

## 분쇄 방법이 품종이 다른 쌀가루의 품질에 미치는 영향

한혜민<sup>1</sup> · 조준현<sup>2</sup> · 고봉경<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>계명대학교 식품영양학과  
<sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 기능성 작물부

### Effect of Grinding Method on Flour Quality in Different Rice Cultivars

Hye Min Han<sup>1</sup>, Jun Hyeon Cho<sup>2</sup>, and Bong Kyung Koh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Foods and Nutrition, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science,  
Rural Development Administration, Gyeongnam 627-803, Korea

#### Abstract

Eight rice cultivars grown in Korea were analyzed to investigate the quality of flour prepared using wet and dry grinding methods. The hardness of the kernel was related with starch damage following dry grinding but not following wet grinding. Although *Chenmaai* had the hardest steeped kernel, its flour exhibited minimal starch damage, a lower water absorption index (WAI), and a smaller difference between the RVA properties of wet and dry ground flour. However, *Seolgan* and *Suweon517* are soft grains, and their flours had more starch damage and a higher WAI. In general, soft kernels produce better grinding characteristics. However, our wet grinding results indicated that grain hardness was not the main factor affecting the grinding characteristics. Even *Chenmaai*, with its hard kernels, had good grinding characteristics, whereas the softer kernels of *Seolgan* and *Suweon517* did not show the appropriate grinding characteristics.

**Key words:** rice flour, grinding, starch damage, kernel hardness, water absorption

#### 서 론

밀의 제분은 배유를 배아와 껍질로부터 완전히 분리하여 배유를 미세한 가루로 채취하는 과정을 일컫지만 쌀의 제분은 껍질과 배아가 도정과정에서 이미 제거된 쌀을 가루로 분쇄하는 과정을 일컫는다. 도정하지 않은 쌀의 겉껍질은 셀룰로오스(25%), 리그닌(30%), arabinoxylan(15%), 회분(21%) 등으로 구성되어 있는데 회분의 95%가 silica이므로 매우 단단한 외피로 되어있다. 도정된 쌀의 배유부도 매우 조밀하면서 단단한 구조로 되어 있고 세포벽 내부에는 다각형의 복합전분으로 구성되어 있다(1-3).

쌀가루는 제과, 제빵, 제면, 이유식 등 쌀 가공식품에 다양하게 이용되고, 특히 밀 글루텐의 알러지 유발 영향으로 밀가루를 대체할 수 있는 용도로 주목 받고 있다(4). 그러나 쌀가루는 단백질의 구조가 밀가루와 달라서 가공 적성이 다르기 때문에 쌀로 밀가루를 대체하기 위해서는 기술적 문제가 있다(1,5). 또한 쌀 품종과 가루의 제분 방법에 따라라도 품질 특성이 다르기 때문에 가공 제품에 사용하기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다(6-11). 가공에 이용되는 쌀 가운데 제면이나 제과, 제빵에 사용되는 쌀은 고 아밀로오스 함

량의 장립종이 적합한 것으로 알려져 있다(12-16). 가공용으로 육종된 쌀은 밥 전용의 쌀과 식미가 달라서 취반용으로 선호도가 낮으므로 쌀 가공식품으로 소비하는 것이 가장 적합하다. 그러나 가공에 필요한 제품적성은 아밀로오스 함량, 가용성 전분의 비율, 호화 점도, 제분 등 여러 인자에 의하여 영향을 받는다(1,7-8,13-16).

건식제분은 공정이 간단하고 시간이 절약되는 장점이 있으나 손상전분의 양을 많게 하는 단점이 있다(17). Nishita와 Bean(18)은 건식제분의 경우 제분기의 선택과 제분 공정에 따라서 쌀가루의 수분 흡수력, 호화 점도 등 가루의 특성이 변하며 가공식품의 최종 품질에 매우 중요한 영향을 미친다고 하였다. Kum 등(19)은 jet mill을 이용한 건식제분이 가장 미세한 입도 분포를 갖고 제분 방법에 따라서 가루의 입도 분포가 달라진다고 하였다. 그러나 건식제분을 하면 분쇄기에서 발생하는 열과 기계적 마찰에 의하여 전분이 호화되고 손상되는 현상이 일어날 수 있다(18,19). 따라서 부적당한 제분 방법을 사용한다면 입도 분포가 균일하지 못하며 전분에 많은 손상이 올 수 있다(19-23).

습식제분은 수침 중에 쌀 전분 내 비결정성 영역에 수분 흡수가 일어나고 손상 전분이 적으며 작고 균일한 입도 분포

\*Corresponding author. E-mail: kohfood@kmu.ac.kr  
Phone: 82-53-580-5876, Fax: 82-53-580-5885

를 얻을 수 있다(22,24,25). 습식제분된 쌀가루가 발효 식빵을 만들 때 반죽의 안정성이 건식 가루에 비하여 더 우수하며 빵의 체적이 더 크고 빵의 노화 속도도 느리다(22). 그러나 습식제분 한 쌀가루는 폐수처리 문제, 건조비용, 미생물 오염에 따른 유통의 개선 등의 문제점이 있다(17). 또한 쌀의 수침조건에 따라서 가루의 호화 특성이 변화하고 손상 전분의 정도도 품종에 따른 전분의 구조적인 형태에 영향을 받으며 조질화 수분 함량, 분쇄압력, 제분기의 형태 및 속도 등에 따라서 쌀가루의 품질이 변화되므로 여러 가지 제분 조건을 조절해야 한다(20,22,24,26). 이러한 문제점에도 불구하고 습식제분된 쌀가루의 가공적성이 우수하기 때문에 베트남 쌀국수를 제조하는 공장과 태국 및 베트남 등의 현지에서는 쌀을 습식제분하고 현탁액을 정치하여 가라앉은 침전물을 건조시키지 않고 그대로 국수 반죽에 사용한다.

