

## 고아밀로스 쌀 품종의 이화학적 특성

심은영\* · 정신교<sup>1</sup> · 조준현<sup>2</sup> · 우관식 · 박혜영 · 김현주 · 오세관 · 김육한  
국립식량과학원 수확후이용과, <sup>1</sup>경북대학교 식품공학과, <sup>2</sup>국립식량과학원 논이용작물과

### Physicochemical Properties of High-amylose Rice Varieties

Eun-Yeong Sim\*, Shin-Kyo Chung<sup>1</sup>, Jun-Hyun Cho<sup>2</sup>, Koan Sik Woo, Hye Young Park,  
Hyun-Joo Kim, Se-Gwan Oh, and Wook-Han Kim

Department of Central Area Crop Science RDA

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

<sup>2</sup>Department of Central Southern Crop Science RDA

#### Abstract

The objective of this study was to determine the physico-chemical properties in the high-amylose rice varieties. The rice flours were analyzed by RVA, DSC, HPAEC, resistant starch kit, SEM, spectrophotometer, etc. According to the RVA measurement of rice flours, the pasting temperature of *Dodamssal* was higher than those of the others. The proportion of amylopectin short chains (DP 6-12) of the *Dodamssal* was significantly lower than that of the others. The contents of amylose and resistant starch in the high-amylose rice flours ranged from 19.03% to 38.71% and from 0.6% to 12.39%, respectively. In SEM images, starch granules within *Ilmibyeo*, *Mimyeon*, *Saegoami* rice flours displayed polyhedrons different from those (relatively spherical morphology) of *Dodamssal* rice flour. According to the DSC results of rice flours, there were significant differences in the onset, peak temperatures of the endothermic peak. Gelatinization enthalpy was 4.52-6.3 J/g, with the lowest change in *Dodamssal* rice flour.

**Key words:** *Dodamssal*, high-amylose rice, resistant starch, differential scanning calorimetry

## 서 론

쌀은 이용성에 따라 고품질 밥쌀, 수량성이 증대된 다수확 쌀, 기능성 및 가공용 쌀 등 다양한 품종들이 육종되고 있으며, 이 품종들을 이용한 술, 떡, 국수, 과자 등 다양한 쌀가루 기반 가공제품들이 개발되고 있다. 쌀을 이용하여 가공제품을 개발 시 수확 후 가공처리를 통해 이용성을 증대시킬 수도 있지만, 육성된 품종 고유의 이화학적 가공특성을 파악하고 각 품종에 맞는 용도를 찾아 이용성을 증대시킬 수도 있다.

쌀에는 저항전분이 존재하는데 저항전분은 인체 내에서 소화, 흡수되지 않는 전분으로 생리활성 물질, 기능성 물질로서 불용성 식이섬유로 분류되고 있다(Oh et al., 2000). 저항전분은 분변으로 콜레스테롤 배설을 증가시키고, 대장에서 미생물에 의해 발효되어 단쇄 지방산을 생성시킴으로

써 대장암의 예방 및 혈장 콜레스테롤과 중성지방 농도를 감소시키므로 심혈관계 질환의 예방 및 치료에 대한 가능성이 보고되고 있다(Kim et al., 2000).

쌀의 90% 이상을 차지하는 전분의 가공특성을 이해하는 것은 쌀 가공에 있어서 중요하다. 쌀 전분은 아밀로스(amylose)와 아밀로펙틴(amylopectin)으로 구성되어 있으며, 이들 비율에 따라 전분의 호화, 노화 및 물리적 특성에 상당한 영향을 준다(Song et al., 2008). 따라서 이러한 특성을 고려하여 용도에 맞는 쌀 품종을 사용해야 하며, 각 품종의 전분구조나 형태, 이화학적 특성 등을 파악하는 것이 요구된다.

쌀은 아밀로스의 함량에 따라 20% 이하인 일반 멥쌀과 25% 이상인 고아밀로스 쌀로 나뉘며, 아밀로스 함량에 따라 다양한 용도설정이 가능하다. 쌀 식빵 제조 시 아밀로스 함량은 20-25%가 적합하나, 고아밀로스 쌀로 식빵을 제조할 경우 식빵의 부품성이 낮고 노화가 빨리 진행되어 부스러지기 쉬운 조직감을 갖는다고 알려져 있다(Kang et al., 2013). 또한, 전통적으로 쌀국수 제조에는 쌀가루의 호화과정을 거친 후 강한 겔을 형성하여 국수형태를 만들어 주는 고아밀로스의 인디카 쌀 품종이 적합한 것으로 알려

