

## 수분-열처리로 제조한 멥쌀가루의 호화 특성과 겔 강도

서혜인 · 김창순<sup>†</sup>

창원대학교 식품영양학과

### Pasting Properties and Gel Strength of Non-Waxy Rice Flours Prepared by Heat-Moisture Treatment

Hye-In Seo and Chang-Soon Kim<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Gyeongnam 641-773, Korea

#### Abstract

Heat-moisture treatment (HMT) was applied to 4 samples of rice flours, Goami (GM), Taeguk (TG), Chochung (CC) and Koshihikari (KSHK), of which amylose contents were 31.5, 32.3, 24.3, and 23.3%, respectively. Wet-milled rice flours were dried, moisture content adjusted to 21, 24, 27 and 30%, respectively, and autoclaved at 100 and 105°C for 30~90 min. The changes on swelling, solubility, RVA (rapid visco analyser) paste viscosities and gel strength were observed. In GM and TG, peak viscosity (PV) and breakdown (BD) decreased and no peak appeared as moisture and treatment time increased by HMT. In CC, FV increased notably with big increase of PV and setback (SB) by HMT compared to the other rice flours. BD in all the samples decreased as moisture, temperature, and time increased by HMT. RVA pasting properties of HMT GM and HMT TG were changed remarkably under conditions of moisture 21%, 100°C and 30 min whereas for HMT CC and HMT KSHK, higher temperature or more time was required at the same moisture levels. The swelling power, solubility and gel strength increased by HMT. Gel strength correlated positively with SB ( $r=0.78$ ,  $p<0.01$ ) and negatively with BD ( $r=-0.71$ ,  $p<0.01$ ) and PV ( $r=-0.36$ ,  $p<0.05$ ) resulting from strengthening the structure of starch granules in rice flours by HMT.

**Key words:** wet-milled rice flour, heat-moisture treatment, pasting property, gel strength

#### 서 론

쌀은 중요 식량자원으로 세계에서 밀 다음으로 생산량이 많은 곡물로 우리나라에서도 오래 전부터 주식으로 사용되어 왔다. 현재 국내 쌀 생산량은 증가하는 반면 1인당 연간 쌀 소비량은 1998년에 99.2 kg에서 2009년 74.0 kg으로 빠른 속도로 감소하면서 의무 쌀 수입량도 증가하여 매년 20만 톤 정도의 잉여물량이 발생하고 있다(1). 이에 쌀의 소비 촉진을 위하여 쌀 가공품 개발이 크게 요구되고 있다.

전통적으로 쌀은 주식인 밥으로 소비되어 왔으며 가공품으로는 떡류, 죽류, 쌀과자 등으로 다양화되지 못하고 그 소비량이 미비하다. 최근 전 세계적으로 곡물 값의 폭등으로 밀 자급률이 0.2%로 매우 낮은 우리나라의 경우 물가경제에 큰 부담을 주고 있다. 그러므로 국수나 빵과 같은 밀가루 가공품 제조에 밀가루 대신 재고미의 대체가 불가피하다.

쌀 가공품 중 동남아시아 국가에서 많이 섭취되고 있는 쌀국수는 고 아밀로오스 함량(>25 g/100 g)의 인디카 쌀 품종으로 만들어지는데, 호화 후 팽윤 전분입자와 수용성 아밀로오스에 의한 연속상의 망상구조에 의해 이른바 점탄성의

강한 겔 형성이 쌀국수 제조에 매우 중요하다(2,3). 호화면이나 사출면의 경우 이러한 점에서 우리나라에서 취반용으로 재배되고 있는 아밀로오스 함량이 낮은 자포니카 쌀 품종은 끈적임성이 크고 겔 강도가 낮아 쌀국수 제조에 부적당하다. 그러므로 쌀국수 제조에 국내산 쌀의 활용을 위해서는 쌀가루의 가공적성 개선이 무엇보다 선행되어야 한다.

일반적으로 곡류가공품 제조 시 가공적성 개선을 위하여 변성전분이 흔히 사용되고 있으나 화학적 변성과정이므로 최근에는 물리적 방법으로 annealing과 heat-moisture treatment(HMT)와 같은 수분-열처리에 의해 전분입자의 구조적 변화로 전분질 식품의 물성을 개선시키고자 하는 연구들이 진행되고 있다. Annealing은 다량의 수분과 호화온도 이하의 낮은 온도에서 열처리하는 방법이며, HMT는 호화되기 어려운 35% 이하의 수분함량에서 100°C 정도의 고온으로 열처리하는 방법으로 구분되어진다(4).

HMT 전분은 물 흡수력 감소와 결정성 증가로 호화온도가 상승되고 paste 안정성과 gel 강도의 증가 등 기능적 변화(5-8)를 보인다. 이러한 변화는 전분 입자내 분자의 물리적 재배열과 아밀로오스 지질 복합체형성(9), 아밀로펙틴의 분

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: cskim@changwon.ac.kr  
Phone: 82-55-213-3512, Fax: 82-55-281-7480

해(10)를 가속화시켜 전분입자가 강하게 변하고 높은 온도에서 팽윤력이 감소하는 결과를 가져오게 되는 것이다(11-14). HMT에 의한 물성변화를 이용한 연구로는 쌀의 HMT로 전분입자의 팽윤 억제와 호화 온도 상승이 나타나고 당화 속도 증가로 식혜의 제조시간을 단축시킨 연구(15), HMT 쌀 전분(16)이나 쌀가루(17), 고구마전분(18)으로 만든 국수의 조리손실을 감소에 따른 부착성 저하와 경도 및 탄력성 증가를 보인 여러 연구가 있다. 또한 빵 제조에 HMT 옥수수 전분을 사용한 경우 빵 반죽의 수분흡수량과 빵 부피가 감소하였다는 연구보고(19)가 있다. HMT 조건으로 전분과 수분 함량의 비, 온도, 열처리 시간이 중요 조절인자(20-23)가 되는데 표준화된 수분-열처리 조건이 아직 수립되어 있지 않고 전분종류에 따라 다르므로 여러 연구결과를 비교하기는 용이하지 않다.

