조생 C3G색소 고함유 벼 품종 ‘빠른슈퍼자미’

함태호¹ · 권순욱² · 류수노^{1*}

¹한국방송통신대학교 자연과학대학 농학과

²부산대학교 생명자원과학대학 식물생명과학과

A Early Maturing and High Contents of Cyanidin 3-glucoside(C3G) Rice Variety ‘Pareunsuperjami’

Tae-Ho Ham¹, Soon Wook Kwon², and Su-Noh Ryu^{1*}

¹Dept. of Agricultural Science, Korea National Open University, Seoul 03087, Korea

²Dept. of Plant Bioscience, Pusan National University, Miryang 46241, Korea

Abstract : ‘Pareunsuperjami’, a early maturing and blackish purple pigmented rice cultivar, was developed from a cross between Heugjinju and Suwon 425. During selected by pedigree breeding method until F₈ generation, a promising line, C3GM(CG2-2-70-1-1-3-2-B), was selected and advanced by early maturing and contents of cyanidin 3-glucoside. Advance line designated as the name of ‘KNOU 3’. This variety headed on July. 30, 115 days to heading after sowing. The culm length and the panicle length of ‘Pareunsuperjami’ was 63.5cm and 21.3cm, respectively. The number of panicle per hill was 9.4 and the number of grain per panicles was 98.0. The ratio of fertility of ‘Pareunsuperjami’ was about 80.5% and 1,000-grain weight was about 18.8 g, heavier than that of ‘Heugjinju’. ‘Pareunsuperjami’ has 3~4 times higher Cyanidine-3-glucoside(C3G) contents compared with ‘Heugjinju’.

Keywords : Early maturing, Pigmented rice, Anthocyanin, Cyanidin 3-glucoside

서 언

쌀은 세계적인 주곡 작물로 아시아에서는 중요 영양 공급원이 다. 그럼에도 세계적으로 쌀의 재배면적과 쌀 생산량은 급격히 줄어들고 있고, 생산과 소비, 가격, 개방화, 정책 등에서 많은 변화가 나타나고 있다. 1995년 이후 DDA와 FTA 협상체결의 확대로 시장 개방이 확대되었고, 재배기상환경의 잦은 변화(Heo & Lee 2006)로 인해 풍작과 흉작을 반복하며 기상환경에 의해 소득이 좌지우지되는 경우가 발생하고 있다. 다양한 먹거리 등장과 서구화되는 식생활로 인해 1인당 연간 쌀 소비량은 1970년 (136.4 kg)을 정점으로 점차 줄어들어 2014년에는 65.1kg 수준으로 감소하였다(Shin et al. 2015). 더구나 현대인들은 개인 건강 등에 관심이 많아지면서 유색미, 향미 등 기능성쌀 품종에

많은 관심을 가지고 있다. 최근의 벼 육종은 쌀 소비를 촉진을 위한 다양한 가공방법과 이에 따른 품종의 특성연구(Oh et al. 2010), 지역별 쌀 품질(Lee et al. 2005)과 같이 수량증대, 품질향상, 가공적성을 중요 목표로 삼고있다. 또한 재배안정성 확대뿐만 아니라, 특수용도 적성 품종육성 또한 중요한 목표로 자리매김 되었다.

쌀의 현미층에는 oryzanol, phytic acid, ferulic acid, arabinoxylan, arabinogalactan 등과 같은 다양한 유용성분이 포함되어 있고, ‘슈퍼자미’ 등의 기능성 쌀은 안토시아닌 계열의 특정 색소 함량이 높아 일반 벼 품종에 비해서 높은 생리활성을 기대할 수 있는 소재로서 주목을 받고 있다(Cho et al. 1996, Kim et al. 2011, Kwon et al. 2011, Ryu 2014, Xia et al. 2003).

우리나라 생태형별 벼 재배면적은 조생종 11.8%, 중생종 5.2%, 중만생종 83.0%로 중만생종 벼의 집중출하로 인해 쌀값 및 쌀품질 하락의 문제를 야기하고 있다(Shin et al. 2015). 다양

*Corresponding author (E-mail: ryusn@knou.ac.kr, Tel: +82-2-36 68-4631)

(Received on October 6, 2016. Accepted on November 2, 2016.)

