

남일벼 돌연변이 후대 분질계통, Namil(SA)-flo1의 건식제분 적합성 평가

정지웅[†] · 신영섭

농촌진흥청 국립식량과학원 답작과

Evaluations on the Namil(SA)-flo1, a Floury Japonica Rice Line, for Dry Milling Process to Produce Rice Flour

Ji-Ung Jeung[†] and Young-Seop Shin

National Institute of Crop Science, R.D.A., Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT Changes in food preferences and dietary habits of Korean prone to decrease consumption of the traditional energy source, rice. The exceeding condition of rice production in Korea is now not only impacting on the profit structure of farmers but also threatening food security. Although there have been several efforts to increase rice consumption rate, by developing various processed foods using rice flour, grain hardness of rice has been the most significant limiting factor. In this study, we addressed the suitability of the Namil(SA)-flo1, a mutant rice line has floury endosperm, in terms of producing rice flour by using dry-milling method, which is lower cost and more eco-friendly than other available methods such as wet-milling. Rice flour of the Namil(SA)-flo1 exhibited superior physico-chemical characteristics to any other check varieties including the wild type, Namil, in terms of distribution of granule sizes and content of damaged starch.

Keywords : dry milling, floury, mutant, rice, sodium azide

쌀이 우리나라에서 차지하는 주식 비중은 국민소득 향상에 따른 소비패턴의 다양화, 서구화로 계속 낮아지고 있다. 2009년 우리나라 쌀 소비량은 1인당 74 kg에 불과하다(통계청, 2010). 국내 쌀 생산량 역시 1988년 6,053천 톤 이후 계속 감소하여 2008년에는 4,408천 톤으로 줄어들었다. 외국에서의 수입량(2008년 243천 톤)을 고려하면 우리나라는 쌀 공급 과잉 상태라 할 수 있다(성 등, 2009). 이에 따라 쌀 소비촉진을 유도하는 방편의 하나로 쌀가루를 이용한 다양한 식품형태를 개발하고 이를 고부가가치 상품 생산으로

연계하는 방안이 요구되고 있다(금준석, 2008). 쌀은 떡류를 제외하고도 약 300여 종에 달하는 가공식품 형태가 존재하지만, 국내에서 가공용으로 소비되는 쌀은 생산량의 5%에도 미치지 못하는 약 22만 톤(수입10만, 국내생산 12만) 정도로 49조원에 육박하는 음료, 식료품 제조업 매출규모 대비 2% (2006년 현재 약 1조원) 수준에 불과한 실정이다(이주영, 2009). 이에 최근 정부는 쌀 가공식품 원료공급체계를 쌀가루 중심으로 개편함과 동시에 품질 고급화를 위한 R&D 등의 지원을 강화해 나가고 있다(농림수산식품부, 2009). 쌀가루를 이용하여 다양한 가공식품을 생산하게 되면 쌀을 소비하는 새로운 식품수요를 창출할 수 있을 뿐 아니라, 상온에서 장기간 보관, 유통할 수 있어 쌀 가공 관련 산업의 경쟁력을 높일 수 있기 때문이다.

쌀은 낱알의 단단함 정도(곡립경도)가 매우 높기 때문에 현재 국내에서 가장 보편적으로 사용되는 제분방식은 물에 불려 분쇄하는 습식제분 방식이다. 그러나 습식제분은 100 kg의 쌀가루를 생산하는데 약 500리터의 쌀뜨물을 발생시켜 환경오염을 유발하는 문제점을 가지고 있다. 또한, 쌀가루를 유통시키기 위해서는 쌀가루를 살균 건조시키는 별도의 공정을 추가하여야 한다. 이런 까닭에 습식제분 방식을 이용한 쌀가루 가공비용(500~700원/kg)은 건식제분 방식을 사용한 밀가루 생산비용(200~300원/kg)보다 2배 이상 높은 실정이다(금준석, 2009). 최근 대량 생산설비가 갖추어지면서 반 습식제분 기술이 부분적으로 운용되고는 있으나 생산비 상승 요인이 완전히 해소되지는 못하고 있다. 경쟁력을 겸비한 고품질 쌀가루 생산을 위해 제분방식과 함께 중요하게 고려되는 것이 분쇄된 가루의 크기(입도)이다. 일반적으로 쌀가루의 물리성은 미세한 가루일수록 단자(團子)의 경도변화가 적으며 반죽을 만들 때 물의 흡수율도 좋아지는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2008). 그러나 건식제분은

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6728
(E-mail) jrnj@korea.kr <Received January 4, 2011>

