

## 드럼건조에 의한 알파미분의 물리화학적 특성

한 옥 · 김정상 · 이현유 · 김영명 · 신동화\*  
한국식품개발연구원, \*전북대학교 식품가공학과

### Physicochemical Characteristics of Rice Flour Gelatinized by Drum-Drying

Ouk Han, Jeong-Sang Kim, Hyun-Yu Lee,  
Young-Myoung Kim and Dong-Hwa Shin\*

*Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do*

*\*Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Chonju*

#### Abstract

Gelatinized rice flours were prepared by drum drying at different moisture contents of slurry made from dry milled and wet milled rice flours. Milled rice samples were prepared from the Chuchung and the Samgang varieties. Degree of gelatinization of drum-dried rice flours revealed over 92% at 60% moisture content of wet milled rice flours and 80% moisture content of dry milled ones. With regards to amylogram and rheological properties, drum-dried rice flours prepared from wet milled raw materials showed higher viscosity than from dry milled ones. Increasing water contents in the slurry increased water absorption index(WAI) and decreased water solubility index(WSI). Hunter's color values of drum-dried rice flour at high moisture contents showed higher L values and lower b values. For the preparation of gelatinized rice flours by drum drying process, the higher water content caused more gelatinized network structure of rice starch in scanning electron micrographs. With regards to farinogram properties of dough with drum-dried rice flours and wheat flours in mixing ratio of 1 to 9 by weight, drum-dried rice flours made from wet milled raw rice flours revealed higher MTI than from dry milled ones.

Key words: rice flour, drum drying, gelatinization

#### 서 론

쌀을 소재로한 가공제품은 면류, 병과류, 스낵류, 빵류, 편의식품(breakfast cereal), 스포류, 장류, 주류, 떡류, 미식가루 등이 있으며 그 외에 코오지나 식초, 이 유식의 원료로 사용되기도 한다. 또한 식품에 첨가되는 중간소재로서는 쌀가루 및 쌀전분이 있는데 원료로서 단순히 소량 첨가하는 것으로, 쌀을 주원료로 한 제품수요 면에서는 지극히 소극적인 이용방법에 불과하다고 평가 된다. 이와 같은 쌀가루 이용상의 제한성을 해결하기 위

하여 전분이 주성분인 쌀가루에 다양한 물리화학적 특성을 부여하기 위한 방법의 하나가 드럼건조나 압출성형공법에 의한 호화된 알파미분의 제조공정이다. 이에 대한 해외의 연구동향을 살펴보면 쌀에 대한 연구는 불충분하나 일반 곡류를 대상으로한 연구는 많다. Anderson<sup>(1-3)</sup>은 옥수수과 수수의 그리트( grits)를 드럼건조 및 압출성형함으로써 호화된 분말을 제조하는 공정을 제시한 바 있으며 Colonna 등<sup>(4)</sup>도 밀가루 전분의 물성변화를 비교 검토하였다. Takahashi 등<sup>(5)</sup>은 밀가루 전분을 드럼건조하여 부분적으로 호화시켜 제지, 섬유, 식품공업의 소재로 사용할 수 있음을 보고하였다. 드럼건조기를 이용하여 전분을 호화시킬 경우 제품의 물성이나 호화정도는 원료의 수분함량에 크게 좌우되는 것으로 알려져 있으며 이외에도 제품의 품질에 영향을 주는 인자들로서는 원료의 입자

Corresponding author: Han Ouk, Korea Food Research Institute, 148-1, Dangsu-ri, Banwol-myun, Hwasung-gun, Kyonggi-do 445-820

크기, 드럼의 온도, 물의 압력, 원료 투입속도, 열처리시간 등이 있다. 물간의 틈새가 크거나 물의 회전속도가 빠르면 열을 충분히 받지 못하여 호화도나 점도 등이 낮아지는 것으로 알려져 있다<sup>(1-5)</sup>. 또한 수분함량이 지나치게 낮아 15% 이하인 경우에는 호화현상이 거의 일어나지 않으며 수분함량이 증가하면 수분흡수지수(WAI)와 물에 대한 용해도(WSI)는 점차 증가하게 되며 점도가 높아지는 경향을 나타내는 것으로 보고되어 있다<sup>(1-3)</sup>.