\*Corresponding author: Eun-Yeong Sim, Department of Central Area Crop Science RDA, Suwon, Gyeonggi-do, 441-853, Korea  
Tel: +82-31-695-0612, Fax: +82-31-695-4085  
E-mail: silvery1225@korea.kr  
Received October 12, 2015; revised November 4, 2015; accepted November 5, 2015

져 있다(Mesters et al., 1985; Juliano & Sakakurai, 1988, Bhattacharya et al., 1999). 이와 같이 아밀로스 함량이 쌀 가공에 있어 주요 요인으로 작용하므로 아밀로스 함량에 따른 가공적성의 연구가 필요하다. 고아밀로스 쌀 품종에는 도담쌀, 통일형 품종인 미면, 자포니카형 품종인 새고아미 등이 있다. 하지만 고아밀로스 쌀의 품질 특성 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고아밀로스 품종인 미면, 새고아미, 도담쌀 가루의 이화학적 특성을 조사하고, 향후 기능성 식품 소재를 개발하는 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에 사용된 일반멥쌀인 일미벼(*Ilmibyeyo*)와 고아밀로스 쌀 품종인 도담쌀(*Dodamssal*), 미면(*Mimyeon*), 새고아미(*Saegoami*)는 2014년 10월에 국립식량과학원 남부작물부에서 수확한 것을 제공받아 4°C에서 보관하며 실험하였다. 시료 300 g을 마찰식 도정기(MC 90-A, Toyo, Tokyo, Japan)를 사용하여 90.4%로 도정 후 cyclone mill (TM 05C, Satake, Tokyo, Japan)을 사용하여 쌀가루로 제조하고 100 mesh 표준체 망을 통과한 것을 분석용 시료로 사용하였다.

### 일반 성분 및 아밀로스 함량

일반성분은 AOAC (2000)방법에 따라 수분함량은 105°C에서 상압가열건조법, 조단백질은 Micro-Kjeldahl 법, 조회분은 건식회화법으로 측정하였다. 아밀로스 함량은 Juliano (1985)의 비색정량법에 따라 전분 호화액을 요오드 용액을 이용하여 발색시킨 후 620 nm의 파장에서 흡광도(T80+ UV/VIS Spectrophotometer, PG Instruments, Alma Park, UK)를 측정하였다. 표준물질은 amylose from potato (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

### 아밀로펙틴 중합도 분석

아밀로펙틴 측쇄사슬 길이 분포는 HPAEC-PAD (high performance anion exchange chromatography-pulsed amperometric detection; ICS-3000, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)을 이용하여 분석하였다(Hanashiro et al., 1996). 시료에 90% methanol을 가한 후 100°C에서 3시간 동안 중탕 가열한 호화액에 2% sodium azide 용액 10 µL, 600 mM sodium acetate buffer 50 µL (pH 4.4), isoamylase (1,000 U/mL, Megazyme, Wicklow, Ireland)를 첨가하여 교반한 후 37°C에서 24시간 반응시켰다. 반응액은 0.2 µm syringe filter 이용하여 여과하여 분석하였다. 분석에 사용한 컬럼은 CarboPac TM PA-1 column (2.0×250 mm, Dionex, Sunnyvale, CA, USA), 이동상 용매는 A와 B (A: 3차 증

류수 1 L + NaOH 7.8 mL, B: 3차 증류수 1 L + Sodium acetate 41 g + NaOH 7.8 mL)를 1:1 비율로 분당 0.25 mL의 유속으로 흘러 분리하였고 기체는 질소를 사용하였다.

### 신속점도계를 이용한 점도 분석

품종별 쌀가루의 가열에 의한 페이스팅 점도 특성은 AACC방법(2000)에 의하여 신속점도측정기(RVA-4, Newport scientific, Warriewood NSW, Australia)를 이용하여 분석하였다. 쌀가루 3 g(습량 기준)에 25 mL 증류수로 현탁액을 만들어 960 rpm으로 섞고 160 rpm의 plastic paddle 조건에서 50°C부터 호화를 시작하여 95°C까지 상승시킨 후 50°C로 다시 냉각시키면서 점도를 측정하였다. RVA viscogram으로부터 페이스팅 온도, 최고(peak)점도, 최저(trough)점도, 최종(final)점도, 강하점도(breakdown, 최고-최저) 및 치반점도(setback, 최종-최고) 등의 RVA 특성을 조사하였다.

### 시차주사열량계를 이용한 호화온도 분석

시차주사열량계(differential scanning calorimetry; TA Q1000, TA instrument, Newcastle, DE, USA)에 의한 쌀가루의 열역학적 특성은 알루미늄 팬에 쌀가루 20 mg과 40 µL의 증류수를 넣고 밀봉하여 상온에서 1시간 동안 방치한 후 30°C부터 120°C까지 10°C/min의 속도로 가열하여 흡열 피크를 얻었다. DSC thermogram으로부터 호화개시 온도(TO), 호화정점온도(TP), 호화종결온도(TC)을 구하고, 흡열피크의 면적으로부터 호화엔탈피( $\Delta H$ )를 구하였다.