한 기후 및 지역 적응을 위해 조생이면서, 종피의 C3G 함량을 극대화시킨 ‘빠른슈퍼자미’(품종보호권 등록번호 : 제5631호, 2015. 6. 29) 벼 품종의 작물학적 특성과 품질 특성을 규명하고 이를 활용하여 기능성 소재 및 건강 기능성 식품을 위한 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

생산력검정

본 시험은 계통명 ‘KNOU 3호’를 2011~2013년까지 3년간 중부평야 지역에서 보통기 표준재배를 하여 대조품종 ‘흑진주벼’의 주요 농업형질과 종피색소 특성을 비교 검토하였다. 각 지역에서 공시 품종을 4월 28일에 파종하여 5월 27일에 이양하였으며, 재식거리는 30 x 15 cm로 주당 3본으로 하였다. 시비량 및 질소분시방법은 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다.

성분분석

1. 단백질함량

시료에 따라 0.3g~1g을 유산지에 취하여 kjeldahl flask에 분해 촉진제 $K_2SO_4 : Cu_2SO_4 \cdot H_2O(9:1)$ 와 진한 황산(98%) 20 mL를 넣고 최대 420°C에서 1.5~2 시간 분해하였다. 실온에서 냉각 후 flask에 H_2O 40 mL 과 32% NaOH 60 mL을 가하여 증류하였다. 3% Boric acid 90 mL에 NH_3 gas 를 포집하여 0.1N-HCl로 적정하였다. 단백질함량은 아래 수식으로 계산하였다(건강기능식품공전, 개별 성분별 시험법, 2011).

$$\text{단백질}(\%) = (A - B) \cdot f \cdot \text{질소계수} \cdot 0.0014 / S \cdot 100$$

A : 0.1N-HCl 소비량(mL), B : blank test의 0.1N-HCl 소비량(mL), f : 0.1N-HCl의 역가 = 1, S : Sample 채취량(g)

2. 지질함량

분말 2g을 원통여과지에 넣고 검체 위에 탈지면을 충전하여 용기에 담은 채로 100~105°C의 건조기에서 2~3시간 건조한 후, 데시케이터에서 식히고 soxhlet 추출장치로 추출하였다. 받는 그릇에 무수에테르 1/2용량을 넣어 8시간 추출 후, waterbath에서 에테르를 완전히 증발시킨다. 받는 그릇을 98~100°C 건조기에서 1시간 항량이 될 때까지 건조한 다음 데시케이터에서 식히고 정량하였다. 조지방 함량은 다음 식에 따라 산출하였다

(건강기능식품공전, 개별 성분별 시험법, 2011).

$$\text{조지방}(\%) = (W_1 - W_0) / S \cdot 100$$

W_0 : 받는 그릇의 무게(g), W_1 : 조지방 추출하여 건조시킨 받는 그릇의 무게(g), S : 시료량(g)

3. 탄수화물(carbohydrate)

시료 100g 중에서 수분, 조단백질, 조지방 및 회분의 양을 제외하여 얻은 양으로서 표시하였다(건강기능식품공전 시험법, 개별 성분별 시험법, 2011).

4. 열량(Calorie)

식품공전(건강기능식품공전 시험법, 개별 성분별 시험법, 2011) 계산법에 따라 시료 100g 중의 조단백질, 조지방 및 탄수화물 또는 당질 함량에 단백질 4, 지방 9, 탄수화물 4의 계수를 곱하고 각각의 에너지를 kcal단위로 산출하여 그 총계로 나타냈다.

5. 안토시아닌(C3G)함량

종피에 함유된 안토시아닌 색소 중 C3G의 함량분석은 Ryu et al.(1998)의 방법을 따랐다. 유색미 종지를 제현 후 곱게 마쇄한 분말 2 g에 0.1% trifluoroacetic acid (TFA)-95% EtOH 용매 20 mL를 가한 후 진탕 추출하였다. 추출액은 50 mL로 적정하여 0.45 μ m PVDF syringe filter로 여과한 후, HPLC (waters 501 pump, millipore gradient controller, waters 480 UV-Vis detector)를 이용하여 정량하였다. HPLC 분석은 ODS-5 (4.6 mm $\times$ 250 mm, Nomura Chemical Co., Japan) column을 이용하였고, 530 nm 파장으로 검량하였다. 이동상으로 0.1% TFA-water와 0.1% TFA-acetonitrile을 사용하였고, 유속은 1.0 mL/min이었다.