본 연구에서는 쌀의 주식위주의 소비에서 벗어나 장기적인 안목에서 합리적 소비와 이용도를 증진시켜 나아가기 위해서 체계적인 이용연구가 필요하다고 사료되어 현재 식품가공 소재로서 사용되고 있는 쌀분말 제품의 하나인 알파미분을 드럼건조 공정으로 제조하여 그의 물리화학적 성질을 품종별, 수분함량별로 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

실험에 사용한 쌀은 1986년산 추정 및 삼강품종의 벼를 호남지방 농가에서 구입하여 10분도로 도정하여 사용하였으며 시료의 품종별 일반성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of raw materials(%)

Varieties	Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate		Ash
				Nonfibrous	Fiber	
Chuchung	15.1	8.4	1.0	74.7	0.4	0.4
Samgang	11.5	7.5	0.6	79.5	0.3	0.6

### 제분방법

도정된 쌀의 제분은 롤밀을 이용하여 건식 및 습식으로 제분하였다. 건식제분은 쌀을 전처리없이 40메쉬 이하로 제분하였으며 습식제분은 쌀을 실온에서 50분간 수침한 다음, 건져서 물을 제거한 후 40메쉬 이하로 롤밀링(roll milling)하였다.

### 알파미분의 제조 및 공정조건

건식 및 습식제분한 쌀분말을 각각 수분함량 50%, 60%, 70%, 80%의 슬러리로 만든 다음 드럼건조한 알파미분을 본 실험의 시료로 사용하였다. 이때 사용한 드럼건조기는 영국 Richard Simon & Sons 사 제로서 크기는 18인치(직경)×18인치(길이)이었으며 운전조건은

스팀압력 70±5lb/in<sup>2</sup>, 드럼회전속도 3rpm(단, 50% 수분함량을 갖는 슬러리는 2rpm), 드럼간극 0.01인치로 하였다.

### 호화도 측정

알파미분의 호화도는 鴨居郁三 등<sup>(6)</sup>의 방법에 따라 측정하였다. 즉 알파미분 시료를 glucoamylase 효소법으로 반응시킨 후 환원당을 정량하여 흡광도 측정으로 구하였다.

### 아밀로그래프 측정

제조한 알파미분의 점조성은 60메쉬 이하로 분쇄한 분말을 건물기준 8%농도의 용액으로 제조하여 Brabender Amylograph를 이용하여 측정하였다.

### 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

알파미분시료(60메쉬 이하) 2.5g을 30ml의 증류수를 넣은 원심분리관에서 분산시키고 가끔 흔들어 주면서 실온에 30분간 방치한 다음 3000×g에서 10분간 원심분리하였다<sup>(2)</sup>. 상등액은 미리 항량을 정한 수분정량용 수기에 넣어 고형분량을 구하여 WSI를 산출하였으며 잔사는 무게를 측정, WAI를 산출하였다. 즉, WSI는 상기 조건에서 상등액으로 용해된 획분의 백분율로 나타내었으며 WAI는 건조시료 1g에 함유된 수분함량 g으로 나타내었다.

### 리올로지 측정

조건별로 선정된 알파미분의 리올로지 측정은 알파미분을 건물기준 8% 농도의 용액으로 제조하여 회전점도계(Brabender 사, Viscotron, Model No. 8024)에서 20°C의 온도를 유지하면서 회전속도 0.5~128rpm의 연속적 변화에 따른 토오크(torque)의 변화를 자동 기록하여 행하였다. 리올로지 특성값의 산출은 비뉴턴 유체에 경험적으로 널리 이용되며 유동지수 및 항복응력을 고려한 Herschel-Bulkley<sup>(7)</sup>식을 적용하여 구하였다.

$$\tau = Kr^n + \tau_y$$

여기에서 K는 유체의 점조도지수(Pa·S<sup>-n</sup>), n은 유동지수,  $\tau_y$ 는 항복응력이다. 한편 K, n,  $\tau_y$ , 걸보기점도 및 상관계수는 컴퓨터(삼보컴퓨터, Trigem AP-200)를 사용하여 산출하였다.