### 저항전분 및 총 식이섬유 분석

쌀의 저항전분 함량 분석은 resistant starch assay kit (Megazyme, Wicklow, Ireland)를 이용하여 AOAC 방법으로 측정하였다(MaCleary et al., 2002). 시료 100 mg(습량 기준)에 4 mL의 pancreatin a-amylase로 37°C에서 16시간 반응시킨 후 100% 에탄올 4 mL 첨가 후 원심분리 하였다. 그리고 침전물에 50% 에탄올 8 mL 첨가 후 원심분리를 하였는데 이 과정을 2번 실시한 후 남은 침전물에 2 M KOH 용액을 2 mL를 첨가하여 분산 및 용해시켰다. 1.2 M sodium acetate buffer (pH 3.8) 8 mL와 0.1 mL의 amyloglucosidase를 첨가하여 50°C에서 30분 반응시킨 후 가수분해된 glucose를 0.1 mL를 따서 GOPOD 3 mL를 혼합하여 510 nm의 흡광도에서 대조구(100 mM sodium acetate buffer (pH 4.5) 0.1 mL과 GOPOD 시약 3.0 mL의 혼합액)와 함께 측정된 후 저항전분 함량을 계산하였다.

총 식이섬유 함량은 AOAC 방법에 의한 total dietary fiber assay kit (Megazyme, Wicklow, Ireland)를 이용하여 분석하였는데, 쌀가루 시료 1 g에 50 mM MES/TRIS용액 (pH 8.2) 40 mL 첨가하여  $\alpha$ -amylase 50 µL를 넣고 100°C의 water bath에서 35분간 반응시킨다. 그리고 60°C까지

냉각시킨 후, protease 100  $\mu$ L를 넣고 60°C의 water bath에서 30분간 반응시킨다. 0.561 N HCl을 5 mL를 넣은 후 5% NaOH나 5% HCl로 pH를 4.5로 맞춘 후 200  $\mu$ L의 amyloglucosidase 효소로 60°C에서 30분간 가수분해 한 다음, 4배 정도(225 mL)의 95% 에탄올을 가하여 효소활동을 정지시킨다. 효소에 의해 분해되지 않은 침전된 부분을 여과 건조하여 식이섬유 함량을 측정하였다.

### 쌀 단면의 입자 형태 분석

쌀 전분입자의 형태는 SEM (scanning electron microscope; S-3000N, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 가속전압 15 kV의 조건하에서 1,000배 확대하여 관찰하였다. 시료인 쌀알 표면을 절단하여 탄소 테이프 위에 고정시킨 후 금 코팅 처리를 하여 관찰하였다.

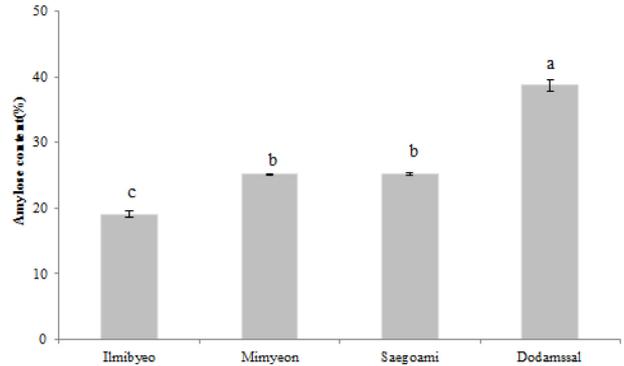
### 통계 분석

본 실험 결과는 SPSS (statistical package for the social sciences; version 12.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 one-way analysis of variation (ANOVA) 및 다중범위분석(Duncan's multiple range test)을 통하여  $p < 0.05$  수준에서 그룹간의 유의적인 차이를 검정하였다

## 결과 및 고찰

### 일반성분 및 아밀로스 분석

단백질 함량은 5.87-6.44%로 품종 간 차이를 나타냈으며, 7.0 이하의 함량비를 나타냈다. 이러한 단백질 함량에 따라 호화 시 전분입자 내부로의 투수성을 저해하고 밥의 질감을 딱딱하게 하여 식미와는 부의 상관성을 가지는 것으로 알려져 있다(Juliano, 1985). 수분함량은 10.16-11.88%를 나타내고 있고 회분 함량은 0.38-0.44% 범위를 나타냈다. 조지방은 새고아미 0.27%, 미면 0.5%, 도담쌀 0.64%, 일미벼 0.65%를 나타냈다. 아밀로스 함량은 호화특성에 영향을 주는데 함량이 낮을수록 호화되기 쉽고 밥을 했을 때 찰기유지가 잘 되고 식어도 부드럽다. 가공용의 경우 아밀로스 함량이 25% 이상일 때 제면용으로 적합하고 20-25%의 함