국내에서도 쌀 가공식품을 육성하기 위해 새로운 가공 전용 쌀 품종이 육성되고 있다(27). Han 등(13,14)의 연구에 따르면 국내에서 육종된 새로운 품종 가운데 *Chenmaai* 및 *Goamibyeo* 등은 습식제분 하여 이용하면 제빵 및 제면 적성이 매우 우수하다고 하였다. 가공에 적합한 쌀은 가격 경쟁력을 위하여 수량성이 높아야 하고 가공에 적합한 아밀로오스 함량과 전분 특성을 갖추어야 한다. 더불어 다양한 제분 방법에 적용하여도 쌀가루가 우수한 가공적성을 가져야 하지만 국내 쌀 품종의 경우 제분 적합성에 대한 정보가 부족하다. 따라서 본 연구는 국내에서 육종된 쌀 가운데 가공용으로 사용이 가능할 것으로 판단되는 8개의 품종을 선택하여, 현재 국내 및 동남아 등에서 쌀국수 제조에 가장 일반적으로 이용되는 완전 습식제분 방법으로 분쇄한 쌀가루와 침지와 건조가 전혀 관여하지 않고 미세한 입자로 제분할 수 있는 완전 건식 분쇄한 쌀가루의 품질특성을 품종에 따라서 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

농촌진흥청 작물시험장에서 2009년 재배된 indica lines (*Hanareumbyeo*, *Chenmaai*)와 japonica lines (*Jinsumi*, *Goamibyeo*, *Manmibyeo*, *Milyang261*, *Seolgaeng*, *Su-weon517*)의 8가지 품종의 쌀을 사용하였다.

### 경도 측정

도정된 쌀의 경도는 실온의 desiccator에 쌀을 24시간 방치한 후에 꺼내어 즉시 측정하였다. 물에 불린 쌀의 경도는 쌀 5 g을 10 mL 물에 4시간 상온에서 침지한 후 물기를 제거하여 즉시 측정하였다. 경도 측정은 texture analyzer (TA.XT express, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK)에 5 mm stainless cylinder probe를 장착하고 compression test 하였다. 쌀알이 부서지는데 필요한 힘(kg)을 쌀의 경도로 표시하였다. 실험결과는 20회 이상 측정된

쌀의 평균과 표준편차로 표시하였다.

### 제분

수확한 쌀은 도정기(SYTH-88, Ssangyong Co., Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 95% 도정 율로 도정하였다. 습식제분은 도정된 쌀을 물에 4시간 침지한 후 체에 내려 물을 제거하고 전동 습식 맷돌식 마쇄기(Daehwa Co., Cheonan, Korea)에 물을 부어가며 현탁액 상태가 되도록 분쇄하였다. 분쇄 즉시 쌀가루와 물을 모두 동결 건조하였고, 건조된 가루 덩어리는 115 mesh 체에 모두 내려 밀봉하여 냉동 저장하여 사용하였다.

건식제분은 도정된 쌀을 원심력 분쇄기(Centrifugal force mill, KCFM-48, Korea Medi Ltd., Deagu, Korea)를 사용하여 분쇄판 간격을 1.2 cm로 조절하여 제분하였다. 제분된 가루는 습식제분 가루와 동일하게 115 mesh 체에 내려 밀봉하여 냉동 저장해서 실험에 이용하였다.

### 입도 분석

쌀가루의 입도 분포는 laser diffraction particle size analyzers(LS13 320, Beckman coulter, Brea, CA, USA)를 이용하여 가루를 isopropyl alcohol에 현탁시켜 입자 크기를 측정하였다.

### 성분 분석

쌀가루의 회분 함량은 AACC approved method 08-03, 단백질과 지방은 46-10과 30-26(28)에 따라서 측정하였다. 아밀로오스 및 손상 전분 함량은 Megazyme kit(Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland) K-AMYL 04/06 및 K-SDAM 02/2008을 이용하여 분석하였다.

### 수분 흡수력

쌀가루의 수분 흡수력(water absorption index, WAI)은 AACC Approved Methods 56-30(28)에 따라서 측정하고 water absorption index(WAI)로 나타내었다.

### 반죽의 질척한 정도

수분함량을 75%로 동일하게 반죽하여 반죽의 질척한 정도(dough stickiness)를 Chen-Hoseney dough stickiness cell(TA.XT express, Stable Micro Systems Ltd.)을 이용하여 측정하였다. Mixograph(10 g mixograph, National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 수분 75%로 쌀가루를 7분간 반죽한 후 5 kg load cell이 장착된 texture analyzer (TA.XT express, Stable Micro Systems Ltd.)에 35 mm aluminium cylinder probe와 Chen-Hoseney dough stickiness cell을 이용하여 반죽의 점착성 시험을 하였다. 시험은 approach speed, 2.0 mm/s와 target force, 50 g 조건에서 실시하였다.