### 색도측정

알파미분을 색차계(Color and color difference

meter, Model No. UC 600 IV, Yasuda Co., Japan)를 이용, 색깔을 측정하여 Hunter의 색체계인 L, a, b 및  $\Delta E$  값을 구하였다. 이 때 표준백색관의 L, a 및 b 값은 각각 89.2, 0.921, 0.78이었다.

#### 주사전자현미경에 의한 알파미분의 구조

조건별로 드럼건조시킨 알파미분을 최저 700배, 최고 1,000배로 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, 히다찌 S-570형, 일본)으로 관찰, 촬영하여 알파미분의 구조특성을 조사하였다.

#### 패리노그램 측정

알파미분의 반죽기능성을 예측하기 위하여 강력밀가루와 알파미분을 9대 1로 혼합하여 패리노그램의 믹싱용기에 넣고 믹싱용기의 온도를 30°C로 유지하면서 63rpm으로 1분간 예비혼합한 후 30°C의 증류수를 반죽의 굳기가 500BU에 도달하도록 가하였다. 패리노그램의 최고 피크가 나타난 후 30분 정도 계속 믹싱하여 얻은 최종 패리노그램으로부터 흡수율, MTI(Mechanical Tolerance Index), 안정도, Valorimeter value 등의 패리노그램 특성을 조사하였다.

### 결과 및 고찰

#### 호화특성

전체적으로 80% 이상의 비교적 높은 호화도를 보였으며 건식제분보다는 습식제분의 경우가 호화도가 높게 나타났다. Table 2에서 보면 습식제분하여 슬러리로 만든 것은 수분함량 60%에서 92%이상의 높은 호화도를 보여

주었으며 드럼건조 특성도 가장 양호하여 드럼건조시 적정 슬러리 수분함량은 60%로 생각되었다. 또한 건식제분하여 슬러리로 만든 것은 수분함량 80%에서 호화도가 가장 높게 나타났다. 한편 슬러리 수분함량이 증가할수록 호화도가 증가하였고 품종에 있어서는 대체적으로 삼강보다는 추청의 경우가 높은 호화도를 보여주었다. 최종 제품의 수분함량은 슬러리의 수분함량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 농도가 묽을수록 건조가 잘 이루어짐을 알 수 있었다.

#### 물성특성

품종별 알파미분의 아밀로그래프 특성은 Table 3 및 Table 4와 같다. 슬러리의 수분함량이 높을수록 30°C에서의 초기점도가 높게 나타났으며 피크점도도 높았다. 건식제분보다는 습식제분한 것이 초기 및 피크점도가 높았으며 품종간에는 큰 차이가 관찰되지 않았으며 제분방법이 알파미분의 아밀로그래프 특성에 크게 영향을 미치는 것으로 사료되었다. 점도의 안정성은 건식제분한 것이 습식제분한 경우보다 높았으며 97°C에서 15분간 정지한 후의 점도가 8% 용액의 경우, 100~300BU이었다. 슬러리 수분함량이 70%이상의 경우 습식제분하여 제조한 알파미분의 피크점도가 관찰되지 않았는데 이러한 현상은 전분의 완전호화에 기인한 것으로 판단되었다.

드럼건조기에 의하여 제조한 알파미분의 WAI 및 WSI는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 슬러리의 수분함량이 증가할수록 WAI는 증가하는 경향이었으며 WSI는 감소하는 경향을 나타내었다. WAI 값은 건식제분한 경우에 비하여 습식제분하여 제조한 알파미분의 경우가 높은 값을 보였다. 이와 같은 현상은 슬러리 수분함량이 높을

Table 2. Gelatinization of drum-dried rice flour at different moisture content of slurry

Varieties	Moisture content of slurry (%)	Moisture content of gelatinized rice flour (%)		Degree of gelatinization (%)	
		Dry milled	Wet milled	Dry milled	Wet milled
Chuchung	50	5.2	9.6	87	89
	60	3.8	3.5	94	92
	70	4.2	2.3	92	100
	80	4.7	7.4	96	100
Samgang	50	7.7	7.4	79	91
	60	4.9	4.8	82	92
	70	5.6	3.1	85	92
	80	5.4	2.4	92	92

Table 3. Brabender viscogram of drum-dried rice flour at different moisture content of slurry (CHUCHUNG).