본 연구에서는 아밀로오스 함량이 다른 멥쌀로 국내산 일 반미, 특수미, 태국산 수입쌀을 습식제분하고, 건조 후 수분 함량을 20~30%로 조절하고 autoclave에서 100°C와 105°C로 30, 60, 90분 처리하여 HMT 쌀가루를 각각 제조하였다. 이들 HMT 조건에 따른 쌀가루의 특성을 비교하고자 이화학적 특성, pasting 점도변화, 겔 경도 등을 조사하여 국내산 쌀 소비 촉진을 위한 쌀 가공품 개발에 기초자료를 제공하고 자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

국내산 쌀로는 2007년 이천산 추청미(임금님표, 이천농협)와 강화산 고시히카리를, 인디카계 태국산 수입쌀은 시중에서 구입하고 국내산 특수미인 고아미는 2006년산으로 영남농업연구소에서 제공받아 시료로 사용하였다.

### 쌀가루 제조 및 습열처리

쌀가루 제조는 원료 쌀을 수세 후 쌀 무게의 3배 정도 물을 부어 수침(20±5°C, 8시간)한 뒤, 습식제분(stone mill)한 현탁액을 원심분리 하여(1400×g) 물기를 제거한 후 40°C 원적외선 건조기(SLD-1400S, CILIC, Yongin, Korea)에서 건조(최종 수분함량 14±1%)한 후 80 mesh 체를 통과시켜 쌀가루를 제조하였다. 습식제분 쌀가루의 수분-열처리는 40 g의 시료를 250 mL bottle에 일정 수분함량(20~30%)이 되도록 분무기로 증류수를 첨가하여 잘 섞은 후 parafilm으로 봉하여 냉장온도를 유지하면서 평형수준에 달하도록 하룻밤 방치 후 screw 마개로 봉하여 수분이동이 없도록 하였다. 준비된 시료는 100°C, 105°C에서 각각 30, 60, 90분 autoclave 실시하여 방냉 후 실온에서 일정 수분함량(14±1%)까지 건조하여 분쇄 후 80 mesh 체에 내려 시료로 사용하였다.

### 일반성분 분석

쌀가루의 일반성분은 AOAC 방법(24)에 따라 분석하였다. 수분함량은 105°C 건조법, 조단백질 함량은 Kjeldahl법,

조지방 정량은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C의 회화로에서 측정하였다. 아밀로오스 함량은 Juliano의 방법(25)인 비색법에 준하여 흡광도(620 nm)를 측정하였다.

### 색도

쌀가루의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 직경 3 cm, 높이 1 cm의 용기에 담아 L\* (명도), a\* (적색도), b\* (황색도), ΔE(color difference) 값으로 표현하였으며, 각 시료 당 3회 반복 측정된 평균값으로 나타내었다. 이때 사용된 표준 백판의 L값은 96.88, a값은 -0.21, b값은 -0.28이었다.

### RVA 호화 점도 특성

호화점도 특성은 RVA(Rapid Visco Analyzer, model 3D, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g을 25 mL의 증류수에 분산시켜 처음 1분 동안 50°C까지 가열 후 분당 12°C로 가열하여 95°C까지 상승시키고 95°C에서 2.5분 동안 유지하였다. 또한 50°C까지 분당 12°C로 냉각하여 2분 동안 유지하면서 점도를 측정하였다. 50°C로 냉각시켜 점도를 측정하였다. 호화개시온도, 최고점도(PV), 95°C에서 2.5분간 유지한 점도(HPV), 점도 붕괴도(BD; PV-HPV), pasting temperature(PT), setback(SB; FV-PV), final viscosity(FV), consistency(CS; FV-HPV)를 측정하였다.

### 용해도 및 팽윤력

쌀가루의 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법(26)을 변형하여 측정하였다. 즉 쌀가루 0.5 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1°C의 항온수조에 30분간 가열하고 3,000 rpm으로 20분간 원심분리(UNION 5 KR, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)한 후 상등액은 120°C에서 4시간 건조시켜 무게를 측정하고 침전물은 그대로 무게를 측정 후 팽윤력 및 용해도를 다음과 같이 각각 구하였다.

$$\text{용해도} = \frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

(solubility, %)

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{원심분리 후 무게(g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

(swelling power, g/g)

### 겔 강도

겔 강도는 RVA로 생성된 paste를 RVA켤에 담겨있는 채로 좌우로 흔들어 평평하게 만든 후 식혀서 parafilm으로 봉하여 냉장고에 하룻밤 방치한 후 texture analyzer(TA-XT2i/25, Stable Micro Systems Ltd., Haslemere, England)를 사용하여 gel의 표면 3군데를 정하여 peak force를 측정하고 3회 반복하였다(16). 이때 gel의 크기는 직경 35 mm, 높이 20 mm이었으며, 측정조건은 15 mm cylinder probe (p/15), pre test speed: 3.0 mm/sec, test speed: 1.0 mm/sec, post speed: 1.0 mm/sec, time: 2 sec, distance: 10 mm를 사용하였다.

