한작지(Korean J. Crop Sci.), 62(3): 166~171(2017)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2017.62.3.166

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)

Original Research Article

남부평야지에서 적미 품종의 이앙시기에 따른 폴리페놀 함량 및 수량변이

배현경[1,†] · 오성환[2] · 황정동[1] · 서종호[1] · 김상열[1] · 오명규[1]

Polyphenol Content and Yield Variation of Red-colored Cultivars Depends on Transplanting Date in Southern Plain Region of Korea

Hyun Kyung Bae[1,†], Seong Hwan Oh[2], Jung Dong Hwang[1], Jong Ho Seo[1], Sang Yeol Kim[1], and Myung Kyu Oh[1]

ABSTRACT For high-quality colored rice production, the cultivation environment is a critical factor. The major environmental factor is temperature, which includes the accumulated and average temperature during vegetative and reproductive stages. Generally, during the cultivation period, the temperature can be controlled by shifting the transplanting date. This study was carried out to determine the optimum transplanting date for high-quality red-colored rice production. Four red-colored rice varieties (Jeokjinju, Jeokjinjuchal, Hongjinju, and Gunganghongmi) were used as test materials. The transplanting dates were May 20 and June 5, 20, and 30 in 2015~2016. The most variable factor controlled by the transplanting date was the grain filling rate. The varieties transplanted on June 30 showed low yields owing to the decrease in the grain filling rate. In contrast, the polyphenol content increased with increasing delay in the transplanting date. Collectively, these two results indicate that the optimum transplanting date was June 20. The average temperature for 30 days after the heading date (30DAH) highly affected the polyphenol content. A lower temperature during the 30DAH induced higher polyphenol contents but also caused low yield. The optimum 30DAH temperature for obtaining a higher yield and polyphenol content was 22~23°C. Using the average 30DAH and accumulated temperatures, the optimum transplanting date was calculated as June 18 to 24 in Miryang region. The optimum transplanting date of Kyeungsangnamdo region was approximately mid-June to early July, and that of Kyeungsangbukdo region was approximately early to mid-June.

Keywords : accumulated temperature, grain filling rate, polyphenol, red rice, transplanting date

최근 먹거리와 건강에 관한 높은 관심에 힘입어 건강 기능성 곡물에 대한 소비자의 관심이 높아지고 있으며 특히 흑미와 적미로 대표되는 건강 기능성 유색미에 대한 관심이 매우 높아졌다. 이는 먹거리와 건강에 대한 국민들의 관심이 높아졌을 뿐만 아니라 쌀 소비량 감소에 따른 벼 재배시장과 소비시장의 안정적으로 확보라는 측면에서 농민들의 관심이 증가하였기 때문이기도 하다. 이러한 수요에 맞물려 안토시아닌, 폴리페놀과 같은 건강 기능성 물질을 함유한 유색미 품종들이 다양하게 육성되어 소비자와 농민의 수요를 충족해 나가고 있다.

일반적으로 유색미는 색소인 플라보노이드 구성성분 차이에 의해 안토시아닌을 주로 함유한 흑미와 프로안토시아니딘을 주로 함유한 적미로 나뉜다(Chen *et al*., 2012; Min *et al*., 2011; Ryu *et al*., 1998; Yawadio *et al*., 2007). 폴리페놀로 통칭되는 이러한 물질들은 벼의 종피에 존재하는 색소로써 벼 종자의 색을 결정하며 항산화작용을 하는 물질로 잘 알려져 있다(Nam *et al*., 2006; Oki *et al*., 2002). 적미의 주요 색소 성분은 프로안토시아니딘으로 그 중 주요 물질로 카테킨과 에피카테킨 등이 알려져 있으며 프로안토시아니딘은 흑자색을 띠는 안토시아닌과 다르게 기본적으로 무색으로 존재하며 산화되어 다른물질과 복합체가 되었을 때 적색을 나타내는 것으로 알려져 있다(Finocchiaro *et*

[1)]농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 (Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea)
[2)]농촌진흥청 (Rural Development Administration, Junju 54875, Korea)

[†]Corresponding author: Bae Hyun Kyung; (Phone) +82-10-2833-2131; (E-mail) dadaeboy@korea.kr
<Received 28 April, 2017; Revised 12 June, 2017; Accepted 14 June, 2017>

© 본 학회지의 저작권은 한국작물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

al., 2007; Gunaratne *et al*., 2013; Qiu *et al*., 2010). 이러한 적미의 종피에 함유된 항산화물질들은 심혈관질환 및 당뇨를 방지하고 콜레스테롤을 제거하는 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Tian *et al*., 2011; Stephen *et al*., 2016).

