

## ‘중모1020’ 왕겨의 안토시아닌 동정 및 항산화 효과 검정

나지은\*\*\* · 박지영\* · 서우덕\* · 송유천\* · 조준현\* · 이종희\*\*\* · 심은영\* · 남민희\* · 정일민\*\* · 한상익\*†

\*농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부, \*\*건국대학교 응용생물학과, \*\*\*농촌진흥청 연구정책국

### Isolation and Identification of Anthocyanins and Determination of Antioxidative Activity in Rice-hull of a new Cultivar, ‘Jungmo1020’

Ji-Eun Ra\*\*\*, Ji-Young Park\*, Woo Duck Seo\*, You-Chun Song\*, Jun-Hyun Cho\*, Jong-Hee Lee\*\*\*, Eun-Yeong Sim\*, Min-Hee Nam\*, Ill-Min Chung\*\*, and Sang-Ik Han\*†

\*Department of Functional Crop, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

\*\*Department of Applied Life Science, College of Life and Environmental Sciences, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

\*\*\*Rural Development Administration, Jeonju 560-500, Korea

**ABSTRACT** Anthocyanins are water-soluble plant pigments that give rise to the red, purple, or blue colors observed in many crops. Especially purple pigment of colored rice represent biological activities has been an increased interest, due to the functional meal as a staple food. These health benefits have been attributed to antioxidant property of anthocyanin. However, there have been little genetic source for development of new and various colored rice variety. A recently developed new variety, ‘Jungmo1020’, showed a unique characteristic of blue color of rice grain hull. We identified the pigment petunidin-3-O-glucoside (Pt-3-G) as a major compound with a value of 176.3±2.3 mg/100 g (68.3%) from 80% MeOH with 1% HCl extracts by UPLC/MS/MS. The content of Pt-3-G in the extracts using a solvent of 100% MeOH with 1% HCl was the highest with the values of 183.8±2.5 mg/100 g. In addition, these extracts showed excellent antioxidative activities by DPPH and ABTs assay.

**Keywords** : rice cultivar, Jungmo1020, anthocyanin, antioxidative activity

**쌀(Oryza sativa L.)**은 전세계 인구의 60% 이상이 소비하고 있으며, 전 세계 인구의 40% 이상이 이를 주식으로 이용하고 있다(Stork *et al.*, 2005). 쌀은 에너지 공급원뿐만 아니라 비만방지, 콜레스테롤 저하 등 인체에 다양한 생체 조절기능을 가진 식품으로 알려져 있다(Choe *et al.*, 2002, Kyoun

*et al.*, 2006). 현재 국내 쌀 산업은 국제적인 곡물파동, 쌀에 대한 다양하고 고급화된 제품들에 대한 소비자의 요구 및 일반 식품으로서 쌀의 소비 감소와 국제교역자유화 추세들 때문에 어려움에 직면하고 있어 새로운 소비 및 수요 창출을 위해서는 가공률을 높이고 대량소비가 가능한 이용소재 개발과 그 품종에 적합한 가공식품 개발이 절실한 상황이다(Huh *et al.*, 2012). 그러나 쌀은 외국의 역학조사 보고에서와 같이 쌀을 주식으로 하는 지역의 국민들은 만성질환의 발병률이 현저히 낮음을 보이고 있고, 그 이유로 쌀의 항산화 성분에 기인한다는 연구결과도 많다(Goupo and Trindale, 2014). 특히나 주요 항산화 활성은 유색미에 포함된 안토시아닌 색소의 양과 비례해서 활성을 보이고 있다. 쌀의 안토시아닌 조성은 자색을 나타내는 C-3-G (cyanidin-3-O-glucoside)가 90% 이상을 차지하고 있고 Pn-3-G (peonidin-3-O-glucoside)가 10%정도를 차지하고 있으며 Pt-3-G (petunidin-3-O-glucoside)는 아주 소량 함유되어 있거나 검출이 안되는 경우도 많다(Seo *et al.*, 2011). 반면 채소와 과실류의 안토시아닌은 cyanidin 계열이 50% 정도를 차지하고 delphinidin, pelargonidin, peonidin 계열이 각각 12%정도, petunidin과 malvidin 계열은 7%정도이다(Kang, 2009).

