

## 벼의 수분함량이 쌀가루 특성에 미치는 영향

김상숙 · 김영진  
한국식품개발연구원

### Effect of Moisture Content of Paddy on Properties of Rice Flour

Sang Sook Kim and Young Jin Kim  
Korea Food Research Institute

#### Abstract

Properties of dry milled rice flours made of paddy with different moisture content (12.6, 18.4 and 24.4%) were compared with those of wet milled rice flour. Among dry milled rice flour, the higher moisture content of paddy the finer particle size and the more distinct shape of starch were observed. As the moisture content of paddy increased, L (lightness) value and water absorption index of rice flour were increased, while setback in amylogram and water soluble index were decreased. Lower gel consistency and gel strength were found in dry milled rice flours than in wet milled rice flour, while no significant difference was found among dry milled rice flours. Enthalpy for melting crystalline of retrograded gels was higher in dry milled rice flours made of paddy with 24.4% moisture content than in other dry milled rice flours. Wet milled rice flour had lower retrogradation enthalphy than dry milled rice flours.

Key words: properties of rice flour, moisture content of paddy, dry milled rice flour

## 서 론

쌀은 우리나라에서 오래전부터 주식으로 이용되어 왔으며, 쌀을 가공원료로 사용할 경우에는 쌀가루로 만들 경우가 많다. 쌀가루의 특성은 최종제품에 직접적인 영향을 주는데, 예를 들면 제빵제조시 입도가 너무 작으면 잘 부풀지 못하고 amylose 함량이 높은 쌀로 빵을 제조할 경우 노화가 빨리 진행되어 부수러지기 쉬운 조직감을 갖는다<sup>(1)</sup>. 쌀가루의 특성은 쌀의 품종, amylose 함량, 제분방법과 제분기의 종류<sup>(2-6)</sup> 등에 따라 차이가 있다고 알려져 있다.

현재 쌀의 제분방법으로서 건식제분법과 습식제분법이 있다. 일반적으로 수확후 벼를 건조하여 저장하고 필요한 때에 도정하여 백미로 하고 물에 침지한 후 roll mill로 분쇄하는 습식제분법이 떡 등의 전통식품의 제조에 사용되고 있다. 그러나 대부분의 상업용 쌀가루는 백미에 직접 충격을 주어 분쇄하는 건식제분법으로 제조되고 있다. 수확직후의 벼수분은 약 20~30%이다. 수확직후의 벼를 즉시 제분한다면 수확기간중에 일어날 수 있는 벼의 변질, 부패 등을 방지할 수 있다.

본 연구는 수확직후의 벼를 제분할 가능성을 조사하기

위하여 수분함량이 다른 메벼(12.6, 18.4, 24.4%)를 도정하고 건식제분법으로 제분하고 각 쌀가루의 이화학적 특성을 기존 습식제분법으로 제조된 쌀가루와 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 백미의 제조

본 실험에서는 1992년도에 성남근교에서 수확된 메벼(진미벼)를 사용하였으며, 도정전까지 냉장(-4°C)보관하였다. 냉장보관된 벼(수분 25.6%)를 건조틀(600×400×100 mm, 2.1 kg/건조틀)에 넣어서 송풍건조기(mechanical circulation oven, 영광과학)를 이용하여 40°C에서 각각 10, 4, 1시간씩 건조하여 벼수분함량이 12.6, 18.4, 24.4%에 도달되었을 때 현미정미기(Model A-3, 세광기계)를 사용하여 백미를 제조하였다.

### 쌀가루의 제조

건식제분법으로서 백미(9 kg)를 체(100목)가 장치된 pin mill(5마력, 경창기계)에 투입하여 (500 gram/min) 분쇄하였다. 습식제분법으로서 벼 수분함량 12.6%에서 도정, 정미된 백미를 물에 침지(3시간)하고 탈수(2시간)하였고 이때 백미의 수분은 38.8%이었다. 이 백미는 위와 동일한 조건에서 pin mill로 분쇄한 후 40°C에서 건조(수분함량 5.7%)하였다.

Corresponding author: Young Jin Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-Ku, Seungnam-si, 463-420, Korea

**일반성분 및 amylose 함량의 측정**

쌀가루의 수분, 조지방, 조단백질, 회분 함량은 A.O.A.C. 방법<sup>(7)</sup>에 의해 정량하였다. 쌀가루의 amylose 함량은 Juliano<sup>(8)</sup>의 방법에 의하여 측정하였다.