이러한 유색미를 재배할 때 항산화물질의 함량을 증가시키는 환경요인으로 광, 온도, 이산화탄소 등이 영향을 끼치며 등숙기의 온도가 가장 크게 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다(Kim *et al*., 2013; Lee *et al*., 2008). Oh *et al*. (2015)에 의하면 유색미 재배에 있어서 기능성물질의 함량은 평균기온 19°C 이상인 조건에서 평균기온이 증가할수록 그 양이 감소하며 함량을 증대시키기 위한 최적등숙온도는 21~23°C 라 하였다. 미래에 온난화에 의해 CO_2 가 증가하면 항산화물질의 생산은 감소할 것이라는 보고도 있다(Goufo *et al*., 2014).

지금까지는 대부분의 벼 재배연구는 수량 향상에 초점을 맞추어 진행되어왔다. 하지만 기능성 품종의 경우 농민의 입장에서는 높은 수량을 내는 재배법을 필요로 하겠지만 소비자 입장에서는 기본적으로 그 품질에 의해 구매도가 올라가기 때문에 재배의 초점을 수량 중심에서 좀더 품질로 이동할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 네가지 품종의 적미를 이용하여 높은 현미수량 및 폴리페놀 함량을 가진 고품질 적미를 생산할 수 있는 이앙적기를 설정하기 위해 실시하였다. 네 가지 품종의 적미를 네시기의 이앙시기로 나누어 가장 높은 수량의 적미를 가장 고품질로 생산하기 위한 등숙온도 및 적산온도를 구명하여 경상도 지방의 최적 적미 이앙기를 설정하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

본 시험은 적미 품종인 적진주, 적진주찰, 홍진주, 건강홍미 등 4종을 시험재료로 사용하여 2015부터 2016년까지 2년간 밀양시에 위치한 국립식량과학원 남부작물부 시험 포장에서 실시하였다. 농촌진흥청 표준재배법에 의거 재배하였으며 이앙기는 각각 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일, 6월 30일 이었고 30일 중묘를 1주에 3본씩을 손이앙 하였다. 5월 20일, 6월 5일 이앙한 처리구의 재식거리는 30 × 15 cm 였고 6월 20일, 6월 30일에 이앙한 처리구의 재식거리는 30 × 12 cm 였다. 비료는 10a 당 시험구별로 질소-인산-칼리를 9-4.5-5.7 kg 처리하였다.

폴리페놀 분석

적미의 총폴리페놀함량 분석은 Folin-Ciocalteau colorimetric method (Choi *et al*., 2006)을 이용하여 분석하였다. 분쇄된 시료 1 g에 80 % 메탄올 20 mL를 가하여 30°C에서 24시간 진탕 추출한 다음 여과하여 추출물 10 µL에 2% Na_2CO_3 200 µL를 가하고 3분간 방치한 후 50% Folin-ciocalteu reagent 10 µL를 첨가하였다. 30분 후 750 nm에서 spectrophotometer (Versa max, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA)로 흡광도를 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였다. 통계 프로그램을 이용하여 평균 및 분산분석을 실시하고 Duncan의 다중 검정방법(DMRT)를 이용하여 α=0.05 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

수량 및 수량구성요소

수량구성요소 중 이앙시기 변화에 따라 가장 크게 달라지는 요인은 등숙률이었다. 품종별로 약간의 차이를 보였으나 건강홍미, 적진주, 적진주찰 등 세 품종의 경우 5월20일 및 6월 5일에 이앙했을 때 등숙률이 73.7~87.6%로 높았고 6월 20일 에 이앙했을 때 62.1~85.0%로 낮아지기 시작해 6월 30일에 이앙한 경우 52.8~79.9%로 큰 폭으로 하락하여 현미수량에 큰 영향을 주었다. 네 가지 품종 중 홍진주는 유일하게 이앙기 변화에 따른 등숙률에 유의미한 변화가 없었다. Lee *et al*. (2008) 의 결과에 따르면 흑미의 경우 5월 10일~6월10일 사이에 이앙하였을 때 등숙률의 차이는 없었는데 이는 6월 20일 이후 이앙했을 때 등숙률이 낮아지는 본 실험의 결과와 일치하였다. 수당립수의 경우 건강홍미, 적진주에서는 이앙시기가 늦어질 수록 증가하는 경향을 보여주었으며 적진주찰과 홍진주에서는 이앙시기에 따른 차이가 없었다. 수수 및 천립중은 네 품종 모두에서 이앙시기에 따른 차이를 볼 수 없었다(Table 1). 건강홍미, 적진주, 홍진주는 6월 20일에 이앙하였을 때 각각 606 kg/10a, 593 kg/10a, 560 kg/10a로 현미수량이 가장 높았고 적진주찰은 6월 30일에 이앙하였을 때 506 kg/10a로 현미수량이 가장 높았다. 6월 20일에 이앙시에 최고 수량을 보여준 세 품종은 6월 30일 이앙하였을 때 현미수량이 모두 감소하였다. 앞서 밝힌 것과 같이 대부분의 경우 늦은 이앙시기에 의한 수량감소는 등숙률 저하에 의한 것 이었는데 홍진주의 경우 다른 품종들과 다르게 수수 저하에 의한 수량 감소를 보였다(Table 2).