‘중모1020’은 국립식량과학원에서 새롭게 개발된 신품종으로 2002년 화영벼와 Midorinomochi 품종의 인공교배를 통해 개발되어(밀양252호) 2012년 중모1020으로 등록된 품종으로 외형적인 특성에서 성숙기에 이삭과 외영의 색상이

†Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1217 (E-mail) han0si@korea.kr

<Received 20 June 2014; Revised 21 August 2014; Accepted 1 September 2014>

특이하게 청색이 나타나는 특성을 보이는 품종이다(RDA, 2011). 외영에서는 성숙기에 청색 색상이 발현되는 것과는 다르게 종자에서는 청색이나 자색이 관찰되지 않고 녹색의 엽록소 축적이 관찰되었다. 그러나 그동안 개발된 그 어떤 유색벼와 쌀에서는 생육 도중 청색이 관찰되는 품종이 없었다. 따라서 새로 개발된 청색의 영을 가진 중모1020의 왕겨를 이용하여 색소의 조성과 함량을 분석하고 생리활성을 검정하였다.

## 재료 및 방법

### 중모1020 및 유색미 품종

‘중모1020’과 색소 함량 비교 분석을 위해 유색미 12품종(홍진주, 적진주, 흑남, 신토흑미, 흑진주, 보석흑찰, 신흥흑찰, 신흥흑찰, 조생흑찰, 흑광, 흑향, 흑설)을 선정하였고, 농촌진흥청 국립식량과학원 포장에서 2013년 생산된 벼를 도정을 통해 왕겨를 회수하였다. 왕겨는 100메쉬로 분쇄하여 -20°C의 저온에 보관하고 분석용 시료로 사용하였다.

### 시약

색소 추출에 사용된 에탄올과 메탄올은 Merck사(Darmstadt, Germany) 제품을 이용하였고, 항산화 활성 분석을 위해 사용된 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS)와 총 폴리페놀 함량 분석 시 사용된 chlorogenic acid는 Sigma-aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 색소 함량 분석을 위한 표준품으로 안토시아닌 색소인 cyanidin-3-O-glucoside (C-3-G), peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-G), petunidin-3-O-glucoside (Pt-3-G), malvidin-O-glucoside (M-3-G)는 Extrasynthese사(Genay, France)에서 구입하여 사용하였으며, Ultra Performance Liquid Chromatograph (UPLC) 물과 메탄올은 EMD Chemicals(Darmstadt, Germany)로부터 구입하여 사용하였고 이동상 조제에 사용된 trifluoroacetic acid (TFA)는 Sigma-aldrich사에서 구입하였으며 모든 이동상은 0.2 µm 필터에 여과 후 사용하였다.

### 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량 측정에는 Folin-Ciocalteu colorimetric method을 사용하여 분석하였다(Choi *et al.*, 2006; Kweon *et al.*, 2001). 분말 시료를 70% 메탄올을 이용하여 37°C에서 12시간 동안 교반 추출하였고, 추출물 0.1 mL을 0.2 mL의 Folin-Ciocalteu's phenol 용액과 혼합한 후 3 mL의 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액과 혼합하였다. 혼합용액은 30°C에서 2시간

동안 반응시킨 후 spectrophotometer (Versa max, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 765 nm에서의 흡광도를 측정하였고 총 폴리페놀 함량 계산은 chlorogenic acid로 검량선을 작성하여 mg CGA/g dry weight으로 나타내었다.

### 색소 함량 분석

색소 추출과 함량분석은 Hosseinian 등(2008)의 방법에 따라 분석을 수행하였다. 100메쉬로 분쇄한 시료 0.1 g을 20 ml의 100% 메탄올, 100% 메탄올과 1.0% (v/v) HCl 용액, 80% 메탄올, 80% 메탄올과 1.0% HCl 용액, 에탄올의 용매로 12시간 동안 교반 추출하였으며 추출물은 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. UPLC 분석을 위해 0.2 µm 필터(Advantec MFS, Inc.Dublin, CA, USA)로 여과하여 시험용액으로 하였다. 컬럼은 Waters ACQUITY BEH C18 (particle size 1.7 µm, 2.1 x 100 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 이용하여 투과시킨 용액 2 µL를 UPLC system (ACQUITY, Waters)을 이용하여 분석하였고 이동상은 0.1% TFA를 함유한 초순수 증류수(A)와 0.1% TFA를 함유한 메탄올(B)의 조합으로 분석하였다. 이때 시간에 따른 혼합비율은 용액 A에 용액 B의 비율을 기준으로 0.4분에 15%; 8.5분까지 20%; 9.0분까지 30% 순으로 점차 혼합하였고 10분에는 15%를 유지하였으며, 1분간 더 최종 상태를 유지하였다. 유속은 0.35 mL/min이었고 검출기의 파장은 530 nm, 컬럼 온도는 30°C를 유지하였다.