### 통계처리

모든 실험결과는 SPSS 17.0을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시했으며 각 측정 평균값의 유의성( $p < 0.05$ )은 Duncan's multiple range test를 사용하여 검정하였으며, 각 특성간의 상관성은 Pearson's correlation으로 처리하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 분석

사용된 쌀 시료와 이를 습식제분하여 건조한 쌀가루의 일반성분 및 아밀로오스 함량은 Table 1에 나타내었다. 쌀의 아밀로오스 함량이 25% 이상이면 고 아밀로오스로 분류(25)되며 실험에 사용된 쌀의 아밀로오스 함량은 태국산 수입쌀 TG가 29.2%로 가장 높고 고아미 GM이 28.9%로 그 다음으로 높았다. 추정미 CC와 고시히카리 KSHK 아밀로오스 함량은 각각 23.6%, 21.2%로 상대적으로 낮았다. 습식제분 후 쌀가루의 조단백질, 조지방, 회분 함량은 감소하였으며, 이는 습식제분의 수침과정 동안 쌀의 수용성 물질이 수침액으로 용출되었기 때문으로 보인다. 이는 멥쌀과 찰쌀의 경우 수침 후 일반성분 함량이 감소하였다는 다른 연구결과(27-31)와 유사하였다. 특히 고시히카리 KSHK가 수침 후 조단백질이 9.1%에서 7.6%로 크게 감소하였다. 수침 시 쌀알에 물이 침투하여 전분입자가 부분적으로 팽윤되고 전분

입자 사이의 단백질체들의 결합이 약화되어 세포벽에서의 분리가 용이해져 수침액으로의 손실 증가로 단백질 감소가 나타난 것으로 보인다(7). 습식제분한 쌀가루의 아밀로오스 함량은 증가하여 23.3~32.3%의 범위를 나타내었다. 이는 수침에 의해 쌀가루의 아밀로오스 함량이 증가하였다는 선행 연구(27,31-33) 결과와 일치하였다. Kim 등(31)은 쌀의 수침시간이 증가할수록 그리고 쌀가루의 제분방법에 따라 미세입자 분포를 많이 갖는 쌀가루일수록 아밀로오스 함량이 높다고 하였다. 이는 수침과정에서 수침액 중의 유리당과 같은 수용성 물질과 전분분해 효소의 활성 증가로 전분입자 내의 저분자물질의 추출이 용이해져 아밀로오스와 요오드 결합력이 증가한 것으로 보이며(27,32), 또한 습식제분에 의한 미세입자화로 인해 일부 아밀로펙틴의 저분자화가 직선 구조의 아밀로오스 증가로 나타난 것으로 생각된다.

### 쌀가루 색도

수분 21%에서 HMT 온도와 처리시간에 따른 HMT GM 쌀가루의 색도(L, a, b) 값의 변화는 Table 2와 같이 HMT 모든 조건에서 본래의 쌀가루보다 명도값(L)은 낮아졌고, 적색도값(a)과 황색도값(b)은 증가하였다. 100°C에서 30분에서 90분으로 처리시간이 증가함에 따라 L값은 점차 낮아져 어두워졌고 황색도값(b)은 증가하였다. 이러한 쌀가루 색도 변화는 HMT 과정에서 환원당과 단백질의 아미노기 간의 Maillard 갈변반응에 의한 것으로 여겨진다. 갈변반응은

Table 1. Proximate compositions and amylose content of rice and wet-milled rice flours (%)

	Cultivar <sup>1)</sup>	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Amylose
Rice <sup>2)</sup>	GM	12.9±0.12 <sup>3)</sup>	8.1±0.01	0.91±0.014	0.68±0.039	28.9±0.43
	TG	9.7±0.14	10.1±0.05	1.25±0.156	0.78±0.034	29.2±0.12
	CC	12.1±0.05	8.8±0.04	0.52±0.009	0.55±0.015	23.6±0.12
	KSHK	11.2±0.24	9.1±0.06	0.24±0.001	0.68±0.039	21.2±0.40
Wet-milled rice flour	GM	7.3±0.07	8.2±0.06	0.20±0.006	0.30±0.028	31.5±0.20
	TG	12.6±0.32	8.6±0.05	0.17±0.007	0.31±0.014	32.3±0.44
	CC	11.1±0.05	8.3±0.07	0.12±0.016	0.30±0.005	24.3±0.26
	KSHK	11.7±0.15	7.6±0.01	0.11±0.010	0.30±0.029	23.3±0.75

<sup>1)</sup>GM: Goami, TG: taeguk, CC: Chochung, KSHK: Koshihikari.

<sup>2)</sup>Rice sample before wet milling, <sup>3)</sup>Mean±SD (n=3).

Table 2. Color determination of native and HMT Goami rice flour

HMT condition <sup>1)</sup>	Hunter color value <sup>3)</sup>			ΔE
	L	a	b	
Raw <sup>2)</sup>	94.09±0.202 <sup>4)a</sup>	-0.20±0.030 <sup>c</sup>	3.28±0.134 <sup>d</sup>	4.53±0.106 <sup>d</sup>
100-30	93.11±0.172 <sup>b</sup>	-0.20±0.008 <sup>c</sup>	5.02±0.162 <sup>c</sup>	6.51±0.079 <sup>c</sup>
100-60	92.50±0.114 <sup>c</sup>	0.16±0.051 <sup>b</sup>	6.39±0.291 <sup>b</sup>	7.99±0.279 <sup>b</sup>
100-90	91.15±0.168 <sup>f</sup>	0.66±0.048 <sup>a</sup>	7.98±0.183 <sup>a</sup>	10.09±0.207 <sup>a</sup>
105-30	91.82±0.068 <sup>d</sup>	0.61±0.032 <sup>a</sup>	8.14±0.204 <sup>a</sup>	9.86±0.146 <sup>a</sup>
105-60	92.28±0.102 <sup>c</sup>	0.20±0.035 <sup>b</sup>	6.42±0.141 <sup>b</sup>	8.14±0.156 <sup>b</sup>
105-90	91.47±0.027 <sup>e</sup>	0.65±0.020 <sup>a</sup>	8.04±0.096 <sup>a</sup>	9.96±0.071 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>100: 100°C, 105: 105°C and 30, 60, 90: number of min.

<sup>2)</sup>Raw: wet-milled rice flour without HMT.

<sup>3)</sup>L: lightness, a: redness, b: yellowness, ΔE:  $\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ ; color difference.

