sig Lee and Yeon-Gyu Kim

National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

#### Abstract

This study was conducted to determine antioxidant compounds and antioxidant activities of rice bran at temperatures of 10°C, 25°C, and 60°C using 70% ethanol solution. DPPH, ABTS radical scavenging activities and reducing power have been used to investigate the relative antioxidant activities of extracts. The contents of total polyphenol and total flavonoids in the 70% ethanol extracts were measured by spectrophotometer. The total polyphenol content in the rice bran extracts were 790.39~930.07, 782.71~1,039.57, and 848.22~1,052.96 mg gallic acid eq./100 g in 10°C, 25°C and 60°C, respectively. Antioxidant activities, such as DPPH, ABTS radical scavenging activity and reducing power, in all cultivars and temperatures was the highest in *Cheonghaejinmi* rice bran extracted at 25°C. The results obtained in the *in vitro* models suggest that extracts from rice bran, especially *Cheonghaejinmi*, has significant health-promoting effects, as it exhibits antioxidant activities.

Key words: antioxidant compound, rice bran, antioxidant activity, extraction temperature

#### 서 론

20세기 들어 급속한 의학 분야의 발전과 경제성장의 영향으로 인하여 건강에 대한 관심이 높아지면서 천연 유래의 건강식품에 대한 급격한 수요 증가와 함께 보다 영양성과 기능성이 강화된 여러 형태의 제품 개발이 요구되어지고 있다. 특히 고도로 발달된 산업화 사회에서 각종 환경오염으로 인하여 각종 질병 및 성인병 질환의 원인으로 알려진 활성산소가 생성되고 있으며, 이들의 피해를 줄이기 위한  $\alpha$ -tocopherol, vitamin C, flavonoid, carotenoids 등과 같은 천연 항산화제들에 대한 연구 또한 활발히 진행 중에 있어 경제성 및 안정성을 갖는 천연 항산화제 소재 및 제품 개발을 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다(Bae 등 2001; Halliwell

B 1996).

세계적으로 중요한 식량 자원 중 하나인 쌀은 아시아 문화권 사람들에게는 중요한 식량자원이며, 특히 우리나라에서는 주식으로서 인체 활동에 필요한 다양한 영양분을 공급해 주는 작물이다. 이러한 쌀은 주로 백미로서 섭취를 하게 되는데, 최근 건강식으로서 현미가 인정을 받고 있지만, 거친 식감과 소화흡수율 저하 등의 이유로 아직까지 도정한 백미를 선호하게 되며, 이때 벼 도정시 부산물로서 발생되어지는 것이 미강이다. 미강(米糠, rice bran)은 연간 60만 톤 정도 생산되는 것으로 추정되고, 현미의 약 7% 정도를 차지한다. 벼 품종, 재배환경, 도정 방법 등 여러 요인에 따라 달라질 수 있는데, 극히 일부만 미강유로 제조되고 있으며, 대부분은 산패하기 쉽고, 저장이 어려워 식품으로 소비되기 보다는 사료용이나

<sup>†</sup> Corresponding author: Dae-Jung Kim, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea. Tel: +82-31-290-6719, Fax: +82-31-290-6730, E-mail: dj9475@korea.kr

