건식 쌀가루 특성이 개선된 ‘미시루’의 농업적 특성

원용재¹ · 안억근^{1*} · 정국현¹ · 홍하철² · 현웅조¹ · 박향미¹ · 윤미라¹ · 이정희³ · 서정필¹ · 정응기¹ · 장재기⁴ ·
곽지은¹ · 오세관¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 국립농업과학원, ³농촌진흥청, ⁴농촌진흥청 국립원예특작과학원

Agricultural Characteristics of ‘Misiru’ with Improved Dry-Milling Rice Flour Trait

Yong-Jae Won¹, Eok-Keun Ahn^{1*}, Kuk-Hyun Jung¹, Ha-Cheol Hong², Ung-Jo Hyun¹, Hyang-Mi Park¹, Mi-Ra Yoon¹,
Jeong-Heui Lee³, Jung-Pil Seo¹, Eung-Gi Jeong¹, Jae-Ki Chang⁴, Ji-Eun Kwak¹, and Sea-Kwan Oh¹

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Republic of Korea

²National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

³Rural Development Administration (RDA), Jeonju 54875, Republic of Korea

⁴Dept. of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Republic of Korea

Abstract The rice cultivar ‘Misiru’, which is ideal for rice flour production by dry milling, was developed by the rice breeding team at the National Institute of Crop Science (NICS), Rural Development Administration (RDA), Korea, in 2017 to vitalize the rice processing industry. It is derived from a cross between ‘Daeripbyeol’ and ‘Seolgaeng’. ‘Misiru’ was grown on a middle plain area by ordinary cultivation methods. The heading date was on August 13, culm length was 85 cm, and there were 12 panicles and 112 spikelets per panicle. The ripened grain ratio was lower than that of ‘Hwaseong’; however, the 1,000 brown rice weight was 30.8 g, about 8 g heavier than that of ‘Hwaseong’. ‘Misiru’ showed medium resistance to blast but susceptibility to bacterial blight, viruses, and insect pests. It was resistant to lodging, whereas pre-harvest sprouting rate and cold tolerance were similar to those of ‘Hwaseong’. The milled rice appeared non-glutinous opaque, with opaque grain rate of 83.7%. The rice grain was soft and starch granules in the endosperm were of spherical type, similar to wheat. The grain contained 6.4% protein and 18.6% amylose (the content of the latter was similar to that in ‘Hwaseong’). However, its milled rice recovery rate was lower than that of ‘Hwaseong’. The average size of dry-milling rice flour was 64.4 μ m, and the rate of damaged starch was 5.2%, lower than that of ‘Hwaseong’. ‘Misiru’ milled rice yield was 5.66 MT/ha, 8% higher than the yield potential of ‘Hwaseong’. The cultivar ‘Misiru’ is thus suitable for rice flour production by dry milling (Grant No. 7682).

Keywords Rice, Dry-milling rice flour, Improvement, Misiru

Received on February 21, 2020. Revised on February 27, 2020. Accepted on March 18, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: okahn@korea.kr, Tel: +82-31-695-4027, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

우리나라 쌀 소비량은 지속적인 감소를 보여 2019년 연간 1인당 쌀 소비량은 59.2 kg 으로 60 kg 수준까지 붕괴되었는데, 다행인 것은 연말 재고량이 2018년 154만톤에서 2019년에는 90만톤으로 급감하여 재고미 관리에 대한 부담은 감소하였다 (KOSTAT 2020). 그렇지만 쌀 재고량은 연도별 풍흉에 따라 연차 변이가 커 소비량을 늘릴 수 있는 정책은 지속적으로 추진되어야 한다. 쌀 소비 재고를 위해서는 밥 이외 용도로 사용되는 쌀 가공산업이 확대되어야 한다. 희망적인 것은 가공용 쌀 소비량이 2018년 260만톤으로 2017년 대비 18.2% 증가하였고 지속적