**입도분포와 미세구조의 관찰**

쌀가루의 입도분포는 Nishita와 Bean의 방법<sup>(6)</sup>에 따라 쌀가루 100g을 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200, 270, 400 mesh의 표준망체가 장치된 sieve shaker(Model Rx-86, serial #2682, Mentor, OH, U.S.A.)로 10분간 혼든 후 각 표준망체에 잔류된 쌀가루의 양을 측정하여 입도분포로 하였다. 쌀가루의 평균입자크기는 Coulter counter(Counting and Distribution Analyser, Model Elzone 280PC, England)를 이용하여 측정하였다<sup>(9)</sup>. 쌀가루의 미세구조는 쌀가루를 gold-platinum으로 도금하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, JSM-5400, Joel, Japan)에 의해 2,000배 확대하여 관찰하였다.

**색도, 수분흡수지수와 수분용해도지수의 측정**

쌀가루의 색도는 색차계(Color and Color Difference Meter, Yasud Seiki Seisakush Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여, L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 측정하였다. 수분흡수지수와 수분용해도지수는 Anderson의 방법<sup>(10)</sup>에 의해 측정하였다.

**Amylogram 특성과 Gel Consistency, Gel Strength의 측정**

Amylogram 특성 및 호화온도는 Juliano 등의 방법<sup>(11)</sup>에 의하여 측정하였다. 점도특성은 쌀가루현탁액을 8%(w/w)로 하여 측정하였고, 호화개시온도는 쌀가루현탁액을 20%로 제조하여 35℃에서 95℃까지 1.5℃/min의 속도로 가열하여 점도변화가 시작되는 온도를 호화개시온도로 하였다.

쌀가루 gel의 consistency는 Cagampang 등의 방법<sup>(12)</sup>으로 측정하였다. Gel strength는 쌀가루현탁액을 10%(w/v)로 제조하여 삼각flask에 넣어, 90℃ waterbath에서 150 rpm으로 흔들면서 30분간 가열하여 호화액을 제조하였다. Jane과 Chen<sup>(13)</sup> 그리고 Takahashi 등의 방법<sup>(14)</sup>과 같이 알루미늄원통(30×30 mm)의 주위를 aluminum foil로 감싸서 원통의 높이를 높인 후, 호화액을 알루미늄원통보다 높게 붓고 상온에서 1시간 방치하여 냉각시킨 후 비닐봉지에 넣어 밀봉하고 48시간동안 항온기(25℃)에서 저장하였다. 저장된 gel을 실로 원통위의 gel을 잘라 편편한 면을 만든 후 texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 사용하여 gel strength를 측정하였다. Cylindrical plunger(직경 25.4 mm)를 이용하여 crosshead의 속도 0.2 mm/sec로 gel을 4 mm 압축하여 경도를 측정하였다.

**Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 호화 특성 및 노화특성의 측정**

쌀가루현탁액의 상변화는 Thermal analysis data station(Norwalk, Conn.)이 연결된 DSC(DSC-4, Perkin Elmer, U.S.A.)에 의해 관찰하였다. DSC는 금속 indium에 의해 보정하였고, 대조로서 증류수를 넣은 stainless steel pan을 사용하였다. Stainless steel sample pan에 약 9 mg(건량기준)의 쌀가루를 넣고, 주사기를 이용하여 증류수를 약 21 mg을 넣었다. DSC를 작동하기전 뚜껑을 덮은 시료팬을 2시간동안 상온에 방치했으며, 시료는 10℃/min의 속도로 30℃에서 130℃까지 가열하였다. DSC thermogram으로부터 쌀가루의 상변화중 흡수된 열량으로 enthalpy(cal/g)와 호화개시온도 및 호화최고온도를 Lund의 방법<sup>(15)</sup>에 의하여 산출하였다.

호화액을 함유한 DSC시료팬을 4℃에서 7일간 그리고 14일간 저장한 후 DSC에 의한 노화특성을 관찰하였다. 이때의 DSC작동조건은 호화특성시의 조건과 동일하였다.