농산폐기물로 처리되고 있는 실정이다(Kim 등 2004; Lee & Moon 1994). 쌀에 포함되어 있는 미강의 주성분은 수분 함량 14%를 기준으로 할 때 조단백질 11~15%, 조지방질 15~20%, 탄수화물 34~52% 정도 함유하고 있으며, 식이섬유, 비타민류, 미네랄 성분들 외에 phytic acid,  $\gamma$ -oryzanol, tocopherols, tocotrienols 및 phenolic 성분 등과 같은 항산화 물질 등 다양한 생리활성 물질들이 존재하고 있다(Bae 등 2002). 최근까지 핵산, 메탄올 및 에틸아세테이트 등 다양한 용매별 추출물의 phytochemical과 항산화 효과(Chen & Bergman 2005; Chotimarkom 등 2008; Lai 등 2009; Renuka & Arumugan 2007), 염증 반응 억제 활성(Choi 등 2004), 미강층에 포함되어 있는 vitamin E로 인한 혈중 콜레스테롤 저하(Ha 등 2005; Qureshi 등 2000), 쌀겨 추출물의 간암 세포주와 자궁경부암 세포주에 대한 항암 및 항알레르기 효과(Choi 등 2006), 쌀과 미강의 주요 페놀산인 ferulic acid는 UV 조사에 대한 피부보호활성(Antella 등 1999), 추출물의 변이원성 억제(Nam & Kang 1997), 혈압 상승 억제(Ardiansyah 등 2007; Lee 등 2001) 등 다양한 생리적 기능에 대한 연구가 보고되어 있다. 또한 새로운 물질의 탐색 및 기존 물질 활용에 대한 노력은 하고 있지만 제대로 활용하지 못하여 자원 낭비가 되고 있는 실정이다. 앞으로는 식생활의 다양화와 고급화로 인한 쌀 소비량 감소로 과잉 생산의 문제, 식품의 기호성 증진을 위해 더욱 정교해지는 곡류의 도정 과정으로 인해 미강의 발생량은 계속 증가될 것이어서 다양한 활용 방안의 모색이 절실히 요구될 것이다(Choi 등 2006). 따라서 본 연구는 미강에 다량 함유된 유용 성분 및 생리활성 성분에 대한 연구의 일환으로 최근 육성된 벼 품종들의 온도에 따른 미강 추출물의 항산화성 물질을 탐색하고 평가함으로써, 우수한 고부가가치 식품 소재 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 시약

본 연구에 사용된 시료는 2010년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 재배, 수확된 삼광(*Oryza sativa* cv. *Samkwang*), 미광(*Oryza sativa* cv. *Migwang*), 칠보(*Oryza sativa* cv. *Chilbo*), 청해진미(*Oryza sativa* cv. *Cheonghaejinmi*) 및 조운(*Oryza sativa* cv. *Joun*)을 사용하였다. 본 연구에서 항산화 성분 분석과 항산화 활성 측정에 사용된 시약으로 Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, (+)-catechin hydrate, 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS), L-ascorbic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였으며, 그 밖에 사용된 추출용매 및 모든 시약은 특급 시약을 사용하였다.

### 2. 시료 및 추출물 제조

실험 전까지 냉장 보관된 정조를 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리하고, 도정기(Model MC-90A, Toyo Ltd., Japan)를 사용하여 백미를 제조하였다. 현미를 백미로 도정하는 과정 중 발생하는 미강은 본 연구의 시험 재료로 사용하였다. 시료의 추출물은 70% 에탄올 용액을 이용하여 저온(10°C), 상온(25°C), 고온(60°C)의 온도에서 각각 24시간 교반하면서 유용한 성분들을 추출하였다. 추출 후 고형분은 Whatman No. 2 여과지를 이용하여 잔류물을 제거하고, 상징액은 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)를 사용하여 40°C에서 감압 농축하였다. 용매를 완전히 제거한 뒤 다시 추출용매를 사용하여 200 ml로 정정한 후 추출물은 냉장보관하면서 실험에 사용하였다.

### 3. 일반성분 분석

시료의 일반성분은 AOAC법에 준하여 수분은 105°C 상압 가열건조법으로 측정하였으며, 회분은 550°C 직접 회화법으로, 단백질은 micro Kjeldahl 질소 정량법을 이용하였다. 조지방 함량은 Soxhlet 추출법을 이용하였으며, 식이섬유는 total fiber dietary kit(Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland)을 이용하여 정량하였다.

### 4. 총 Polyphenol 및 총 Flavonoid 함량

각 추출액의 총 polyphenol 함량은 Velioglu 등(1998)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 100  $\mu$ l 추출액에 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액 2  $\mu$ l를 가한 후 3분간 방치시키고 50% Folin-Ciocalteu reagent 100  $\mu$ l를 가하였다. 30분 후 750 nm에서 흡광도 값을 측정하였고, 0.1% gallic acid를 표준물질로 사용하여 표준 검량선을 작성한 후 추출물의 총 polyphenol 함량은 시료 100 g당 mg gallic acid로 표현하였다. 총 flavonoid 함량은 Jia 등(1999)의 방법을 약간 변형하였다. 즉, 각 추출액 250  $\mu$ l에 증류수 1.25 ml를 가하고, 5%  $\text{NaNO}_2$  용액 75  $\mu$ l를 넣고 5분간 방치하였다. 10%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  용액 150  $\mu$ l를 가하고 다시 6분간 방치하였다. 위 반응액에 1 M NaOH 500  $\mu$ l와 증류수 275  $\mu$ l를 가한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 (+)-catechin hydrate를 사용하여 표준 검량선을 작성한 후 추출물의 총 flavonoid 함량은 시료 100 g 중의 mg (+)-catechin hydrate로 나타내었다.