Table 1. Yield components of four red-colored rice varieties by transplanting date change.

Cultivar	Transplanting date	Heading date	No. of tiller	No. of spikelet	Grain filling rate (%)	1000 grain weight (g)
Gunganghongmi	5.20	8.14	16.9[a]	83.8[a]	87.3[a]	21.8[b]
	6.5	8.20	14.9[b]	83.7[a]	87.6[a]	22.5[a]
	6.20	8.27	15.7[b]	88.0[a]	85.0[a]	22.3[ab]
	6.30	8.30	15.0[b]	91.2[a]	79.1[b]	22.0[ab]
Jeokjinju	5.20	7.23	15.7[a]	77.3[b]	83.7[a]	20.7[b]
	6.5	8.4	13.0[b]	99.5[a]	85.0[a]	21.0[ab]
	6.20	8.16	12.3[b]	99.8[a]	82.8[a]	21.4[a]
	6.30	8.24	12.3[b]	99.3[a]	79.9[a]	21.7[a]
Jeokjinjuchal	5.20	8.5	13.9[a]	135.0[a]	74.2[a]	17.7[a]
	6.5	8.13	14.0[a]	131.5[a]	73.7[a]	16.6[b]
	6.20	8.24	13.4[a]	126.8[a]	62.1[b]	17.9[a]
	6.30	9.1	11.6[b]	138.2[a]	52.8[c]	18.1[a]
Hongjinju	5.20	8.3	16.3[a]	92.2[a]	91.1[a]	20.9[a]
	6.5	8.13	13.6[b]	89.5[a]	87.8[a]	20.9[a]
	6.20	8.24	15.4[a]	93.0[a]	87.7[a]	22.1[a]
	6.30	8.28	13.4[b]	83.2[a]	86.8[a]	21.5[a]

*Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level as determined using DMRT.

Table 2. Average temperature of 30 days after heading date (30DAH), brown rice yield, and polyphenol content variation of red-colored rice cultivar based on transplanting date change.

Cultivar	Transplanting date	30 DAH Temp. (°C)	Brown rice yield (kg/10a)	Polyphenol content (mg/100g)	Polyphenol yield (g/10a)
Gunganghongmi	5.20	25.5	545[b]	416[b]	2,236[b]
	6.5	24.5	574[ab]	466[ab]	2,662[ab]
	6.20	22.9	606[a]	482[ab]	2,927[a]
	6.30	22.1	560[ab]	502[a]	2,853[a]
Jeokjinju	5.20	28.0	479[b]	365[c]	1,737[b]
	6.5	26.9	543[ab]	362[c]	1,989[b]
	6.20	24.8	593[a]	473[b]	2,815[a]
	6.30	23.1	528[ab]	570[a]	3,029[a]
Jeokjinjuchal	5.20	26.9	457[ab]	317[c]	1,460[b]
	6.5	24.9	436[b]	391[b]	1,711[b]
	6.20	23.3	457[ab]	461[a]	2,341[a]
	6.30	22.0	506[a]	498[a]	2,254[a]
Hongjinju	5.20	26.1	486[ab]	440[b]	2,161[b]
	6.5	25.2	449[b]	491[ab]	2,238[b]
	6.20	23.5	560[a]	581[a]	3,349[a]
	6.30	22.0	482[ab]	604[a]	2,946[ab]

*Values with the same letter in columns are not significantly different at 5% level as determined using DMRT.