인 증가 추세를 보인다는 것이다. 그러나 아직 우리나라는 가공업체가 영세하고 밀에 비해 원료곡 생산비 및 제분 비용이 높으며 쌀 제분 기술의 다양성이 부족한 상황이다. 일반적으로 사용되는 쌀 제분방법은 가루가 곱고 손상전분함량이 낮은 습식제분이다 (Chiang & Yeh 2002). 그러나 습식 제분으로 생산된 쌀가루는 생산시설에 따라 불균일하고 유통기간이 짧으며, 생산공정이 복잡하여 제분비용이 높은 단점이 있다(Yeh 2004). 따라서 이런 단점을 최소화 하기 위한 방법으로 기류식제분기를 사용한 건식 쌀가루 생산 방법이 대두되고 있다. 본 논문은 쌀알 강도가 약한 연질이면서 배유내 전분립 구조가 둥근 형태를 가지고 있는 건식 제분 전용 ‘한가루’ 보다 쌀가루 특성이 개선된 ‘미시루’를

개발하였기에 품종의 육성 경위 및 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재배방법 및 농업특성 조사

본 시험은 ‘수원604호’ 농업특성을 2016~2017년 2년간 중부평야지 4개 지역에서 보통기에 ‘화성’을 대비품종으로 비교 검토하였다(RDA 2016, 2017b). 파종은 4월 25일에 하였고, 이앙은 5월 25일에 30일모를 재식거리 30 × 15 cm로 주당 3분씩 손이앙하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 각각 성분량으로 9-4.5-5.7 kg/10a를 시비하였고, 질소는 기비 50%, 분얼비 20%와 수비 30%로 3회 분시 하였고, 인산은 전량 기비, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 2회 분시 하였다.

기타 재배관리와 수량구성요소, 수량성 및 도정특성은 농촌진흥청 신품종개발 공동연구사업 조사 기준에 준하여 실시하였다(RDA 2017a, 2018).

내병충성 검정

잎도열병검정은 12개 지역에서 발못자리에 파종하여 30일 후 이병성품종에 병이 확산되었을 때 계통들의 이병 정도를 조사하였다. 검정포장에 비료는 밀거름으로 21%N복합비료를 74 kg/10a, 추비는 1차로 파종12일에 요소 10 kg, 2차는 파종 20일에 요소 10 kg을 시비하였다. 흰잎마름병은 K1 (HB1013 군주), K2 (HB1014), K3 (HB1015) 및 K3a (HB1009) 균계를 최고분얼기에 개체별 가위로 잎의 끝부분을 잘라 접종한 후 30일 세균에 감염된 잎의 길이를 조사하여 이병정도를 판단하였다. 바이러스병은 검정실에서 유묘 본엽 2~3엽기에 보독충 접종을 3~4일간 실시하고, 접종 후 30일에 조사하였다.

쌀가루 특성 분석

건식쌀가루 특성 조사는 Yoon et al. (2016)의 방법에 따랐는데, 기류식제분기(Air-Classification Mill, ACM185, Hankook Crusher Co., Korea)를 이용하여 분쇄하였고, 제조된 건식쌀가루를 메시(mesh)별 체를 통과시켜 60~100 메시, 100~150 메시, 150~200 메시, 200~250 메시의 4가지 입도로 구분하여 입자크기는 입도분석기(Malvern Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd., UK)로 측정하였다. 쌀가루의 손상전분 함량은 Megazyme starch damage assay kit (Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland)를 사용하여 AACCC method 76-31에 의하여 분석하였다.