6. 무기성분

무기성분 중 Ca, K의 함량을 분석하기 위해 시료 1g을 각각 ICP 튜브에 담은 후 질산 5 mL을 넣고 150°C에서 습식분해법을 이용하여 전처리 하였다. ICP 분석기기를 사용하여 Ca, K 표준 시약 검량곡선을 이용하여 시료의 Ca, K 함량을 분석하였다.

결과 및 고찰

육성경위

1997년 ‘흑진주’와 ‘수원425호’를 인공교배하여 수확된 종자

Year	97	1998 ~ 2002	03	04	04/05	05	06	07	08	09	10~14
Generation	Cross	F ₁ F ₂ ~ F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆ ~F ₁₉
Heugjinju × Suwon 425	CG2	-2-70-1- 1-3-2-B (C3GM)	$\begin{pmatrix} 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 50 \end{pmatrix} \rightarrow$	$\begin{pmatrix} 1 \\ (2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 9 \end{pmatrix} \rightarrow$	$\begin{pmatrix} 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ (10) \\ \cdot \\ \cdot \\ 25 \end{pmatrix} \rightarrow$	$\begin{pmatrix} (1) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 6 \end{pmatrix} \rightarrow$	$\begin{pmatrix} 1 \\ \cdot \\ (3) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} \rightarrow$	$\begin{pmatrix} 1 \\ (2) \\ \cdot \\ 4 \end{pmatrix} \rightarrow$	KNOU 3	RYT ^z	

^z RYT : Replicated yield trial

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘Pareunsuperjami’

Fig. 2. Genealogical diagram of 'Pareunsuperjami'

를 CG2로 표기하여, 2002년까지 C3G 함량이 높은 계통 (C3GM, CG2-2-70-1-1-3-2)을 육성하였고(Fig. 1), 2003년 후대에서 출수기가 빠른 계통을 선발하여 2010년까지 매년 계통재배하면서 초형이 양호하고, 출수기가 빠르며, C3G 함량이 높은 ‘C3GM-E4-2-10-1-3-2’ 계통을 선발하였다. 선발된 계통은 ‘KNOU3’으로 명명하고, 2011년부터 2013년까지 생산력검정을 수행한 결과 기본적인 농업형질인 출수기, 간장, 수장, 현미천립중 등이 균일하고, C3G 함량이 높아 ‘빠른슈퍼자미’라고 명명하고 품종보호출원을 하였다. ‘빠른슈퍼자미’의 육성경위와 육성계보는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

출수기 및 주요 농업적 특성

‘빠른슈퍼자미’의 출수기는 중부평야 보통기 재배에서 7월

30일로 대조품종인 ‘흑진주’ 품종 보다 5일 정도 늦은 조생종 품종이다. ‘빠른슈퍼자미’의 간장은 63.5 cm로 ‘흑진주’ 보다 10 cm가량 작으며, 수장은 21.3 cm로 ‘흑진주’와 비슷하다. 포기당 이삭수는 9.4개로 ‘흑진주’와 비슷하고, 이삭당 벼알수는 98.0개로 ‘흑진주’보다 많았다. ‘빠른슈퍼자미’의 임실률은 78.4% 수준이고, 현미 천립중은 18.8 g으로 ‘흑진주’보다 약간 무거웠다(Table 1).

도정 및 품질특성

‘빠른슈퍼자미’의 현미길이는 5.91mm로 대조품종의 5.77mm에 비해 길고, 폭은 2.49 mm로 대조품종 2.46 mm와 비슷한 수준이다. ‘빠른슈퍼자미’의 장폭비는 2.37로 중원형이며, 정현 비율은 80.5%로 대조품종과 비슷하였다(Table 2, Fig. 3).