**Fig. 1. Amylose content of the rice varieties.** Bars followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

량 품종은 제빵용으로 적합한 것으로 알려져 있다(Juliano & Sakakurai, 1985; Bhattacharya et al., 1999; Kang et al., 2013). 본 실험의 아밀로스 분석결과 일반멥쌀인 일미벼(대조구)가 19.03%로 가장 낮았고 고아밀로스 품종인 미면과 새고아미가 25.11-25.22% 그리고 도담쌀이 38.71%로 함량이 가장 높았다(Fig. 1). 미면과 새고아미는 제면·제빵용으로, 도담쌀은 제면용으로 알맞을 것으로 생각되며 추가적인 가공적성 연구가 필요하다.

### 아밀로펙틴 중합도 분석

중합도(DP, degree of polymerization)에 따른 아밀로펙틴 측쇄사슬길이 차이를 비교한 결과(Table 1) A사슬(DP<12)인 단쇄 비율에서 미면과 일미, 새고아미가 33.76-35.05%를 함유하고 있고 도담쌀은 21.95%로 나머지 세 품종의 60-65%를 차지하였다. B1사슬(DP13-24)에서는 도담쌀이 나머지 세 품종보다 9%정도 높은 함량을 나타냈고 B2사슬(DP25-36)에서도 도담쌀이 유의하게 높은 함량을 나타냈으며 B3 (DP>36)에서도 도담쌀이 4.27%로 유의하게 높은 함량을 나타냈다. 일미벼와 미면은 밥쌀용(일반멥쌀)과 가공용(통일형 고아밀로스)이라는 차이에도 불구하고 아밀로펙틴 측쇄사슬길이에서는 유사한 양상을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 쌀 전분의 아밀로펙틴 사슬길이가 짧고 초 장쇄 비율이 적을수록 밥의 경도는 낮고 부착성은 높다

**Table 1. Amylopectin chain-length distribution of by HPAEC-PAD**

Varieties (Rice)	Amylopectin chain-length distribution (%)			
	A	B1	B2	B3
	DP 6-12	DP 13-24	DP 25-36	DP > 36
Ilmibyeo	34.14±0.03 <sup>a</sup>	53.41±0.04 <sup>b</sup>	9.83±0.01 <sup>c</sup>	2.63±0.02 <sup>b</sup>
Mimyeon	35.05±0.70 <sup>a</sup>	52.56±0.58 <sup>c</sup>	9.75±0.13 <sup>c</sup>	2.63±0.05 <sup>b</sup>
Saegoami	33.76±1.27 <sup>a</sup>	52.54±0.45 <sup>c</sup>	10.29±0.35 <sup>b</sup>	3.41±1.30 <sup>ab</sup>
Dodamssal	20.31±0.28 <sup>b</sup>	61.80±0.13 <sup>a</sup>	13.39±0.10 <sup>a</sup>	4.49±0.07 <sup>a</sup>

Values with same letter in a column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

고 보고된 바가 있으며(Kang et al., 1995) 밥쌀용이 아닌 가공용 쌀의 경우, 아밀로펙틴 관련 품질 특성연구가 아직까지는 미비한 실정이다. 아밀로펙틴 구조의 차이는 전분 호화 과정 중 팽윤된 전분립의 붕괴 정도에 영향을 주어 아밀로펙틴의 긴 사슬은 이와부의 상관, 짧은 사슬은 정 의 상관관계가 있다고 보고된 바 있다(Han & Hamaker, 2001).

**신속점도계(RVA)를 통한 호화점도 특성**

4개 품종의 가열에 따른 호화특성을 신속점도분석기(RVA)를 이용하여 분석하였다. 호화점도 특성 중 Setback을 제외한 분석항목인 최고, 최저, 최종, 강하(Breakdown) 점도에서 미면, 일미벼, 새고아미, 도담쌀의 품종 간 유의적인 차이가 확인됐다(Table 2). Breakdown(강하점도)은 호화중의 열, 전단에 대한 저항을 나타내는 값으로 아밀로스 함량과는 부의 상관관계를 나타낸다. 즉, 도담쌀의 breakdown값이 6.33 RVU으로 가장 낮는데 이는 도담쌀의 전분 입자가 다른 품종들에 비해 가장 치밀하게 모여 있어 온도 상승과 유지 과정에서 잘 팽윤되지 않고, 팽윤된 전분 입자들도 열과 전단력에 저항성이 높다고 판단할 수 있다. 다만 통일형 품종인 미면은 아밀로스 함량이 약 25%로 새고아미와 유사함에도 불구하고 가장 높은 값을 나타내는데 자포니카 품종과는 다른 통일형 품종 특성에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 전분의 노화경향을 나타내는 치반점도(setback)에서는 도담쌀과 일미벼가 16.28 RVU과 22.67 RVU로 가장 낮은 수치를 나타내어 노화가 가장 느릴 것이라 판단할 수 있고 미면이 77.58 RVU로 노화 진행이 가장 빠름을 유추할 수 있다.