결과 및 고찰

육성 경위

국내 쌀가공산업 활성화를 위하여 개발된 건식 쌀가루 전용 벼 ‘미시루’는 2007년 하계에 중만생종 이면서 현미천립중이 34.8 g인 대립으로 쌀 튀김 적성이 확인된 ‘대립벼1호’(Choi et al. 1994)를 모본으로 사용하였고, 중만생종 고품질인 ‘일품’의 돌연변이로 뿐만아니게 특성을 가져 건식 쌀가루 생산에 적합한 쌀로 보고된 ‘설갱’을 부본으로 교배하여 SR31706교배번호를 부여하였다(Kwak et al. 2017, Hong et al. 2011). F₁ 38개체를 양성하였고, F₂ 750개체를 공시하여 F₃ 29개체를 선발하였으며 이후 F₇까지 계통으로 전개하여 주요 병해충 및 배유 특성을 검정한 결과 유망한 SR31706-6-1-2-1-1계통을 선발하였다. 선발된 계통에 대해 생산력검정 예비시험에서 특성이 우수하여 ‘수원604호’로 계통명을 부여하였다. 2016년과 2017년에 생산력검정과 지역적응시험을 동시에 수행한 결과 대립이면서 뿐만아니게 특성을 보였고, 건식 쌀가루 특성이 ‘한가루’(Won et al. 2019)보다 개선된 계통으로 인정되어 2017년 12월 농촌진흥청 직무육성신품종선정심의위원회에서 우리나라에서 두번째 자포니카형 건식쌀가루 전용 품종으로 선정됨과 동시에 대국민 품종명 공모를 실시하여 ‘미시루’로 명명되었다. ‘미시루’의 육성과정과 계보도는 Figs. 1, 2와 같다.

주요특성

1. 주요 농업적 특성

‘미시루’의 출수기는 중부평야지 보통기재배에서 평균 8월 13일로 ‘화성’보다 2일 늦은 중만생종이다. 간장은 85 cm로 ‘화성’보다 4 cm 작았다. 이삭길이는 22 cm, 주당 이삭수는 12개로 화성보다 2개 적고, 이삭당 입수는 112개로 ‘화성’보다 8개 정도 많았다. 등숙비율은 73.3%로 ‘화성’보다 낮았지만 현미 천립중은 30.8 g으로 ‘화성’보다 약 8 g 무겁다(Table 1).

2. 병해충 저항성

‘미시루’는 전국 12개 지역에서 실시한 잎도열병 발못자리 검정 결과 평균 5.2로 ‘화성’과 비슷한 중 정도를 보였고, 목도열병 이병수율은 익산에서 6.6%로 나타났지만 화성보다 낮았고, 밀양, 이천 및 진주에서는 거의 발병되지 않았다(Table 2). ‘미시루’는 흰잎마름병, 바이러스병 및 벼멸구에 대한 저항성이 없었다(Table 3). 복합내병성 및 내재해성은 쌀 가공 원료곡의 안전성 확보와 소비자의 건강을 위하여 갖춰야 할 특성이므로 앞으로

^zOYT: Observational yield trial^yRYT: Replicated yield trial^xLAT: Local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of 'Misiru'.

Fig. 2. Genealogical diagram of 'Misiru'.

Table 1. Major agronomic traits and yield components.

('16~'17, LAT^y)

Variety	Heading date	Culm length ^z (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of spikelet /panicle	Ratio of ripened grain (%)	1000-grain weight of brown rice (g)
Misiru	Aug.13 ^{ns}	85*	22 ^{ns}	12 ^{ns}	112*	73.3 ^{ns}	30.8**
Hwaseong	Aug.11	89	21	14	104	82.4	22.2

*Significant at 5% level, ** Significant at 1% level, ^{ns}Not significant^zLength from soil surface to panicle neck^yLocal Adaptability Test

개선이 시급한 과제이다.

3. 생리장애 저항성

‘미시루’는 불시출수 현상은 없었고, 성숙기 하엽노화가 느렸

으며 위조현상은 없었다. 냉수처리 결과 출수지연일수가 12일로 ‘화성’보다 2일 길었지만, 냉수구 임실율은 화성과 비슷하여 내랭성은 ‘화성’과 비슷한 정도를 보였다. 수발아검정에서 2016~2017년 2개년 평균 38.8%로 ‘화성’과 비슷한 정도를 보였다.

