

일품벼 유래 배유 돌연변이품종 쌀의 호화 및 노화 특성 비교

강희진 · 서한석 · 황인경*

서울대학교 식품영양학과, 생활과학연구소

Comparison of Gelatinization and Retrogradation Characteristics among Endosperm Mutant Rices Derived from Ilpumbyeo

Hee-Jin Kang, Han-Seok Seo, and In-Kyeong Hwang*

Department of Food and Nutrition, Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

Effects of soaking time and particle size on physicochemical properties of nonwaxy rice flour were investigated. Nonwaxy rice grains were soaked at 4°C for 0, 1, 12, and 24 hr, dried at room temperature, and milled. Resulting flours were passed through 45-mesh (<355 µm, IL45) and 100-mesh (<150 µm, IL100) sieves and separated into <40 µm and 40-100 µm series. IL45 series showed higher amount of large particles (40-100 µm) than IL100 series. As the soaking time increased, protein and ash contents decreased, and amylose content, water-binding capacity, swelling power, and solubility of nonwaxy rice flours increased. Swelling power and solubility of nonwaxy rice flours also increased between 65-85°C. Water-binding capacity, swelling power, and solubility of IL100 series were higher than those of IL45 series. 12 hr-soaked nonwaxy rice flour pastes showed higher peak viscosity and breakdown but lower setback and viscosity at 95 and 50°C than 1 hr-soaked ones. X-Ray diffractograms of nonwaxy rice flours were not affected, whereas surface appearance was affected, by soaking time and particle size.

Key words: endosperm mutant rice, gelatinization, retrogradation, cooked rice

서 론

쌀은 우리나라 국민의 주식으로서 중요한 위치를 차지하고 있을 뿐만 아니라 우리 농민의 주 소득원이다. 우리나라에서는 통일형 다수성 품종 개발 보급으로 1970년대 후반에 쌀의 자급달성을 이루었으며 그 후 벼 재배면적은 점차 줄어들었지만 양질미 생산체계로 전환된 이후에도 계속 자급생산을 유지하고 있다. 그러나 최근 식생활패턴의 서구화로 쌀 소비가 급격히 감소하고 있다. 한편 건강에 대한 관심의 증가와 밥맛 좋은 쌀을 선호하면서 1990년대 이후로는 쌀 식품 형태나 용도의 다양화에 대비하여 용도별 고품질 품종을 육종하는 방향으로 변화되어 왔다(1). 이러한 연구추세에 따라 쌀의 이화학적 특성의 새로운 변이를 창출하는 돌연변이육종으로 전분 분자 중 아밀로스 함량에서 차이를 보이는 고 아밀로스 변이체 ae(2), 저 아밀로스 변이체 lam, du, opaque(3-4), 배유의 당함량에서 차이를 보이는 sugary(su) 및 shrunken(sh) 변이체(5), 배아의 크기

가 상당히 큰 거대 배아미(6-7), 배유 전분질이 분상질인 floury 변이체(8), 안토시아닌 색소를 함유한 유색미(9) 등 다양한 변이계통들이 개발되었다(10). 이를 변이계통 쌀은 각각의 특성에 따라 술, 식혜, 쌀국수, 빵, 떡 등 다양한 쌀 가공식품으로 개발되고 있다(1).

최근에 우리 벼 육종 연구진에 의해 양질미 품종인 일품벼로부터 백진주, 설갱, 고아미2호 등 다양한 배유 돌연변이품종이 개발되었다. 본 연구에서는 이러한 신형질미의 용도 개발 및 가공적성에 대한 기초자료를 제공하고자 일품벼 유래 돌연변이 품종 쌀의 호화, 노화 및 밥의 취반 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

일품벼의 수정배에 메칠티트로조우레이(*N*-methyl-*N*-nitrosourea)를 처리한 돌연변이 세 품종, 백진주, 설갱, 고아미2호와 일품벼를 시료로 사용하였으며 이 품종들은 2001년 농촌진흥청 작물과학원 벼육종시험포장(수원)에서 수확하여 사용하였다.

쌀가루 및 전분 제조

쌀가루는 백미를 마쇄기(Cyclotec 1093 sample mill, Tecator, Sweden)로 갈아 제조하였다. 전분은 알칼리 침지법(11)에 의하여 분리하였다. 쌀가루와 전분은 100매시 체에 통과시켰다.

*Corresponding author: In-Kyeong Hwang, Department of Food and Nutrition, Seoul National University, San 56-1, Shillim-Dong, Kwanak-Ku, Seoul 151-742, Korea

Tel: 82-2-880-5708

Fax: 82-2-884-0305

E-mail: ikhwang@snu.ac.kr

외형적 특성

백미의 외형적 특성을 관찰하기 위해 a Kan Scope 3.0 image acquisition와 computer processor를 갖춘 광학현미경(Camscope video microscope IT system, Sometech, Korea)을 이용하였다. 쌀 입자의 크기는 10개 이상의 입자를 취하여 캘리퍼(Caliper CD-15CP, Mitutoyo Corp., Japan)를 이용하여 장축, 단축 및 두께를 측정하였다.