### 호화 특성

쌀가루의 호화 특성은 rapid visco-analyzer(RVA, Tec-

Table 1. Chemical composition (%) of rice flours

Rice	Amylose	Protein	Lipid	Ash
<i>Manmibyeo</i>	10.13±1.09 <sup>d1</sup>	6.92±0.07 <sup>f</sup>	0.82±0.03 <sup>cd</sup>	0.67±0.04 <sup>b</sup>
<i>Jinsumi</i>	14.91±1.97 <sup>c</sup>	6.14±0.12 <sup>g</sup>	1.01±0.07 <sup>bc</sup>	0.60±0.02 <sup>cd</sup>
<i>Seolgaeng</i>	16.55±1.92 <sup>c</sup>	7.20±0.04 <sup>e</sup>	0.76±0.01 <sup>cd</sup>	0.67±0.02 <sup>b</sup>
<i>Hanareumbyeo</i>	16.73±1.54 <sup>c</sup>	7.95±0.18 <sup>c</sup>	0.85±0.06 <sup>cd</sup>	0.64±0.02 <sup>bcd</sup>
<i>Chenmaai</i>	23.43±1.43 <sup>b</sup>	9.23±0.14 <sup>a</sup>	0.54±0.04 <sup>d</sup>	0.60±0.02 <sup>d</sup>
<i>Goamibyeo</i>	24.54±2.41 <sup>b</sup>	8.23±0.13 <sup>b</sup>	0.97±0.02 <sup>c</sup>	0.65±0.02 <sup>bc</sup>
<i>Suweon517</i>	25.58±2.84 <sup>b</sup>	7.52±0.11 <sup>d</sup>	2.55±0.61 <sup>a</sup>	0.77±0.03 <sup>a</sup>
<i>Milyang261</i>	32.07±3.17 <sup>a</sup>	7.84±0.04 <sup>e</sup>	1.38±0.02 <sup>b</sup>	0.64±0.03 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

master, Newport Scientific Pty Limited, Warriewood, NSW, Australia)를 이용하여 Han 등(13)의 연구와 같은 조건으로 분석하였다. 쌀가루(3.5 g, 14% mb)를 25 mL 증류수에 혼합하여 50°C에서 1분간 유지한 후 95°C로 3.8분간 상승시키고 2.5분간 유지한 후에 50°C로 3.8분에 걸쳐 냉각한 후 50°C에서 1.4분간 유지하였다. 최고 점도에 도달하는 시간(peak time), 최고 점도(peak viscosity), breakdown viscosity(peak viscosity-hot paste viscosity) 및 setback viscosity(cold paste viscosity-peak viscosity)를 측정하였다.

#### 통계분석

실험 결과는 5회 이상의 측정값을 평균과 표준편차로 나타내었다. SPSS 통계 프로그램(Version 19.0, IBM Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석을 한 후 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 하였고, 두 그룹 간 차이 검증은 독립표본 t-검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

#### 일반 성분

실험에 이용된 쌀은 아밀로오스 함량에 따라서 Table 1과 같이 *Manmibyeo*, *Jinsumi*, *Seolgaeng*, *Hanareumbyeo* 등은 저 아밀로오스(10~20%)에 *Goamibyeo*, *Chenmaai*는 중간 아밀로오스(20~25%)에 *Milyang261*과 *Suweon517*은 고 아밀로오스 함량(25%>)에 속하였다. *Chenmaai*가 회분 함량이 가장 높고 지방은 *Suweon517*이 가장 높다. 밀의 경우 회분 함량은 제분의 지표로 삼는데, 이는 회분이 많은 가루는 도정 과정에서 회분뿐 아니라 외피에 많은 폴리페놀계 물질이 함께 남아 있게 되며 이러한 성분은 반죽의 글루텐을 환원시켜 반죽의 탄성을 감소시키기 때문이다. 따라서 회분 함량이 높은 밀가루는 제빵성이 나쁜 것으로 알려져 있다(29,30). 그러나 쌀로 만든 빵이나 면의 품질을 밀가루와 같이 글루텐 형성 및 회분 함량과의 관계로 연관시키려면 쌀의 단백질 구조와 가공 적성이 밀 단백질과 다르기 때문에 관련 분야의 계속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 단백질의 함량은 *Chenmaai*, *Goamibyeo* 등이 높는데 이 품종들은 제빵 및 제면성이 우수한 품종(13,14)으로 단백질 함량과 제면, 제빵성 간의 상관관계가 높기 때문에 쌀 품종의 단백질 함량

과 가공적성에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 입도 분포, 손상전분 및 수분 흡수율

연구에 이용된 습식제분 방법은 현재 쌀국수를 제조하기 위하여 쌀국수 제조 공장에서 베트남이나 태국 등의 현지에서 쌀을 분쇄하는 방법을 그대로 이용한 방법이다. 제분된 쌀가루의 입자 크기는 Fig. 1과 같이 습식 가루는 모든 시료가 177  $\mu\text{m}$  이하로 크기가 작은 영역(4~20  $\mu\text{m}$ )과 큰 영역(30~177  $\mu\text{m}$ )으로 나뉘어 쌍봉형태의 분포를 나타내었다. 반면 건식제분된 가루는 Fig. 2와 같이 입자 크기가 4~30  $\mu\text{m}$  사이에 분포하지만 주로 20  $\mu\text{m}$  내외에 단일 포물선 형태로 분포하였다.