Table 2. Reaction to blast disease. ('16~'17, LAT)

Variety	Reaction to blast nursery test (0-9) ^z				Reaction to neck blast ^x		
	No. of tested sites ^y				(%)		
	R (0-3)	M (4-6)	S (7-9)	Mean	Icheon	Milyang	Iksan
Misiru	2	8	2	5.2	0.1	0.4	6.6*
Hwaseong	2	9	1	5.3	0.3	0.1	10.7

*Significant at 5% level

^zN fertilizer of blast nursery test: 240 kg/ha

^yR: Resistant, M: Moderately resistant, S: Susceptible

^xN fertilizer of neck blast test: 220 kg/ha

Table 3. Reaction to bacterial blight, virus disease and insect pests. ('16~'17, LAT)

Variety	Bacterial blight ^z				Virus diseases			Resistance to insects ^y	
	K1	K2	K3	K3a	Stripe (%)	Dwarf	BSD ^x	BPH	SBPH
Misiru	S	S	S	S	S (67.1)	S	S	S	S
Hwaseong	S	S	S	S	R (27.2)	S	S	S	S

^zR: Resistant, S: Susceptible

^yBPH: Brown planthopper, SBPH: Small brown planthopper

^xBSD: Black stripe dwarf

Table 4. Response to physiological and abiotic stresses. ('16~'17, LAT)

Variety	Premature heading (%)	Occurrence of wilting	Leaf senescence at maturing	Lodging in field	Cold tolerance ^z				Viviparous ^w Germination (%)
					Seedling stage (1-9) ^y	Heading delay (day)	Grain fertility (%)	PA ^x	
Misiru	0.0	Strong	Late	Strong	5	12 ^{ns}	31 ^{ns}	6	38.8 ^{ns}
Hwaseong	0.0	Strong	Late	Strong	4	10	32	6	36.3

^{ns}Not significant

^zCold tolerance was evaluated in Chuncheon cold-water (17°C) irrigated nursery

^yEvaluation at maximum tillering stage (1: tolerance; 9: susceptible)

^xPhenotypic Acceptability

^wGermination rate at 7 days after incubation

멥쌀과 다른 배유 특성을 보이는 찹쌀, 분질, 중간찰 및 연질 등 품종들이 수발아에 약한 특성을 보이는데 고품질 원료곡 생산을 위하여 이들의 개량에 대한 검토가 필요하다. ‘미시루’는 벼알이 굵고 이삭당 벼알수는 화성보다 약간 많지만 줄기가 굵어 포장에서 도복이 일어나지 않아 재배안전성은 갖춘 것으로 판단되었다(Table 4).

4. 미질, 도정 및 쌀가루 특성

‘미시루’의 입형은 현미 길이, 너비 및 두께가 모두 화성보다 크고 장폭비가 1.87인 중대립형이다. 백미 알칼리불포도는 6.5, 단백질함량은 6.4%로 높은 편이며, 아밀로스함량은 18.6%로 ‘화성’보다 낮았다(Table 5). ‘미시루’의 도정특성 중 제현율 및

현백률이 화성보다 낮아 도정률은 70.7%로 화성보다 5.4% 낮았는데 이는 배유가 경도가 낮은 연질 특성을 보여 도정과정에서 부서져 나타난 결과로 쌀가루율이 14.8%로 높은 것으로 판단할 수 있었다. 연질 특성의 쌀 도정률은 벼 수분함량을 낮추면 높일 수 있다는 결과를 보고한 바 있다(Lee et al. 2016). ‘미시루’의 분상질립률은 83.7%로 쌀 외관은 뽕안 멥쌀이었다(Table 6). 한편 배유내 전분구조가 밀과 같이 둥글고(Fig. 3), 건식 쌀가루의 입자는 평균 64.5 μm로 한가루보다 작고, 손상전분율이 5.24%로 낮아 ‘한가루’보다 개선된 특성을 보였을 뿐 만 아니라 부분으로 사용한 ‘설갱’과 같이 쌀가루에 적합한 건식 쌀가루 생산이 가능하여 앞으로 쌀 가공산업에 이용할 수 있을 것으로 기대된다(Table 7).

Table 5. Physico-chemical properties of 'Misiru'.