로 미세한 입자를 얻고자 하면 쌀의 높은 곡립경도로 인해 손상된 전분립의 비율이 급격히 올라가게 된다. 손상된 전분립은 반죽의 이화학적 특성변화를 초래하므로 결국 쌀가루의 품질저하를 야기한다(Lee & Lee, 2006). 최근 쌀가루를 보다 미세하게 분쇄할 수 있는 제트 밀(Jet Mill), 터보 밀(Turbo Mill) 등의 기술이 개발되어 검토되고 있으나, 초기 설비 투자비용 및 생산단가 증가 등의 부담이 큰 편이다. 그러므로 국내에서 쌀가루 중심의 대량 원료 공급체계를 원활히 구축하여 쌀 가공식품의 개발과 소비를 촉진시키기 위해서는 1) 쌀가루 생산에서 발생하는 오폐수처리와 유통 전 건조 및 살균처리 등에 소요되는 비용이 절감되는 건식제분이 가능하고, 2) 미세한 입자 수준으로 분쇄하더라도 전분립의 손상을 줄일 수 있는 배유를 지닌 새로운 벼 유전자원의 확보가 필수적이다.

곡물 배유의 이화학적 특성이 변화된 계통을 확립하기 위한 수단으로 하나로써 화학적 돌연변이원들이 활용되고 있다. 국내의 경우 일품벼를 화학적 변이원인 NMU로 처리하여 그 후대로부터 뽕안메인 설갱(Choi *et al.*, 2002a), 반찰인 백진주(Choi *et al.*, 2002b) 및 난소화성 전분을 지니는 고아미2호(Choi *et al.*, 2003) 등의 벼 품종들이 확립되어 농가에 보급된 바 있다. 최근 Shin 등(2009a)은 남일벼에 돌연변이 유발하여 찰, 반찰, 심백, 분질 등의 배유특성이 변화된 계통들을 보고한 바 있다. 본 연구는 건식제분방식으로 입자의 크기가 작으면서 전분립 손상비율이 낮은 쌀가루의 생산이 가능한 Namil(SA)-f101로 명명된 분질(floury) 배유계통의 건식제분적성과 쌀가루의 이화학적 특성 및 호화특성 등을 평가하고자 수행하였다.

재료 및 방법

남일벼 돌연변이 집단육성 및 분질배유계통 선발

자포니카(*Oryza sativa* L. sp. Japonica)계 벼로서 숙기가 빠르고 (8월4일 출수: 수원기준) 다수성(662kg/10a: 백미기준)인 남일벼(Kim *et al.*, 2003)에 대해 돌연변이원으로 인산가리원충용액에 희석한 아지드화나트륨(Sodium azide; NaN_3)이 처리된 돌연변이 후대계통들이 확보되었다(Shin *et al.*, 2009b). 간략하게는, M1 식물체들로부터 1개 이삭씩을 수확하였으며(M2 종자), 이후부터는 M7세대까지 계통육종법에 의거하여 세대를 진전시키면서 고정계통을 확립하였다. 매 세대마다 각 계통 당 임성이 높은 1개 식물체를 무작위 선발하고 1수-1열법에 의거하여 후대계통을 전개하였다. M7 식물체 세대에서 각 계통내의 개체들이 균일한 표현형을 보여 유전적으로 고정되었다고 판단하고 총 5,135개의

계통을 확정하였다. 분질배유를 지닌 돌연변이 계통을 확보하기 위해 현미외관을 관찰하여 배유가 불투명한 계통을 1차적으로 선발하였다. 선발된 계통들의 종실을 절단하여 요오드화칼륨용액으로 염색하여 적자색으로 염색되는 찰성 및 반찰성 계통들을 배제하고 멍쌀처럼 청색으로 염색되면서 압력을 가했을 때 쉽게 부스러지는 계통들을 선발하였다.

분질배유계통의 작물학적 특성평가 및 배유절단면 관찰

'Namil(SA)2652-RGA-1-1-1-1'의 계보를 지니며 Namil(SA)-f101로 명명된 분질계통을 원품종인 남일벼와 함께 2008년 국립식량과학원 답작과(수원 소재)포장에 공시하여 작물학적 특성을 관찰하였다. 4월 30일에 파종하여 약 30일간 육묘한 후 5월 26일에 30×15 cm의 재식거리로 주당 3본을 손이양 하였다. 재배관리는 표준영농교본-벼생력재배(농촌진흥청, 2000)의 표준재배법에 따랐으며, 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 의거하여 주요 작물학적 특성을 조사하였다. 분질계통의 배유의 특성을 원품종과 면밀히 비교하기 위하여 배유절단면을 전계방사형 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, model S-550, Hitachi-hitec, Japan)으로 관찰하였다.

곡립경도 측정과 건식제분 된 쌀가루의 입도 및 손상전분 분석

건식제분 적합성 평가를 위하여 원품종인 남일벼, 일반메벼인 화성벼, 뽕안메인 설갱벼, 그리고 빵 가공에 주로 사용되는(즉, 강력분) 금강밀 등을 대비구로 설정하였다. 종피가 탈락되는 밀의 특성(naked hull)을 고려하여 모든 벼 시료는 재현(dehulling)된 현미를 사용하였다.