### 안토시아닌 동정 분석조건

안토시아닌 동정을 위해 UPLC mass spectrometry (LC-MS/MS, ACQUITY TQ Detector, Waters)를 이용하였고, PDA 검출기 530 nm 조건에서 분석하였다. LC-MS/MS 조건의 경우, 이온화 모드는 양이온 모드(ESI<sup>+</sup>)이며 capillary 전압은 4.0 kV, cone 전압은 30 V, collision 에너지는 30 V로 설정하였고, 구체적인 LC-MS/MS 조건은 Table 1에 나타내었다.

### 안토시아닌 함량 측정

1 mg의 C-3-G, Pt-3-G, Pn-3-G 그리고 M-3-G를 측정하여 1.0% HCl을 함유한 메탄올에 녹여(1.0 mg/mL) 표준품으로 사용하였고, 검량선 작성을 위해 7 종류의(1, 2.5, 5, 10, 25, and 50 µg/mL) 농도로 희석하여 UPLC 분석을 수행하였으며 각 색소의 평균 면적을 3반복으로 평균하여 검량선을 작성하였다.

**Table 1.** UPLC-MS/MS parameters for the analysis of anthocyanins.

Injection volume	10 $\mu$ L					
Column	Waters ACQUITY BEH C18 (particle size 1.7 mm, 2.1 x 100mm)					
Flow rate	0.35 mL/min					
Column temperature	30°C					
Mobile phase	A : H <sub>2</sub> O / TFA (0.1%) B : MeOH / TFA (0.1%)					
Gradient	Time (min)	0.4	8.5	9.0	10.0	11.0
	solvent B (%)	15	20	30	15	15
Detector	PDA 530 nm, TQ Detector					
Ionization mode	Positive ion mode scanning from <i>m/z</i> 100 to 1000					
Capillary voltage	4.0 kV					
Cone voltage	30 V					
Drying gas	Nitrogen, Flow: 800 L/h					
Collision Energy	30 V					
Collision gas	Argon, Flow: 0.09 mL/min					

### DPPH에 의한 라디칼 소거능 측정

DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)에 의한 라디칼 소거능은 Hatano 등(1988)의 방법에 따라 분석을 수행하였다. 일정농도로 조정된 시료에 0.15 mM DPPH-ethanol용액을 가하여 10초간 잘 혼합한 다음 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도(A) 비(%)로 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}}{1} \times 100$$

### ABTs 라디칼 소거능 측정

ABTs (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) 라디칼 소거능 측정은 Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) 분석법에 따라 수행하였다(Re *et al.*, 1999; Choi *et al.*, 2005). ABTs 용액은 7 mM ABTs 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨 다음 암실에서 4~8 시간 동안 반응시킨 후 흡광도 값이 안정되도록 기다려 사용하였다. ABTs 용액 0.9 mL에 일정농도의 시료액 0.1 mL을 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 1분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ABTs 라디칼 소거능은 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}}{1} \times 100$$

### 통계처리

자료 분석은 SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 실험결과는 3번 반복값을 구하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 변수에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan's multiple range test를 적용하였으며,  $\alpha=0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