**통계처리**

시료간의 차이검증은 분산분석을 실시하여 차이가 있는 경우 Student Newman Keul의 다중비교법에 의하여 검정하였으며 통계분석에는 SAS(Statistical Analysis System)<sup>(16)</sup>를 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**쌀가루의 수분, 조지방, 조단백질, 회분**

벼의 수분(12.6, 18.4, 24.4%)별로 도정하고 체분한 건식쌀가루와 습식쌀가루의 수분, 조지방, 조단백질, 회분 함량은 Table 1과 같다. 벼수분 12.6%에서 도정된 백미의 수분은 12.1%고, 분쇄후 쌀가루의 수분은 10.1%이었다. 벼수분 18.6%에서 도정된 백미의 수분은 16.8%이었고, 분쇄후 쌀가루의 수분은 14.3%이었다. 벼수분 24.4%에서 도정된 백미의 수분은 21.7%이었고, 쌀가루는 수분 17.3%이었다. 수분은 도정과정을 거치면서 각각 0.5, 1.6, 2.7%가 감소되었으며 분쇄과정을 거치면서 2.0, 2.5, 4.4%가 감소되었다. 벼수분 약 12%에서 제조된 쌀가루와 벼수분 약 24%에서 제조된 쌀가루의 지방함량은 각각 0.94, 0.17%이었다. 단백질함량은 6.3~6.7%로서 벼수분함량에 따른 차이는 없었다.

벼수분 약 24%에서 제조된 쌀가루는 지방과 회분이 적은데 이는 도정과정에서 강층과 백미표피일부가 제거된 것으로 생각되었다. 벼수분 12%에서 건식체분된 쌀가루와 습식체분된 쌀가루를 비교하면 건식체분된 쌀가루의 지방은 0.94%이고 습식체분된 쌀가루는 0.34%이었다. 회분의 경우 건식체분된 쌀가루는 0.59%, 습식체분된 쌀가루는 0.31%로 습식체분된 쌀가루에서는 더

**Table 1. Change in moisture content during milling and proximate analysis<sup>1)</sup> of rice flours made of paddy with different moisture content in comparison with that of wet milled rice flour**

Characteristics	Dry milled rice flour made of paddy with moisture content of			Wet milled rice flour <sup>2)</sup>
	12.6%	18.4%	24.4%	
Moisture content(%)				
White rice	12.1	16.8	21.7	12.1
Rice Flour <sup>***</sup>	10.1 <sup>b</sup>	14.3 <sup>b</sup>	17.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>3)</sup>
Fat <sup>***</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.34 <sup>b</sup>
Protein	6.70	6.60	6.36	6.54
Ash <sup>***</sup>	0.59 <sup>a</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.37 <sup>bc</sup>	0.31 <sup>c</sup>
Amylose	25.1	24.9	24.6	26.2
Yield of milled rice <sup>4)</sup>	51.0	52.1	43.9	-

\*\*\*Significantly different at p=0.001.

abcdValues with the same alphabet are not significantly different within a row.

<sup>1)</sup>Fat, protein, ash, amylose were made on the basis of dry weight.

<sup>2)</sup>Wet milled rice flour was prepared by milling of paddy with 12.6% moisture content, followed by steeping, draining, pin-milling and drying.

<sup>3)</sup>Moisture content after drying.

<sup>4)</sup>(Weight of milled rice/weight of paddy)×100 (%).

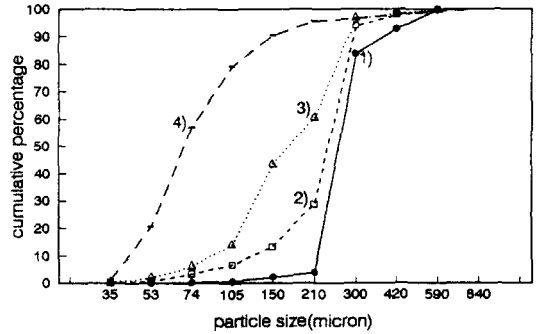
높았다. 쌀가루의 amylose 함량은 제분방법 혹은 벼 수분함량에 의해 변화하지 않았다.