### 5. 항산화 활성 측정

총 항산화력 측정은 Re 등(1999)의 ABTS radical 소거능에 따라서 측정하였다. 즉, 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate 용액을 혼합하여 하루 동안 암소에 방치하여  $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 를 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5

가 되도록 몰 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS·<sup>+</sup> 용액 1 ml에 희석된 추출액 50  $\mu\text{l}$ 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid를 이용하여 표준 검량선을 작성한 후 시료의 항산화력(AEAC, mg ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)으로 나타내었다. 환원력(reducing power)은 Mau 등(2002)의 방법에 따라 측정하였다. 추출물 250  $\mu\text{l}$ 에 동량의 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6), 1% potassium ferricyanide를 각각 가하고, 이 혼합물을 50°C에서 20분간 반응시킨 후 250  $\mu\text{l}$  1% trichloroacetic acid(TCA, w/v) 용액을 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상층액 500  $\mu\text{l}$ 와 증류수 500  $\mu\text{l}$ , 100  $\mu\text{l}$  0.1% ferric chloride 용액을 넣고 잘 혼합하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 Kim 등(2002)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.2 ml에 0.2 mM DPPH 용액 0.8 ml를 가한 후, 520 nm에서 정확히 30분 후에 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 흡광도의 변화를 측정하였다.

## 6. 통계분석

미강의 이화학 성분 및 항산화 효과 등 각 항목의 측정값은 SPSS package program(Statistical Package Social Science, Version. 12.0)를 이용하여 ANOVA(분산분석)를 실시하였고, 시험군 간의 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)로  $p<0.05$  수준에서 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 미강의 일반성분 분석

각 품종별 미강의 수분, 회분, 조지방, 단백질, 식이섬유 및 도정율을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 각 품종별 미강의 수분 함량은 8.13~10.34%의 범위에 있었으며, 회분 함량은 10.51~11.42%의 수준이었다. 조지방 함량은 18.18~20.98%, 단

백질 함량은 13.39~14.11%이었으며, 식이섬유 함량은 40.74~47.35% 수준이었다. 품종별 현미의 도정율은 86.6~88.8%로서 일반적으로 현미를 백미로 도정할 때 도정율인 10분도(92%)보다는 전체적으로 낮은 수치로서 일반적인 도정상태보다 호분층은 물론 배유부분까지 더 도정된 것으로 생각된다.

### 2. 추출 온도에 따른 미강 에탄올 추출물의 항산화 성분

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 항산화 물질로서 다양한 구조와 분자량을 가지고 있으며, 항산화 물질 중 polyphenolic 화합물들은 분자내 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합하는 성질 등에 의해 항산화, 심혈관 질환, 항암 및 항균 등의 다양한 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다. 현재까지 많은 연구자들이 천연소재로부터 항산화 물질을 추출하려는 연구가 다각도로 이루어지고 있으며(Scalbert 등 2005; Sakihama 등 2002), 특히 곡류에 함유되어 있는 polyphenolic 화합물들 또한 우수한 항산화력을 가진다고 알려져 있다(Kong 등 2008). 본 연구에서 총 polyphenol 화합물의 함량은 시료 100 g에 함유하고 있는 항산화 성분을 mg 수준으로 gallic acid를 표준물질로 사용하여 표시하였다. 그 결과, Table 2에서 보는 바와 같이 총 polyphenol 함량은 60°C 청해진미에서 1,052.96 mg/100 g으로서 가장 높은 값을 나타내었으며, 25°C 청해진미와 60°C 칠보에서 각각 1,039.57와 1,023.04 mg/100 g으로서 60°C 청해진미와 마찬가지로 높은 값을 나타내었다. 반면, 10°C와 25°C의 삼광에서는 각각 790.39와 782.71 mg/100 g으로서 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 Kong 등(2008)의 보고에서 유색미인 흑진주와 흑광 미강 메탄올 추출물의 총 polyphenol 함량이 각각 5,051.1 mg gallic acid eq./100 g sample과 3,287.9 mg gallic acid eq./100 g sample의 보고에 비하면 낮은 수치를 나타내었지만, Oh 등(2010)에 보고한 유색미를 제외한 품종들의 70% 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량이 5.70~10.77 mg gallic acid eq./100 g sample의 수준으로서 본 연구와 비슷한 수준이었다. 또한 본 연구에서 사용되어진 추출용매인 에탄올