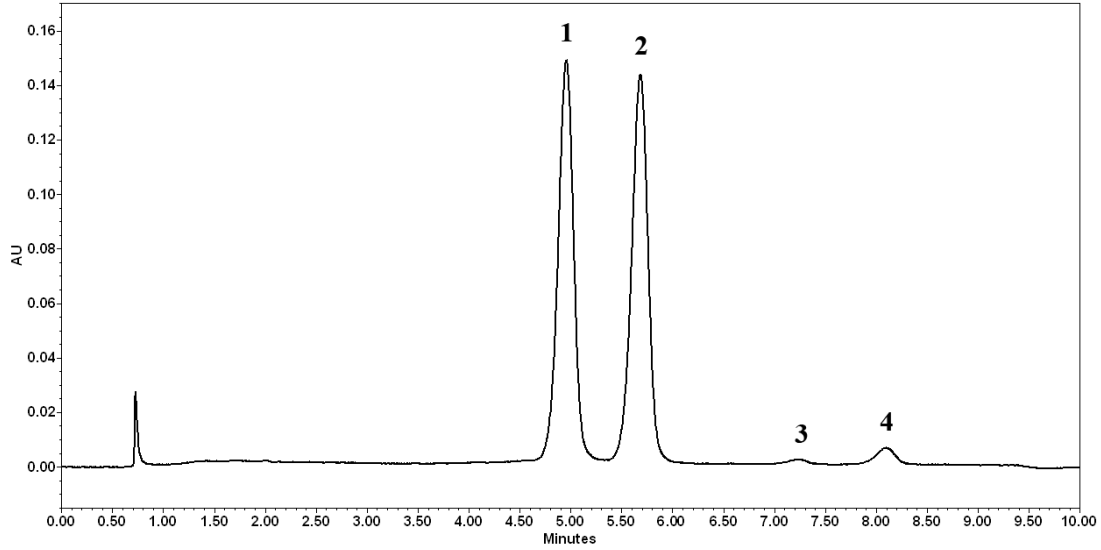
## 결과 및 고찰

### 중모1020 왕겨 색소 분석

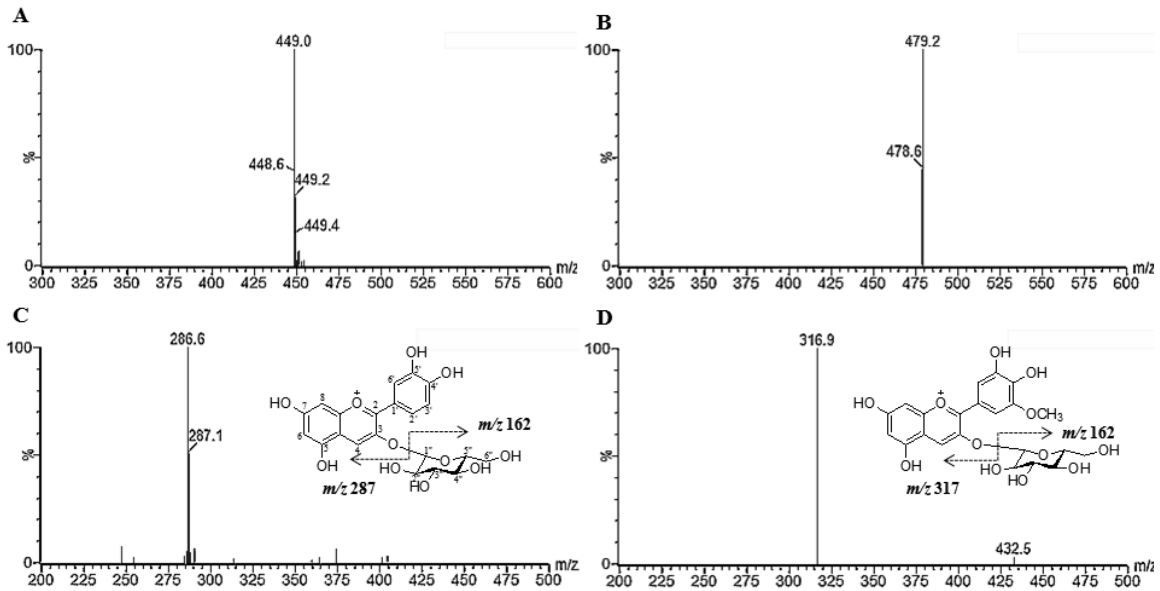
100% 메탄올, 100% 메탄올에 1.0% (v/v) HCl 혼합용액, 80% 메탄올, 80% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액, 에탄올의 용매로 추출한 조추출물을 UPLC를 이용한 분석결과는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보듯이 중모1020의 색소는 그 동안의 쌀 색소의 분석과는 다른 결과를 보여주고 있다. 그 동안 대부분의 쌀 색소분석 결과에는 cyanidin-3-O-glucoside의 함량이 70% 이상을 차지하고 있고, 최대 90%까지도 함유하고 있었으며 특히나 페튜니딘 색소의 함량은 1% 미만의 미량성분이었다(Seo *et al.*, 2001). 색소 표품과의 RT (retention time) 비교 분석을 통해 두 개의 주된 peak는 cyanidin-3-O-glucoside와 petunidin-3-O-glucoside로 확인 되었고, LC-MS/MS를 이용하여 추가 동정을 하였다.