건식제분한 쌀가루의 손상 전분 함량은 Table 2와 같이 9.9~20.4%로 습식제분한 가루의 1.19~2.96%에 비하여 매우 높다. 쌀의 경도는 Table 3과 같이 건조한 쌀의 경우 *Hanareumbyeo*, *Manmibyeo*, *Jinsumi*가 가장 단단하고 다음으로 *Goamibyeo*가 단단하였다. 쌀을 물에 불려 경도를 측정하면 *Chenmaai*가 가장 단단하고 다음으로 *Goamibyeo*가 단단하였다. 이러한 쌀의 경도는 제분하였을 때 전분의

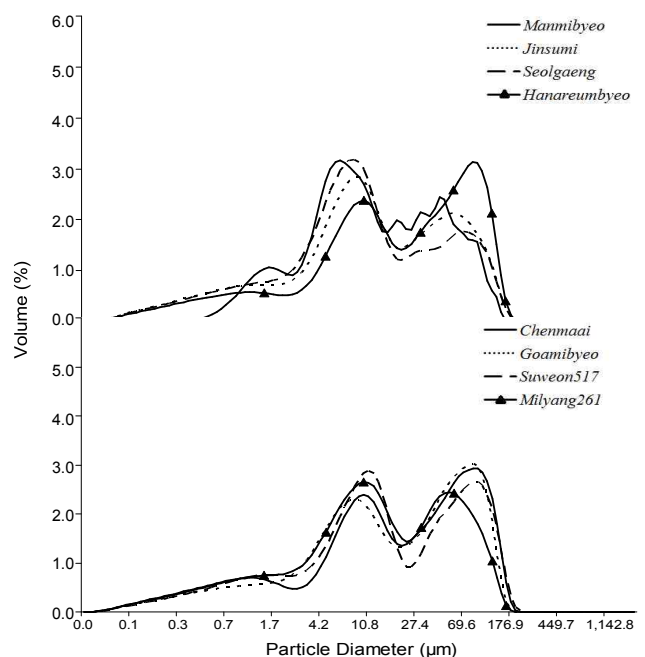


Fig. 1. Particle size distribution of wet milled rice flours.

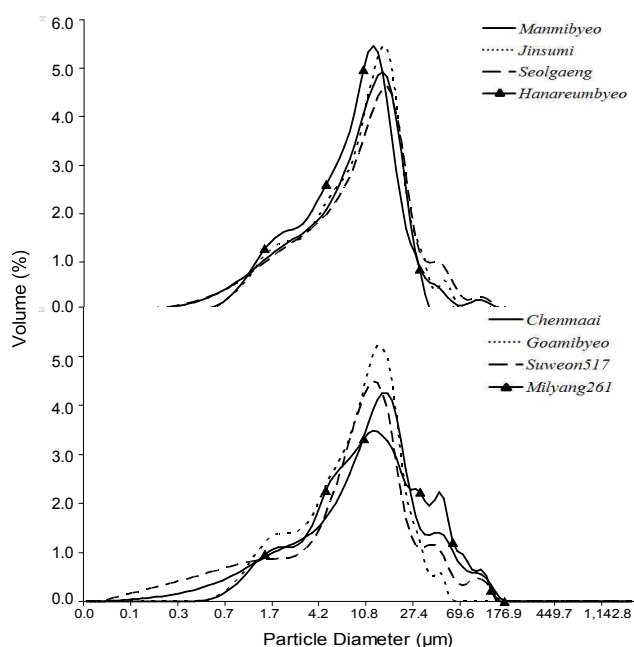


Fig. 2. Particle size distribution of dry milled rice flours.

Table 2. Damage starch contents (%) of wet and dry milled rice flours

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
Manmibyeo	2.96 ± 0.03 <sup>al1)</sup>	20.40 ± 2.71 <sup>a</sup>	0.000
Jinsumi	2.12 ± 0.09 <sup>d</sup>	18.80 ± 1.99 <sup>a</sup>	0.000
Seolgaeng	1.71 ± 0.02 <sup>e</sup>	15.12 ± 0.75 <sup>b</sup>	0.000
Hanareumbyeo	2.38 ± 0.10 <sup>b</sup>	18.97 ± 2.06 <sup>a</sup>	0.000
Chenmaai	1.19 ± 0.03 <sup>f</sup>	11.15 ± 0.58 <sup>c</sup>	0.000
Goamibyeo	2.27 ± 0.07 <sup>c</sup>	18.94 ± 1.74 <sup>a</sup>	0.000
Suweon517	2.21 ± 0.06 <sup>cd</sup>	9.91 ± 0.60 <sup>c</sup>	0.000
Milyang261	1.69 ± 0.02 <sup>e</sup>	15.09 ± 0.53 <sup>b</sup>	0.000

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different (p<0.05) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

Table 3. Grain hardness (kg) of wet and dry polished rice kernel

Rice	Wet kernel	Dry kernel	p-value <sup>2)</sup>
Manmibyeo	1.41 ± 0.37 <sup>c1)</sup>	12.02 ± 1.75 <sup>ab</sup>	0.000
Jinsumi	1.35 ± 0.29 <sup>c</sup>	12.94 ± 2.33 <sup>ab</sup>	0.000
Seolgaeng	0.65 ± 0.25 <sup>e</sup>	5.07 ± 1.58 <sup>d</sup>	0.000
Hanareumbyeo	1.28 ± 0.42 <sup>c</sup>	13.36 ± 3.48 <sup>a</sup>	0.000
Chenmaai	1.96 ± 0.47 <sup>a</sup>	9.36 ± 1.54 <sup>c</sup>	0.000
Goamibyeo	1.69 ± 0.41 <sup>b</sup>	11.47 ± 3.31 <sup>b</sup>	0.000
Suweon517	1.01 ± 0.29 <sup>d</sup>	5.09 ± 1.41 <sup>d</sup>	0.000
Milyang261	1.19 ± 0.30 <sup>cd</sup>	9.05 ± 2.83 <sup>c</sup>	0.000