Moisture content of slurry (%)	Gelatinization initiating temperature (°C)	Viscosity at 30°C (BU)	Peak viscosity (BU)	Viscosity at 97°C (BU)	Viscosity after 15 min holding (BU)
Control	70	-	370	250	180
Dry milled					
50	-	370	580	270	210
60	-	360	570	230	160
70	-	420	580	230	180
80	-	670	720	220	160
Wet milled					
50	-	660	670	200	160
60	-	710	770	190	140
70	-	910	830	180	140
80	-	1060	-	180	140

Table 4. Brabender viscogram of drum-dried rice flour at different moisture content of slurry (SAMGANG).

Moisture content of slurry (%)	Gelatinization initiating temperature (°C)	Viscosity at 30°C (BU)	Peak viscosity (BU)	Viscosity at 97°C (BU)	Viscosity after 15 min holding (BU)
Control	69	-	770	665	435
Dry milled					
50	-	320	510	260	170
60	-	300	530	260	220
70	-	520	650	350	230
80	-	590	710	380	270
Wet milled					
50	-	810	650	190	110
60	-	860	735	210	115
70	-	1040	-	200	130
80	-	1240	-	220	130

수룩 쌀전분의 팽윤이 잘 일어나며 드럼건조중 열에 의한 전분의 손상을 적게 받고 호화가 잘 되기 때문인 것으로 생각되었다. Anderson 등<sup>(1~3)</sup>은 슬러리 수분함량 15~30% 범위에서 비슷한 경향을 보고한 바 있는데 슬러리의 수분함량이 증가함에 따라 WAI 및 WSI가 비례적으로 증가한다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 WSI가 대체적으로 감소하는 경향을 나타내어 슬러리의 수분함량과 드럼건조 속도에 따라 농도가 묽어질 수록 건조에 의하여 용해도가 떨어지는 것으로 사료되었다. 또한 품종간에 있어서는 WAI는 삼강보다 추청이 높게 나타났으며 WSI는 추청보다 삼강이 높은 수치를 보여 주었다. 대개 슬러리 수분함량 60% 이상에서 안정된 실험치들을 나타내었다.

Fig. 3은 드럼건조된 알파미분의 리올로지 특성을 나

타낸 것으로 삼강품종에서는 습식제분하여 슬러리 수분함량 60%로 한 것과 건식제분하여 수분함량 80%로 드럼건조한 알파미분을 선정하였으며 추청품종에서도 삼강과 같은 조건으로 처리한 알파미분을 선정, 비교하였다. 그래프에서 알 수 있듯이 습식제분한 것이 건식제분하여 제조한 것보다 높은 점도를 나타내었으며 품종간에는 아밀로그래프의 경우와 마찬가지로 큰 차이가 관찰되지 않았다. 또한 Table 5는 드럼건조된 알파미분의 점도지수(K), 유동지수(n), 항복응력( $\tau_y$ ) 및 일정전단속도(128 rpm)에서의 겔보기 점도를 구한 결과이다. 모든 드럼건조된 알파미분은 항복응력이 0이었고 유동지수는 모두 1보다 작은 값을 보여 의가소성(pseudoplastic fluid)의 성질을 보여 주었으며 0.99이상의 높은 상관관계를 나타내었다. 겔보기 점도에서는 건식보다는 습식제분처리구

Table 5. Rheological properties of drum-dried rice flour

Varieties	Moisture cont. of slurry (%)	$k^a$	$n^b$	$\tau_y^c$	Coefficient of correlation	Apparent viscosity (cp)
Chuchung	60*	20.7	0.4304	0	0.9981	1118
	80**	10.1	0.5058	0	0.9968	737
Samgang	60*	45.5	0.3979	0	0.9986	1979
	80**	5.6	0.5277	0	0.9991	495

a: consistency index, b: flour behavior index, c: yield stress  
 \* wet milled \*\* dry milled

가 높아 전체적인 리올로지 특성과 부합되는 결과를 나타 내었다.