<sup>4)</sup>Mean±SD (n=3).

<sup>a-f)</sup>Values within the same column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

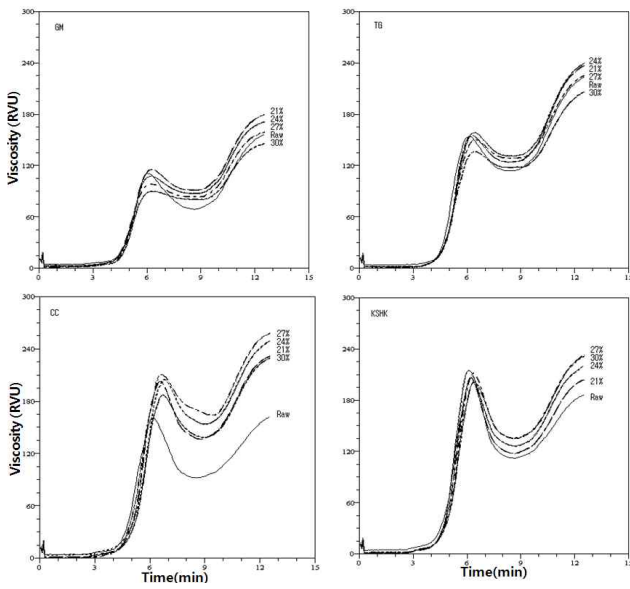


Fig. 1. RVA pasting curves of HMT rice flours prepared with various moisture contents at 100°C for 30 min. GM: Goami, TG: Taeguk, CC: Chochung, KSHK: Koshihikari.

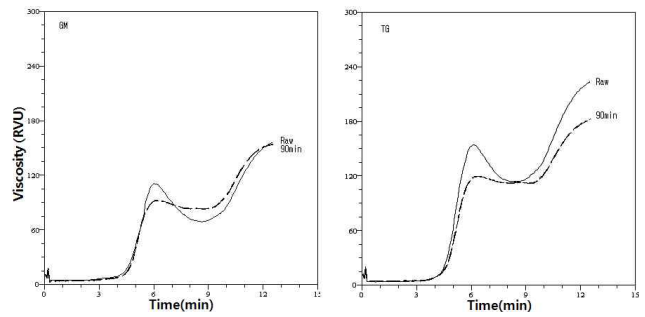


Fig. 2. RVA pasting curves of HMT rice flours prepared with 21% moisture at 100°C for 90 min. GM: Goami, TG: Taeguk.

높은 온도 105°C에서 더욱 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 HMT 후 쌀가루의 색도변화로 L값이 감소하고 a, b값이 증가한 선행연구 결과(9,13)와 일치하였다.

RVA특성

쌀가루의 호화 점도변화를 RVA로 측정한 결과는 Fig. 1~2와 Table 3에 나타내었다. 무처리 쌀가루의 경우 아밀로 펙틴 함량이 많은 KSKH나 CC가 GM이나 TG에 비해 팽윤

Table 3. Effect of heating temperature and time on RVA pasting properties of HMT rice flours under 21% moisture condition