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different (p<0.05) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

손상도와 매우 밀접한 관계를 나타내어 Hanareumbyeo, Jinsumi, Manmibyeo, Goamibyeo 등 단단한 쌀 품종이 건식제분 하였을 때 손상 전분 함량도 가장 많았다. 반면에 물에 불려 습식제분한 가루의 손상도는 불린 쌀이 가장 단단

한 Goamibyeo나 Chenmaai보다 Manmibyeo와 Hanareumbyeo가 가장 높았다. 불린 쌀의 경도가 가장 높았던 Chenmaai는 습식제분에서 상대적으로 매우 낮은 손상도를 나타내었다. Chenmaai는 건조한 쌀의 경우 경도가 중간 범위에 속하고, 불린 쌀은 상대적으로 가장 단단하지만 건식과 습식제분 모두에서 손상 전분의 함량이 낮아서 제분에 유리한 것을 알 수 있다. 반면 Seolgaeng와 Suweon517은 쌀의 경도가 낮은 분상질이므로 제분에 의한 전분 손상이 적을 것으로 예상하였으나 건식과 습식제분 모두에서 Chenmaai보다 손상 전분 함량이 높으며, Suweon517은 건식제분의 손상 전분 함량은 상대적으로 낮으나 습식제분은 다른 품종에 비하여 손상 전분의 함량이 높아서 두 품종 모두 제분 적성이 난알이 단단한 Chenmaai보다 오히려 좋지 않았다.

건식제분에 따른 손상 전분 함량의 증가는 쌀가루의 수분 흡수력을 증가시켜서 Table 4와 같이 습식제분 가루는 수분 흡수력이 1.0~1.4 범위이나 건식제분 가루는 1.3~1.7로 수분 흡수력이 급격히 증가한다. 수분 흡수력은 제분에 따른 차이도 매우 크지만, 건식의 경우 쌀알의 경도가 높은 것이 수분 흡수 증가율도 높아서 경도의 순과 같이 Goamibyeo< Hanareumbyeo< Manmibyeo< Jinsumi의 수분 흡수력이 높았다. 그러나 습식제분 한 것은 쌀알의 경도보다 아밀로오스 함량이 높은 Suweon517과 Milyang261의 수분 흡수력이 더 높았다. 즉, 습식제분할 경우는 쌀알이 이미 물을 많이 흡수하여 제분의 기계적인 힘에 의한 전분 손상에 따른 수분 흡수를 증가뿐 아니라 전분 자체의 특성 즉 아밀로오스 함량에 따라서 수분 흡수력에 차이를 나타내는 것으로 판단된다.

동일한 양의 물로 반죽했을 때 수분 흡수력에 따라서 반죽의 질척임이 달라지는데 Table 5와 같이 건식제분한 가루가 수분 흡수력이 크므로 반죽의 질척임이 감소되는 것을 알 수 있다. 그러나 고 아밀로오스 함량의 Suweon517과 Milyang261은 제분에 관계없이 수분 흡수력이 매우 높아서 두 품종은 건식뿐 아니라 습식제분한 가루에서도 반죽의 질척임 값이 2.7과 4.7로 가장 낮기 때문에 실제 빵이나 국수 등의 제품을 생산할 때 반죽에 더 많은 양의 물을 첨가해야 할 것으로 생각된다. Manmibyeo를 제외한 그 밖의 다른 품종들은 모두 건식제분된 가루가 습식제분된 가루에 비하여 동일한 물

Table 4. Water absorption index of rice flours

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
Manmibyeo	1.16 ± 0.02 <sup>c1)</sup>	1.66 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.000
Jinsumi	1.04 ± 0.02 <sup>d</sup>	1.71 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.000
Seolgaeng	1.03 ± 0.02 <sup>de</sup>	1.33 ± 0.03 <sup>f</sup>	0.000
Hanareumbyeo	1.06 ± 0.03 <sup>d</sup>	1.60 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.000
Chenmaai	0.99 ± 0.03 <sup>e</sup>	1.30 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.000
Goamibyeo	1.04 ± 0.03 <sup>d</sup>	1.59 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.000
Suweon517	1.44 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.37 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.001
Milyang261	1.24 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.52 ± 0.03 <sup>d</sup>	0.000

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different (p<0.05) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

Table 5. Dough stickiness (g) of rice flours

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
<i>Manmibyeo</i>	14.90±5.94 <sup>d1)</sup>	25.71±6.18 <sup>ab</sup>	0.000
<i>Jinsumi</i>	65.00±5.07 <sup>a</sup>	23.11±3.40 <sup>b</sup>	0.000
<i>Seolgaeng</i>	63.44±3.75 <sup>a</sup>	17.92±5.79 <sup>c</sup>	0.000
<i>Hanareumbyeo</i>	43.47±10.77 <sup>c</sup>	15.39±5.66 <sup>c</sup>	0.000
<i>Chenmaai</i>	67.24±3.37 <sup>a</sup>	27.84±5.74 <sup>a</sup>	0.000
<i>Goamibyeo</i>	55.85±10.53 <sup>b</sup>	3.93±1.04 <sup>d</sup>	0.000
<i>Suweon517</i>	2.73±0.19 <sup>e</sup>	3.26±0.49 <sup>d</sup>	0.003
<i>Milyang261</i>	4.69±1.55 <sup>c</sup>	6.18±2.43 <sup>d</sup>	0.072

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

로 반죽했을 때 수분 흡수력이 크기 때문에 질척임이 매우 감소되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 건식제분된 가루는 제과, 제빵뿐 아니라 제면 등의 반죽 과정에서 수분 첨가량을 증가시켜야 할 것으로 생각된다.