곡립경도는 TA.XTplus 조직분석기(Stable Micro Systems Ltd. UK)에 5 mm 직경을 지니는 탐침(probe)을 부착하고 현미에 압력을 가하여(test speed; 0.4mm/sec, trigger force; 40.0g) 시료가 파쇄되는 시점의 압력측정으로 추정하였다. 각 시료 당 6회 반복을 실시하고 평균 등의 기술통계량을 산출하였다.

생산된 쌀가루의 건식제분 적성평가를 위해서는 실험실 수준의 건식제분기인 뷔러(Buhler)제분기(Buhler Bros. Inc. Swiss; 롤러 밀 방식)를 이용하였다. Buhler 제분기를 이용한 건식제분절차 및 제분율 계산은 참고문헌을 따랐다(AACC international, 2000). Buhler 제분기는 각 3조의 조쇄 롤(break roll, B1, B2, B3)과 분쇄 롤(reduction roll, R1, R2, R3)로 되어 있는데, 각 계열에서 산출되는 가루 중 B3 및 R3 계열을 제외한 나머지(B1, B2, R1, R2) 계열에서 산출된 가루를 총합하여 건식제분으로 생산된 쌀가루에 대한 평가를 실시

하였다.

건식제분으로 생산된 쌀가루들의 평균크기 및 가루의 입도분포(가루의 직경분포)를 측정하기 위하여 레이저회절입도분석기(Laser Diffraction Particle Size Analyzer; model LS 13 320, Beckman Clter, Inc.)를 사용하였으며 입도분포를 입도크기(μm)에 따른 %함량으로 나타내었다. 건식제분으로 생산된 쌀가루의 손상전분비율은 상용키트(Starch Damage Assay Kit, Megazyme International Ireland Ltd., Ireland)를 활용하여 3반복 측정하였다.

쌀가루의 이화학 특성 및 호화특성 평가

쌀가루의 이화학적 특성 및 호화특성을 평가하기 위한 수단으로 쌀가루들에 대해 특정 수분함량 조건에서의 백도를 측정하고 회분, 단백질 및 아밀로스 함량을 측정하였으며, 호화특성을 관찰하였다. 모든 측정과 관찰은 3반복을 실시하여 그 평균값을 취하였다. 쌀가루의 수분, 단백질과 회분 함량은 각각 AACC 방법 (2000) 44-15A, 46-30 및 08-01에 준하여 측정하였다. 쌀가루의 백도는 Minolta JS-555(Minolta Camera Co., Japan)을 이용하였다. 아밀로스 함량측정은 95도에서 100도의 고온에서 5~10분간 쌀가루를 호화시킨 액을 요오드로 정색시켜 분광분석계로 아밀로스함량을 정량하는 Juliano법(Juliano *et al.*, 1968)에 의거하여 실시하였고, 호화특성은 Micro-viscoamylograph(C.W. Brabender Instruments Inc., Germany)를 이용하여 최고점도, 최저점도, 최종점도와 Breakdown(최고점도-최저점도)를 측정하였다.

결과 및 고찰

돌연변이 계통들로부터 분질계통 Namil(SA)-flo1의 선발

메벼의 경우 재배환경에 따라 아밀로스-아밀로펙틴의 조성이 달라지기도 하지만, 유전적 조성이 변화됨으로 인하여 배유가 불투명하게 관찰되는 경우는 크게 세 가지로 1) 찰성, 2) 반찰성 그리고 3) 분질배유 등이다. 이들 중 찰성(waxy)과 반찰성(dull)은 아밀로스-아밀로펙틴의 함량조성이 달라져서 전분의 이화학적 특성이 메벼와는 상당히 달라지는 반면, 분질(floury)배유는 크기가 상대적으로 작은 전분립이 엉성하게 배열되어 있는 형태를 보일 뿐, 아밀로스-아밀로펙틴간의 조성비는 크게 변하지 않는다. 그러므로 현미외관을 관찰하여 배유가 불투명한 계통을 1차적으로 선발하고, 이들 중 원품종인 남일벼의 아밀로스-아밀로펙틴 조성이 크게 변화한 계통들을 제외하는 방법으로 분질배유 계통을 선발하였다. 선발된 계통들의 종실을 절단하여 요오드화칼륨용액으로 염색하여 적자색으로 염색되는 계통(찰