Table 1. Major agronomic traits and yield components.

Cultivar	Year	Heading date	Culm Length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle per hill	No. of grain per panicles	Brown rice 1000 grain weight (g)
Heugjinju	2011	July. 26	73.0	21.8	10.2	88.4	17.2
	2012	July. 25	75.0	21.0	9.0	82.0	17.0
	^z Average	July. 26	78.0 ±1.9	22.4 ±2.6	7.8 ±8.8	97.8 ±5.3	17.1 ±0.8
Pareunsuperjami	2011	Aug. 1	64.3	21.7	9.3	102.4	18.6
	2012	July. 29	62.6	20.8	9.5	93.6	19.0
	^z Average	July. 30	63.5 ±1.9	21.3 ±3.0	9.4 ±1.5	98.0 ±6.4	18.8 ±1.5

^z Values are expressed as means±CV.

Cultivar	Rough rice(mm)				Brown rice(mm)				Dehulling recovery (Brown/Rough) (%)
	Length	Width	Thickness	L/W ratio	Length	Width	Thickness	L/W ratio	
Heugjinju (a)	7.63	3.11	2.02	2.45	5.77	2.46	1.79	2.36	81.0
Pareunsuperjami (b)	8.42	3.26	2.58	2.16	5.91	2.49	1.79	2.37	80.5
(b) / (a)	1.10	1.05	1.28		1.02	1.01	1.00

Fig. 3. Grain(left) and brown rice(right) of 'Heugjinju' and 'Pareunsuperjami'.

성분함량

‘빠른슈퍼자미’ 현미 100g의 칼슘 함량은 10.64mg 으로 대조 품종에 비해 낮게 나타났으나, 칼륨 함량은 비슷한 수준으로 나타났다. 단백질함량은 8.6%로 대조품종에 비해 높았으나 지질함량은 2.0%로 대조품종의 2.5% 보다 낮았다. 회분함량 및 탄수화물 함량은 비슷한 수준으로 나타났다(Table 3).

Kim et al.(2003)은 현미와 백미의 아미노산 조성비는 유사하며, 국내 육성 5품종의 현미에서 필수아미노산의 비율은

36.8%~38.3%으로 보고한 바 있는데, '빠른슈퍼자미'의 필수아미노산 조성은 33.33%로 약간 낮은 결과를 보였다. 아미노산 조성비는 glutamine, asparatate, arginine, leucine 순으로 나타났으며, 필수아미노산 중 lysine, methionine 등은 대조품종인 '흑진주'에 비해 조성비가 높은 것으로 나타났다(Table 4).

또한 '빠른슈퍼자미'의 C3G 천연색소 함량은 현미 100g당 2011년에는 1,192 mg, 2012년에는 995 mg, 2013년에는 1,093 mg 으로 흑진주보다 3~5배 높은 것으로 확인되었다(Fig. 4).

Table 3. Mineral contents and physio-chemical properties of ‘Parensuperjami’.

Cultivar	Ca (mg/100g)	K (mg/100g)	Calorie (Kcal/100g)	Fat (g/100g)	Protein (g/100g)	Ash (g/100g)	Carbohydrate (g/100g)
Heugjinju	18.28±0.74	331.48±8.33	365	2.51	8.0	1.7±0.01	77.6
Pareun superjami	10.64±0.10	337.21±0.41	354	2.02	8.6	1.7±0.02	75.4

^z Values are expressed as means±SD.**Table 4.** Amino acid composition in brown rice of ‘Parensuperjami’.