일반 성분 및 아밀로스 분석

쌀 시료의 일반 성분은 백미를 쌀가루로 만들어 AOAC방법(12)에 따라 분석하였다. 백미의 총 아밀로스 함량은 Juliano의 방법(13)과 Sowbhagya와 Battacharya(14)의 비색법으로 정량하였다.

호화 특성

아밀로그램 특성은 AACC Method 61-02(15)에 의하여 신속 점도측정계(Model RVA-4, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3g을 25 mL의 증류수에 분산시켜 처음 1분간은 50°C로 유지시킨 후 95°C로 12°C/min의 가열속도로 가열하고 95°C에서 2분 30초간 유지시킨 후 다시 50°C로 12°C/min의 속도로 냉각시켜 2분간 유지시키면서 점도를 측정하였다. 총 실험 시간은 13분으로 실험 후 초기 호화 온도, 최고 점도, 최저 점도, 최종 점도, 강하 점도, 치반 점도를 계산, 비교하였다.

시차 주사 열량계(Differential scanning calorimeter)

밀봉 가능한 알루미늄 팬에 쌀가루 5 mg과 증류수 10 µL(1:2 w/w)를 넣고 밀봉하고 1시간 동안 방치한 후 DSC(SSC/5200, Seiko Instrument Inc., Japan)를 이용하여 30°C부터 160°C까지 5°C/min의 속도로 가열하며 흡열 피크를 얻었다. 전분도 동일한 방법으로 측정하였다. 전분의 노화도는 Wang의 방법(16)에 따라 위 조건으로 DSC에서 호화된 전분을 4°C에서 7일간 저장한 후 다시 DSC를 이용하여 30°C부터 110°C까지 5°C/min의 속도로 가열하며 흡열 피크를 얻었다. 노화도는 호화시 얻은 흡열피크의 엔탈피에 대한 7일간 저장한 후 얻은 흡열피크의 엔탈피의 비로 나타내었다.

Rheometer를 이용한 노화도 측정

쌀전분의 노화 경향은 Jung(17)의 방법에 따라 rheometer를 이용하여 측정하였다. 10 g의 쌀전분에 90 mL 증류수를 첨가한 후 중탕으로 30분간 교반하면서 겔을 만들었다. 겔을 80°C에서 4°C로 2°C/min의 속도로 온도를 내리면서 유연학적인 특성의 변화를 측정하였다. 저장하는 동안의 변화를 알아보기 위해 실온으로 식힌 겔을 4°C에서 1일, 3일, 7일동안 저장하면서 노화도를 측정하였다. Haake Rheometer(RS 150, Haake Inc., Germany)를 이용하였고 직경 35 mm parallel plate와 1 mm gap size 조건으로 분석하였다. 모든 실험은 선형 점탄성 영역(10 Pa)에서 이루어졌다. 겔의 수분 증발을 막기 위해 가장 자리에 실리콘 오일을 처리하였다.

Texture analyzer를 이용한 밥의 텍스쳐 측정

밥의 텍스처를 블록 측정법으로 측정하기 위하여 쌀 시료 30 g에 쌀 무게 1.25배의 증류수를 첨가하여 열전도가 빠르고 내열성이 있는 스테인레스 컵(직경: 60 mm, 높이: 70 mm)에 담아 상온에서 20분간 수침한 후 전기밥솥(LG전자)으로 30분간 쿠

반하고 10분간 뜰을 들었다. 밥이 담긴 컵을 texture analyzer(TA-XT 2, Stable micro system, England)의 table 위에 올려놓고 밥의 물성을 측정하였다. 이때 측정 조건은 Two-cycle compression, Force-versus-time program, Pre-test speed: 5 mm/s, Post-test speed: 5 mm/s, Strain: 80%, Probe diameter: 20 mm, Contact area: 314 mm²로 하였다.

식미 평가

식미 검정은 백미 33 g을 평랑하여 토요 식미계 부속 장치에 넣고 끓는 물이 들어있는 항온수조(MB-90A)에서 15분간 호화시킨 후 꺼내어 토요식미계 측정 장치(MA-90B, Toyo, Japan)로 식미지수를 측정하였다. 또한 400 g의 쌀을 상온에서 20분간 수침한 후 전기밥솥(LG전자)으로 30분간 쿠반하고 10분간 뜰을 들인 후 관능평가를 실시하였다. 밥의 냄새, 윤기, 경도, 찰기, 밥맛, 전체적 기호도에 대하여 5점 척도법으로 훈련된 관능평가 패널 요원 10명을 대상으로 3회 반복하였다.