Rice flours <sup>1)</sup>	Viscosity (RVU) <sup>3)</sup>							PT (°C)
	PV	HPV	BD	FV	CS	SB		
Raw <sup>2)</sup>	GM	111.7 <sup>d)c</sup>	69.7 <sup>d</sup>	41.9 <sup>c</sup>	157.9 <sup>c</sup>	88.2 <sup>b</sup>	46.2 <sup>b</sup>	85.1 <sup>b</sup>
	TG	156.6 <sup>b</sup>	113.8 <sup>a</sup>	42.8 <sup>c</sup>	225.0 <sup>a</sup>	111.1 <sup>a</sup>	68.3 <sup>a</sup>	87.6 <sup>a</sup>
	CC	160.8 <sup>b</sup>	92.5 <sup>c</sup>	68.3 <sup>b</sup>	162.2 <sup>c</sup>	69.7 <sup>c</sup>	1.4 <sup>c</sup>	88.2 <sup>a</sup>
	KSHK	201.0 <sup>a</sup>	105.5 <sup>b</sup>	95.5 <sup>a</sup>	177.2 <sup>b</sup>	71.7 <sup>c</sup>	-23.8 <sup>d</sup>	84.8 <sup>b</sup>
HMT GM	100-30	115.2 <sup>a</sup>	90.6 <sup>b</sup>	24.5 <sup>a</sup>	179.8 <sup>a</sup>	89.1 <sup>a</sup>	64.6 <sup>a</sup>	88.5 <sup>b</sup>
	100-60	94.4 <sup>c</sup>	79.0 <sup>d</sup>	15.4 <sup>c</sup>	152.3 <sup>d</sup>	73.3 <sup>c</sup>	57.8 <sup>b</sup>	89.0 <sup>b</sup>
	100-90	92.5 <sup>d</sup>	82.8 <sup>c</sup>	9.6 <sup>d</sup>	155.4 <sup>c</sup>	72.5 <sup>c</sup>	62.8 <sup>a</sup>	90.0 <sup>b</sup>
	105-30	111.2 <sup>b</sup>	91.8 <sup>a</sup>	19.4 <sup>b</sup>	175.4 <sup>b</sup>	83.5 <sup>b</sup>	64.1 <sup>a</sup>	88.7 <sup>a</sup>
	105-60	63.2 <sup>e</sup>	61.3 <sup>e</sup>	1.8 <sup>e</sup>	115.7 <sup>e</sup>	54.3 <sup>d</sup>	52.5 <sup>c</sup>	91.8 <sup>d</sup>
	105-90	59.4 <sup>f</sup>	57.7 <sup>f</sup>	1.6 <sup>e</sup>	107.6 <sup>f</sup>	49.8 <sup>e</sup>	48.2 <sup>d</sup>	92.0 <sup>a</sup>
HMT TG	100-30	164.2 <sup>a</sup>	131.3 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>	247.2 <sup>a</sup>	115.9 <sup>a</sup>	83.0 <sup>a</sup>	87.3 <sup>c</sup>
	100-60	165.6 <sup>a</sup>	137.9 <sup>a</sup>	27.6 <sup>b</sup>	241.3 <sup>a</sup>	103.4 <sup>b</sup>	75.7 <sup>ab</sup>	86.4 <sup>b</sup>
	100-90	124.9 <sup>c</sup>	116.6 <sup>b</sup>	8.2 <sup>d</sup>	189.0 <sup>c</sup>	72.4 <sup>d</sup>	64.1 <sup>c</sup>	89.0 <sup>b</sup>
	105-30	152.5 <sup>b</sup>	133.8 <sup>a</sup>	18.6 <sup>c</sup>	221.3 <sup>b</sup>	87.4 <sup>c</sup>	68.7 <sup>bc</sup>	86.4 <sup>c</sup>
	105-60	118.4 <sup>c</sup>	113.1 <sup>b</sup>	5.3 <sup>e</sup>	183.0 <sup>c</sup>	69.8 <sup>d</sup>	64.5 <sup>c</sup>	89.2 <sup>b</sup>
	105-90	86.3 <sup>d</sup>	82.5 <sup>c</sup>	3.8 <sup>e</sup>	121.8 <sup>d</sup>	39.2 <sup>e</sup>	35.4 <sup>d</sup>	91.3 <sup>a</sup>
HMT CC	100-30	202.5 <sup>c</sup>	137.1 <sup>c</sup>	65.4 <sup>a</sup>	231.6 <sup>c</sup>	94.5 <sup>b</sup>	29.0 <sup>f</sup>	88.1 <sup>b</sup>
	100-60	225.1 <sup>a</sup>	165.3 <sup>b</sup>	59.8 <sup>b</sup>	266.7 <sup>b</sup>	101.3 <sup>a</sup>	41.5 <sup>d</sup>	85.3 <sup>d</sup>
	100-90	219.0 <sup>b</sup>	180.7 <sup>a</sup>	38.2 <sup>d</sup>	283.9 <sup>a</sup>	103.1 <sup>a</sup>	64.9 <sup>b</sup>	87.4 <sup>bc</sup>
	105-30	173.9 <sup>d</sup>	120.3 <sup>d</sup>	53.5 <sup>c</sup>	211.6 <sup>d</sup>	91.3 <sup>b</sup>	37.7 <sup>e</sup>	86.6 <sup>c</sup>
	105-60	126.6 <sup>e</sup>	97.7 <sup>e</sup>	28.9 <sup>e</sup>	182.3 <sup>e</sup>	84.6 <sup>c</sup>	55.7 <sup>c</sup>	90.0 <sup>a</sup>
	105-90	115.8 <sup>f</sup>	95.6 <sup>e</sup>	20.1 <sup>f</sup>	183.2 <sup>e</sup>	87.5 <sup>c</sup>	67.4 <sup>a</sup>	90.0 <sup>a</sup>
HMT KSHK	100-30	211.9 <sup>a</sup>	123.1 <sup>d</sup>	88.8 <sup>a</sup>	213.7 <sup>d</sup>	90.6 <sup>c</sup>	1.8 <sup>d</sup>	86.9 <sup>b</sup>
	100-60	195.0 <sup>b</sup>	130.0 <sup>c</sup>	65.0 <sup>a</sup>	224.2 <sup>c</sup>	94.1 <sup>b</sup>	29.1 <sup>c</sup>	87.5 <sup>b</sup>
	100-90	197.7 <sup>b</sup>	149.2 <sup>b</sup>	48.4 <sup>c</sup>	255.7 <sup>b</sup>	106.4 <sup>a</sup>	58.0 <sup>a</sup>	88.1 <sup>ab</sup>
	105-30	214.5 <sup>a</sup>	161.7 <sup>a</sup>	52.8 <sup>b</sup>	267.8 <sup>a</sup>	106.1 <sup>a</sup>	53.3 <sup>b</sup>	87.7 <sup>b</sup>
	105-60	212.6 <sup>a</sup>	161.3 <sup>a</sup>	51.3 <sup>b</sup>	264.8 <sup>a</sup>	103.4 <sup>a</sup>	52.1 <sup>b</sup>	87.9 <sup>b</sup>
	105-90	161.8 <sup>c</sup>	132.0 <sup>c</sup>	29.8 <sup>d</sup>	217.7 <sup>d</sup>	85.6 <sup>d</sup>	55.8 <sup>ab</sup>	89.2 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>GM: Goami, TG: Taeguk, CC: Chochung, KSHK: Koshihikari. 100: 100°C, 105: 105°C and 30, 60, 90: 30 min, 60 min, 90 min.

<sup>2)</sup>Raw: wet-milled rice flour without HMT.

<sup>3)</sup>PV: peak viscosity, HPV: hot past viscosity, BD: breakdown, FV: final viscosity, CS: consistency, SB: setback, PT: pasting temperature.

<sup>4)</sup>Mean (n=3).

<sup>a-f)</sup>Values within the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

이 용이하여 최고점도(PV)는 KSKH가 가장 높았으며 CC, TG, GM 순으로 낮아졌다. BD 역시 KSKH가 가장 높았고 GM가 가장 낮은 값을 나타내었다(Fig. 1). 노화도를 나타내는 setback(SB)은 TG가 가장 높았으며 GM, CC, KSKH 순으로 나타나 아밀로오스 함량이 높은 쌀일수록 BD는 낮고 SB는 높은 경향을 보였다(Table 3).