드럼건조기에 의하여 슬러리 수분함량별로 제조된 알 파미분의 색도는 Table 6과 같다. 삼강보다는 추청품종 이, 건식제분한 것보다는 습식제분 처리구에서 백색도가 높았으며 황색도에 있어서는 습식제분한 것보다는 건식 제분하여 제조한 알파미분에서 높은 b 값을 보여주었다. 또한 수분함량이 증가할 수록 제품의 백색도가 증가하였 으며 황색도는 감소하였다.

미세구조

Fig. 4는 주사전자현미경에 의한 드럼건조된 알파미분의 전분 구조변화를 관찰한 것이다. 추청품종의 원료 쌀가루 의 SEM 미세구조를 살펴보면 호화되지 않은 동그란 전 분입자들을 무수히 관찰할 수 있었다. 한편 습식 및 건식 제분하여 각각 수분함량 60%와 80%로한 경우는 전분입 자가 풀처럼 엷게 퍼져있는 모습을 관찰할 수 있었으며 품종간에는 별다른 차이가 없었다. 또한 슬러리의 수분함 량이 높을 수록 망상구조를 많이 형성하고 있음을 볼 수 있었다.

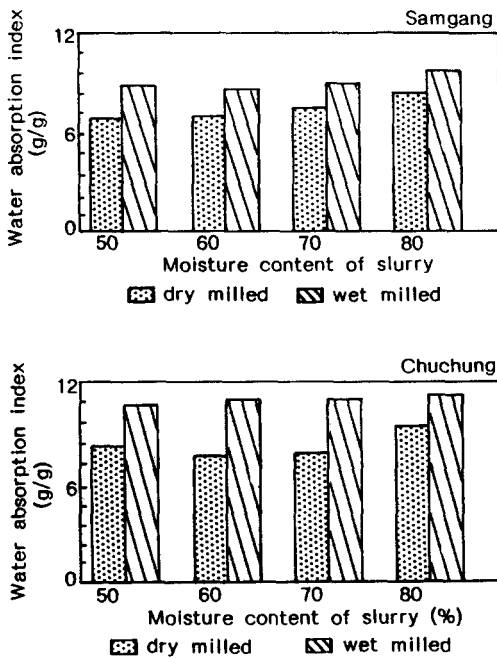


Fig. 1. Water absorption index of drum-dried rice flour at different moisture contents of slurry.

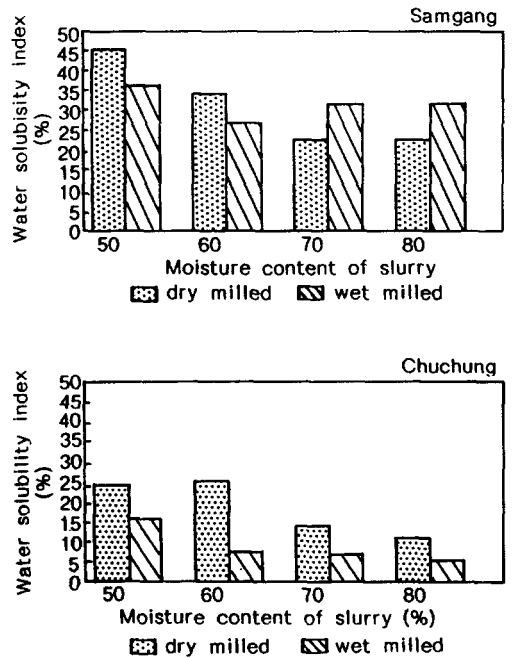


Fig. 2. Water solubility index of drum-dried rice flour at different moisture contents of slurry.