**입도분포**

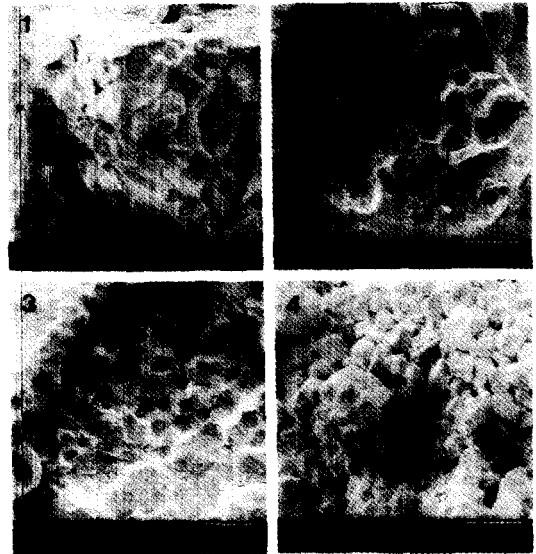
쌀가루의 입자크기를 sieve shaker법에 의해 조사하여 누적분포로 표시한 결과는 Fig. 1과 같다. 입도분포를 보면 습식제분으로 제조된 쌀가루는 건식제분된 쌀가루보다 더 미세한 분포를 하고 있었다. 벼수분함량이 12.6, 18.4, 24.4%에서 건식제분된 쌀가루의 입도분포를 비교하면 벼수분 24.4%의 쌀가루가 가장 미세하였고 그 다음으로 벼수분 18.4, 12.4%의 쌀가루순으로 미세하였다. 벼수분 12.4%와 18.4%에서 제조된 쌀가루는 표준체 100 mesh에서 20% 이하가 통과되었으나, 벼수분 24.4%의 쌀가루는 약 50%가 통과되었고, 습식제분된 쌀가루는 90% 이상이 통과되었다. 이 결과는 건식제분에서 수분이 많을수록 입도분포가 미세하게 제분될 수 있음을 보여 주었다.

**쌀가루의 미세구조**

벼수분 12.6, 18.4, 24.4%에서 건식제분한 쌀가루와 습식제분에 의해 제조된 쌀가루를 2,000배 확대한 미세구조는 Fig. 2와 같다. 건식제분된 쌀가루는 쌀알파편과 같은 형태를 하고 습식제분된 쌀가루는 전분입자를 자세히 관찰할 수 있었다는 Arisaki 등<sup>(17)</sup>의 보고와 같이 본 실험에서도 습식제분으로 제조된 쌀가루에서는 균일



**Fig. 1. Cumulative size distribution of rice flour; 1) dry milled rice flour made of paddy with 12.6% moisture content (MC), 2) dry milled rice flour made of paddy with 18.4% MC, 3) dry milled rice flour made of paddy with 24.4% MC, and 4) wet milled rice flour**



**Fig. 2. Scanning electron micrograph of rice flour; 1) dry milled rice flour made of paddy with 12.6% moisture content (MC), 2) dry milled rice flour made of paddy with 18.4% MC, 3) dry milled rice flour made of paddy with 24.4% MC and 4) wet milled rice flour (×2,000)**

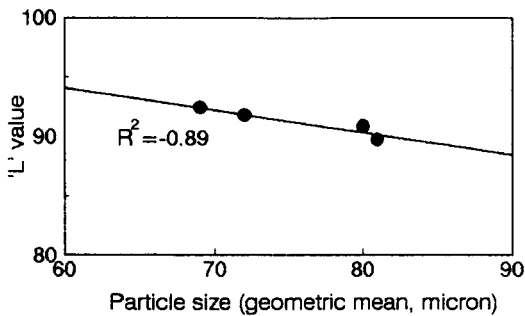
한 크기의 전분입자를 명확하게 관찰할 수 있었다. 그러나 건식제분으로 제조된 쌀가루에서는 습식제분된 쌀가루와 같은 전분입자를 명확하게 관찰할 수 없었다. 건식제분된 쌀가루 중에서는 수분 24.4%에서 제분된 쌀가루에서는 전분입자의 형태대로 파여져 나간 자국을 쉽게 관찰할 수 있었다. 전반적으로 습식제분된 쌀가루는 전분의 입자를 자세히 관찰할 수 있을 만큼 규칙적으로

**Table 2. Color (L, a, and b) values of rice flour**

Characteristics	Dry milled rice flour made			
	of paddy with moisture content of			Wet milled rice flour
	12.6%	18.4%	24.4%	
L***	89.73 <sup>c</sup>	90.89 <sup>c</sup>	91.81 <sup>b</sup>	92.44 <sup>a</sup>
a	-0.15	-0.20	-0.10	-0.05
b***	6.70 <sup>a</sup>	5.65 <sup>b</sup>	4.08 <sup>d</sup>	4.89 <sup>c</sup>

\*\*\*Significantly different at p=0.001.

<sup>abcd</sup>Values with the same alphabet are not significantly different within a row.



**Fig. 3. Correlation between particle size determined by Coulter counter (Elzone 280PC) and 'L' value**

분쇄된 반면, 건식제분된 쌀가루는 입자가 불규칙한 파편형태로 분쇄되었다.