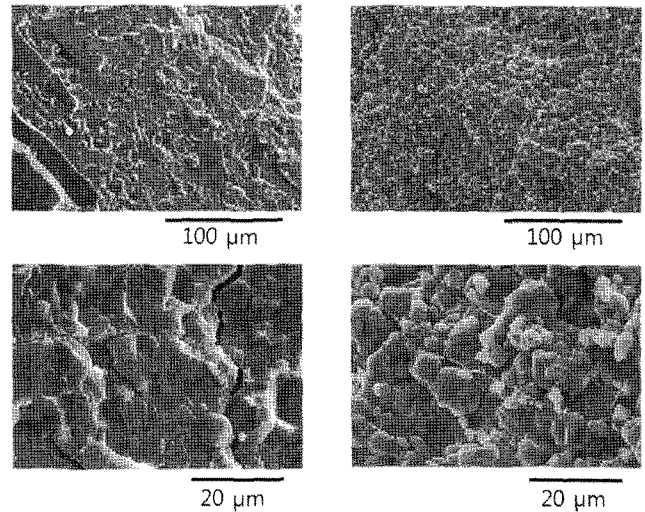


Fig. 1. Scanning electron micro photographs on the endosperm surface of Namil (wild type; A) and floury mutant line, Namil(SA)-flo1 (B).

성 및 반찰성)은 배제하고 멍쌀처럼 청색으로 염색되며, 압력을 가했을 때 쉽게 부스러지는 계통인 Namil(SA)-flo1를 선발하였다.

배유상태를 보다 면밀히 관찰하기 위하여 배유의 절단면을 전계방사형 주사전자현미경으로 관찰하였다(그림 1). 원품종인 남일벼는 배유절단면이 부드러우며 다면각의 전분립들이 치밀하게 배열된 형상이나, Namil(SA)-flo1은 배유절단면이 매우 거칠었으며 다양한 형태를 지닌 원형모양의 전분립들이 매우 성기게 배열되어 있음을 확인할 수 있었다.

Namil(SA)-flo1의 작물학적 특성 관찰

분질계통인 Namil(SA)-flo1을 원품종인 남일벼와 함께 공시하여 작물학적 특성을 보다 면밀히 관찰하였다(그림 2, 표 1). Namil(SA)-flo1 출수기는 남일벼에 비해 약 4일 정도 늦어졌으나 여전히 조생계통이었다. 반면에 분질배유 특성으로 인해 등숙비율과 천립중은 감소하였는데, 남일벼에 대해 감소된 Namil(SA)-flo1의 현미수량은 분질로 인한 천립중의 감소에서 기인하는 것으로 판단되었다. 잎도열병 및 벼멸구 등 주요 병해충에 대한 저항성 정도는 원품종인 남일벼와 비슷하였다.

유전변이의 방향성을 제어할 수 없는 돌연변이육종의 특성상 Namil(SA)-flo1의 획득형질인 분질배유 이외에도 주요 작물학적 특성을 지배하는 다양한 유전자위들의 변이를 완전히 배제할 수 없다. 그러므로 원품종인 남일벼에 대해 Namil(SA)-flo1이 발현하는 주요 작물학적 형질은 고유한 표현형으로 간주되어야 할 것이다.

Table 1. Comparisons between the wild type, Namil, and the flour mutant line, Namil(SA)-flo1 in terms of important agronomic traits^a.

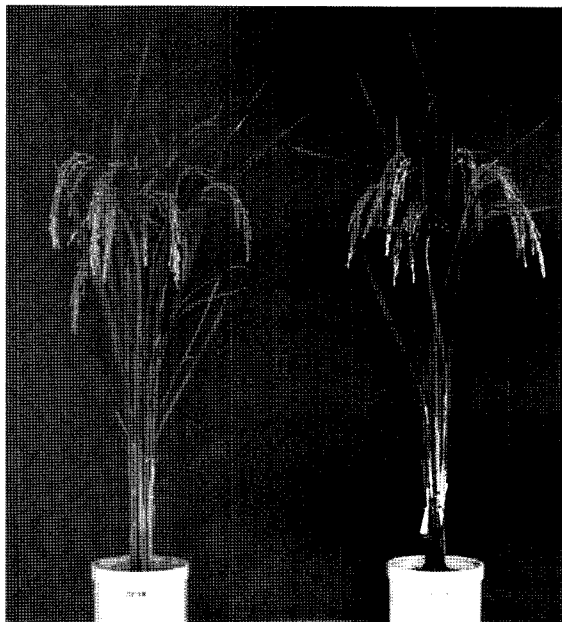
Lines	HD (month.day)	CL (cm)	PL (cm)	TN (number)	SN (number)	PRG (%)
Namil	8.4	78	25	11	117	87.0
Namil(SA)-flo1	8.8	82	25	10	120	74.1
Lines	TWG (g)	BRR (%)	BYD (Kg/10a)	WBC (0~9)	BL (0~9)	Bph (0~9)
Namil	26.5	79.8	600	1/3	6	9
Namil(SA)-flo1	23.5	78.9	480	-	6	9

^a Heading data (HD), Culm length (CL), Panicle length (PL), Tiller number (TN), Spikelet number (SN), Percentage of ripened grains (PRG), Weight of 1,000 seeds (TWG), Brown rice ratio (BRR), Yield (BYD; brown rice), Degree of white core/belly (WBC), Resistance level against rice blast (BL) and Brown planthopper (Bph)

Table 2. Estimated grain hardness by using TA.XTplus^a.