통계분석

측정값을 SAS(Statistical analysis system)를 이용하여 평균, 분산분석, Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

쌀의 외형적 특성

일품벼에서 유래된 배유 돌연변이 품종인 백진주, 설강, 고아미2호의 모양과 크기는 Fig. 1과 Table 1에 나타난 바와 같다. 원품종인 일품쌀의 색깔은 투명하고 옅은 담황색을 나타내었으나 돌연변이인 백진주는 찰벼보다 약간 덜 불투명했으며 설강은 찰벼보다 더 뾰얀 배유특성을 나타내었고 고아미2호는

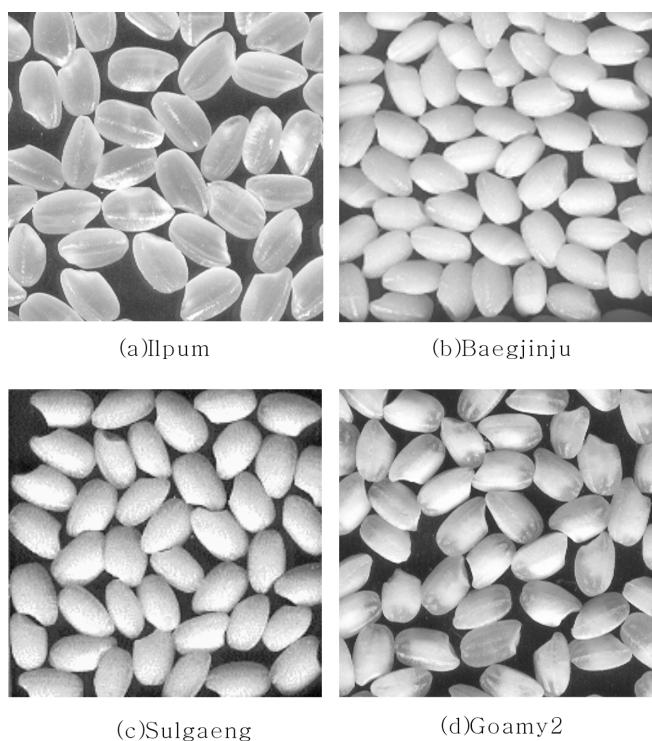


Fig. 1. Photographs of milled rices of Ilpum and its mutants.

Table 1. Grain size and shape of milled rice of Ilpum and its mutants

Variety	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length/width
Ilpum	4.58 ± 0.15 ^{1ab}	2.90 ± 0.15 ^a	2.00 ± 0.07 ^a	1.58 ± 0.07 ^b
Baegjinju	4.48 ± 0.12 ^{bc}	2.83 ± 0.10 ^a	2.03 ± 0.06 ^a	1.58 ± 0.05 ^b
Sulgaeng	4.69 ± 0.09 ^a	2.89 ± 0.11 ^a	2.01 ± 0.10 ^a	1.62 ± 0.05 ^{ab}
Goamy2	4.39 ± 0.16 ^c	2.66 ± 0.08 ^b	1.80 ± 0.06 ^b	1.66 ± 0.03 ^a
F Value	8.77*** ²⁾	9.39***	17.84***	3.95*

¹⁾Average ± standard deviation (n=3).^{2)*} and *** mean significant at p=0.05 and 0.001, respectively.

The different letters within same columns mean significantly different.

Table 2. Proximate composition and amylose content in milled rice of Ilpum and its mutants

(Unit: %, w/w)

Variety	Moisture	Ash	Protein	Lipid	Amylose
Ilpum	9.85 ± 0.10 ^{1b}	0.37 ± 0.01 ^c	6.66 ± 0.16 ^c	0.44 ± 0.00 ^d	18.63 ± 0.67 ^b
Baegjinju	10.02 ± 0.36 ^b	0.59 ± 0.01 ^b	7.12 ± 0.01 ^b	1.07 ± 0.02 ^b	6.43 ± 0.23 ^d
Sulgaeng	10.03 ± 0.12 ^b	0.55 ± 0.01 ^b	6.34 ± 0.11 ^d	0.89 ± 0.01 ^c	17.23 ± 0.49 ^c
Goamy2	11.69 ± 0.92 ^a	0.87 ± 0.02 ^a	7.61 ± 0.03 ^a	1.89 ± 0.03 ^a	33.96 ± 1.16 ^a
F Value	5.97 ²⁾	386.61***	85.08***	1614.02***	727.22***

¹⁾Average ± standard deviation (n=3).^{2)*} and *** mean significant at p=0.05 and 0.001, respectively.

The different letters within same columns mean significantly different.