**색도**

벼수분함량별로 건식제분된 쌀가루와 습식제분된 쌀가루의 색도를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 습식제분으로 제조된 쌀가루가 가장 백색도가 높았으며, 건식제분된 쌀가루중에서는 수분함량이 많을수록 백색도가 높았고 습식제분된 쌀가루의 색도에 근접하였다. 쌀가루의 적색도(a값)에서는 차이가 없었으나, 황색도(b값)에는 차이가 있었다. 벼수분 24.4%에서 건식제분된 쌀가루에서 가장 a값이 작았으며, 그 다음으로는 습식제분된 쌀가루, 벼수분 18.4%, 벼수분 12.6%에서 건식제분된 쌀가루의 순서이었다. 벼 수분함량에 따라 제조된 쌀가루의 백색도와 평균입자크기와의 관계는 Fig. 3과 같다. 평균입자크기가 작을수록 백색도가 높은 경향이 있었으며 이 결과는 Nishita와 Bean<sup>(6)</sup>, 김 등<sup>(3)</sup>의 결과와 일치하였다.

**수분흡수지수와 수분용해도지수**

습식제분에 의해 제조된 쌀가루가 가장 낮은 수분흡수지수를 나타내었고, 건식쌀가루중에서는 벼수분함량이 높을수록 수분흡수지수가 낮게 나타났다(Table 3). 습식제분에 의해 제조된 쌀가루는 건식제분에 의한 쌀가루에

**Table 3. Water Absorption Index (WAI) and Water Soluble Index(WSI) of rice flours**

Characteristics	Dry milled rice flour made			
	of paddy with moisture content of			Wet milled rice flour
	12.6%	18.4%	24.4%	
WAI***	2.405 <sup>c</sup>	2.505 <sup>b</sup>	2.578 <sup>a</sup>	2.147 <sup>d</sup>
WSI***	2.300 <sup>a</sup>	2.320 <sup>a</sup>	1.960 <sup>b</sup>	0.727 <sup>c</sup>

\*\*\*Significantly different at p=0.001.

**Table 4. Amylogram data<sup>1)</sup> with rice flour dispersions**

Characteristics	Dry milled rice flour made			
	of paddy with moisture content of			Wet milled rice flour
	12.6%	18.4%	24.4%	
Peak viscosity (B.U.)	347.5	367.5	407.5	582.5
Hot paste viscosity <sup>2)</sup> (B.U.)	275.0	266.5	310.0	413.5
Cold paste viscosity <sup>3)</sup> (B.U.)	495.0	463.5	467.5	705.5
Breakdown <sup>4)</sup> (B.U.)	72.5	101.0	97.5	169.0
Total setback <sup>5)</sup> (B.U.)	220.0	347.0	157.5	292.0
Setback <sup>6)</sup> (B.U.)	147.5	96.0	60.0	123.0
Initial pasting temperature (°C)	80.75	70.25	71.75	63.50

<sup>1)</sup>mean values of two measurements.

<sup>2)</sup>Hot paste viscosity of 8% rice flour dispersion was measured after holding for 30 min. at 95°C.

<sup>3)</sup>Cold paste viscosity of 8% rice flour dispersion was measured after holding for 2 min. at 50°C. It was recored after measuring hot paste viscosity.

<sup>4)</sup>Breakdown=peak viscosity-hot paste viscosity.

<sup>5)</sup>Total setback=cold paste viscosity-hot paste viscosity.

<sup>6)</sup>Setback=cold paste viscosity-peak viscosity.

비하여 상당히 낮은 수분용해도지수를 보여주었다. 건식제분된 쌀가루 중에서는 벼수분 24.4%에서 제조된 쌀가루가 가장 수분용해도지수가 낮았다. 김 등<sup>(18)</sup>은 습식과 건식제분방법별로 각각 pin mill과 collid mill, micro mill과 jet mill을 이용하여 얻은 쌀가루의 수분함량과 수분흡수지수의 관계를 "원료쌀의 수분함량이 감소할수록 수분흡수지수는 증가하는 경향이 있었다"고 보고하였으나 본 실험에서는 백미의 수분함량이 높을수록 수분흡수지수가 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 김 등<sup>(18)</sup>의 연구에서는 쌀을 분쇄할 때 제분기의 차이를 고려하지 않았기 때문이라고 생각되었다.