### 색소 동정

조추출물의 색소 분석 결과로 확인된 색소 대부분을 차지



**Fig. 1.** UPLC chromatogram of crude extracts of rice-hull in Jungmo1020 at 530 nm. Peak identity: (1) cyanidin-3-*O*-glucoside, (2) petunidin-3-*O*-glucoside, (3) peonidin-3-*O*-glucoside, (4) malvidin-3-*O*-glucoside.



**Fig. 2.** MS spectra (A, B) and MS/MS fragmentation pattern (C, D) of identified anthocyanins. (A), (C): C-3-G (cyanidin-3-*O*-glucoside), (B), (D): Pt-3-G (petunidin-3-*O*-glucoside).

하는 두 개의 주된 peak (1, 2)의 Mass 분석 결과를 Fig. 2 와 Table 2에 나타내었다. Peak 1 (tR = 4.91)은 molecular ion이  $m/z$  449이었고 fragment ion이  $m/z$  287 ( $[M+162]^+$ )로 cyanidin-3-*O*-glucoside임을 확인하였다. Peak 2 (tR = 5.65)는 Mass 분석 결과 molecular ion이  $m/z$  479, MS/MS fragment ion이  $m/z$  317 ( $[M+162]^+$ )로 petunidin-3-*O*-glucoside임을 확인하였고 표품과의 비교를 통해서도 같은 양상을 보임을 재차 확인하였다.

**조추출물 함량**

100% 메탄올, 100% 메탄올에 1.0%(v/v) HCl 혼합용액, 80% 메탄올, 80% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액, 에탄올의 용매로 추출한 조추출물의 함량은 Table 3에 나타난 것과 같이 100% 메탄올에 HCl을 1.0% 함유한 용매 조건에서 11.4%로서 가장 많은 조추출물이 추출되었다. 그리고 100% 메탄올과 80% 메탄올 모두 HCl을 함유한 조건에서 그렇지 않은 조건보다 추출율이 각각 2.1, 1.4배 더 높았다. 반면 에탄올을 용매로 사용

**Table 2.** Chromatographic and spectroscopic characteristics of anthocyanins from rice-hull of Jungmo1020.

Peak	tR (min)	[M <sup>+</sup> ] (m/z)	MS <sup>2</sup> (m/z)	Identity
1	4.91	449	287	Cyanidin-3- <i>O</i> -glucoside
2	5.65	479	317	Petunidin-3- <i>O</i> -glucoside

**Table 3.** Crude extracts contents according to the extraction solvents in rice-hull of Jungmo1020.

Solvents	100% MeOH		80% MeOH		EtOH
	-	1.0% HCl	-	1.0% HCl	
Extraction rate (%) <sup>1)</sup>	5.5±0.1	11.4±0.8	6.4±0.2	8.9±0.6	3.6±0.3

<sup>1)</sup>All values are mean ±SD (n=3).

**Table 4.** Anthocyanins contents according to the extraction solvents in rice-hull of Jungmo1020.

Anthocyanins <sup>2)</sup> (mg/100g)	100% MeOH <sup>1)</sup>		80% MeOH <sup>1)</sup>		EtOH <sup>1)</sup>
	-	1.0% HCl	-	1.0% HCl	
C-3-G	63.5±1.9	84.7±1.5	67.0±1.8	76.4±0.7	20.0±0.9
Pt-3-G	143.3±4.2	183.8±2.5	157.2±1.8	176.3±2.3	26.1±1.1
Pn-3-G	1.7±0.2	1.4±0.2	1.7±0.2	2.1±1.5	ND <sup>3)</sup>
M-3-G	4.2±0.1	5.1±0.2	4.5±0.5	3.3±2.9	0.5±0.0
Total <sup>4)</sup>	212.6±5.8d	275.0±4.1a	230.5±2.5c	258.0±1.8b	46.6±1.9e

<sup>1)</sup>All values are mean ±SD (n=3)

<sup>2)</sup>C-3-G; Cyanidin-3-*O*-glucoside, Pt-3-G; Petunidin-3-*O*-glucoside, Pn-3-G; Peonidin-3-*O*-glucoside, M-3-G; Malvidin-3-*O*-glucoside

<sup>3)</sup>Not detected.