옅은 황색을 띠면서 대부분이 심복백으로 차 있었다. 돌연변이 품종들은 일품쌀보다 심백율이 높은 것으로 나타나 쌀 가공식 품 소재로서의 가능성을 보여준다. 심복백은 청주 등의 주조 가공시 생산 수율에 미치는 주요 요인으로 심백율이 높을수록 발효과정 중 효모의 작용을 받기 쉬운 것으로 보고되었다(18). 쌀의 크기 및 모양을 나타내는 길이, 두께, 너비, 장폭비는 품종간에 유의적인 차이를 보였다. 백진주의 크기는 일품쌀과 비슷하였으나 설갱은 약간 더 긴 경향이었으며, 고아미2호는 길이, 너비 및 두께 모두 가장 작은 값을 나타내었고 장폭비가 가장 커지만 돌연변이 3품종은 일품쌀과 마찬가지로 단립종이었다. 국제 미작 연구소(IRRI)의 벼 품종 입형의 분류 기준에 따르면 우리나라 대부분의 품종은 단립형의 중원립(bold)으로 분류된다고 보고되었다(19).

일반 성분 및 아밀로스 함량

백미의 일반성분은(Table 2) 수분 함량을 제외하고 품종간에 유의한 차이를 보였다. 돌연변이 품종들이 모두 회분과 지방함량이 일품쌀에 비해 유의하게 높았으며 특히 고아미2호는 일품쌀보다 1.5배 정도 높은 함량을 나타내었다. 아밀로스 함량은 백진주가 6.43%로 반찹쌀의 특성을 나타내었으며 설갱은 찹쌀보다 더 불투명하였으나 일품쌀보다 약간 낮은 17.23%로 맵쌀의 특성을 보였다. 한편 고아미 2호는 33.96%로 벼 유전 자원 중에서 가장 높은 아밀로스 함량을 가진 품종군에 속했다(20). 고아미2호의 높은 아밀로스 함량은 호화 및 노화 등을 비롯한 여러 가지 특성에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

호화 특성

쌀가루와 전분의 호화 특성은 RVA를 이용하여 측정한 결과 (Table 3), 호화 개시온도와 여러 가지 점도치에서 품종간에 현저한 차이를 나타내었다. 백진주와 설갱의 호화개시온도는 일품쌀보다 낮은 반면에 고아미2호는 약 80°C로 가장 높은 온도를 나타내었다. 이는 아밀로스 함량이 높을수록 호화개시온도가 높아진다는 사실(21)에 비추어 볼 때, 아밀로스 함량 차이

가 호화개시온도 차이를 가져온 것으로 생각된다. 아밀로스 함량이 높은 전분 입자들은 치밀한 입자들로 모여있어 팽윤된 전분입자들이 열과 전단력에 대한 저항성이 높아지므로 호화온도가 상승한다고 한다(21). 모든 점도특성에서 돌연변이 품종들이 일품쌀보다 낮은 값을 보였다. 특히 고아미2호는 최고점도와 최저 점도치는 상당히 낮은 반면에 최종점도치가 현저히 높아 강하점도(breakdown)는 낮고 치반점도(setback)는 높은 특징을 보였다.

쌀가루로부터 얻어진 전분의 호화 특성에서 품종간에 유의한 차이를 나타내었으며 쌀가루와 거의 비슷한 경향이었다. 전분의 호화는 쌀가루보다 높은 온도에서 시작되었으며, 최고점도, 최저점도, 최종점도치가 다소 높아지는 특징을 보였으며, 이는 쌀가루보다 전분의 호화 점도가 증가한다는 Teo 등(22)의 결과와도 일치하였다. 또한 쌀가루로부터 전분을 분리하는 과정에서 단백질 함량이 감소하면서 최고점도는 증가한다고 보고되었다(23). 전분의 팽윤을 억제하던 단백질이나 지질, 세포벽 물질 등이 전분분리 과정에서 일부 제거됨으로써 호화에 영향을 미친 것으로 생각된다.

DSC 특성

시차 주사 열량계에 의한 쌀가루의 호화특성을 보면(Table 4), 호화 상전이에 필요한 에너지량을 나타내는 첫번째 흡열피크의 호화개시온도는 고아미2호가 63.7°C로 다른 품종보다 12°C 이상 높은 것으로 측정되었으며 호화온도 범위는 백진주가 가장 넓게 나타났다. 아밀로펩틴의 가지가 많을수록 호화온도 범위가 넓어진다는 결과에 비추어 볼 때(24), 반찹쌀인 백진주의 아밀로펩틴 단쇄비율이 높은 것으로 추측된다. 호화엔탈피는 고아미2호가 가장 낮아 결정성이 낮은 것을 알 수 있었으며 이는 고아미2호의 높은 아밀로스 함량과 관련이 있는 것으로 생각된다(25). 두 번째 흡열피크는 아밀로스와 지질복합체가 융해되는 피크(26)로 81.9-87.8°C에서 시작되었으며 이 피크의 호화개시 온도도 고아미2호에서 가장 높은 것으로 나타났다.