**Amylogram 특성**

쌀가루의 amylogram특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 습식제분에 의한 쌀가루에서 가장 높은 peak vis-

**Table 5. Gel consistency and gel strength of rice flour**

Characteristics	Dry milled rice flour made of paddy with moisture content of			Wet milled rice flour
	12.6%	18.4%	24.4%	
Gel consistency (mm)				
After 30 min**	56.7 <sup>a</sup>	58.5 <sup>a</sup>	61.2 <sup>a</sup>	38.8 <sup>b</sup>
After 60 min***	66.7 <sup>a</sup>	66.5 <sup>a</sup>	66.2 <sup>a</sup>	42.3 <sup>b</sup>
Gel strength (gram)	158 <sup>b</sup>	109 <sup>b</sup>	160 <sup>b</sup>	295 <sup>a</sup>

\*\* \*\*\*Significantly different at  $p=0.01$ , and  $0.001$  respectively.  
<sup>abcd</sup>Values with the same letter within a row are not different.

cosity와 hot paste viscosity를 나타내었고 건식제분된 쌀가루 중에서 벼수분 24.4%의 쌀가루가 가장 높은 점도를 나타냈다. 쌀가루의 호화점도특성은 입도분포와 관련되며, Nishita와 Bean<sup>(6)</sup>의 보고와 같이 입도분포가 작을수록 peak viscosity와 hot paste viscosity가 증가되었다.

밥의 flakiness의 좋은 지침이 되는 cold paste viscosity<sup>(12)</sup>는 습식쌀가루가 가장 높았으며, 건식쌀가루 중에서는 12.6% 수분상태에서 만들어진 쌀가루가 다른 건식쌀가루보다 높게 나타났다. 팽창전분의 파열정도를 나타내는 breakdown은 습식쌀가루가 건식쌀가루들에 비하여 높았으며, 건식쌀가루 중에서 12.6% 수분함량에서 만들어진 쌀가루가 가장 낮은 값을 나타내었다. 노화도와 관계있는 total setback은 벼수분 18.4%에서 만들어진 쌀가루가 가장 높게 나타났으며 setback은 벼수분 12.6%에서 만들어진 쌀가루가 가장 높고 벼수분 24.4%

에서 만들어진 쌀가루가 가장 낮게 나타났다.

습식제분에 의한 쌀가루가 가장 낮은 온도에서 점도 증가가 시작하였으며 벼수분 12.6%에서 건식제분된 쌀가루가 가장 높은 온도에서 점도증가가 시작되었다. 입자가 작을수록 상전이온도가 낮다는 금 등<sup>(4)</sup>과 Nishita와 Bean<sup>(6)</sup>의 보고로 미루어 볼 때 본 실험결과는 미세한 입도분포를 갖는 습식쌀가루에서 점도증가온도가 가장 낮았고, 입자 크기가 비교적 커다란 벼수분 12.6%의 건식쌀가루가 가장 높은 온도를 보인 것으로 생각되었다.

#### Gel consistency 및 gel strength

건식제분된 쌀가루들은 gel을 형성한 후 30분동안 옆으로 흐르는 정도(gel consistency)가 56.7~61.2 mm인데 비하여 습식제분된 쌀가루는 38.3 mm를 보임으로서 건식으로 제분된 쌀가루들은 습식제분된 쌀가루보다 덜 consistent 하였다. 건식제분된 쌀가루간에는 차이가 없었고 이는 60분후의 gel에서도 동일하였다. Cold paste viscosity가 높은 습식쌀가루가 건식쌀가루에 비해 gel consistency도 높은 경향을 보였다. Gel strength는 건식제분된 쌀가루에서는 109~160g으로 차이가 없었으나 습식제분된 쌀가루에서는 295g으로 건식제분된 쌀가루에 비하여 상당히 높았다.

#### DSC에 의한 호화특성 및 노화특성

쌀가루의 호화특성과 노화특성을 DSC에 의하여 측정 한 결과는 Table 6과 같다. 벼수분 12.6%에서 건식제분된 쌀가루의 호화개시온도 및 최대호화온도가 가장 높게 나타났다. 벼수분 24.4%에서 건식제분된 쌀가루가 가장 낮은 호화개시온도를 나타냈으며, 건식제분된 쌀가루에서는 벼수분함량이 많을수록 호화개시온도와 최대호화온도가 낮은 경향을 보였다. Amylogram의 initial pasting

**Table 6. Thermal phase transition and retrogradation properties of rice flour dispersions by differential scanning calorimetry**