**시차주사열량계를 이용한 호화온도 특성**

4개의 고아밀로스 품종의 가열에 따른 호화특성을 시차 주사열량계(DSC)를 이용하여 분석하였다. 전분입자의 열에 의한 물리적 상전이 현상의 분석으로부터 호화특성을 설명하는 DSC측정치(Table 3)에 의하면 호화개시온도( $T_o$ ), 호화 피크온도( $T_p$ )와 호화종결온도( $T_c$ )는 각각 61.87-72.82°C, 71.13-82.10°C, 95.15-95.27°C로 호화종결온도를 제외한 결과에서 품종 간 유의한 차이가 있었다. 호화개시온도는 일미벼와 새고아미가 61.87-64.44°C로 도담쌀과 미면에 비해 7-11°C 낮았다. 치밀한 전분 결정구조를 지닐수록 즉, 결정성이 높을수록 가열 시 느리게 팽윤되고, 호화온도는 높게 나타난다. 또한 아밀로펙틴의 긴 사슬이 차지하는 비율이 높으면 호화온도는 높아진다 하였는데(Yuan et al., 1993) 본 연구에서는 품종별 긴 사슬 비율수치(2.63%, 2.63%, 3.41%, 4.49%)와 호화온도(73.87°C, 79.68°C, 71.13°C, 82.10°C)와의 연관성을 확인할 수 없었다. 호화 상전이에 필요한 에너지량을 나타내는 호화 엔탈피는 4.52-6.3 J/g으로 고아밀로스 품종인 미면 6.13 J/g, 새고아미와 도담쌀이 각각 4.63 J/g, 4.52 J/g으로 일반멥쌀인 일미벼의 6.3 J/g 보다 더 낮은 값을 나타냈다. 품종 간 차이에서 특히 도담쌀과 새고아미는 다른 품종에 비해 유의적으로 낮아 호화 시 전분의 결정성 부분을 용융하는데 요구되는 에너지가 작다는 것을 판단할 수 있다. 도담쌀의 경우 호화개시온도는 71.64°C로 높은 편이지만 막상 상전이가 시작되면 전분의 결정성을 용융하는데 요구되는 에너지가 작다는 것을 유추할 수 있다.

**저항전분 식이섬유 등 난소화성 함량분석**

보통 쌀에서는 저항전분 함량이 미미한 수준이나 일품벼

**Table 2. Pasting characteristics of rice flours**

Varieties (Rice)	Peak (RVU)	Trough (RVU)	Final (RVU)	<sup>1</sup> Breakdown (RVU)	<sup>2</sup> Setback (RVU)	Pasting temperature (°C)
Ilmibyeo	204.53±10.83 <sup>b</sup>	137.86±10.94 <sup>b</sup>	227.19±12.69 <sup>b</sup>	66.67±0.36 <sup>b</sup>	22.67±3.60 <sup>c</sup>	68.4±1.77 <sup>b</sup>
Mimyeon	315.31±4.02 <sup>a</sup>	223.86±7.27 <sup>a</sup>	392.89±9.70 <sup>a</sup>	91.44±9.74 <sup>a</sup>	77.58±11.18 <sup>a</sup>	75.6±7.51 <sup>b</sup>
Saegoami	139.89±1.32 <sup>c</sup>	105.86±1.25 <sup>c</sup>	180.22±4.10 <sup>c</sup>	34.03±1.47 <sup>c</sup>	40.33±3.18 <sup>b</sup>	68.48±2.48 <sup>b</sup>
Dodamssal	50.33±1.01 <sup>d</sup>	44.00±1.01 <sup>d</sup>	66.61±5.29 <sup>d</sup>	6.33±1.08 <sup>d</sup>	16.28±4.59 <sup>c</sup>	85.4±1.40 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Breakdown = Peak - Trough, <sup>2</sup>Setback = Final - Peak.  
Values with same letter in a column are not significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 3. Thermal properties of rice flours**