<sup>4)</sup>Means are significantly different (p<0.05) by Duncan’s multiple range test.

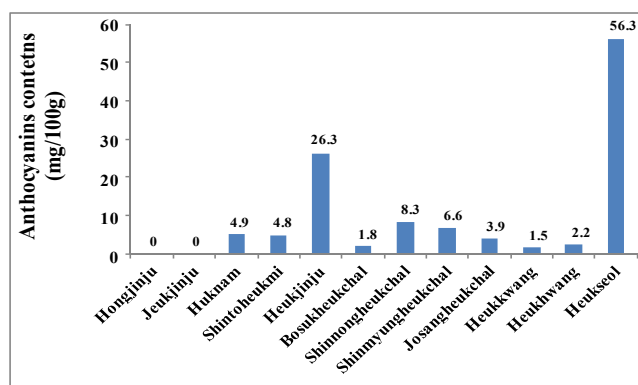
했을 경우의 추출량은 3.6%로서 가장 낮은 추출률을 보였다.

**추출 용매에 따른 색소 추출량**

100% 메탄올, 100% 메탄올에 1.0% (v/v) HCl 혼합용액, 80% 메탄올, 80% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액, 에탄올 용매로 추출한 색소의 조성과 함량은 Table 4에 나타난 것과 같이 총 색소의 함량은 100% 메탄올에 1.0% (v/v) HCl 혼합용액을 사용하였을 경우 275.0±4.1 mg/100 g으로 가장 색소 함량이 많았고 다음은 80% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액이 258.0±1.8 mg/100 g이었으며, 그 다음은 80% 메탄올로 230.5±2.5 mg/100 g이 추출되었고 100% 메탄올을 용매로 사용하였을 경우 그 추출량이 212.6±5.8 mg/100 g, 에탄올 추출의 경우 46.6±1.9 mg/100 g으로 다른 추출 용매 조건보다 약 5배 가량 추출량이 적었다. 추출율과 마찬가지로 100% 메탄올과 80% 메탄올 모두 산을 함유한 조건에서 그렇지 않은 조건보다 색소 추출량이 많았다.

**다른 유색미 왕겨와의 색소 추출량과 조성비를 비교**

중모1020 왕겨의 색소의 조성비와 함량 비교를 위해 다른



**Fig. 3.** Comparison of total anthocyanin contents (mg/100g) from rice-hull of 12 colored rice varieties.

유색미 12품종의 왕겨로부터 80% 메탄올에 1%의 HCl을 함유한 용매를 이용하여 색소를 추출하여 함량과 조성을 분석하였다. 중모1020은 총 안토시아닌 함량이 258.0±1.8 mg/100 g으로 다른 유색미 왕겨의 색소가 0~56.0 mg/100 g인데 비해 총 함량도 월등히 많음을 보였고, 조성에서도 그동안 보고된 종자의 안토시아닌 조성(90.5%)과 유사한 C-3-G함량

**Table 5.** The range, mean and rate of anthocyanins contents from rice-hull of 12 colored rice cultivars.

Anthocyanins <sup>1)</sup>	Range (mg/100g)	Mean (mg/100g)	Rate (%)
C-3-G	0~49.0	7.9	82.3
Pt-3-G	0~1.3	0.2	2.4
Pn-3-G	0~7.4	1.5	15.5
M-3-G	0	0	0
Total anthocyanin	0~56.3	9.6	100

<sup>1)</sup>C-3-G; Cyanidin-3-*O*-glucoside, Pt-3-G; Petunidin-3-*O*-glucoside, Pn-3-G; Peonidin-3-*O*-glucoside, M-3-G; Malvidin-3-*O*-glucoside

이 대부분(82.3%)을 차지하는데 비해 중모1020은 C-3-G 함량은 29.6%에 그쳤고, Pt-3-G의 함량이 68.3%를 차지함을 보였다(Fig. 3, Table 4, 5). 이 결과는 그동안의 유색미 종자, 쌀겨, 왕겨의 분석결과와는 색소 조성에서 완전히 다른 현상으로 중모1020의 생육 단계에서 관찰되는 청색 색소의 발현과 관계가 있고 중모1020은 쌀에서는 최초로 페튜니딘 색소를 다량 함유하고 있는 쌀 품종임을 확인하였다.