#### 호화 특성

쌀가루의 호화 점도 특성을 RVA로 분석하여 Table 6에 나타내었다. 최고 점도에 도달하는 시간은 전체적으로 건식제분된 가루가 습식제분된 가루에 비하여 빨랐다. 건식제분된 가루의 호화 속도가 빠른 가장 근본적인 원인은 무엇보다도 입자가 습식제분된 가루보다 작기 때문에 호화에 필요한 시간도 단축되었을 것으로 생각된다. Table 7과 같이 최고 점도(PV)는 습식, 건식제분 모두에서 *Chenmaai*가 가장 높

Table 6. RVA peak time (minute) of rice flour

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
<i>Manmibyeo</i>	5.93±0.01 <sup>g1)</sup>	5.60±0.00 <sup>d</sup>	0.000
<i>Jinsumi</i>	6.27±0.00 <sup>f</sup>	5.38±0.10 <sup>e</sup>	0.000
<i>Seolgaeng</i>	6.33±0.00 <sup>e</sup>	5.91±0.03 <sup>ab</sup>	0.002
<i>Hanareumbyeo</i>	6.15±0.04 <sup>d</sup>	5.71±0.03 <sup>cd</sup>	0.000
<i>Chenmaai</i>	6.38±0.04 <sup>d</sup>	5.91±0.08 <sup>ab</sup>	0.001
<i>Goamibyeo</i>	6.53±0.00 <sup>e</sup>	5.93±0.18 <sup>a</sup>	0.029
<i>Suweon517</i>	6.60±0.07 <sup>b</sup>	6.05±0.04 <sup>a</sup>	0.000
<i>Milyang261</i>	6.71±0.03 <sup>a</sup>	5.78±0.04 <sup>bc</sup>	0.000

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

Table 7. RVA peak viscosity of rice flour

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
<i>Manmibyeo</i>	254.08±1.74 <sup>f</sup>	308.17±6.59 <sup>b</sup>	0.000
<i>Jinsumi</i>	318.42±3.34 <sup>d</sup>	308.80±3.78 <sup>b</sup>	0.030
<i>Seolgaeng</i>	290.83±1.23 <sup>e</sup>	289.36±11.88 <sup>c</sup>	0.841
<i>Hanareumbyeo</i>	352.53±4.89 <sup>b</sup>	285.17±3.42 <sup>c</sup>	0.000
<i>Chenmaai</i>	394.92±2.54 <sup>a</sup>	402.50±12.00 <sup>a</sup>	0.344
<i>Goamibyeo</i>	214.89±0.54 <sup>g</sup>	207.78±4.81 <sup>d</sup>	0.123
<i>Suweon517</i>	327.25±6.79 <sup>e</sup>	313.64±3.44 <sup>b</sup>	0.036
<i>Milyang261</i>	124.31±1.32 <sup>h</sup>	149.30±1.14 <sup>e</sup>	0.000

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

았다. 아밀로오스 함량이 상대적으로 높은 *Chenmaai*, *Goamibyeo* 및 *Suweon517*은 Table 7, 8, 9와 같이 습식제분하였을 때 높은 PV와 setback을 나타내고 가장 낮은 breakdown 점도를 갖는다. 그러나 *Milyang261*은 매우 낮은 PV와 breakdown을 나타낸다. Han 등(13)의 연구에 따르면 *Milyang261*은 일반적인 고 아밀로오스 함량의 품종들과는 다른 돌연변이 품종으로서 RVA 특성도 일반적인 고 아밀로오스 품종이 나타내는 특성과는 전혀 다른 특성을 나타낸다고 보고하였다. 각 품종의 습식제분에서 나타나는 호화 특성은 건식제분을 하여도 그 양상이 비슷하였다. 그러나 건식제분의 결과 모든 품종에서 최고 점도에 이르는 peak time이 모두 유의적( $p<0.05$ )으로 감소하여 건식제분한 가루의 호화 시간이 단축되는 것을 알 수 있다. 특히 건식제분 하였을 때 손상 전분의 함량(Table 2)이 높은 *Hanareumbyeo*, *Manmibyeo*, *Jinsumi*, *Goamibyeo* 등의 RVA 특성은 습식제분한 가루에 비하여 유의적으로 특성이 변하였다. 제분 방법에 따라서 최고 호화 점도 변화가 유의적( $p<0.01$ )으로 차이가 나는 품종은 *Manmibyeo*, *Hanareumbyeo*, *Milyang261* 등으로 이들은 제분 방법에 따라서 최고 점도가 상승하기도 하고 감소하기도 하므로 제분 방법의 선택이 제품 생산에 매우 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. 점도 붕괴(breakdown)는 모든 품종에서 건식제분한 가루에서 유의적( $p<0.05$ )으로 증가하므로 건식제분이 쌀가루의 점도 안정성에 바람직하지 않은 것으로 생각된다. 한편 setback값은 *Manmibyeo*,