Lines	N	Mean(g)	Index	STD (g)	Max (g)	Min (g)
Hwaseong	60	7,825	1.04	1,595	10,881	4,793
Seolgaeng	60	5,962	0.79	869	7,861	4,425
Namil	60	7,526	1.00	2,216	14,625	4,459
Namil(SA)-flo1	60	3,417	0.45	447	4,298	2,122

^a Number of tested (N), Standard deviation (STD), Maximum (Max), Minimum (Min)

**Fig. 2.** Phenotypic comparison between wild type, Namil (left), and the floury mutant line, Namil(SA)-flo1 (right).

Namil(SA)-flo1의 곡립경도 및 건식제분 적합성 평가

본 연구의 궁극적 목표는 건식제분 방식으로도 고품질, 즉 입자의 크기가 작으며 전분립 손상비율이 낮은 쌀가루

생산이 가능한 벼 계통의 확립이므로 분질계통 Namil(SA)-flo1의 곡립경도와 건식제분 적합성을 평가하였다. 평가의 객관성을 확보하기 위하여 원품종인 남일벼, 메벼인 화성벼, 뽕안메인 설갱벼, 그리고 빵 가공에 주로 사용되는 금강밀 등을 대비구로 설정하였다.

Namil(SA)-flo1의 곡립경도를 대비구와 함께 측정할 결과 원품종인 남일벼의 45% 수준이었으며 메벼인 화성벼나 뽕안메인 설갱벼 보다도 매우 낮은 곡립경도를 재차 확인할 수 있었다(표 2).

실험실 수준의 건식제분기인 Buhler 제분기를 이용하여 동일한 조건에서 Namil(SA)-flo1과 대비구의 현미 및 금강밀에 대한 건식제분을 실시하였을 때의 제분율은 표 3과 같다. B3 및 R3 계열을 제외한 나머지(B1, B2, R1, R2) 계열에서 산출된 가루를 총합하여 건식제분으로 생산된 쌀가루에 대한 평가를 실시하였다. 이하 모든 평가는 3반복을 기준으로 실시하여 그 평균값을 산출하였다.

레이저 회절입도분석기를 사용하여 동일한 조건에서 건식제분으로 생산된 쌀가루들의 평균크기 및 가루의 입도분포(가루의 직경분포)를 측정하였다. 그 결과 분질계통 Namil(SA)-flo1의 쌀가루 입자의 크기는 원품종인 남일벼는 물론 화성벼나 설갱벼에 비해 매우 작았다(표 4).

Namil(SA)-flo1 벼 식물의 쌀가루는 대비구로 사용된 기

Table 3. Dry milling data on tested rice lines^a.

Lines	Test weight (g)	Moisture (%)	Tempering (ml)	Milling time (min.)	Flour yield per mill stream		
					Flour yield (%)	Break flour (%)	Reduction flour (%)
Hwaseong	994	13.6	28.4	8.1	70.3	19.2	51.1
Seolgaeng	988	12.6	40.0	8.4	81.2	21.6	59.5
Namil	982	13.7	26.9	7.7	75.7	20.4	55.3
Namil(SA)-flo1	948	15.0	7.9	10.3	72.5	22.4	50.2
Kwumkang	2000	12.0	95.0	12.0	71.3	24.1	47.3

^a A Korean hard wheat, Kwemkang, was included as the comparable check for dry milling characteristics of rice lines testes.

Table 4. Particle sizes of rice and wheat flours produced by dry-milling method^a.

Lines	Mean (μm) (STD)	Mean particles sizes of each cumulative flour fraction (μm) (STD)				
		< 10 %	< 25 %	< 50 %	< 75 %	< 90 %
Hwaseong	112.2(± 0.40)	45.4(± 0.78)	78.9(± 0.59)	114.1(± 0.65)	146.1(± 0.21)	174.3(± 0.32)
Seolgaeng	97.6(± 1.63)	30.7(± 2.08)	62.1(± 1.96)	98.4(± 1.48)	131.5(± 1.30)	160.0(± 1.29)
Namil	109.1(± 0.62)	44.1(± 0.46)	77.6(± 0.74)	111.6(± 0.66)	141.9(± 0.40)	168.3(± 1.06)
Namil(SA)-flo1	86.1(± 0.81)	19.5(± 0.82)	46.2(± 1.59)	87.6(± 0.86)	121.7(± 0.60)	149.9(± 1.00)
Kwumkang	91.0(± 0.45)	21.8(± 0.26)	48.2(± 0.55)	92.4(± 0.38)	129.6(± 0.61)	159.4(± 1.14)

^a A Korean hard wheat, Kwemkang, was included as the comparable check for dry milling characteristics of rice lines testes. Standard deviation (STD) is presented in parenthesis.