시차 주사 열량계에 의한 쌀 전분의 호화특성은 Table 5와

Table 3. Pasting properties of rice flours and starches of Ilpum and its mutants by rapid visco-analyzer

Variety	Initial pasting temp. (°C)	Peak viscosity (RVU ¹⁾)	Hot paste viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)	Breakdown viscosity ²⁾ (RVU)	Setback viscosity ³⁾ (RVU)
Rice flour	Ilpum	69.15 ± 0.07 ^{4)b}	205.00 ± 18.38 ^a	86.00 ± 4.24 ^a	172.00 ± 5.65 ^a	119.00 ± 22.62 ^a
	Baegjinju	67.95 ± 1.76 ^b	174.50 ± 6.36 ^b	47.5 ± 0.70 ^c	78.00 ± 0.00 ^c	127.00 ± 5.65 ^a
	Sulgaeng	65.95 ± 0.77 ^b	180.50 ± 3.53 ^{ab}	80.00 ± 1.41 ^a	156.50 ± 2.12 ^b	100.50 ± 2.12 ^a
	Goamy2	79.75 ± 1.20 ^a	55.50 ± 2.12 ^c	59.50 ± 2.12 ^b	156.50 ± 0.70 ^b	-4.00 ± 0.00 ^b
F Value		58.91*** ⁵⁾	90.52***	102.43***	389.93***	53.87**
Rice starch	Ilpum	68.85 ± 0.28 ^c	273.42 ± 3.53 ^b	139.46 ± 1.47 ^a	263.38 ± 2.06 ^a	133.96 ± 2.06 ^c
	Baegjinju	70.68 ± 0.03 ^b	346.08 ± 1.76 ^a	94.71 ± 0.05 ^c	139.75 ± 0.12 ^d	251.38 ± 1.82 ^a
	Sulgaeng	71.23 ± 0.67 ^b	254.46 ± 0.76 ^c	83.17 ± 0.94 ^d	165.29 ± 2.18 ^c	171.29 ± 0.17 ^b
	Goamy2	80.90 ± 0.07 ^a	120.54 ± 3.12 ^d	101.08 ± 2.35 ^b	202.54 ± 6.54 ^b	19.46 ± 0.76 ^d
F Value		437.37***	2726.92***	552.25***	445.12***	9059.05***
6440.32***						

¹⁾Rapid visco-analyzer units.²⁾Peak viscosity minus hot viscosity.³⁾Final viscosity minus hot viscosity.⁴⁾Average ± standard deviation (n=3).^{5) **} and ^{***} mean significant at p=0.01 and 0.001, respectively.

The different letters within same columns mean significantly different.

Table 4. Thermal properties of rice flours of Ilpum and its mutants by differential scanning calorimeter

Variety	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (mJ/mg)	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (mJ/mg)
Ilpum	51.7	59.1	68.2	11.24	83.0	93.5	100.2	1.44
Baegjinju	49.8	59.1	70.3	10.02	82.4	92.4	99.3	0.86
Sulgaeng	49.0	57.9	67.1	11.53	81.9	93.6	98.8	1.15
Goamy2	63.7	73.6	81.4	9.93	87.8	92.4	100.2	0.58

Table 5. Thermal properties of rice starches of Ilpum and its mutants on gelatinization and retrogradation by differential scanning calorimeter

Variety	Gelatinization			Retrogradation			Retro-graduation Ratio (%)
	To (°C)	Tp (°C)	ΔH (mJ/mg)	To (°C)	Tp (°C)	ΔH (mJ/mg)	
Ilpum	58.02	65.27	10.76	42.25	51.63	1.31	12.20
Baegjinju	60.46	66.59	12.44	42.63	47.80	0.49	3.92
Sulgaeng	59.90	65.25	13.22	42.76	52.19	2.23	16.88
Goamy2	65.97	76.41	11.91	40.50	60.60	6.74	56.56

같이 호화 상전이의 첫번째 피크만 나타났다. 쌀 전분의 호화 온도는 고아미2호에서 가장 높았고 이는 쌀가루에서의 호화경향과 일치하였으며 돌연변이품종들 모두 일품쌀보다 엔탈피가 약간 높게 나타났다. 호화시킨 전분을 4°C에서 7일 동안 저장한 후의 DSC 흡열피크 특성에서(Table 5) 고아미2호의 흡열피크의 엔탈피가 가장 높았으며 백진주가 가장 낮았다. 호화시 흡열피크의 엔탈피와 노화 전분의 흡열피크와의 비로 나타낸 노화도(Table 5)는 고아미2호가 56.56%로 가장 높았으며 백진주는 4% 이하의 노화도를 나타내었으며 이는 RVA로 측정한 치반점도(setback)와 비슷한 경향을 나타내었다. 품종간 노화도 차이를 나타내는 것은 이미 보고(27)된 바와 같이 아밀로스와 아밀로펩틴과의 비율, 전분 구조, 단백질 함량 등이 영향을 미친 것으로 보인다.