Table 8. RVA breakdown viscosity of rice flour

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
<i>Manmibyeo</i>	145.72±3.04 <sup>b</sup>	175.39±9.27 <sup>b</sup>	0.006
<i>Jinsumi</i>	125.58±2.11 <sup>c</sup>	185.14±2.02 <sup>a</sup>	0.000
<i>Seolgaeng</i>	113.75±2.41 <sup>d</sup>	127.25±7.18 <sup>e</sup>	0.037
<i>Hanareumbyeo</i>	180.75±4.94 <sup>a</sup>	163.00±1.66 <sup>c</sup>	0.004
<i>Chenmaai</i>	95.67±7.63 <sup>e</sup>	138.31±3.91 <sup>d</sup>	0.001
<i>Goamibyeo</i>	45.86±0.26 <sup>g</sup>	78.61±8.51 <sup>f</sup>	0.022
<i>Suweon517</i>	67.50±1.96 <sup>f</sup>	77.89±2.13 <sup>f</sup>	0.003
<i>Milyang261</i>	23.45±0.39 <sup>h</sup>	44.22±0.51 <sup>g</sup>	0.000

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

Table 9. RVA setback viscosity of rice flour

Rice	Wet milled flour	Dry milled flour	p-value <sup>2)</sup>
<i>Manmibyeo</i>	-86.03±4.85 <sup>g</sup>	-87.84±7.32 <sup>e</sup>	0.739
<i>Jinsumi</i>	-14.11±2.30 <sup>e</sup>	-101.64±1.49 <sup>f</sup>	0.000
<i>Seolgaeng</i>	17.14±2.60 <sup>d</sup>	-28.64±9.26 <sup>c</sup>	0.001
<i>Hanareumbyeo</i>	-72.44±4.66 <sup>f</sup>	-66.14±10.16 <sup>d</sup>	0.384
<i>Chenmaai</i>	76.14±2.82 <sup>b</sup>	29.61±5.78 <sup>b</sup>	0.000
<i>Goamibyeo</i>	88.17±1.16 <sup>a</sup>	26.31±1.72 <sup>b</sup>	0.000
<i>Suweon517</i>	86.61±3.62 <sup>a</sup>	137.45±5.00 <sup>a</sup>	0.000
<i>Milyang261</i>	23.55±0.82 <sup>c</sup>	34.17±3.12 <sup>b</sup>	0.005

<sup>1)</sup>Within a column, values with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup>Within a row, p-value: Independent sample t-test.

*Jinsumi, Seolgaeng, Hanareumbyeo* 등 저 아밀로오스 함량의 쌀가루에서는 제분 방법에 관계없이 매우 낮았다. 반면 *Chenmaai*와 *Goamibyeo*는 setback 값이 건식제분으로 오히려 낮아지지만 고 아밀로오스 *Suweon517*과 *Milyang261*은 건식제분하면 setback 값이 증가하여, 건식제분 가루의 노화가 더 클 것으로 예측된다. Chen 등(7)의 연구에서는 찹쌀의 경우에도 건식제분하면 setback 값이 습식제분한 가루보다 증가한다고 보고하였다.

## 요 약

국내에서 육종된 8가지 품종의 쌀을 습식과 건식제분하여 제분 방법에 따른 쌀가루의 품질변화를 품종별로 분석하고 이를 바탕으로 제분 방법에 비교적 민감하지 않고 일정한 품질의 가루를 생산할 수 있는 국내산 쌀 품종을 찾고자 하였다. 건식제분은 예상한 바와 같이 낱알의 경도가 높은 품종이 전분 손상도가 높았으나 습식제분에서는 *Chenmaai*와 같이 불린 쌀의 경도가 높더라도 전분의 손상도는 상대적으로 낮았다. 건식제분에 따른 손상 전분 함량의 증가는 쌀가루의 수분 흡수력을 급격히 증가시켰으며 습식제분은 낱알의 경도보다는 아밀로오스 함량에 따라서 수분 흡수력에 차이를 나타내었다. 가루의 수분 흡수력과 반비례하여 반죽의 질척한 정도가 나타나지만 고 아밀로오스 함량의 *Suweon517*과 *Milyang261*은 제분 방법에 관계없이 수분 흡수력이 매우 높아서 빵이나 국수 등의 제품을 생산할 때 반죽에 더 많은 양의 물을 첨가해야 할 것으로 생각된다. 또한 건식제분된 가루가 습식제분된 가루에 비하여 수분 흡수력이 크기 때문에 반죽 과정에서 수분 첨가량을 증가시켜야 할 것이다. 건식제분은 품종 모두에서 최고 점도에 이르는 시간이 짧아지고 점도 붕괴가 증가하므로 습식 가루에 비하여 조리시간을 단축하고 호화 후 점도 조절이 필요하다. *Hanareumbyeo, Mannibyeo, Jinsumi, Goamibyeo* 등은 건식제분과 습식제분에 따른 호화 특성의 변화가 다른 품종에 비하여 크며, *Suweon517*과 *Milyang261*은 건식제분하면 setback 값이 증가하는 것으로 미루어 건식제분된 가루를 이용한 제품의 노화가 더 클 것으로 예측된다. 이상의 결과에 따라서 *Chenmaai*는 건식과 습식제분 모두에서 손상 전분의 함량이 낮고, 건식제분에 따른 수분 흡수율 증가가 적으며 제분에 따른 호화 점도 특성의 변화가 상대적으로 적어서 제분에 유리한 품종이다. 반면 *Seolgaeng*와 *Suweon517*은 낱알의 경도가 부드러운 분상질일지라도 건식과 습식제분 모두에서 손상전분 함량이 높고 수분 흡수력과 호화 점도의 특성 변화가 심하여 쌀가루로 분쇄하는 제분 적성이 좋지 않았다.