종의 쌀과는 달리 오히려 금강밀과 유사한 입도분포를 보여, 건식제분만으로도 밀가루(강력분) 수준으로 곱게 빻아 질 수 있음을 확인할 수 있었다(그림 3).

습식제분에 비해 제분절차가 간편하며 생산비용이 저렴한 건식제분을 이용하여 기존 벼 품종의 쌀가루를 생산할 때 가장 문제시 되는 것이 쌀의 높은 곡립경도에 의한 전분립의 물리적 손상이다. 전분립 손상정도는 물 흡수와 반죽 특성에 지대한 영향을 미치며, 손상된 전분립은 신속히 수화되어 알파- 혹은 베타-아밀라제 등에 의해 쉽게 가수분해되어 발효성 당(fermentable sugar)으로 전환되기 때문에 과도한 발효를 조장하며, 가공과정 과정에서 부적절한 가스의 발생으로 인하여 가공품의 체적감소 등을 초래하는 것으로 알려져 있다(Lee & Lee, 2006). 건식제분으로 생산된 쌀가루의 손상전분비율을 상용키트를 이용하여 측정한 결과 분질계통 Namil(SA)-flo1의 손상전분함량은 5.1 %로서 원품종인 남일벼(9.2%)는 물론, 설강벼(7.1%)나 화성벼(10.3%) 등 모든 대비구에 비해 매우 낮았다. 손상전분비율 측정에 사용된 Namil(SA)-flo1의 쌀가루의 크기가 대비구에 비해 작다는 것을 고려하면(표 4), 분질계통 Namil(SA)-flo1은 기존 벼 품종에서는 확인되지 않았던, 건식제분을 통한 쌀가루 생산에 적합한 새로운 벼 계통임을 확인할 수 있었다.

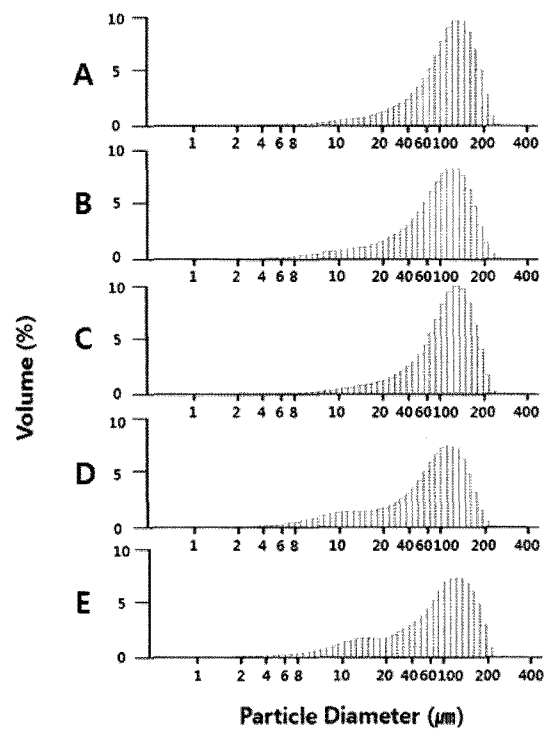


Fig. 3. Graphical comparison on particle size distribution patterns of rice and wheat flours produced by dry milling method. Hwaseong (A), Seolgaeng (B), Namil (C), Namil(SA)-flo1 (D), and a Korean red hard wheat cultivar, Keumkang (E).

Table 5. Physicochemical properties of rice flours produced by dry milling method^a.

Lines	Moisture(%)	Lightness(CIE value)	Ash(%)	Protein(%)	Amylose(%)
Hwaseong	14.2(±0.02)	88.6(±0.01)	0.84(±0.02)	7.5(±0.16)	18.5(±0.24)
Seolgaeng	13.6(±0.03)	90.3(±0.06)	0.72(±0.01)	6.6(±0.11)	17.5(±0.60)
Namil	14.1(±0.04)	88.7(±0.12)	0.82(±0.01)	9.2(±0.25)	17.7(±1.34)
Namil(SA)-flo1	14.6(±0.03)	90.4(±0.09)	0.77(±0.02)	7.8(±0.04)	17.8(±0.27)

^a Standard deviation (STD) is presented in parenthesis.

Table 6. Pasting properties of rice flours produced by dry milling method.