수분함량이 21%, 24%, 27%, 30%의 다른 조건에서 100°C, 30분 HMT 쌀가루의 호화점도곡선(Fig. 1)에서 그 변화 양상은 쌀가루 시료에 따라 다르게 나타났다. 즉, HMT GM, HMT TG 쌀가루는 PV와 BD가 낮아지면서 peak가 사라지는 경향을 보였는데 수분함량이 증가함에 따라 그 정도가 현저하게 나타나 Type C 호화점도곡선을 보였다(34). 한편 최종점도(FV)는 수분함량 27% 이하에서는 무처리군보다 높았다. HMT KSKH 쌀가루의 PV는 거의 변화가 없었으나 수분함량이 증가함에 따라 BD가 다소 감소하여 FV가 증가하였다. 이와 다르게 HMT CC는 다른 쌀가루에 비하여 HMT로 PV가 현저히 증가하였고 BD는 낮아지면서 결과적으로 FV가 매우 크게 상승하여 RVA pasting 특성에 대한 HMT 효과가 가장 크게 나타났다. HMT GM과 HMT TG에 대한 RVA 결과는 air oven 100°C, 16시간 HMT에 의한 밀전분과 감자전분은 18%에서 27%로 수분이 증가함에 따라 hot paste 점도는 감소하고 안정도는 증가한다는 Kulp와 Lorenz(12)의 연구결과와 일치하나 HMT CC와 HMT KSKH와는 일부 차이를 보였다.

수분함량 21%, 30분 동일 조건에서 HMT 온도에 따른 쌀가루의 호화점도 변화(Table 3)에서 아밀로오스 함량이 높은 HMT GM과 HMT TG의 경우 100°C와 105°C 간에 차이는 거의 보이지 않았으나 아밀로오스 함량이 상대적으로 낮은 CC와 KSKH는 HMT 온도에 대한 반응이 상대적으로 현저하였다. 즉 CC는 105°C보다 100°C에서 PV, FV의 증가폭이 컸으며 KSKH는 105°C에서 현저한 BD 감소와 SB와 FV의 큰 증가를 보여 처리온도 간에 큰 차이를 보였다. 따라서 수분함량 21%, 30분 동일 조건에서 CC와 KSKH가 GM과 TG에 비하여 처리온도에 따라 크게 반응하여 RVA 호화특성에 있어서 현저한 변화를 가져왔다.

수분함량 21%, 100°C의 동일조건에서 HMT 처리 시간에 따른 호화점도 변화는 아밀로오스 함량이 높은 GM과 TG 경우 90분 HMT 처리로 현저한 PV와 BD 감소와 함께 FV가 낮아지면서 peak가 완전히 사라졌다(Fig. 2). 한편, HMT CC와 HMT KSKH는 HMT GM과 HMT TG와 다르게 처리시간이 90분으로 길어질수록 PV가 증가하고 BD 감소와 SB 증가로 FV가 크게 상승하여 아밀로오스 함량에 따라 HMT에 의한 쌀가루의 호화특성 변화가 상이하게 나타났다(Table 3). 모든 HMT 쌀가루의 호화개시온도(PT)는 상승하여 호화가 지연되었으며 처리 온도와 시간이 증가될수록 상승폭이 컸다. 모든 쌀가루의 BD는 공통적으로 HMT의 수분함량, 처리온도와 처리시간이 증가함에 따라 감소하여

수분함량 30%, 105°C, 90분의 HMT 조건에서 최소값을 보였다(Table 3). Lorlwhakarn과 Naivikul(17)은 HMT 쌀가루가 낮은 온도(110°C)와 짧은 처리시간보다는 높은 온도(120°C)와 긴 처리시간에 의하여 더욱 강력한 pasting 특성 변화를 갖는다고 하여 본 연구 결과와 일치하였다. 이러한 HMT에 의한 paste 점도변화현상을 Lai(11)는 HMT 전분입자의 단단한 구조변화가 팽윤 억제와 BD 감소로 나타나, HMT 쌀가루가 가열과 전단에 대한 내구력을 갖게 된다고 하였다. HMT(수분함량 30%, 100°C, 16시간) 옥수수전분의 특성에 관한 연구(13)에서 HMT에 의한 전분분자 간 상호작용은 전분입자의 비결정질과 결정질 영역 모두에서 일어나며, 전분 재결정화 정도는 비결정질 영역에서 더 크고, 그 예로 pasting 곡선에서 HMT normal maize와 HMT amylo-maize의 경우 95°C 점도와 50°C 점도의 큰 감소를 보이거나 HMT waxy starch는 점도 변화가 없었다. 이러한 현상은 비결정질 영역의 amylose-amylose, amylose-lipid, amylose-amylopectin 상호작용에 의한다고 하였다. 그리고 HMT에 의하여 결정질의 규칙성은 변화되지만 결정질 영역의 아밀로펙틴 사슬간의 상호작용은 제한적으로 나타난다고 하였다. 본 연구결과에서도 쌀가루 시료 중 아밀로오스 함량이 상대적으로 적은 KSKH(21.2%)는 수분 21%, 100°C, 30분 HMT조건에서는 점도변화가 거의 이루어지지 않았으나, HMT 온도를 105°C로, 처리시간을 90분으로 증가함에 따라 pasting 점도(PV, BD, SB, FV) 변화 정도가 커져 HMT 효과를 갖는 데는 높은 HMT 온도와 긴 처리시간이 요구되는 것으로 나타났다.

#### 용해도 및 팽윤력

HMT에 의한 팽윤력과 용해도 값은 Table 4에 나타내었다. 무처리군 시료에서 CC의 팽윤력이 8.42로 가장 높았으며 다음은 KSKH, TG, GM 순으로 나타났다. 용해도는 CC가 6.06%로 가장 높았으며 TG, GM은 5.34%, KSKH는 4.22% 순으로 낮았다. Leach 등(35)은 전분 입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 팽윤력이 높은 것은 전분 입자내의 결합력이 약하다는 것을 보여주며, 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하므로 가열에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다고 하였다. 전분입자의 팽윤은 아밀로오스 함량이 많을수록 전분입자의 내부구조가 치밀하여 팽윤이 억제, 지연되며(36,37), waxy 전분은 상대적으로 빠르게 물이 침투하여 팽윤, 용해된다(37).