Rheometer를 이용한 노화 특성 비교

쌀 전분의 노화특성을 측정하기 위해 rheometer를 이용하여 중탕으로 가열한 젤을 80°C에서 4°C로 식힌 후 4°C에 저장하면서 측정한 복소탄성률(G*, complex modulus)의 변화는 Fig.

2와 같다. 변화에 대한 저항성을 나타내는 값인 G*은 탄성을 나타내는 저장탄성률(G')과 점성을 나타내는 손실탄성률(G")로부터 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$$

가열한 젤의 온도가 내려감에 따라 복소탄성률은 증가하였으며 온도에 따른 탄성률의 변화는 고아미2호에서 가장 크게 나타났다. 80°C와 4°C의 탄성률은 고아미2호, 일품쌀, 설갱, 백진주 순으로 낮아졌는데 그 변화정도는 일품쌀과 백진주가 비슷하게 낮았고 설갱이 일품쌀보다 기울기가 약간 커으며 고아미2호는 현저하게 커졌다. 저장일수에 따라 탄성률은 증가하였는데 고아미2호는 저장 하루 만에 가장 많이 증가하였으며 저장기간 동안 가장 높은 반면에 반찹쌀인 백진주는 가장 낮았으며 저장 1일 이후의 탄성률은 고아미2호를 제외한 모든 품종에서 거의 변화가 없었다. 고아미2호 전분이 가장 높은 노화도를 나타내는 것은 쌀전분이 X-ray 회절도에서 A형을 나타내는 것과는 다르게 고아미2호(수원 464호)는 B형의 전분이며 중합도 12이상의 긴 사슬이 많은 아밀로펩틴 분포를 나타내는 것

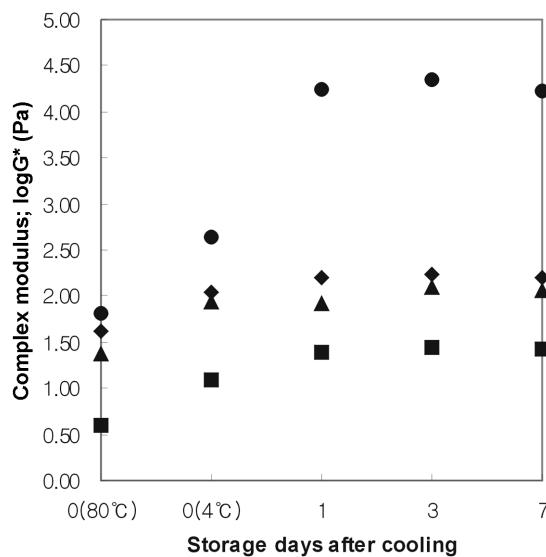


Fig. 2. Complex modulus changes in rice starch gels of Ilpum and its mutant during a cold storage (4°C).

◆ : Ilpum, ■ : Baegjinju, ▲ : Sulgaeng, ● : Goamy2

(28)과 관련이 있는 것으로 생각된다. 보다 많은 긴 사슬을 가진 B형 전분이 A형보다 쉽게 노화되며(29) 분자량에 비례하여 노화도가 증가한다고 보고되었다(17). Rheometer를 이용한 쌀 전분의 노화도는 위에서 살펴본 RVA의 치반점도치나 DSC를 이용한 엔탈피 비율과 비슷한 경향을 나타내었으나 rheometer로 측정한 노화도가 품종간 차이를 더욱 뚜렷하게 보여주고 있다.

밥의 텍스쳐 특성

밥의 물리적 특성은 textrometer를 이용하여 블록 측정법으로 경도, 찰기, 탄성, 응집성, 썹힘성 등을 측정하였다(Table 6). 네

품종간에 모든 텍스쳐 특성에서 유의적인 차이가 있었다. 경도와 찰기는 설개과 백진주가 일품쌀보다 높은 반면에 고아미2호는 일품쌀보다 현저히 낮은 값을 보였다. 고아미2호는 취반이 잘 안 되었으며 밥의 조직감이 다른 품종들과는 현저히 달랐다. 찰기가 없이 푸석푸석한 특성을 비롯하여 모든 텍스쳐 특성값이 다른 품종보다 크게 떨어지는 경향이었다. 날알 측정법으로 측정한 고아미2호의 경도는 일품쌀보다 1.5배 정도 높아(28) 본 실험 결과와 다른 것으로 나타났다. 이는 고아미2호가 다른 품종보다 날알의 크기가 작고(Table 1) 호화시 팽윤이 잘 되지 않아(28) 블록 시료로 측정시 probe에 미끄러져 밥알의 경도가 제대로 측정되지 못했기 때문인 것으로 생각된다. 본 실험을 통해 찰기가 있는 자포니카 품종은 블록측정법이 적합하지만 찰기가 없는 푸석푸석한 밥의 텍스쳐를 측정하기 위해서는 블록측정법보다 날알측정법이 적합하다는 것을 알 수 있었다.