Characteristics of thermal phase transition	Dry milled rice flour made of paddy with moisture content of			Wet milled rice flour
	12.6%	18.4%	24.4%	
Gelatinization				
Onset temperature(°C)***	58.1 <sup>a</sup>	56.7 <sup>b</sup>	54.8 <sup>c</sup>	56.2 <sup>b</sup>
Peak temperature(°C)***	65.7 <sup>a</sup>	65.1 <sup>b</sup>	64.4 <sup>c</sup>	64.1 <sup>c</sup>
Enthalpy(cal/g)***	1.41 <sup>b</sup>	1.31 <sup>c</sup>	1.12 <sup>d</sup>	2.32 <sup>a</sup>
Retrogradation after 7 days				
Onset temperature(°C)	49.0	47.4	47.9	50.2
Peak temperature(°C)**	53.9 <sup>ab</sup>	54.0 <sup>b</sup>	55.6 <sup>a</sup>	53.2 <sup>b</sup>
Enthalpy(cal/g)***	0.08 <sup>cb</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.04 <sup>c</sup>
Retrogradation after 14days				
Onset temperature(°C)	49.0	48.7	48.2	48.2
Peak temperature(°C)	55.4	54.8	56.1	54.4
Enthalpy(cal/g)***	0.32 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>b</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>

\*\* \*\*\*Significantly different at  $p=0.01$ , and  $0.001$  respectively.  
<sup>abcd</sup>Values with same letter within a row are not different.

temperature와 DSC의 onset temperature는 서로 일치하지는 않았으나 네가지 쌀가루중 벼수분 12.6%에서 제분된 쌀가루의 호화개시온도가 가장 높았다는 점에서는 동일한 결과를 보였다.

호화에 필요한 enthalpy는 습식제분에 의해 얻은 쌀가루가 가장 높았으며, 벼수분 12.6, 18.4, 24.4%에서 각각 건식제분된 쌀가루의 순이었다. 호화 enthalpy가 낮은 쌀가루일수록 전분의 결정구조가 더 많이 파괴되었다고 금 등<sup>(4)</sup>과 Stevens와 Elton<sup>(19)</sup>은 보고하였다. 습식제분된 쌀가루의 미세구조에서 전분입자를 관찰할 수 있었으나 건식제분된 쌀가루에서는 쌀과편형태로 분쇄되어 있음으로서 습식제분된 쌀가루보다 건식제분된 쌀가루에서는 전분의 손상이 더 많을 것으로 생각되었다.

본 연구에서는 DSC를 사용하여 호화특성을 관찰한 후, 호화된 paste가 든 시료 pan을 4℃ 냉장고에 7일간 보관한 후 제분방법별 호화특성을 측정하였다. 노화된 쌀가루액의 호화개시온도와 최고호화온도는 호화되지 않은 쌀가루의 호화개시온도와 최고호화온도에 비하여 약간 낮았는데, 이는 White 등<sup>(20)</sup>의 결과와 일치한 결과였다. 노화된 전분결정을 재호화시킬 때 제분방법에 따라 호화개시온도에는 차이가 없었으나, 최대호화온도와 재호화에 필요한 enthalpy는 차이가 있었다. 벼수분 24.4%에서 건식제분된 쌀가루는 다른 쌀가루들에 비하여 최대호화온도가 높았으며, 나머지 쌀가루들의 최대호화온도는 비슷하였다. 또한 벼수분 24.4%에서 건식제분된 쌀가루는 재호화에 필요한 enthalpy가 높았으며, 벼수분 12.6%에서 건식제분한 쌀가루와 습식제분한 쌀가루는 enthalpy가 비슷하였다.

호화 14일후 노화된 쌀가루를 재호화시킬 때 호화개시온도와 최대호화온도는 차이가 없었다. 그러나 노화된 결정을 재호화시키는데 필요한 enthalpy에는 차이가 있었다. 벼수분 24.4%에서 제분된 쌀가루는 습식제분된 쌀가루와 벼수분 18%에서 건식제분된 쌀가루에 비해 높은 enthalpy를 보임으로서 노화가 비교적 더 빠르게 진행된 것으로 나타났으며, 벼수분 12.6%에서 제분된 쌀가루는 다른 쌀가루들과 차이가 없었다.

DSC로 측정된 노화는 amylogram으로 측정된 노화와 일치하지 않았다. 이는 노화를 측정하는 방법에 따라 차이가 있는 것으로 생각되며 측정방법에 따라 노화의 결과가 다르다는 Roullet 등<sup>(21)</sup>의 결과와 동일하였다.