('16~'17, LAT)

Variety	Brown rice				White core/velly	Alkali digestive value (1~7)	Protein content (%)	Amylose content (%)
	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	L/W ratio				
Misiru	5.54 [*]	3.05 [*]	2.56 [*]	1.87 ^{ns}	opaque	6.5	6.4 [*]	18.6 ^{ns}
Hwaseong	5.07	2.80	2.23	1.79	0/1	6.3	5.6	19.2

^{*}Significant at 5% level, ^{ns}Not significant**Table 6.** Characteristics related to milling quality.

('17, LAT)

Variety	Milling recovery ratio (%)			Broken rice grain ratio (%)	Opaque rice grain ratio (%)
	Brown/rough	Milled/brown	Milled/rough		
Misiru	81.8 ^{ns}	86.4 ^{ns}	70.7 [*]	14.8 ^{**}	83.7 ^{**}
Hwaseong	83.7	90.9	76.1	2.7	5.7

^{*}, ^{**}Significant at 5% and 1% level, ^{ns}Not significant**Table 7.** Characteristics related to dry-milling rice flour.

('17, LAT)

Variety	Mean particle size (μm)	Damaged starch rate (%)	Grain hardness ^z (kg)	Starch granule structure
Misiru	64.5 [*]	5.24 [*]	2.2 [*]	Spherical
Hangaru	71.0	6.42	2.6	Spherical
Hwaseong	71.6	9.35	3.3	Polygon

^{*}Significant at 5% level^zHardness at 16% grain moisture content **Fig. 3.** Scanning electron microscope (SEM) photographs of the cross section of rice endosperm of 'Misiru' (A), 'Hangaru' (B), 'Seolgaeng' (C) and 'Daeriphyeo1' (D).

Table 8. Yield potential of ‘Misiru’ on local adaptability test.

('16~'17, LAT)

Cultivation	Region	No. of tested sites	Average milled rice yield (MT/ha)						Index (A/B)
			Misiru			Hwaseong			
			'16	'17	Ave. (A)	'16	'17	Ave. (B)	
Ordinary	Middle plain area	4	5.59	5.74	5.66 ^{ns}	5.37	5.16	5.26	108
	Average	-	5.59	5.74	5.66 ^{ns}	5.37	5.16	5.26	

^{ns}Not significant

5. 수량성

‘미시루’의 백미수량은 2016~2017년 2개년 간 실시한 지역적 응시험 결과 중부평야지 4개소 보통기 보비재배에서 평균 쌀수량이 5.66 MT/ha로 ‘화성’ 대비 8% 증수된 수량성을 보였지만 원료곡 생산비 절감을 위하여 앞으로 개발될 품종은 다수성품종 수준으로 수량을 높이는 노력을 해야 할 것이다(Table 8).

재배상의 유의점

‘미시루’는 질소질 비료 과용 시 출수 지연, 등숙저하, 숙색불량 및 병해충 발생이 우려되므로 적정 균형시비가 필요하다. 특히 도열병, 흰잎마름병, 바이러스병 및 멸구류에 저항성이 없으므로 적기 기본방제가 필요하다. 벼알이 중대립이므로 조기 낙수 시 등숙이 불량하여 불완전미 발생 및 도정수율이 낮아질수 있다. 또한 내랭성이 약하므로 냉수용출답이나 극만식재배를 피하고, 등숙기에 수발아의 위험이 있으므로 적기 이앙 및 수확해야 한다.