Varieties (Rice)	<sup>1</sup> $T_o$ (°C)	<sup>2</sup> $T_p$ (°C)	<sup>3</sup> $T_c$ (°C)	<sup>4</sup> $\Delta H$ (J/g)
Ilmibyeo	64.44±4.23 <sup>b</sup>	73.87±0.15 <sup>c</sup>	95.15±0.06 <sup>a</sup>	6.3±1.26 <sup>a</sup>
Mimyeon	72.82±0.06 <sup>a</sup>	79.68±0.08 <sup>b</sup>	95.15±0.11 <sup>a</sup>	6.13±0.33 <sup>ab</sup>
Saegoami	61.87±0.2 <sup>b</sup>	71.13±0.18 <sup>d</sup>	95.15±0.02 <sup>a</sup>	4.63±0.94 <sup>bc</sup>
Dodamssal	71.64±0.49 <sup>a</sup>	82.10±0.16 <sup>a</sup>	95.27±0.14 <sup>a</sup>	4.52±0.31 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>To: onset temperature, <sup>2</sup>Tp: peak temperature, <sup>3</sup>Tc: conclusion temperature, <sup>4</sup> $\Delta H$ : gelatinization enthalpy of rice starch flours  
Values with same letter in a column are not significantly different ( $p<0.05$ ).

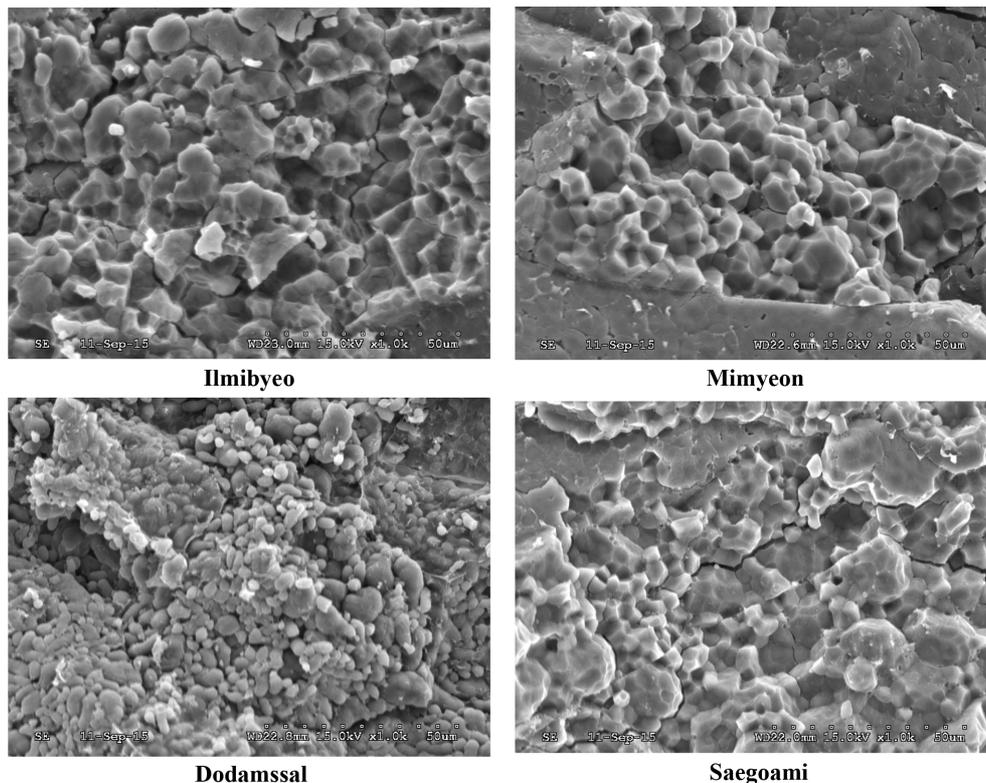
**Table 4. Dietary fiber and resistant starch contents of the rice flours**

Varieties	Dietary fiber			Resistant starch (%)
	<sup>1</sup> TDF (%)	<sup>2</sup> IDF (%)	<sup>3</sup> SDF (%)	
Ilmibyeo	2.08±0.04 <sup>d</sup>	1.80±0.03 <sup>c</sup>	0.28±0.01 <sup>b</sup>	0.6±0.02 <sup>b</sup>
Mimyeon	2.18±0.02 <sup>c</sup>	1.87±0.01 <sup>b</sup>	0.29±0.01 <sup>b</sup>	0.66±0.04 <sup>b</sup>
Saegoami	2.41±0.04 <sup>b</sup>	1.85±0.01 <sup>bc</sup>	0.57±0.03 <sup>a</sup>	0.77±0.02 <sup>b</sup>
Dodamssal	4.20±0.04 <sup>a</sup>	3.94±0.02 <sup>a</sup>	0.26±0.02 <sup>b</sup>	12.39±0.47 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>TDF: Total dietary fiber, <sup>2</sup>IDF: Insoluble dietary fiber, <sup>3</sup>SDF: Soluble dietary fiber.  
Values with same letter in a column are not significantly different ( $p<0.05$ ).