## 감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 어젠더 6-14-35의 지원으로 수행

하여 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Bean MM, Kazuko DN. 1985. Rice flours for baking. In *Rice: Chemistry and Technology*. Juliano BO, ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p 540-545.
2. Cameron DK, Wang YJ. 2005. A better understanding of factors that affect the hardness and stickiness of long-grain rice. *Cereal Chem* 82: 113-119.
3. Delcour JA, Hosney RC. 2010. *Principles of Cereal Science and Technology*. 3rd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p 200.
4. Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci Tech* 15: 143-152.
5. Nishita KD, Bean MM. 1979. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chem* 56: 185-189.
6. Champagne ET, Marshall WE, Goynes WR. 1990. Effects of the degree of milling and lipid removal on starch gelatinization in the brown rice kernel. *Cereal Chem* 67: 570-574.
7. Chen JJ, Lu S, Lii CY. 1999. Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chem* 76: 796-799.
8. Kang MY, Han JY. 2000. Comparison of some characteristics relevant to rice bread made from eight varieties of endosperm mutants between dry and wet milling process. *Korean J Food Sci Technol* 32: 75-81.
9. Kim HY, Lee BY, You HS, Choi JK, Ham SS. 1999. Properties of rice flour prepared with roll mill and pin mill after tempering. *Korean J Postharvest Sci Technol* 6: 313-318.
10. Kim SS, Kang KA, Choi SY, Lee YT. 2005. Effect of elevated steeping temperature on properties of wet-milled rice flour. *J Korean Soc Food Nutr* 34: 414-419.
11. Lee MH, Lee YT. 2006. Bread-making properties of rice flours produced by dry, wet and semi-wet milling. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 886-890.
12. Kohlwey DE, Kendall JH, Mohindra RB. 1995. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. *Cereal Foods World* 40: 728-732.
13. Han HM, Cho JH, Koh BK. 2011. Processing properties of Korean rice varieties in relation to rice noodle quality. *Food Sci Biotechnol* 20: 1277-128.
14. Han HM, Cho JH, Kang HW, Koh BK. 2012. Rice varieties in relation to rice bread quality. *J Sci Food Agric* 92: 1462-1467.
15. Juliano BO, Perez CM, Kaosa-Ard M. 1990. Grain quality characteristics of export rices in selected markets. *Cereal Chem* 67: 192-197.
16. Juliano BO. 1998. Varietal impact on rice quality. *Cereal Foods World* 43: 207-222.
17. Choi EJ, Kim HS. 1997. Physicochemical and gelatinization properties of glutinous rice flour and starch steeped at different conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 17-24.
18. Nishita KD, Bean MM. 1982. Grinding methods: Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem* 59: 46-49.
19. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. 1993. Effect of different milling methods on distribution of particle size of rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 25: 541-545.
20. Hossen MS, Sotome I, Takenaka M, Isobe M, Nakajima M, Okadome H. 2011. Starch damage and pasting properties of rice flours produced by dry jet grinding. *Cereal Chem* 88: 6-11.

21. Lee JE, Jun JY, Kang WS, Lim JD, Kim DE, Lee KY, Ko S. 2008. Effect of particle size on the solubility and dispersibility of endosperm, bran, and husk powders of rice. *Food Sci Biotechnol* 17: 833-838.
22. Lee YT, Yoo MS, Lee BR, Park JH, Chang HG. 2004. Properties of starch isolated from wet-milled rice after steeping at elevated temperatures for annealing effect. *Korean J Food Sci Technol* 36: 393-397.
23. Seog HM, Nam YJ, Shin DH. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 20: 504-510
24. Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35: 85-94.
25. Feiz L, Martin JM, Giroux MJ. 2008. Relationship between wheat (*Triticum aestivum* L.) grain hardness and wet-milling quality. *Cereal Chem* 85: 44-50.
26. Betschart AA. 1988. Nutritional quality of wheat and wheat foods. In *Wheat Chemistry and Technology*. 3rd ed. Pomeranz Y, ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p 112-116.
27. Song YS, Lim SJ, Lee JS, Kim HY, Yeo US, Park NB, Kwak DY, Kang JR, Yang SJ, Hwang HG, Oh BG, Moon HP, Lim MS. 2008. A new high amylose rice variety "Goamibyeo". *Korean J Breed Sci* 40: 447-451.
28. AACC International. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. Method 08-03, 30-26, 46-10, and 56-30. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
29. Koh BK, Hosney RC. 1996. Investigation on the water soluble fraction causing rapid dough breakdown of wheat flour. *Food Sci Biotechnol* 29: 287-290.
30. Pussayanawin V. 1989. High performance liquid chromatographic studies of ferulic acid in flour milling fractions. *PhD Dissertation*. Kansas State University, Manhattan, KS, USA. p 109-192.

(2012년 7월 31일 접수; 2012년 10월 25일 채택)