Table 1. Proximate compositions of the rice bran obtained from by-product of rice cultivars

Cultivars	Proximate composition (%) <sup>1)</sup>					Milling ratio (%)
	Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Dietary fiber	
Samkwang	10.34±0.05 <sup>2)</sup>	10.60±0.20 <sup>a</sup>	19.59±0.30 <sup>bc</sup>	13.81±0.11 <sup>b</sup>	40.74±0.43 <sup>a</sup>	86.6
Migwang	8.13±0.02 <sup>a</sup>	10.64±0.17 <sup>a</sup>	20.98±0.76 <sup>d</sup>	14.06±0.16 <sup>c</sup>	44.83±0.74 <sup>bc</sup>	87.2
Chilbo	9.67±0.20 <sup>b</sup>	10.51±0.24 <sup>a</sup>	20.29±0.64 <sup>cd</sup>	14.11±0.05 <sup>c</sup>	42.46±1.13 <sup>ab</sup>	87.6
Cheonghaejinmi	8.26±0.20 <sup>a</sup>	11.42±0.93 <sup>a</sup>	18.18±0.67 <sup>a</sup>	13.39±0.15 <sup>a</sup>	45.23±3.72 <sup>bc</sup>	88.8
Joun	8.19±0.04 <sup>a</sup>	10.54±0.35 <sup>a</sup>	19.17±0.16 <sup>b</sup>	14.11±0.06 <sup>c</sup>	47.35±0.59 <sup>c</sup>	87.4

<sup>1)</sup> Each value is mean±standard deviation. <sup>2)</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 polyphenolics and total flavonoid contents of the ethanolic extracts obtained from rice bran**

Temperature (°C)	Cultivars	Polyphenolics (mg gallic acid eq./100 g) <sup>1)</sup>	Flavonoid (mg catechine eq./100 g) <sup>1)</sup>
10	Samkwang	790.39± 6.24 <sup>2)ja</sup>	177.15±20.26 <sup>a</sup>
	Migwang	930.07±20.45 <sup>d</sup>	219.25±10.30 <sup>b</sup>
	Chilbo	878.49±27.72 <sup>bc</sup>	221.56±13.87 <sup>bc</sup>
	Cheonghaejinmi	892.93±16.92 <sup>c</sup>	239.45±27.14 <sup>bcd</sup>
	Joun	844.36±22.28 <sup>b</sup>	225.20± 6.35 <sup>bc</sup>
25	Samkwang	782.71± 5.79 <sup>a</sup>	159.41± 7.49 <sup>a</sup>
	Migwang	967.20±14.69 <sup>e</sup>	227.42± 8.16 <sup>bc</sup>
	Chilbo	886.40±14.40 <sup>c</sup>	217.27± 4.07 <sup>b</sup>
	Cheonghaejinmi	1,039.57± 7.21 <sup>g</sup>	255.50± 6.24 <sup>d</sup>
	Joun	876.36±12.53 <sup>bc</sup>	229.27± 4.35 <sup>bc</sup>
60	Samkwang	848.22±32.12 <sup>b</sup>	177.09±11.49 <sup>a</sup>
	Migwang	992.86±14.44 <sup>ef</sup>	241.74± 7.26 <sup>bcd</sup>
	Chilbo	1,023.04±38.14 <sup>fg</sup>	236.14± 8.97 <sup>bcd</sup>
	Cheonghaejinmi	1,052.96±16.43 <sup>g</sup>	245.49± 9.58 <sup>cd</sup>
	Joun	993.41± 1.26 <sup>ef</sup>	220.30±20.45 <sup>b</sup>

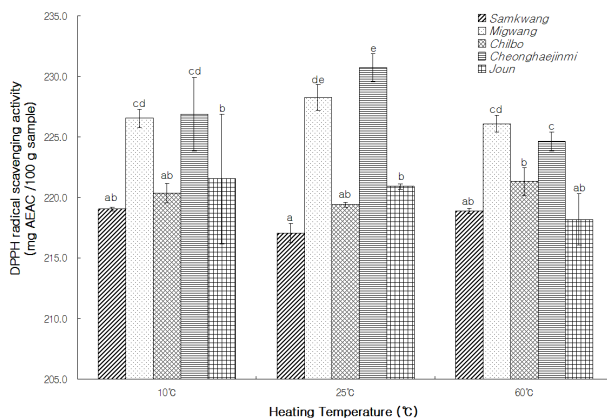
<sup>1)</sup> Mean of triplicate determination±standard deviation. <sup>2)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