유래 돌연변이 고아밀로스 품종들인 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’의 저항전분 함량은 대조구 대비 15배 높은 수치를 보였다(Yoon et al., 2013). 일미벼 (대조), 미면, 새고아미, 도담쌀의 고아밀로스 품종의 저항전분 정량분석 결과 저항전분 함량은 0.6-12%로 도담쌀의 함량이 12.39%로 대조구에 비해 20배 이상 높았다(Table 4). 총 식이섬유 함량 역시 도담쌀이 4.17%로 일미벼, 미면, 새고아미보다 2배 이상 높았다. 수용성 식이섬유는 새고아미가 다른 품종의 2배 정도인 0.55%로, 불용성 식이섬유는 도담쌀이 3.93%를 보였는데 다른 품종 1.78-1.88%의 2배 이상이었다. 저항전분 함량과 식이섬유 함량은 아밀로스 함량과 정의 상관을 갖는다는 보고가 있는데(Zhu et al., 2011) 본 실험에서는 아밀로스 함량이 38%로 가장 높은 도담쌀의 저항전분 함량이 12%로 가장 높은 함량을 나타냈고 식이섬유 함량도 각

각 4.2%로 가장 높았다. 이 같은 결과로 도담쌀은 다른 고아밀로스 쌀인 새고아미, 미면과 일미벼에 비해 저항전분 함량과 식이섬유 함량이 유의적으로 높음을 확인 할 수 있었다. 최근 ‘고아미2호’의 전분 특성은 amylose extender 돌연변이인 ‘IR36ae’와 유사하나 ‘IR36ae’가 나타내는 starch branching enzyme IIb (SBEIIb 또는 ae) 결함은 나타나지 않은 것으로 보고된 연구가 있는데(Butardo et al., 2011), ‘고아미 2호’가 부분인 도담쌀의 전분특성도 이와 유사한지 추가적인 연구가 필요한 부분이다. 또한 이런 특성이 저항전분 형성과는 어떠한 연관성을 나타내는지 지속적인 연구가 필요하다 하겠다. 이러한 난소화성 물질을 함유하고 있는 고아밀로스 쌀을 이용해 환자식이나 다이어트용 소재로써 활용할 수 있을 것이라 전망한다.

**Fig. 2. SEM image of rice granule (1,000 times magnification).**

## 쌀 단면의 입자형태 분석

일미벼를 비롯한 미면, 새고아미의 전분립의 표면은 매끄러운 다각형을 나타내었다(Fig. 2). 또한 전분립의 날개는 팔면체와 같은 다면체 형태였는데 이런 입자들이 모여 클러스터를 형성하는 특성을 보였다. 도담쌀의 경우 기존의 쌀 전분과는 다른 형태로 둥근 구 모양을 나타내었다. 전분립의 전반적인 크기는 일미가 가장 컸고 도담쌀이 가장 작았다. 같은 고아밀로스 쌀이더라도 품종에 따라 전분 입자의 형태나 크기가 다름을 관찰할 수 있었다.