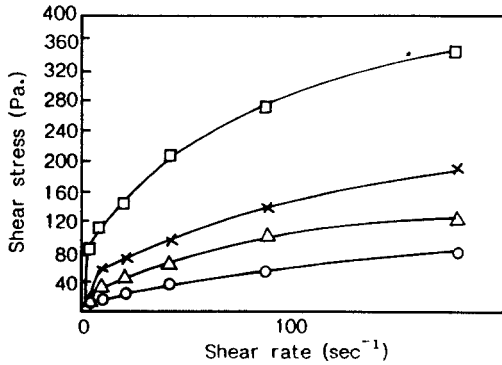


Fig. 3. Rheological patterns of drum-dried rice flour at different moisture contents of slurry.

□: Samgang(M.C. 60%)\* ○: Samgang(M.C. 80%)\*\*  
 X: Chuchung(M.C. 60%)\* △: Chuchung(M.C. 80%)\*\*  
 \* Wet milled, \*\* Dry milled

**반죽기능성**

드럼건조된 알파미분의 반죽기능성을 검토하기 위하여 강력밀가루와 알파미분을 각각 9:1로 혼합하여 Farinograph 특성을 본 결과는 Table 7과 같다. 드럼건조된 알파미분은 패리노그램 특성을 비교적 잘 나타내고 있었으며, 알파미분보다는 생미분의 복합분이 순수강력분과 비슷한 패리노그램 특성을 보였다. 제분방법별로는 습식제분한 것이 건식제분하여 드럼건조한 것보다 MTI가 높

았으나 안정성은 떨어졌다. 한편 품종간에 유의적인 차이는 관찰되지 않았다.

이상의 검토에서 드럼건조시킨 알파미분은 대체적으로 호화도와 점도면에서 압출성형공법에 의한 것보다<sup>(8)</sup> 우수한 물성특징을 지니고 있으므로 알파미분을 이용할 수 있는 가공식품에 적합하며 특히 고점도를 요구하는 스프류의 소재원료로서 그 기능이 우수할 것으로 사료되었다.

**요 약**

드럼건조시 습식제분한 것은 슬러리 수분함량 60%이상, 건식제분한 것은 슬러리 수분함량 80% 이상이 적정하였으며 이 때의 호화도는 92% 이상이었다. 아밀로그래프나 리올로지 특성은 건식제분보다는 습식제분하여 제조된 알파미분이 우수하였으며 슬러리 수분함량이 높을 수록 WAI 값은 증가하고 WSI 값은 감소하였다. 색도에서는 건식제분보다는 습식제분 처리구에서 백색도가 높았으며 슬러리 수분함량이 증가할 수록 알파미분의 백색도가 증가하였고 황색도는 감소하였다. 미세구조 관찰에서는 슬러리 수분함량이 높을 수록 망상구조를 많이 형성하였다. 또한 반죽기능성은 건식제분보다 습식제분 처리구에서 MTI가 높게 나타났다.