출수 후 평균기온에 따른 폴리페놀 함량

네 품종 모두 이앙시기가 늦어질수록 폴리페놀의 함량이 증가하였다. 이는 등숙기의 평균기온이 낮아짐에 따라 폴리페놀의 함량이 증가한 것으로 보인다. 5월 20일에 이앙한 시험구의 출수기 이후 30일간 평균기온은 25.5~28.0°C로 이때 폴리페놀의 함량은 317~440 mg/100g이었다. 6월 30일에 이앙한 시험구의 출수기 이후 30일간 평균기온은 22.0~23.1°C로 5월 20일에 이앙한 시험구 보다 3.4~4.9°C 정도 평균온도가 낮아졌고 폴리페놀 함량은 498~604 mg/100g으로 5월 20일에 이앙한 시험구보다 86~205 mg/100g 정도 높았다(Fig. 1). 이렇게 얻어진 폴리페놀 함량과 현미수량을 함께 고려한 단위 면적당 폴리페놀 생산량은 6월 20일 이앙구가 현미수량과 폴리페놀 함량이 모두 높아 2,341~3,349 g/10a 정도였고 6월 30일 이앙구는 폴리페놀의 함량은 높지만 현미수량이 감소하여 폴리페놀 생산량은 2,254~3,029 g/10a로 6월 20일 이앙구에 비해 약간 감소하였지만 큰 차이는 없었다. 적진주의 경우 6월 30일 이앙구에서 가장 높은 폴리페놀 생산량을 보였는데 이는 적진주의 출수기가 나머지 세 품종에 비해 4~7일 정도 빨라서 출수 후 30일간 평균기온이 다른 품종의 6월 20일 이앙구와 비슷하였기 때문이다(Table 2).

출수 후 30일간 평균기온에 따른 적미 이앙시기 추정

등숙기인 출수 후 30일간의 평균기온과 폴리페놀 함량간의 관계를 회귀분석을 통해 분석하면 평균기온이 낮아질수록 폴리페놀 함량이 높아지는 직선적 경향을 보여주었다(Fig. 2). 하지만 등숙기의 일정 수준 이하의 저온은 현미수량을 저하시키기 때문에 위 결과에서 최적 폴리페놀 생산량을 보인 6월 20일 이앙구의 출수 후 30일간 평균기온인 약 22~23°C가 최적 등숙온도로 보인다. 이러한 결과는 출수 후 평균기온이 약 22°C 정도 일 때 최적 등숙률 및 천립중 을 보인다는 기존의 연구결과와 일치하며 일반미와 유색미가 유사한 최적 등숙온도를 요하였다(Choi *et al*., 2011; Yang *et al*., 2015). 이렇게 구해진 최적 등숙온도와 기상청의 2011~2015년의 5년간 경상도에 위치한 15개 주요 시군별 평균기온을 기준으로 등숙기의 30일간 평균온도가 22~23°C가 되는 출수기를 추정하였다. 경상남도 밀양시의 경우 8월 20일~8월 26일, 경상북도 상주시의 경우 8월 9일~8월 16일이 최적 출수기였다. 경상도 내의 15개 시군 중 출수기가 가장 늦어도 되는 곳은 김해시로 9월 1일~ 9월 7일이었고 출수기가 가장 빨라야 하는 곳은 상주시였다. 이렇게 추정한 지역별 최적 출수기와 2년간 실험을 통해 계산된 평균 출수소요적산온도 약 1,660°C 및 5년간의 평균기온 데이터를 통해 지역별 이앙적기를 추정하였다. 추정한 지역별 최적 이앙적기는 밀양시가 6월 18일~6월 24일, 최적 출수기가 가장 빠른 상주시가 5월 29일~6월 7일, 최적 출수기가 가장 늦은 김해시가 7월 2일~7월 8일 순이었다. 경상남도 지역의 경우 6월 중순에서 7월 초가 경상북도 지역의 경우 6월초에서 6월 중하순이 최적 이앙기였다(Table 3). Kim *et al*. (2016)에 따르면 남부 평야지에서 유색미의 최적 이앙기는 흑미 적미에 상관없이 6월 14일이라 하였는데 이는 이앙시기를 6월 2일과 6월 14일로 한정하여 산출한 결과여서 등숙기 평균기온으로 추정한 6월 18일이 보다 정확한 이앙적기로 보인다.