## 요 약

일반멥쌀인 일미벼와 고아밀로스 가공용 품종인 미면, 새고아미, 도담쌀의 아밀로스 함량은 각각 19%, 25%, 25%, 38%이다. 저항전분 함량은 12%인 도담쌀을 제외한 나머지 품종에서 1% 미만의 함량을 나타냈다. 단백질 함량은 5.87-6.77%이었으나 7%이하의 함량비를 보였다. 전자현미경으로 쌀알 단면을 관찰했을 때 다른 품종들은 다면체의 전분립 형태를 나타냈지만 도담쌀은 구형의 전분립으로 구성됨을 확인할 수 있었다. 타원형인 밀의 전분립보다 크기는 더 작지만 형태나 모양은 유사함을 확인할 수 있었다. 또한 TDF 함량은 도담쌀이 4.2%로 가장 높았고, SDF함량은 새고아미가 0.56%로 다른 품종의 2배 이상 높은 수치를 보였다. 아밀로펙틴의 측쇄사슬 분석에서는 도담쌀의 DP6-12사슬(A)의 비율이 유의하게 낮았고 DP>36사슬(B<sub>3</sub>)인 비율과 DP13-24 (B<sub>1</sub>), DP25-36 (B<sub>2</sub>)사슬의 비율이 다른 품종에 비해 유의하게 높음을 알 수 있었다. 신속점도분석기(RVA)를 이용한 분석에서는 거의 대부분의 항목에서 미면, 일미벼, 새고아미, 도담쌀의 품종 간 유의적인 차이가 확인 되었는데 도담쌀의 경우 입자가 치밀하게 모여 있어 온도상승과 유지과정에서 잘 팽윤되지 않고, 팽윤된 전분입자들도 열과 전단력에 저항성이 높다는 것을 확인하였다. 전분의 노화경향을 나타내는 setback 값은 도담쌀과 일미벼가 16.28 RVU과 22.67 RVU로 가장 낮은 것으로 보아 노화가 가장 느린 것을 확인할 수 있다. DSC의 경우 도담쌀의 피크온도가 가장 높았고, 호화 상전이에 필요한 에너지량을 나타내는 호화 엔탈피는 4.52-6.3 J/g으로 고아밀로스 품종인 미면 6.13 J/g, 새고아미 4.63 J/g, 도담쌀 4.52 J/g이 일반멥쌀인 일미벼에 비해 더 낮은 값을 나타냈다. 도담쌀의 경우 호화개시온도는 높은 편이지만 막상 상전이가 시작되면 전분의 결정성을 용융하는데 요구되는 에너지가 작다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 도담쌀은 다른 고아밀로스 쌀 품종과는 다른 특성을 나타내었고 아밀로스 함량과 기능성 가공용 소재로 이용 가능한 저항전분의 함량이 월등히 높았다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:PJ010268)의 지원에 의해 수행된 결과이며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- AACC. 2000. Approved method of the AACC. 10th ed. Method 61-02. America Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA.
- Alsaffar AA. 2011. Effect of food processing on the resistant starch content of cereals and cereal products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 455-462.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Asp NG. 1992. Resistant starch. Proceedings of the 2nd plenary meeting of EURESTA: European Flair Concerted Action No. 11 (COST911). Physiological implications of the consumption of resistant starch in man. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46: 148.
- Bhattacharya M, Zee SY, Corke H. 1999. Physicochemical properties related to quality of rice noodles. *Cereal Chem.* 76: 861-867.
- Butardo VM Jr, Daygon VD, Colgrave ML, Campbell PM, Resurreccion A, Cuevas RP, Jobling SA, Tetlow I, Rahman S, Morell M, Fitzgerald M. 2012. Biomolecular analyses of starch and starch granule proteins in the high-amylose rice mutant Goami 2. *J. Agr. Food Chem.* 60: 11576-11585.
- Hanashiro I, J Abe, S Hizukuri. 1996. A periodic distribution of the chain length of amylopectin as revealed by high-performance anion-exchange chromatography. *Carbohydr. Res.* 283: 151-159.
- Han XZ, Hamaker BR. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J. Cereal Sci.* 34: 279-284.
- Juliano BO. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In rice chemistry and technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA. pp. 59-120.
- Juliano BO, Sakakurai J. 1985. Miscellaneous rice products. In rice chemistry and technology. BO Juliano, ed. 2nd ed. The American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN, USA, pp. 592-599.
- Kang KJ, Kim K, Kim SK. 1995. Relationship between molecular structure of rice amylopectin and texture of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 105-111.
- Kang TY, Choi EH, JO HY, Yoon MR, Lee JS, Ko SH. 2013. Effects of japonica type rice cultivar on quality of gluten-free rice bread. *Food Eng. Prog.* 17: 1-6.
- Kim JH, Choi IS, Park SH, Shin MS, Oh SH. Effects of resistant starch on metabolism of bile acids in college women. *Korean J. Nutr.* 33: 802-812.
- McCleary BV, McNally M, Rossiter P. 2002. Measurement of resistant starch by enzymatic digestion in starch and selected plant materials: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85: 1103-1111.
- Mesters C, Collona P, Buleon A. 1988. Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mungbean starch vermicelli. *J. Food Sci.* 53: 1809-1812.
- Oh JY, Choi IS, Park SA, Lee SS, Oh SH. 2000. Effects of

- resistant starch on availability of energy nutrients in rats. Korean J. Nutr. 33: 365-373.
- Song J, Kim JH, Kim DS, Lee CK, Youn JT, Kim SL, Suh SJ. 2008. Physicochemical properties of starches in japonica rices of different amylose content. Korean J. Crop Sci. 53: 285-291.
- Yoon MR, Lee JS, Lee JH, Kwak JE, Chun AR, Kim BK. 2013. Content and characteristics of resistant starch in high amylose mutant rice varieties derived from *Ilpum*. Korean J. Breed Sci. 45: 324-331.
- Yuan RC, Thompson DB, Boyer CD. 1993. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starches from three wx-containing genotypes in two inbreed lines. Cereal Chem. 70: 81-89.
- Zhu LJ, Liu QQ, Wilson JD, Gu MH, Shi YC. 2011. Digestibility and physicochemical properties of rice flours and starches differing in amylose content. Carbohydr. Polym. 86: 1751-1759.