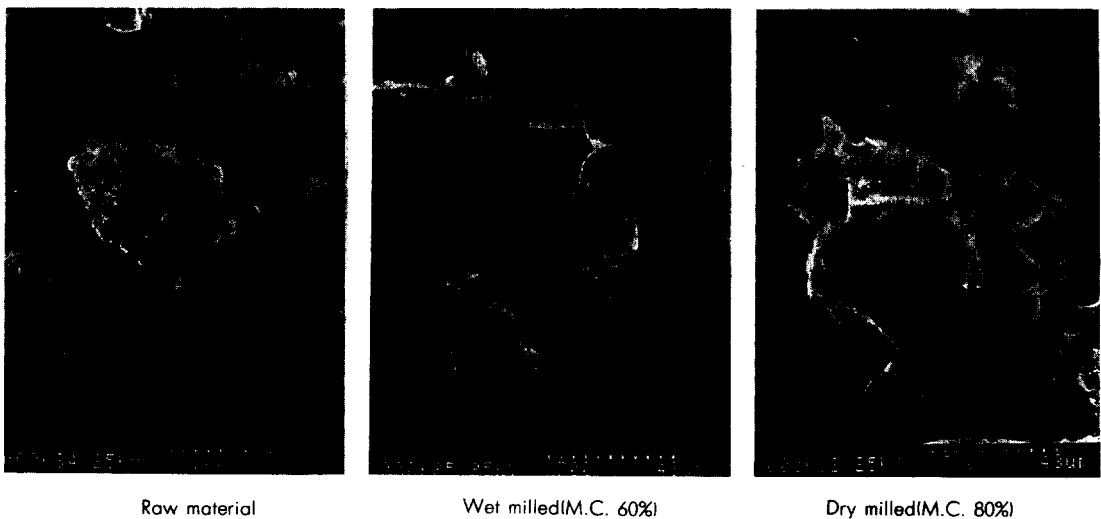


Fig. 4. Scanning electron micrographs of rice flour as raw material and drum-dried rice flour at different moisture content of slurry (SAMGANG).

Table 6. Hunter's color values of gelatinized rice flour drum-dried at different moisture contents of slurry

Varieties	Moisture content of slurry (%)	Dry* <sup>L</sup>	Wet**	Dry <sup>a</sup>	Wet	Dry <sup>b</sup>	Wet	Dry <sup>ΔE***</sup>	Wet
Chuchung	50	81.1	82.4	0.02	0.30	8.81	5.63	11.4	8.37
	60	81.9	83.1	0.72	0.08	7.10	4.70	9.6	7.14
	70	81.5	84.0	0.46	0.31	7.75	4.62	10.4	6.51
	80	81.0	84.1	0.29	0.50	7.00	4.63	10.3	6.38
Samgang	50	79.5	80.9	0.66	0.38	7.95	5.47	12.0	9.52
	60	80.3	81.7	0.33	0.43	6.96	4.58	10.8	8.36
	70	81.0	82.4	0.38	0.11	6.61	4.82	10.0	7.92
	80	80.5	82.3	0.35	-0.08	7.40	5.21	10.9	8.23

\* dry milled    \*\* wet milled    \*\*\*  $\Delta E = (89.2 - L)^2 + (0.921 - a)^2 + (0.78 - b)^2$

Table 7. Farinogram of composite flour of wheat flour and drum-dried rice flour

Farinogram properties	Control	I	Samgang II	III	I	Chuchung II	III
Water absorption (%)	62	63	72	71	63	74	72
Arrival time (min)	3.0	2.0	5.8	7.8	1.8	6.5	7.5
Peak time (min)	23.5	5.0	8.0	9.5	6.0	8.0	9.0
Departure time (min)	29.5	31.0	12.3	12.3	24.0	12.0	12.0
Time to breakdown (min)	25.5	18.5	11.5	12.3	15.0	11.5	11.5
MTI (BU)	30	10	60	80	20	60	80
Stability (min)	26.5	29.0	6.5	4.5	22.0	5.5	4.5
Valorimeter value	98	66	68	73	66	68	71

I: Raw material    II: Dry milled(M.C. 80%)    III: Wet milled(M.C. 60%)

문헌

- Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. : Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, **14**(1), 4(1969)
- Anderson, R.A. : Water absorption and solubility and Amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.*, **59**(4), 265(1982)
- Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. : Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, **14**(11), 372(1969)
- Colonna, P., Doublier, J.L., Melcion, J.P., de Monredon, F. and Mercier, C. : Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. *Cereal Chem.*

**61**(6), 538(1984)

- Takahashi, R. and Ojima, T. : Pergelatinization of wheat starch in a drum drier. *Die starke*, **12**, 318(1969)
- Kamoi, I., Shinozaki, T., Matsumoto, S., Tanimura, W. and Obara, T. : Changes of gelatinization degree and physical properties of stored gelatinized-rice after cooking. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **25**(8), 431(1978)
- Sherman, P. : *Industrial Rheology*, Academic Press, New York(1970)
- 한역, 김정상, 이현유, 김영명 : 드럼건조와 압출성형공정에 의한 알파미분의 물리화학적 특성. 한국식품과학회 제 39 차 학술발표회 초록(1987)

(1988년 3월 2일 접수)