HMT 후 모든 쌀가루의 팽윤력은 증가하였으며, 특히 GM의 경우 수분함량 21%, 100°C, 30분 HMT 처리로 6.69 g/g에서 8.48 g/g으로 약 26.8%, CC는 100°C, 60분 HMT 처리 시 8.42 g/g에서 10.09 g/g으로 19.8%의 큰 상승폭을 보였다. 이러한 결과는 HMT 멧쌀가루의 팽윤력이 증가하였다는 Lee와 Shin(7)의 연구와 일치하나 HMT 후 팽윤력이 감소하였다는 여러 선행연구 결과(11,12,14,17)와는 상반되었다. HMT 온도 상승이나 처리시간 증가에 따라서는 팽

Table 4. Effect of heating temperature and time on the swelling powers, solubilities and gel strength of HMT rice flours at 21% moisture

Rice flours <sup>1)</sup>		Swelling power (g/g)	Solubility (%)	Gel strength (g)
GM	Raw <sup>2)</sup>	6.69±0.17 <sup>4)c</sup>	5.34±0.19 <sup>d</sup>	38.24±2.07 <sup>c</sup>
	100-30 <sup>3)</sup>	8.48±0.27 <sup>a</sup>	9.83±0.54 <sup>bc</sup>	62.09±3.13 <sup>a</sup>
	100-60	8.11±0.46 <sup>ab</sup>	9.47±0.74 <sup>b</sup>	47.41±1.50 <sup>b</sup>
	100-90	7.95±0.24 <sup>bc</sup>	9.81±0.23 <sup>bc</sup>	61.88±3.54 <sup>a</sup>
	105-30	7.59±0.04 <sup>cd</sup>	8.43±0.11 <sup>c</sup>	47.43±1.82 <sup>b</sup>
	105-60	8.04±0.02 <sup>b</sup>	10.44±0.19 <sup>b</sup>	47.09±2.19 <sup>b</sup>
	105-90	7.46±0.18 <sup>d</sup>	10.86±0.28 <sup>a</sup>	47.84±2.74 <sup>b</sup>
TG	Raw	7.33±0.15 <sup>b</sup>	5.34±0.17 <sup>d</sup>	79.23±2.18 <sup>c</sup>
	100-30	7.82±0.45 <sup>ab</sup>	6.25±0.63 <sup>bcd</sup>	92.18±10.64 <sup>b</sup>
	100-60	8.15±0.51 <sup>a</sup>	6.87±0.71 <sup>abc</sup>	92.96±5.62 <sup>b</sup>
	100-90	7.94±0.27 <sup>ab</sup>	7.33±0.65 <sup>a</sup>	103.15±10.0 <sup>a</sup>
	105-30	7.77±0.17 <sup>ab</sup>	6.47±0.43 <sup>abc</sup>	94.47±15.07 <sup>ab</sup>
	105-60	7.48±0.46 <sup>b</sup>	5.99±0.39 <sup>cd</sup>	95.51±7.94 <sup>ab</sup>
	105-90	7.29±0.16 <sup>b</sup>	7.17±0.48 <sup>ab</sup>	71.81±6.57 <sup>c</sup>
CC	Raw	8.42±0.21 <sup>d</sup>	6.06±0.40 <sup>c</sup>	32.26±1.65 <sup>de</sup>
	100-30	8.79±0.37 <sup>c</sup>	5.35±0.20 <sup>de</sup>	36.44±2.60 <sup>c</sup>
	100-60	10.09±0.21 <sup>a</sup>	5.13±0.28 <sup>e</sup>	36.03±2.88 <sup>c</sup>
	100-90	9.31±0.10 <sup>b</sup>	5.62±0.13 <sup>cd</sup>	39.34±2.83 <sup>b</sup>
	105-30	9.43±0.06 <sup>b</sup>	5.13±0.22 <sup>e</sup>	44.21±3.25 <sup>a</sup>
	105-60	9.05±0.15 <sup>bc</sup>	9.19±0.20 <sup>b</sup>	30.49±1.33 <sup>e</sup>
	105-90	9.09±0.18 <sup>bc</sup>	10.19±0.23 <sup>a</sup>	33.03±0.92 <sup>d</sup>
KSHK	Raw	7.42±0.33 <sup>b</sup>	4.22±0.24 <sup>d</sup>	25.66±2.11 <sup>d</sup>
	100-30	8.82±0.35 <sup>a</sup>	4.77±0.35 <sup>cd</sup>	28.17±1.7 <sup>c</sup>
	100-60	8.37±0.23 <sup>a</sup>	4.85±0.14 <sup>cd</sup>	27.75±0.81 <sup>cd</sup>
	100-90	8.67±0.18 <sup>a</sup>	6.08±0.19 <sup>b</sup>	28.44±1.76 <sup>bc</sup>
	105-30	8.94±0.07 <sup>a</sup>	5.40±0.17 <sup>c</sup>	32.90±3.29 <sup>a</sup>
	105-60	8.77±0.49 <sup>a</sup>	5.34±0.13 <sup>c</sup>	30.63±3.00 <sup>ab</sup>
	105-90	8.87±0.19 <sup>a</sup>	6.73±0.83 <sup>a</sup>	25.74±2.16 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>GM: Goami, TG: Taeguk, CC: Chochung, KSHK: Koshihikari. <sup>2)</sup>Raw: wet-milled rice flour without HMT.

<sup>3)</sup>100: 100°C, 105: 105°C and 30, 60, 90: number of min. <sup>4)</sup>Mean±SD (n=3).