과 물의 혼합용액은 일반적으로 식품산업에서 많이 사용되어지고 있는 용액으로서 다른 용매들에 비하여 인체에 안정하기 때문에 추출 용매로 선택하였다. 결국, 본 연구에서의 총 polyphenol 함량은 추출 온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보여주었으며, 이는 이전의 보고에서 치커리(Hong 등 1998) 및 등글레(Ryu 등 1997)와 같은 식물종들은 열처리가 생리활성에 미치는 영향이 각기 다르기 때문에 적정 열처리 조건을 구명하는 것이 중요하며, 가열온도 및 시간이 증가할수록 결합성 페놀화합물을 유리형으로 전환시켜 용출을 용이하게 하거나, 고분자 페놀화합물로부터 저분자로 분해시켜 시료에서 추출되는 페놀성 화합물의 함량이 증가된다고 알려져 있는데, 본 연구에서도 flavonoid를 제외한 유용 성분들의 증가로 총 polyphenol 함량이 증가된 것으로 사료된다(Choi 등 2006; Turkmen 등 2005; Woo 등 2010). Flavonoid는 페놀계 화합물의 일종으로서 노란색 또는 적자색을 띠는 색소화합물로서, 식물 중에는 대부분 당과 결합된 배당체(glycoside) 형태로 존재한다. 본 연구에서 총 flavonoid 함량은 시료 100 g에 함유하고 있는 항산화 성분을 mg 수준으로 표시하였으며, catechin를 표준물질로서 사용하였다. 그 결과, 총 flavonoid 함량은 25°C 청해진미에서 255.50 mg/100 g으로서 가장 높은

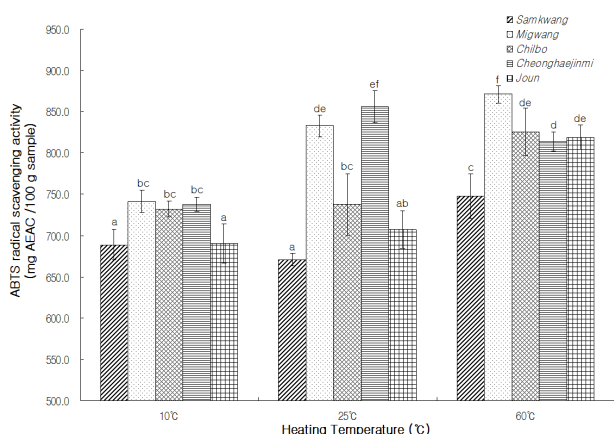
값을 나타내었으며, 그 외 10°C 청해진미, 60°C 미광, 칠보 및 청해진미에서 각각 239.45, 241.74, 236.14 및 245.49 mg/100 g 으로서 유의적으로 높은 값들을 나타내었다. 반면, 삼광은 각각의 추출 온도에서 다른 품종들에 비하여 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이전 연구(Kong 등 2008)에서 보고된 유색미인 흑진주와 흑광 미강의 총 flavonoid 함량은 1,405.8 mg과 1,039.1 mg (+)-catechin eq./100 g sample의 함량으로 보고되어 있다. 일반적으로 쌀의 항산화 성분에 관한 연구에서는 *r*-oryzanol, phytic acid, carotenoid 및 vitamin E 등과 같은 항산화 활성을 나타내는 성분들이 쌀에 함유되어 있으며(Seo 등 2008; Choi 등 2007; Lee 등 2007), whole grain보다 도정 후 rice bran층에 7~8배 높은 항산화 성분이 함유되어 있다(Kong & Lee 2010)고 보고하고 있어 본 연구에서도 조사되어진 성분 이외의 항산화 성분들에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 사료된다.