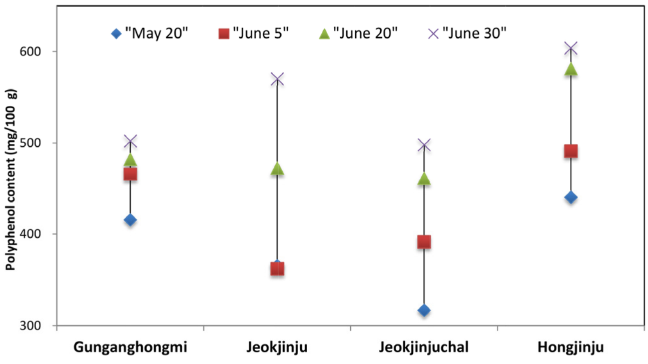

Fig. 1. Polyphenol contents of four red-colored rice varieties according to transplanting date. Every variety showed higher polyphenol content following late transplantation. In Jeokjinju, rice transplanted on May 20 and June 5 showed similar polyphenol content.

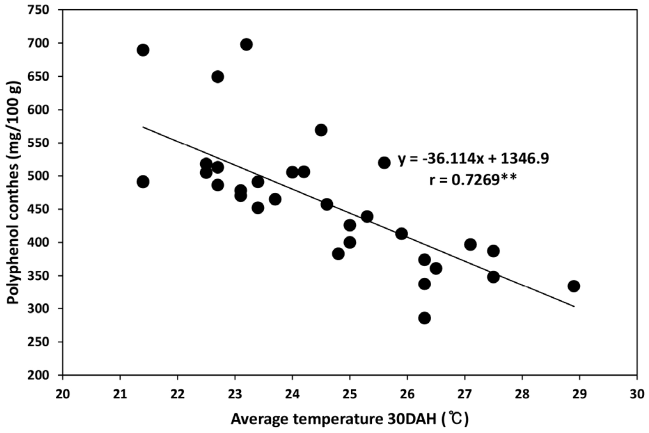

Fig. 2. Correlation analysis between average temperature of 30 days after heading date (30DAH) and polyphenol contents of red-colored rice. Average temperature and polyphenol content showed negative correlation.

Table 3. Estimated optimal transplanting date by average temperature of 30 days after heading date (30DAH) and accumulated temperature in the Kyeongsangdo region.

Region	Heading date	Transplanting date
Miryang	8.20~8.26	6.18~6.24
Jinju	8.22~8.28	6.17~6.24
Namhae	8.28~9.2	6.25~7.1
Hapcheon	8.22~8.27	6.19~6.24
Sancheong	8.18~8.24	6.13~6.19
Geochang	8.13~8.20	6.5~6.13
Gimhae	9.1~9.7	7.2~7.8
Daegu	8.29~9.2	6.29~7.3
Sangju	8.9~8.16	5.29~6.7
Andong	8.19~8.24	6.15~6.20
Yeongdeok	8.16~8.22	6.8~6.16
Yeongju	8.13~8.19	6.5~6.12
Mungyeong	8.12~8.19	6.4~6.12
Gumi	8.22~8.27	6.20~6.25
Yeongcheon	8.19~8.24	6.15~6.20

*30DAH temperature: 22~23°C, Average accumulated temperature: 1,660°C

적 요

본 실험은 적미의 재배에 있어서 고품질 고수량을 위한 적정이앙시기를 구명하기 위해 네 품종의 적미를 재료로 2015~2016년에 밀양에서 실시하였다.

1. 수량구성요소 중 이앙시기 변화에 따라 가장 크게 달라지는 요인은 등숙률이었고 6월 20일 이후 이앙하면 등숙률이 낮아져 현미수량이 하락하였다.
2. 6월 20일에 이앙했을 때 폴리페놀 함량과 현미수량을 종합한 폴리페놀 생산량이 2,341~3,349 g/10a로 가장 높았다.
3. 출수 후 30일간 평균온도가 낮을 수록 폴리페놀 함량은 증가하였으나 일정 수준 이하로 온도가 떨어지면 현미수량이 감소하였기 때문에 22~23°C 정도가 고품질 고수량 적미를 생산하기에 가장 적정한 온도였다.
4. 출수 후 30일간 평균온도가 22~23°C가 되는 시점을 최적 출수기로 하고 출수소요적산온도를 1,660°C로 하여 계산한 최적 이앙시기는 밀양시가 6월 18일~6월 24일 이었다. 경상남도 지역은 6월 중순에서 7월 초순, 경상북도 지역은 6월 초순에서 6월 중하순이 최적 이앙기였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 특수미 기능성 성분 최대생산을 위한 환경변이 연구, 세부과제번호: PJ00925704)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Chen, X. Q., N. Nagao, T. Itani, and K. Irifune. 2012. Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice. Food Chem. 135 : 2783-2788.