Lines	Pasting temp (°C)	Viscosity ^a (BU)				
		Peak viscosity	Holding strength	Final viscosity	Breakdown	Setback
Hwaseong	64.7(±0.46)	393.7(±25.01)	160.0(±1.73)	348.0(±7.55)	233.0(±23.64)	162.7(±6.66)
Seolgaeng	68.6(±0.53)	351.7(±9.87)	148.3(±9.50)	293.3(±8.74)	204.7(±1.53)	139.3(±14.84)
Namil	66.7(±0.70)	418.3(±16.01)	168.7(±4.51)	325.3(±8.08)	249.0(±12.00)	144.7(±11.55)
Namil(SA)-flo1	69.1(±1.21)	401.7(±15.37)	155.7(±3.79)	334.0(±3.61)	245.7(±13.65)	149.7(±6.66)

^a Break down: difference between peak viscosity and holding strength, Setback: difference between final viscosity and peak viscosity.

Namil(SA)-flo1 쌀가루의 이화학적 특성 및 호화특성관찰

위에서도 언급되었듯이(표 1), 남일벼에 화학적 돌연변이를 실시함으로 인해 획득된 형질인 분질배유 이외의 작물학적형질의 변화는 Namil(SA)-flo1의 고유한 표현형으로 간주되어야 한다. 이러한 맥락으로 비추어 볼 때, 남일벼와 상이한 배유전분의 이화학적특성 역시 Namil(SA)-flo1 자체의 고유한 표현형으로 평가받아야 할 것이다. Namil(SA)-flo1의 배유전분이 보이는 독특한 표현형을 파악하기 위한 수단으로 쌀가루들에 대해 특정 수분함량 조건에서의 백도(Lightness, CIE value)와 회분, 단백질 및 아밀로스 함량을 측정하고, 호화특성을 관찰하였다. Namil(SA)-flo1 벼 식물 쌀가루의 백도는 원품종인 남일벼나 화성벼보다 약간 높았으며 설갱벼와는 비슷하였다(표 5). 일반적으로 제분과정에서 겨층의 혼입율에 높은 정상관을 나타내는 것으로 알려진 회분함량은 Namil(SA)-flo1이 다른 대비구에 비해 약간 낮았으나, 본 시험에서 사용된 쌀가루 시료는 Buhler 제분기의 B1, B2, R1, 및 R2 계열에서 산출된 가루를 총합한 것이기 때문에 별다른 의미는 없는 것으로 판단되었다. 원품종인 남일벼에 비해 Namil(SA)-flo1의 단백질 함량은 약간 낮은 반면, 아밀로스 함량은 약간 높은 것으로 평가되었다(표 5).

아밀로그래프를 이용한 쌀가루의 호화특성 평가결과, Namil(SA)-flo1의 최저점도가 원품종인 남일벼 보다 약간 낮아졌으나 대비구로 사용된 시료들의 성적에 미루어 볼 때, 별다른 차이는 없는 것으로 판단되었다(표 6). 그러므로 돌연변

이에 의해 확립된 분질계통 Namil(SA)-flo1은 배유를 구성하는 전분립의 형태가 물리적으로 변화되었을 뿐 원품종인 남일벼의 배유전분이 지니는 이화학적 특성을 대부분 견지하고 있는 것으로 사료되었다.

이상의 결과들을 통하여 남일벼 돌연변이후대 분질계통인 Namil(SA)-flo1은 건식제분에 의한 고품질 쌀가루 생산에 적합하다는 것을 확인 할 수 있었다. 분질계통 Namil(SA)-flo1은 기존의 밀 제분설비를 공유함으로 쌀가루 생산의 경제성을 더욱 제고시킬 수 있을 뿐만 아니라 국내의 관행적 작부체계, 특히 밀과의 이모작 체계에 잘 부합되는 조생종으로 농가소득증대에 실질적으로 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 분질계통 Namil(SA)-flo1은 대량가공에 적합한 밀가루 대체 대분용 쌀가루생산의 원료곡으로 제과제빵, 국수 등 쌀가루 가공 산업 확대 및 신제품 개발촉진에 활용될 수 있을 뿐 아니라, 궁극적으로는 쌀 가공식품산업의 다각화를 통한 쌀 소비촉진과 농가소득향상에 기여할 것이며, 육종모재로 활용됨으로 생산비 대비 가격경쟁력이 강화된 가공용 쌀 품종 개발 및 보급을 촉진시키는데도 요긴하게 활용될 수 있을 것이다.