### 3. 추출 온도에 따른 미강 에탄올 추출물의 항산화 활성

품종별 미강의 추출 온도에 대한 DPPH radical 소거능 측정 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 조사되어진 미강 품종들 중 25°C 청해진미에서 유의적으로 가장 높은 radical 소거능(230.71 AEAC)을 보여주었으며, 나머지 품종들에서는 동일 품종의 추출 온도에 따른 유의적인 차이는 없었다. 그중 가장 낮은 DPPH radical 소거능을 갖는 품종은 25°C 삼광으로서 217.05 AEAC이었다. Oh 등(2010)은 홍진주, 흑광 및 여러 품종들의 미강 70% 에탄올 추출물 1 mg/ml 농도에서 DPPH radical 소거능은 90%, 82.89% 및 9.91~34.58%로 보고한 바가 있다. 추출 온도에 따른 품종별 미강의 70% 에탄올 추출물에 대한

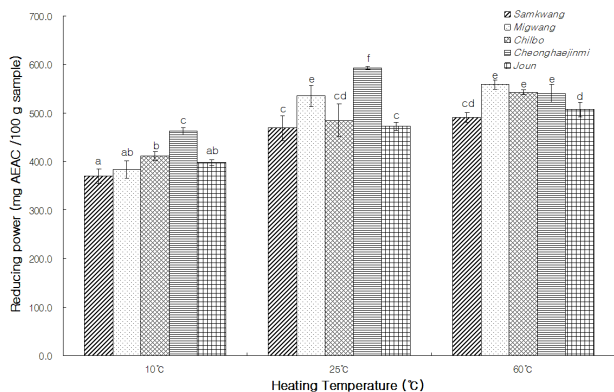


**Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of 70% ethanolic extracts from rice bran.** Each value represents the mean of triplicate measurements of analyzed sample. Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p<0.05$ .



**Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of 70% ethanolic extracts from rice bran.** Each value represents the mean of triplicate measurements of analyzed sample. Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p < 0.05$ .

ABTS cation decolorization assay 방법을 이용한 총 항산화력의 측정은 AEAC(ascorbic acid equivalent antioxidant activity) 값으로 산출하였으며, Fig. 2에서 보는 바와 같다. 본 연구결과에서 60°C 미광에서는 871.01 AEAC로서 다른 조건들에 비하여 유의적으로 높은 활성을 나타낸 반면, 25°C 삼광에서는 671.10 AEAC로서 10°C 삼광(689.00 AEAC), 10°C 조운(690.17 AEAC) 및 25°C 조운(707.02 AEAC)과 함께 유의적으로 낮은 ABTS radical 소거능을 나타내었다. 품종별 추출 온도에 따른 미강의 환원력을 측정된 결과 Fig. 3에 나타내었다. 환원력은 항산화 성분의 수소공여능에 의한 것으로서 잠재적인 항산화 활성의 척도가 될 수 있다. 본 연구결과 25°C 청해진미 추출



**Fig. 3. Reducing power of 70% ethanolic extracts from rice bran.** Each value represents the mean of triplicate measurements of analyzed sample. Different letters above the bars indicate statistically significant differences at  $p < 0.05$ .

물은 592.36 AEAC로서 다른 온도들에 비하여 유의적으로 가장 높은 활성을 나타내었으며, 각각의 온도처리 조건 내에서도 청해진미가 다른 품종들에 비하여 높은 활성을 나타내었다. 반면, 품종별 낮은 추출 온도(10°C)로 처리하였을 경우 환원력은 25°C와 60°C로 처리한 품종들보다 전체적으로 낮은 경향을 나타내었다. 이는 총 항산화력과 마찬가지로 polyphenolic 화합물로 인하여 낮은 활성을 나타내는 것으로 생각되어진다.