#### 추출 용매에 따른 폴리페놀 함량과 조추출물의 항산화 활성 검정

용매에 따른 폴리페놀 함량을 분석한 결과는 Table 6에서 보는바와 같이 80% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액을 사용하였을 경우 9.0±0.5 mg으로 가장 추출효율이 좋았고, 다음으로는 80% 메탄올 용매조건이 가장 좋음을 보였다. 기존에 보고된 Seo 등(2011)이 수행한 유색미 품종의 종자를 이용한 폴리페놀 평균 함량이 7.3 mg/g인 것과 비교해 비슷한 함량을 보였다. 용매 조건에 따른 조추출물의 항산화 활성 비교에서는 DPPH 검정법을 이용한 분석에서 산화력을 50% 억제하는 조건에서 80% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액을 사용하였을 경우 122.8±7.6 µg/mL로 가장 항산화 활성이 높았고, 다음이 100% 메탄올에 1.0% HCl 혼합용액,

100% 메탄올, 80% 메탄올, 에탄올 순이었다. ABTs를 이용한 검정법에서는 80% 메탄올을 이용한 추출물의 항산화 활성이 약간 낮을 뿐 에탄올 조추출물이외의 다른 조건에서 추출한 추출물의 항산화 활성은 서로 유의차가 없음을 보였다. Seo 등(2011)이 보고한 유색미 12종 종자의 항산화 활성과 비교해서도 왕겨 추출물의 DPPH 항산화력은 종자보다 높았고, ABTs 검정에서는 항산화 활성이 비슷하였다 (Table 6).

항산화 활성 검정은 추출물을 농도로 환산하여 처리하였을 경우의 상대비교로서 추출 용매에 따라 약간씩 차이를 보이고 있으나, Table 3의 용매에 따른 조추출물 수율과 같이 고려하면 100% 메탄올에 HCl 혼합액과 80% 메탄올 HCl 혼합 용매의 회수율이 11.4%와 8.9%로서 2.1~1.4배 더 많아 전체적인 항산화력은 1% HCl 첨가한 용매를 이용하였을 경우 항산화 활성이 더 높은 추출물을 얻을 수 있다고 생각된다. 선행 연구에서 C-3-G의 항산화력이 Pt-3-G보다 높다고 보고되어 있어(Kahkonen and Heinonen, 2003) 같은 농도의 추출물에서 상대적으로 C-3-G 비율이 높은 에탄올 추출물의 항산화 활성이 높을 것으로 예상되나 본 연구에서는 Pt-3-G 비율이 높고 전체 색소함량과 폴리페놀 함량이 높은 추출 조건인 1% HCl을 함유한 메탄올 추출조건에서 항산화 활성이 더 높은 것을 확인하였다. 이는 중모 1020 추출물에서 주요 안토시아닌인 C-3-G와 Pt-3-G 외에도 다양한 폴리페놀성 화합물이 복합적으로 항산화력을 나타내는 것으로 생각된다.

## 적 요

새로 개발된 유색미 품종인 중모1020의 왕겨를 이용한 색소의 조성과 함량을 분석하고 생리활성을 검정한 결과, 중모1020의 왕겨로부터 최초로 페튜니딘 색소를 다량함유하고 있음을 Mass와 UPLC등의 기기분석을 통해 동정하였다. 중모1020의 색소 조성 중 C-3-G 함량은 29.6%인데 비

**Table 6.** Radical scavenging activities and contents of total polyphenol from the rice-hull of Jungmo1020.

	100% MeOH <sup>1)</sup>		80% MeOH <sup>1)</sup>		EtOH <sup>1)</sup>
	-	1.0% HCl	-	1.0% HCl	
DPPH <sup>2,3)</sup>	162.0±18.4 <sup>c</sup>	140.2±5.1 <sup>b</sup>	185.2±11.0 <sup>d</sup>	122.8±7.6 <sup>a</sup>	455.6±15.5 <sup>e</sup>
ABTs <sup>2,3)</sup>	49.6±9.2 <sup>a</sup>	50.0±3.7 <sup>a</sup>	59.7±11.4 <sup>b</sup>	54.5±2.0 <sup>a</sup>	130.5±11.8 <sup>c</sup>
Polyphenol <sup>2,3)</sup> (mg CGA/g)	4.8±0.0 <sup>b</sup>	3.9±0.1 <sup>c</sup>	5.0±0.1 <sup>b</sup>	9.0±0.5 <sup>a</sup>	1.5±0.2 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>All values are mean ±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Concentration at which 50% inhibition is achieved. (IC<sub>50</sub>, µg/mL)