적 요

‘미시루’는 쌀 가공산업 활성화를 위한 건식 쌀가루 전용 품종 육성 목적으로 2017년 국립식량과학원 육종팀이 개발하였다. 미시루는 ‘대립벼1호’를 모본으로, 뽕안매 특성을 가진 ‘설갱’을 부분으로 교배한 후대에서 육성되었다. ‘미시루’의 출수기는 중부평야지 보통기재배에서 8월 13일로 ‘화성’보다 2일 늦은 중만생종이다. 벼 키는 85 cm였고, 주당이삭수는 12개이며, 이삭당 입수는 112개였다. 등숙비율은 ‘화성’보다 낮았지만 현미천립중은 30.8 g으로 화성보다 8 g 정도 무겁다. ‘미시루’는 도열병에 중정도이지만, 흰잎마름병, 바이러스병 및 해충에 저항성은 없었다. ‘미시루’는 도복에 강하지만, 수발아와 내랭성은 ‘화성’과 비슷한 정도를 보였다. ‘미시루’의 쌀은 분상질립률이 83.7%인 뽕안매이었다. 쌀의 경도는 연질이고, 배유내 전분립구조는 밀과 같은 둥근형태였다. 단백질함량은 6.4%이고 아밀로스함량은

18.6%로 ‘화성’과 비슷하였지만, 도정률은 70.7%로 ‘화성’보다 낮았다. 건식 쌀가루 평균 입도는 64.5 μ m, 손상전분함량은 5.24%로 ‘화성’보다 낮고, ‘한가루’보다 더 낮아 쌀가루에 적합한 쌀가루였다. ‘미시루’는 중부평야지에서 평균 쌀수량이 5.66 MT/ha로 화성보다 8% 증수된 수량성을 보였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 쌀 용도다양화를 위한 맞춤형 벼 품종개발, 세부과제번호: PJ01315003)의 지원으로 수행된 결과의 일부입니다. ‘미시루’ 육성에 적극 협력하여주신 국립식량과학원 벼 육종 연구팀 및 각 도농업기술원 지역적응 시험 담당자들과 농촌진흥청 연구정책과 관계관 여러분께 깊이 감사 드립니다.

REFERENCES

- Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35: 85-94.
- Choi HC, Kim YG, Cho SY, Moon HP, Park RK, Park NK, Kim KW, Shin YS, Choi YG, Kim YS. 1994. A new large-grain rice cultivar “Daeriphyeol”. *Korean J Breed Sci* 26: 453.
- Hong HC, Moon HP, Choi HC, Hwang HG, Kim YG, Kim HY, Yea JD, Shin YS, Choi YH, Baek MK, Yang CI, Choi IS, Ahn SN, Yang SJ. 2011. A lodging-tolerant, opaque rice cultivar ‘Seolgaeng’. *Korean J Breed Sci* 43: 532-537.
- KOSTAT. 2020. The 2019 results of grain consumption survey. pp. 1-14.
- Kwak JE, Yoon MR, Lee JS, Lee JH, Ko SH, Tai TH, Won YJ. 2017. Morphological and starch characteristics of the japonica rice mutant variety ‘Seolgaeng’ for dry-milled flour. *Food Science and Biotechnology* 26: 43-48.
- Lee JH, Yon YJ, Ahn EK, Jeong EG, Jung KH, Jeon YH,

- Lee SB, Ha WG, Chang JK, Lee JH. 2016. Milling characteristics at low moisture content in Korean rice varieties. *In* Proceedings of the 7th International Crop Science Congress. p. 199.
7. Rural Development Administration (RDA). 2016. 2016 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 4-49.
 8. Rural Development Administration (RDA). 2017a. 2016 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-162.
 9. Rural Development Administration (RDA). 2017b. 2017 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 3-49.
 10. Rural Development Administration (RDA). 2018. 2017 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-162.
 11. Yoon MR, Lee JS, Kwak JE, Ko SH, Lee JH, Chun JB, Lee CK, Kim BK, Kim WH. 2016. Comparative analysis on quality and bread-making properties by particle size of dry-milled rice flours of rice varieties. *Korean J Int Agric* 28: 58-64.
 12. Won YJ, Ahn EK, Jeong EG, Chang JK, Lee JH, Jung KH, Hyun UJ, Cho YC, Oh SK, Yoon MR, Kim BK, Kim BJ. 2019. An opaque endosperm rice cultivar, 'Hangaru', suitable for exclusive dry-milling rice flour production of rice flour. *Korean J Breed Sci* 51: 134-139.
 13. Yeh AI. 2004. Preparation and application of rice flour. *In Rice chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. pp. 495-539.