## 요 약

수분함량(12.6, 18.4, 24.4%)이 다른 벼를 각각 도정하여 pin mill로 분쇄한 건식쌀가루와 물에 침지후 roll mill로 분쇄한 습식쌀가루의 특성을 비교하였다. 벼수분 24%에서 건식제조된 쌀가루에서는 지방과 회분함량이 다른 건식쌀가루에 비하여 낮았다. 벼의 수분함량이 많을수록 건식쌀가루는 미세하게 분쇄되었고 전분입자가 떨어져나간 흔적이 쉽게 관찰되었다. 또한 백색도와 수

분흡수지수가 높았고, 수분용해도지수는 낮았다. 벼수분이 많을수록 amylogram에서의 setback값은 낮았다. 건식제분된 쌀가루들은 gel consistency와 gel strength에서 차이가 없었으나 습식제분된 쌀가루에서보다 덜 consistent하였고, gel strength는 낮았다. 호화후 7~14일 저장하였을 때 노화gel을 재호화시키는데 필요한 enthalpy는 벼수분이 많은 건식쌀가루일수록 높았고, 습식쌀가루의 경우는 건식쌀가루보다 낮았다.

## 감사의 글

본 연구를 수행하는 데 도움을 주신 김미리, 박성원, 김은영님께 감사드립니다.

## 문 헌

- Luh, B.S. and Liu, Y.: Rice flour in baking, p.9 In: *Rice production*. Vol II. Luh, B.S.(ed.) Van Nostrand Reinhold, New York (1991)
- Halick, J.V. and Kelly, V.J.: Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.*, **36**, 91 (1959)
- 금준석, 이상효, 이현유, 김길환, 김영인: 제분방법이 쌀가루의 입자크기에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **25**, 541 (1993)
- 금준석, 이상효, 이현유, 김길환, 김영인: 제분방법이 쌀가루 및 제품의 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **25**, 546 (1993)
- 박용곤, 석호문, 남영중, 신동화: 세분방법별 쌀가루의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **20**, 504 (1988)
- Nishita, K.D. and Bean, M.M.: Grinding methods: The impact on rice flour properties. *Cereal Chem.*, **59**, 46 (1982)
- A.O.A.C.: Official Methods of Analysis. 15th ed., The association of official analytical chemists. Washington D.C. p.777 (1990)
- Juliano, B.O.: A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today*, **16**, 334 (1971)
- 김영진, 김상숙: 현미경법, 표준체법, 전기저항법, 공기역학법에 의한 쌀가루의 입도분포의 비교. *한국식품과학회지*, **26**, 184 (1994)
- Anderson, R.A.: Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem.*, **59**, 265 (1982)
- Juliano, B.O., Perez, C.M., Alyoshin, E.P., Romanov, V.B., Bean, M.M., Nishita, K.D., Blakeney, A.B., Welsh, L.A., Delgado, L., El Baya, A.W., Fussati, G., Kongseeree, N., Mendes, F.P., Brillhante, S., Suzuki, H., Tada, M. and Webb, B.D.: Cooperative test on amylograph of milled rice flour for pasting viscosity and starch gelatinization temperature. *Starch*, **37**, 40 (1985)
- Cagampang, G.B., Perz, C.M. and Juliano, B.O.: A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.*, **24**, 1589 (1973)
- Jane, J. and Chan, J.: Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. *Cereal Chem.*, **69**, 60 (1992)

14. Takahashi, S., Manngat, C.C. and Seib, P.A.: Acetylated and hydroxypropylated wheat starch: Paste and gel properties compared with modified maize and tapioca starches. *Cereal Chem.*, **66**, 499 (1989)
15. Lund, D.B.: Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **20**, 249 (1984)
16. SAS: SAS User's guide: Statistics: Version 6.03 Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC (1988)
17. Arisaka, M., Nakamura, K. and Yoshiii, Y.: Properties of rice flour prepared by different milling methods. *Denpun Kagaku.*, **39**, 155 (1992)
18. 김길환, 금준석, 이상효, 이현유: 쌀가루의 기능성 변형 기법 개발. 한국식품개발연구원 연구보고서. N1015-03 00 (1991)
19. Stevens, D.J. and Elton, G.A.: Thermal properties of the starch/water system. *Starch*, **23**, 8 (1971)
20. White, P.J., Abbas, I.R. and Johnson, L.A.: Freeze thaw stability and refrigerated storage retrogradation of starches. *Starch*, **41**, 176 (1989)
21. Roulet, P. MacInnes, W.M., Gumy, D. and Vevey, P.W.: Retrogradation kinetics of eight starches. *Starch*, **3**, 99 (1990)

---

(1995년 2월 16일 접수)