적 요

본 연구를 통하여 조생 다수성 벼 품종인 남일벼의 돌연

변이 후대계통으로 ‘Namil(SA)2652-RGA-1-1-1-1’의 계보를 지니며 Namil(SA)-flo1로 명명된 분질계통의 건식제분 적성과 쌀가루의 이화학적 특성과 호화특성 등을 평가하였다. 배유절단면의 전자현미경 관찰결과 원품종인 남일벼는 배유절단면이 부드러우며 다면각의 전분립들이 치밀하게 배열된 반면 Namil(SA)-flo1은 원형모양의 전분립들이 매우 성기게 배열되어있었다. Namil(SA)-flo1의 작물학적 특성은 남일벼와 유사하였으나 등숙비율과 천립중이 낮았으며 이러한 특성은 백미수량 감소로 이어짐을 알 수 있었다. 조직분석기를 이용한 곡립경도측정 결과 Namil(SA)-flo1은 3,417 g 으로 남일벼(7,526 g)의 45% 수준으로 매우 낮았다. 건식제분기인 Buhler 제분기를 이용해 동일조건에서 생산된 쌀가루들에 대한 입도분석결과 Namil(SA)-flo1은 평균 86.1 μm 로서 원품종인 남일벼(109.1 μm)는 물론 화성벼(112.2 μm)나 설갱벼(97.6 μm)보다 매우 고운입자로 이루어져 있음을 확인하였다. 건식제분에 의한 쌀가루의 손상전분량 역시 Namil(SA)-flo1가 5.1% 수준으로 남일벼(9.2%), 화성벼(10.3%) 및 설갱벼(7.1%) 보다 매우 낮아 Namil(SA)-flo1의 높은 건식제분 적합성을 확인할 수 있었다. 반면 Namil(SA)-flo1에서 생산된 쌀가루의 이화학적 특성과 호화특성은 원품종인 남일벼의 고유한 특성을 견지하고 있는 것으로 사료되었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청사업 (PJ 007528; 0.5) 및 작물유전체기능연구사업(CG3114; 0.5)의 지원으로 수행되었음.

인용문헌

AACC International. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Edition. St. Paul, USA.
 Choi, H.C., Hwang, H.G., Hong, H.C., Kim, Y.G., Kim, H.Y., et al. 2002a. A japonica specialty rice for fermentation food processing, opaque rice cultivar “Seolgaeng”. *Treat. of Crop Res.* 3: 45-51.

Choi, H.C., Hwang, H.G., Hong, H.C., Kim, Y.G., Kim, H.Y., et al. 2002b. A lodging tolerance and dull rice cultivar “Baegjinju”. *Treat. of Crop Res.* 3: 59-65.
 Choi, H.C., Hwang, H.G., Hong, H.C., Kim, Y.G., Moon, H.P., et al. 2003. A med-late maturing, lodging tolerance and high amylose speciality rice cultivar “Goamybyeo 2”. *Treat. of Crop Res.* 4: 149-157.
 Juliano, B.O., Cartano, A.V., and Vidal, A.J. 1968. Note on a limitation of the starch iodine blue test for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16:334~340.
 Lee, M.H and Lee Y.T. 2006. Bread-making properties of rice flour produced by dry, wet and semi-wet milling. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 886-890.
 Kim, H.Y., Kang, K.H., Hwang, H.G., Moon, H.P., Choi, I.S., et al. 2003. A semi-early maturing, high yielding and processing japonica rice cultivar “Namilbyeo”. *Treat. of Crop Res.* 4: 141-148.
 Kim, R.Y., Kim, C.S., and Kim, H.I. 2008. Effect of dry and wet millings on physicochemical properties of black rice flours. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 900-907.
 Shin Y.S., Park, C.S., Seo, Y.W., and Jeung, J.U. 2009a. Characteristics of endosperm starch of the rice mutant lines induced by sodium azide. *Korean J. Breed. Sci.* 41: 84-91.
 Shin Y.S., Jeon, Y.H., Kang, K.H., Seo, Y.W., and Jeung, J.U. 2009b. Variation of agronomic traits of rice mutant lines induced by sodium azide. *Korean J. Breed. Sci.* 41: 92-100.
 금준석. 2008. 쌀가공산업의 활성화. *식품산업과 영양* 13(3) : 9-14.
 금준석. 2009. 쌀가루 식품소재 산업의 현황과 발전방안. *한국쌀연구회 총서 제 26권, 쌀 식품산업과 쌀 소비의 발전 방향.* p 49-82.
 농림수산식품부. 2009. 2009년도 쌀가공산업육성지원사업 사업시행지침.
 농촌진흥청. 2000. 표준영농교본-벼생력재배.
 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준.
 성명환, 김소라. 2009. 쌀 가공이용 원료곡 수급의 문제점 및 발전방향. *한국쌀연구회 총서 제 26권, 쌀 식품산업과 쌀 소비의 발전 방향.* p 83-110.
 이주영. 2009. 쌀 가공산업 활성화 정책 방향. *한국쌀연구회 총서 제 26권, 쌀 식품산업과 쌀 소비의 발전 방향.* p 1-21.
 통계청. 2010. 2009년도 양곡 소비량 조사결과.