Cultivar	Total (%)	Asp	Thr*	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Val*	Met*	Ile	Leu*	Tyr	Phe*	Lys*	His*	Arg	TEAA* (%)
Heugjinju (a)	100	10.05	5.00	5.79	20.87	3.51	4.84	6.20	6.28	1.00	4.25	8.94	2.94	5.70	2.66	2.55	9.30	32.13
Parensuperjami (b)	100	10.08	5.13	5.73	21.00	4.70	4.85	6.33	5.57	1.25	3.84	8.44	2.77	5.45	3.67	2.73	8.47	32.24
b/a		1.07	1.03	0.99	1.01	1.34	1.00	1.02	0.89	1.25	0.90	0.94	0.94	0.96	1.38	1.07	0.91	1.00

*TEAA : Total Essential Amino Acid

Fig. 4. Concentration of cyanidin 3-glucoside contents in ‘Parensuperjami’

적 요

전통적인 교배육종을 통하여 천연색소(C3G) 함량을 높인 ‘빠른슈퍼자미’의 작물학적 특성과 품질특성을 조사 분석한 결과, 중부평야지에서 평균출수기는 7월 30일로 조생종이며, 간장은 63.5 cm 정도로 단간이며 임실률은 78.0%였다. 현미천립중은 18.8 g 정도로 가벼운 품종이며, ‘빠른슈퍼자미’의 현미 장폭비는 2.58의 ‘흑진주’와 비슷한 중원형이다. 단백질함량은 8.6%, 지

질함량은 2.02%로 나타났으며, 현미 100g 당 Ca 함량과 K 함량은 각각 10.64mg, 337.21mg으로 나타났다. ‘빠른슈퍼자미’의 아미노산 조성비는 glutamine, aspartate, arginine, leucine 순으로 나타났으며, 필수아미노산 조성은 33.33%로 나타났다. 안토시아닌의 주 색소인 C3G 함량은 2011년에는 1,192 mg(100g 종자), 2012년에는 995 mg(100g 종자), 2013년에는 1,093 mg(100g 종자)으로서 ‘흑진주’ 보다는 3~5배 이상 높았다.

사 사

이 논문은 농촌진흥청 차세대바이오그린21사업(PJ00817602)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. Cho MH, Paik YS, Yoon HH, Hahn TR. 1996. Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Agr. Chem. & Biotech.* 39:304-308.
2. Health Functional Food Code. 2011. Ministry of Food and Drug Safety.
3. Heo IH, Lee SH. 2006. Changes of unusual temperature events and their controlling factors in Korea. *Kor. Geogrphical Sci.* 41:94-105.
4. Kim DJ, Choi SM, Kim HY, Kim JH, Ryu SN, Han SJ, Hong SG. 2011. Evaluation of biological activities of fermented rice bran from novel black colored rice cultivar Super C3GHi. *Kor. J. Crop Sci.* 56(4):420-426.
5. Kim MR. 2011. The Status of Korea's Rice Industry and The Rice Processing Industry. *Food Industry and Nutrition* 16:22-26.
6. Kim MS, Jeong JI, Jeong YH. 2003. Amino Acid Composition of Milled and Brown Rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(8):1385-1389.
7. Kwon SW, Chu SH, Han SJ, Ryu SN. 2011. A new rice variety 'Superjami' with high content of cyanidin 3-glucoside. *Kor. J. Breed.* 43(3):196-200.
8. Lee SH, Won JS, Ahn DJ, Choi KY, Lee WG, Park SD, Son JK. 2005. Comparison of rice quality according to agroclimatic regions in Gyeongbuk province. *Kor. J. Crop Sci.* 50(s):94-98.
9. Oh, SK, Kim DJ, Cheon AR, Yoon MR, Hong HC, Choi IS, Oh YJ, Oh KB, Kim YK. 2010. Quality evaluation of Juanbyeon as aseptic-packaged cooked rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 42(6):721-726.
10. Ryu SN. 2014. *Science of Functional Rice*. KNOU Press
11. Ryu SN, Park SZ, Ho CT. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *Journal of Food and Drug analysis* 6(4):729-736.
12. Shin WC, Kim WJ, Park HS, Kim BK, Kang UG, Nam MH, Kwak DY, Nam JK, HA KY, Baek MK, Kim KY, Kim DS, Lee JH, Park KH, Lim SJ. 2015. A Early-Maturing Rice Cultivar with High-Quality and Head Rice Milling Recovery Ratio, 'Ondami'. *Kor. J. Breed. Sci.* 47(4):448-453.
13. Xia M, Ling WH, Ma J, Kitts DD, Zawistoski J. 2003. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in Apolipoprotein E Deficient Mice. *J. Nutr.* 133:744~751.