**4. 항산화 성분과 항산화 활성 간의 상관관계**

추출온도에 따른 미강 에탄올 추출물의 항산화 성분과 활성과의 상관관계를 SPSS program으로 분석한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 나타내었다. 추출 온도가 10°C의 낮은 온도에서는 polyphenol과 DPPH radical 소거능 및 ABTS radical 소거능 간의 “r” 값은 각각 0.579( $p < 0.05$ )와 0.790( $p < 0.01$ )이었으며 flavonoid와 환원력간에 “r” 값은 0.695( $p < 0.01$ )로 나타났다. 추출 온도가 25°C에서는 항산화 성분과 활성간에 부의 상관관계( $p < 0.01$ )를 나타내었다. 또한 추출 온도가 60°C의 높은 온도에서는 polyphenol과 flavonoid, ABTS radical 소거능, 환원력 간에 “r” 값은 각각 0.846( $p < 0.01$ ), 0.659( $p < 0.05$ ), 0.687( $p < 0.01$ )로 나타났으며, flavonoid와 DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, 환원력 간에는 “r” 값은 0.688, 0.771, 0.908로 나타났( $p < 0.01$ ). 또한 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능, 환원력 간에 “r” 값은 각각 0.582( $p < 0.05$ )와 0.781( $p < 0.01$ )이었으며, ABTS radical 소거능과 환원력 간에 “r” 값은 0.791로 나타났( $p < 0.01$ ). 이전의 연구(Seo 등 2008; Choi 등 2007)에서는 polyphenolic 화합물과 ABTS 라디칼 소거능과의 높은 연관성을 보고한 것과 같이 본 연구에서도 polyphenol 함량과 ABTS radical 소거능도 25°C의 추출 온도에서는 높아지는 것으로 나타났다. 또한 polyphenolic 화합물 중 flavonoid 계열의 화합물이 DPPH radical을 효과적으로 제거하는 것으로 보고되었으며(Vilaño 등 2007), 본 연구에서는 낮은 추출온도(10°C)를 제외하고는 flavonoid와 DPPH radical 소거능 간에는 부의 상관관계( $p < 0.01$ )를 나타내었다.

**요 약**

본 연구에서는 몇 가지 벼 품종(삼광, 미광, 칠보, 청해진미 및 조운)의 도정 부산물인 미강에 대한 추출 온도에 따른 70% 에탄올 추출물의 항산화 성분(polyphenol, flavonoid)과 항산화 활성(DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, 환원력)을 비교·분석하여 기능적 가치를 평가함으로써 이용 가능성을 살펴보고자 하였다. 추출 온도에 따른 미강의 항산화 성분을 측정된 결과, 총 polyphenol 함량에서는 추출 온도가 높을수록 다소 증가하는 경향을 나타낸 반면, 총 flavonoid 함

**Table 3. Correlation coefficients among total polyphenol, flavonoid, reducing power, DPPH and ABTS radical scavenging activities of ethanol and hexane extracts from rice bran**

Temperature (°C)		Polyphenol	Flavonoid	DPPH	ABTS	Reducing power
10	Polyphenol	1	0.513	0.579*	0.790**	0.311
	Flavonoid	-	1	0.336	0.422	0.695**
	DPPH	-	-	1	0.435	0.434
	ABTS	-	-	-	1	0.451
	Reducing power	-	-	-	-	1
25	Polyphenol	1	0.893**	0.948**	0.937**	0.874**
	Flavonoid	-	1	0.782**	0.728**	0.679**
	DPPH	-	-	1	0.931**	0.896**
	ABTS	-	-	-	1	0.813**
	Reducing power	-	-	-	-	1
60	Polyphenol	1	0.846**	0.458	0.659*	0.687**
	Flavonoid	-	1	0.688**	0.771**	0.908**
	DPPH	-	-	1	0.582*	0.781**
	ABTS	-	-	-	1	0.791**
	Reducing power	-	-	-	-	1

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

량은 추출 온도에 따른 차이는 보이지 않았다. 항산화 활성 측정 결과, DPPH radical 소거능을 제외한 총 항산화력(ABTS radical 소거능)과 환원력은 온도가 높아짐에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 조사되어진 품종들의 미강 최적 추출조건은 청해진미로 25°C에서 추출하였을 경우에 가장 우수한 항산화 효과를 얻을 수가 있었다. 이에 본 연구결과를 토대로 최적의 기능성 성분을 활용할 수 있는 추출 온도를 제공함으로써 도정 부산물의 최적 추출조건 및 품종별 쌀의 기초 자료를 제공할 수 있을 것이라 사료된다.