식미 평가

토요식미계(MA-90B)를 이용하여 측정한 식미지수를 보면 (Table 7), 일품쌀, 백진주, 설개, 고아미2호의 순으로 낮아졌다. 일품쌀과 유의적인 차이를 나타내는 설개과 고아미2호는 밥보다는 다른 용도로 활용하는 것이 적당할 것으로 사료된다.

밥의 냄새, 윤기, 경도, 찰기, 맛, 총평에 대한 관능평기를 실시한 결과(Table 7), 모든 관능 특성치에서 품종간에 유의한 차이를 나타내었으며 특히 윤기와 총평에서 큰 차이를 나타내었다. 경도가 낮고 윤기와 찰기가 높은 반찬쌀의 백진주는 선호도가 가장 높은 것으로 나타난 반면에 경도가 높고 찰기가 낮은 고아미2호는 가장 바람직하지 않은 관능 특성을 보였다. 호화가 잘 되지 않는 고아미2호를 취반미로 이용하기 위해서는 다른 품종보다 충분한 물과 압력 밥솥 등을 이용한 고온의 취반조건이 필요하다고 생각된다.

Table 6. Texture profile parameters of cooked rice of Ilpum and its mutants

Variety	Hardness (H)	Adhesiveness (-H)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Balance (-H/H)
Ilpum	949.90±30.96 ^{1bc}	158.85±22.03 ^b	0.76±0.12 ^a	0.17±0.01 ^b	130.07±46.97 ^b	0.17±0.06 ^b
Baegjinju	1181.00±48.58 ^{ab}	354.35±43.52 ^a	0.74±0.05 ^{ab}	0.20±0.00 ^a	176.80±37.98 ^{ab}	0.30±0.04 ^a
Sulgaeng	1437.10±83.43 ^a	445.83±42.78 ^a	0.84±0.06 ^a	0.21±0.00 ^a	238.56±18.02 ^a	0.31±0.07 ^a
Goamy2	681.00±36.23 ^c	52.92±9.25 ^c	0.55±0.12 ^b	0.05±0.00 ^c	23.06±3.40 ^c	0.08±0.01 ^c
F value	13.06*** ²⁾	32.77***	3.72*	207.20***	16.82***	16.17***

¹⁾Average ± standard deviation (n=5).

^{2)*} and *** mean significant at p=0.05 and 0.001, respectively.

The different letters within same columns mean significantly different.

Table 7. Toyo taste scores and sensory evaluation of cooked rice of Ilpum and its mutants

Variety	Toyo taste score	Sensory evaluation					
		Flavor	Glossiness	Hardness	Stickiness	Taste	Preference
Ilpum	82.90±0.42 ^{1a}	3.64±0.60 ^a	3.78±0.58 ^b	2.88±0.54 ^b	3.17±0.28 ^b	3.66±0.81 ^{ab}	3.76±0.42 ^b
Baegjinju	81.15±1.55 ^a	3.88±0.92 ^a	4.78±0.35 ^a	1.71±0.70 ^c	4.28±0.35 ^a	4.09±0.74 ^a	4.45±1.55 ^a
Sulgaeng	70.30±1.55 ^b	2.93±0.85 ^b	3.19±0.92 ^c	2.55±1.00 ^b	4.13±0.58 ^a	3.21±1.00 ^b	3.54±1.55 ^b
Goamy2	42.90±0.32 ^c	1.49±0.00 ^c	1.00±0.00 ^d	4.85±0.39 ^a	1.18±0.00 ^c	1.22±0.00 ^c	1.09±0.32 ^c
F-value	570.31*** ²⁾	24.73***	145.66***	63.49***	67.64***	37.12***	101.90***

¹⁾Average ± standard deviation (n=10).

^{2)*} means significant at p=0.001.

The different letters within same columns mean significantly different.

요 약

일품벼 유래 돌연변이 품종의 호화, 노화 및 취반 특성들이 원품종인 일품벼와 현저한 차이를 나타내었다. 외관은 백진주, 설개이 불투명한 배유 특성을 나타내었고 고아미2호는 상당히 심한 심복백의 특성을 나타내었다. 아밀로스 함량은 백진주가 6.42%로 반찹쌀의 특성을 나타내었으며 고아미2호는 33.96%로 매우 높았다. RVA에 의한 쌀가루 혼탁액의 호화 특성은 일품 쌀에 비해 백진주는 강하점도치가 높은 반면, 치반점도치는 낮은 특징을 보였다. 그러나 고아미2호는 강하점도치가 현저히 낮았고 치반점도치는 두드러지게 높은 특징을 보였다. DSC와 rheometer를 이용한 전분의 노화도는 고아미2호 > 설개 ≈ 일품 쌀 > 백진주의 순으로 낮아졌다. 밥의 물리적 특성 중 백진주와 설개이 유의적으로 높은 찰기를 나타내었다. 토요식미계로 측정한 식미지수는 일품쌀 > 백진주 > 설개 > 고아미2호의 순으로 낮아졌다. 관능평가에서의 식미는 백진주에서 가장 양호하게, 고아미2호에서 가장 나쁘게 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 바이오그린 21 사업 연구비 지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사하는 바이다.