<sup>3)</sup>Means are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

해 Pt-3-G의 함량이 68.3%를 차지하여 C-3-G 함량이 82.3%인 기존의 벼 색소의 조성과는 완전히 차이를 보였다. 추출 용매 조건에 따른 분석 결과, 조추출물 수율은 100% 메탄올에 1.0% HCl을 이용하였을 경우 수율이 11.4%로서 가장 높음을 보였고, 다음이 80% 메탄올에 1.0% HCl용매로 추출한 경우였다. 안토시아닌 색소 추출량 역시 1.0% HCl을 함유한 100% 메탄올과 80% 메탄올에서 각각 275.0±4.1, 258.0±1.8 mg/100 g으로 가장 많았다. 항산화 활성 비교에서는 전체 안토시아닌 색소함량이 많고 폴리페놀 추출율이 높은 1.0% HCl을 함유한 80% 메탄올 용매 추출물에서 가장 항산화 활성이 높음을 보였다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 유색마수수 천연색소 함유 인체친화형 소재 개발, 세부과제번호: PJ009204)의 지원에 의해 이루어진 것임

## 인용문헌(REFERENCES)

- Choe, J. S., H. H. Ahn, and H. J. Nam. 2002. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31 : 885-892.
- Choi, Y. M., J. B. Ku, H. B. Chang, and J. S. Lee. 2005. Antioxidant activities and total phenolics of ethanol extracts from several edible mushrooms produced in Korea. *Food Sci. Biotechnol.* 14 : 700-703.
- Choi, Y. M., S. M. Lee, J. Chun, H. B. Lee, and J. S. Lee. 2006. Influence of heat treatment of the antioxidant activities and polyphenolic compound of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99 : 381-397.
- Goufo, P. and H. Trindade. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, gamma-oryzanol, and phytic acid. *Food Sci. Nutr.* 2 : 75-104.
- Hatano, T., H. Kagawa, T. Yasuhara, and T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: Their relative astringency and radical scavenging effects. *Chem. Pharm. Bull.* 36 : 1090-2097.
- Hosseinian, F. S., W. Li, and T. Beta. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chem.* 109 : 916-924.
- Huh, C. K., J. W. Lee, and Y. D. Kim. 2012. Fermentation and quality characteristics of *Yakju* according to different rice varieties. *Korean J. Food Preserv.* 19 : 925-932.
- Kahkonen, M. P. and M. Heinonen. 2003. Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 628-633.
- Kang, H. H. 2009. Determination of biological activities of Korean eeries and their anthocyanin identification. Ph D. Thesis. Gyeongsang National University. Korea.
- Kweon, M. H., H. J. Hwang, and H. C. Sung. 2001. Identification and antioxidant activity of novel chlorogenic acid derivatives from Bamboo (*Phyllostachys edulis*). *J. Agric. Food Chem.* 49 : 4646-4655.
- Kyoun, O. Y., S. H. Oh, H. J. Kim, Y. K. Yoon, H. M. Kim, and M. R. Kim. 2006. Analyses of nutrients and antinutrients of rice cultivars. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22 : 949-956.
- Rural Development Administration (RDA) Annual Report 2011. Variety protection report of Jungmo1020.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med* 26 : 1231-1237.
- Seo, W. D., J. Y. Kim, S. I. Han, J. E. Ra, J. H. Lee, Y. C. Song, M. J. Park, H. W. Kang, S. K. Oh, and K. C. Jang. 2011. Relationship of Radical Scavenging Activities and Anthocyanin Contents in the 12 Colored Rice Varieties in Korea. *J. Korean Soc. Appl. Chem.* 54 : 693-699.
- Stork, C. R., L. P. Silva, and C. A. A. Fagundes. 2005. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. *J. Food com. Anal.* 18 : 333-341.