### 참고문헌

- Antella S, Antonio T, Rosella LC, Domenico T, Anna P, Anna DP, Nicola U, Francesco B. 1999. Ferulic acid caffeic acids as potential protective agents against photooxidative skin damage. *J Sci Food Agric* 79:476-480
- Ardiansyah, Hitoshi S, Takuya K, Katsumi H, Michio K. 2007. The driselase-treated fraction of rice bran is a more effective dietary factor to improve hypertension, glucose and lipid metabolism in stroke-prone spontaneously hypertensive rats compared to ferulic acid. *Br J Nutr* 97:67-76
- Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Ha JU, Lee SC. 2001. Effect of microwave treatment on the antioxidant activity of rice processed by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1026-1032
- Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Yook HS, Byun MW, Lee SC. 2002. Effect of r-irradiation on the antioxidant activity of rice hull, rice bran and barley bran. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:246-250
- Chen MH, Bergman CJ. 2005. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and oryzanol contents. *J Food Compos Anal* 18:139-151
- Choi HI, Ye EJ, Kim SJ, Bae MJ, Yee ST, Park EJ, Park EM. 2006. Anticancer (*in vitro*) and antiallergy effects of rice bran extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:1297-1303
- Choi SP, Kang MY, Nam SH. 2004. Inhibitory activity of the extracts from the pigmented rice brans on inflammatory reactions. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47:222-227
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 13:130-138
- 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
- Chotimarkorn C, Benjakul S, Silalai N. 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chem* 111:636-641
- Ha TY, Han S, Kim SR, Kim IH, Lee HY, Kim HK. 2005.

- Bioactive components in rice bran oil improve lipid profiles in rat fed a high-cholesterol diet. *Nutr Res* 25:597-606
- Halliwell B. 1996. Antioxidants in human health and disease. *Annu Rev Nutr* 16:33-49
- Hong MJ, Lee GD, Kim HK, Kwon JH. 1998. Changes in functional and sensory properties of chicory roots induced by roasting process. *Korean J Food Sci Technol* 30:413-418
- Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559
- Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J Agric Food Chem* 50:3713-3717
- Kim YH, Kang CS, Lee YS. 2004. Quantification of tocopherol and tocotrienol content in rice bran by near infrared reflectance spectroscopy. *Korean J Crop Sci* 43:211-215
- Kong S, Lee J. 2010. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. *Food Chem* 120:278-281
- Kong SH, Choi YM, Lee SM, Lee JS. 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
- Lai P, Li KY, Lu S, Chen HH. 2009. Phytochemicals and antioxidant properties of solvent extracts from Japonica rice bran. *Food Chem* 117:538-544
- Lee KY, Kim JH, Son JR, Lee JS. 2001. Detection and extraction condition of physiological functional compounds from bran of Heugjinju rice (*Oryza sativa* L.). *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:296-301
- Lee YH, Moon TW. 1994. Composition, water-holding capacity and effect on starch retrogradation of rice bran dietary fiber. *Korean J Food Sci Technol* 26:288-294
- Lee YR, Woo KS, Kim KJ, Son JR, Jeong HS. 2007. Antioxidant activities of ethanol extracts from germinated specialty rough rice. *Food Sci Biotechnol* 16:765-770
- Mau JL, Lin IIC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res Int* 35:519-526
- Nam SH, Kang MY. 1997. *In vitro* inhibitory effect of colored rice bran extracts carcinogenicity. *Agric Chem Biotechnol* 40:307-312
- Oh SK, Kim DJ, Chun AR, Yoon MR, Kim KJ, Lee JS, Hong HC, Kim YK. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant activities of ethanol extracts from milling by-products of rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:624-630
- 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 Rad Biol Med* 26:1231-1237
- Renuka Devi R, Arumughan C. 2007. Phytochemical characterization of defatted rice bran and optimization of a process for their extraction and enrichment. *Bioresour Technol* 98:3037-3043
- Ryu KC, Chung HW, Lee GD, Kwon JH. 1997. Color changes and optimization of organoleptic properties of roasted *Polygonatum odoratum* tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:831-837
- Sakihama Y, Cohen MF, Grace SC, Yamasaki H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology* 177:67-80
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr* 81:215S-217S
- Seo SJ, Choi YM, Lee SM, Kong SH, Lee JS. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:129-135
- Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effects of cooking methods total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93:713-718
- 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
- Velioglu YS, Mazza G, Cao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruit, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46:4113-4117
- Vilaño D, Fernández-Pachón MS, Moyá ML, Troncoso AM, García-Parrilla MC. 2007. Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta* 71:230-235
- Woo JH, Shin SL, Jeong HS, Lee CH. 2010. Influence of applied pressure and heat treatment on antioxidant activities of young leaves from *Achillea alpina* and *Solidago virgaurea* subsp. *gigantea*. *Koeran J Plant Res* 23:123-130

접 수 : 2012년 11월 29일  
 최종수정 : 2012년 12월 19일  
 채 택 : 2013년 1월 16일