문 헌

- Choi HC. Perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. Korean J. Crop Sci. 47: 15-32 (2002)
- Yano M, Okuno K, Kwakami J, Satoh, H, Omura T. High amylose mutants of rice, *Oriza sativa L.* Theor. Appl. Genet. 69: 253-257 (1985)
- Kinoshita T, Kikuchi H. Inheritance of amylose content in crosses of low amylose mutant. Rice Genetic Newslett. 4: 83-85 (1987)
- Okuno K, Fuwa H, Yano M. A new mutant gene lowering amylose content in endosperm starch of rice, *Oriza sativa L.* Jpn. J. Breed. 33: 387-394 (1983)
- Okuno K, Yano M. New endosperm mutants modifying starch characteristics of rice, *Oriza sativa L.* JARQ. 18: 73-78 (1984)
- Kim KH, Heu MH, Park SZ, Koh HJ. New mutants for rice grain quality. Korean J. Crop Sci. 36: 197-203 (1991)
- Lee YR, Choi YH, Koh HJ, Kang MY. Quality characteristics of brown rice flakes prepared with giant embryonic rice and normal rice cultivars. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 540-544 (2001)
- Maekawa M. Location of a floury endosperm gene in the second linkage group. Rice Genetic Newslett. 2: 57-58 (1985)
- Kang MY, Sin SY, Nam SH. Correlation of antioxidant and anti-mutagenic activity with content of pigments and phenolic compounds of colored rice seeds. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 968-974 (2003)
- Sato H, Omura T. New endosperm mutations introduced by chemical mutagens in rice, *Oriza sativa L.* Jpn. J. Breed. 31: 316-326 (1981)

- Hoover R, Sosulski F. Studies on the functional characteristics and digestibility of starches from *Phaseolus vulgaris* Biotypes. Starch/Stärke 37: 181-191 (1985)
- AOAC. Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA (1990)
- Juliano BO. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today 16: 334-340, 360 (1971)
- Sowbhagya CM, Bhattacharya KR. Simplified determination of amylose in milled rice. Starch/Stärke 31: 159-162 (1979)
- AACC. Approved Method of the AACC. 10th ed. Method 61-02. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA (2000)
- Wang L, Wang YJ, Porter R. Structures and physicochemical properties of six wild rice starches. J. Agric. Food Chem. 50: 2695-2699 (2002)
- Jung JH. Molecular structure and retrogradation properties of waxy cereal amylopectins. Master thesis, Korea University, Seoul, Korea (2003)
- Ha KY, Lee JK, Kim YD, Lee SY. Grain and brewing characteristics in some rice varieties. Korean J. Breed. 28: 283-288 (1996)
- Son JR, Kim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP. Trend and further research of rice quality evaluation. Korean J. Crop Sci. 47: 33-54 (2002)
- Juliano BO. An International Survey of Methods Used for the Cooking and Eating Qualities of Milled Rice. IRRI Research Paper Series, IRRI, The Philippines 77 (1982)
- Lee SH, Han O, Lee HY, Kim SS, Chung DH. Physicochemical properties of rice starch by amylose content. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 766-771 (1989)
- Teo CH, Karim AA, Cheah PB, Norziah MH, Seow CC. On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour. Food Chem. 69: 229-236 (2000)
- Lim ST, Lee JH, Shin DH, Lim HS. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties. Starch/Stärke 51: 120-125 (1999)
- Biliaderis CG, Maurice TJ, Vose JR. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. J. Food Sci. 45: 1669 (1980)
- Kang MY, Han JY, Nam SH. Physicochemical properties of starch granules from endosperm mutants in rice. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 258-264 (2000)
- Kugimiya M, Donovan JW, Wong RY. Phase transitions of amylose-lipid complexes in starches: A calorimetric study. Starch/Stärke 32: 265-270 (1980)
- Sodhi NS, Singh N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. Food Chem. 80: 99-108 (2003)
- Kang HJ, Hwang IK, Kim KS, Choi HC. Comparative structure and physicochemical properties of Ilpumbyeo, a high-quality Japonica rice, and its mutant, Suweon 464. J. Agric. Food Chem. 51: 6598-6603 (2003)
- Kalichevsky MT, Orford PD, Ring SG. The retrogradation and gelation of amylopectins from various botanical sources. Carbohydr. Res. 198: 49-55 (1990)

(2004년 9월 29일 접수; 2004년 11월 20일 채택)