Choi, K. J., T. S. Park, C. K. Lee, J. T. Kim, J. H. Kim, K. Y. Ha, Y. W. Yang, C. K. Lee, K. S. Kwak, H. K. Park, J. K. Nam, J. I. Kim, G. J. Han, Y. S. Cho, Y. H. Park, S. W. Han, J. R. Kim, S. Y. Lee, H. G. Choi, S. H. Cho, H. G. Park, D. J. Ahn, W. K. Joung, S. I. Han, S. Y. Kim, K. C. Jang, S. H. Oh, W. D. Seo, J. E. Ra, J. Y. Kim, and H. W. Kang. 2011. Effect of temperature during grain filling stage on grain quality and taste of cooked rice in mid-late maturing rice varieties. Korean J. Crop Sci. 56(4) : 404-412.

Finocchiaro, F., B. Ferrari, A. Gianinetti, C. Dall'asta, G. Galaverna, F. Scazzina, and N. Pellegrini. 2007. Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing. Mol. Nutr. Food Res. 51 : 1006-1019.

Goufo, P., J. Pereira, N. Figueiredo, M. B. P. P. Oliveira, C. Carranca, E. A. S. Rosa, and H. Trindade. 2014. Effect of elevated carbon dioxide (CO_2) on phenolic acids, flavonoids, tocopherols, tocotrienols, γ-oryzanol and antioxidant capacities of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Cereal Science 59(1) : 15-24.

Gunaratne, A., K. Wu, D. Li, A. Bentota, H. Corke, and Y. Z. Cai. 2013. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins. Food Chem. 138 : 1153-1161.

Kim, S. K., J. H. Shin, D. K. Kang, S. Y. Kim, and S. Y. Park. 2013. Changes of anthocyanidin content and brown rice yield in three pigmented rice varieties among different transplanting and harvesting times. Korean J. Crop Sci. 58(1) : 28-35.

Lee, Y. S., J. K. Lee, S. Y. Lee, T. Yun, and S. H. Woo, 2008. Effects of different transplanting dates and agroclimatic zones on quality of brown rice and yield of a pigmented rice variety 'Josaengheukchal'. Korean J. Crop Sci. 53(S) : 9-14.

Min, B., L. Gu, A. M. McClung, and M. H. Chen. 2011. Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color. J. Food Sci. 76 : 117-126.

Nam, S. H., S. P. Choi, M. Y. Kang, H. J. Koh, N. Kozukue,

and M. Friedman. 2006. Antioxidative activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars. Food Chem. 94 : 613-620.

Oki, T., M. Masuda, M. Kobayashi, Y. Nishiba, S. Furuta, I. Suda, and T. Sato. 2002. Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. J. Agric. Food Chem. 50 : 7524-7529.

Qiu, Y., Q. Liu, and T. Beta. 2010. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. Food Chem. 121 : 140-147.

Ryu, S. N., S. Z. Park, and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. Food Drug Anal. 6 : 729-736.

Stephen, M. B., W. D. Kim, N. H. Chen, H. Cao, and L. H. Mark, 2016. Antidiabetic potential of purple and red rice (*Oryza sativa* L.) bran extracts. J. Agri. Food Chem. 64(26) : 5345-5353.

Tian, L., H. Wang, A. M. Abdallah, W. Prinyawiwatkul, and Z. Xu. 2011. Red and white wines inhibit cholesterol oxidation induced by free radicals. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59 : 66453-66458.

Yang, W. H., K. J. Choi, J. Y. Shon, S. G. Kang, S. H. Shin, K. B. Shim, J. H. Kim, H. Y. Jung, J. H. Jang, J. S. Jeong, C. Y. Lee, Y. T. Yun, S. J. Kwon, K. N. An, J. H. Shin, and S. M. Bae. 2015. Effects of temperature and sunshine hours during grain filling stage on the quality-related traits of high quality rice varieties in Korea. Korean J. Crop Sci. 60(3) : 273-281.

Yawadio, R., S. Tanimori, and N. Morita. 2007. Identification of phenolic compounds isolated from pigmented rice and their aldose reductase inhibitory activities. Food Chem. 101 : 1616-1625.