<sup>a-c</sup>Values within the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

윤력 변화는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 용해도는 HMT로 CC 이외의 다른 쌀가루 시료들에서 증가하였다. CC의 경우 100°C 열처리로 용해도가 감소하였으나 105°C에서는 열처리 시간이 증가함에 따라 5.13%에서 10.19%로 크게 증가하였다. 이는 autoclave에 의한 과도한 열에너지로 전분분자의 열분해로 인한 저분자화로 수용성 아밀로오스 용출의 증가에 의한 것으로 보인다. HMT 기장(14)이나 쌀전분(38)의 팽윤력은 감소하고 용해도는 증가하였다. Adebowale 등(14)과 Kulp와 Lorenz(12)는 HMT 후 밀전분, 감자전분의 팽윤력은 모두 감소하고 용해도는 곡류전분인 밀전분은 증가하나 감자전분은 감소한다고 하였다.

HMT 후 쌀가루의 팽윤력은 전분입자가 단단해져 감소하고 pasting 온도는 증가하는 것으로 보고되었다(17). 아밀로오스 함량이 많은 쌀일수록 HMT에 의해 더욱 단단한 구조를 갖게 되고 팽윤력과 용해도가 낮아지며(11), 전분입자는 HMT의 수분함량과 가열온도에 따라 결정구조와 아밀로오스 배열이 변하고 무정형 부분을 조밀하게 만들어 구조적인 안정성을 가져온다(32,39). Takahashi 등(9)에 의하면 120°C, 60분 autoclave-HMT 쌀가루(ATR)와 160°C, 60분 oven-HMT 쌀가루(OTR)의 DSC 결과에 의하면 HMT에 의해 전

분사슬간의 재배열뿐만 아니라 amylose-lipid complex의 재배열이 일어나며, ATR이 OTR에 비하여 높은 호화온도와 pasting 개시 온도를 보여 더욱 열적 안정성을 갖는 결정질을 형성하는 것으로 나타났다.

이와 같이 팽윤력과 용해도는 본래 전분 구성성분인 아밀로오스의 물리적 상태와 전분 종류에 따른 아밀로펙틴의 구조, 분자의 길이, 전분분자간의 결합력 등의 차이로 다르게 나타나며, HMT 조건이나 사용된 전분의 종류에 따라 연구자들 간에 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 HMT 전에 습식제분의 침지과정을 거치면서 일차적으로 쌀가루의 전분입자 내 결합력이 약화되는 변화가 있었고(31) 후속과정으로 oven이 아닌 autoclave 하에서의 강한 열에너지 투입에 의한 HMT로 인하여 위의 선행연구들과 서로 다른 안정성의 전분분자 간에 결정질이 형성된 것으로 판단된다.

#### 겔 강도

수분함량 21% HMT 쌀가루의 겔 강도를 측정된 값은 Table 4에 나타내었다. 무처리 쌀가루시료의 겔 강도는 TG (79.23 g) > GM (38.24 g) > CC (32.26 g) > KSHK (25.66g) 순이었다. 전분 겔의 조직감 특성은 겔의 연속상과 불연속상간의 상호작용, 아밀로오스 matrix, 팽윤전분입자의 부피와

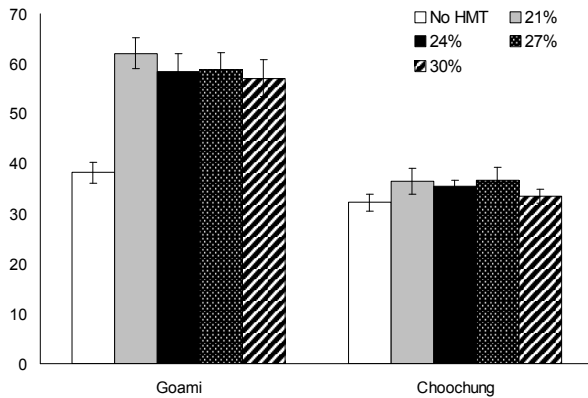


Fig. 3. Effect of moisture contents on gel strength of HMT rice flours prepared at 100°C for 30 min.

견고성 등 여러 인자들에 의해 좌우된다(40). 따라서 이는 아밀로오스 함량과 아밀로펙틴 구조에 의해 영향을 받게 된다(41). 아밀로오스에 의한 겔화는 짧은 시간에 이루어지고 노화정도가 크며 겔이 거칠고 단단하며, 아밀로펙틴에 의한 겔화는 긴 시간이 필요하고 매우 부드러운 겔을 형성한다(42). 일반적으로 단단한 전분 겔은 높은 아밀로오스 함량과 긴 아밀로펙틴 사슬을 갖는 경향이 있다(43). HMT로 모든 시료의 겔 강도가 증가하였으며, HMT 온도나 처리시간에 따라 차이를 보였다. 겔 강도는 HMT GM과 HMT TG가 크게 상승하여 각각 23.1~62.4%, 16.3~30.2%의 증가율 범위를 나타내었으며, 100°C에서 30분 열처리한 GM이 가장 크게 상승하였다. HMT CC와 HMT KSHK 겔 증가폭은 각각 2.4~37.04%, 8.1~28.2%로 상대적으로 낮았다. HMT GM은 100°C, 30분과 90분, HMT TG는 100°C, 90분 조건에서 최대치를 보였고, HMT CC와 HMT KSHK는 105°C, 30분에서 최대치를 나타냈다. 105°C에서 처리시간이 길어지면 겔 강도는 감소하였다. 이는 Horndok과 Noomhorm(16)의 연구 결과와 유사하며 높은 온도에서 장시간 HMT 처리로 완전한 호화가 아닌 부분적 호화가 나타나 겔 강도가 감소한 것으로 해석되고 있다. 100°C에서 수분함량에 따른 HMT 쌀가루 GM과 CC의 겔 경도를 비교한 값은 Fig. 3에

나타내었다. 21~30% 수분함량 범위에서의 겔 강도값은 수분함량 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. HMT 후 겔 강도의 상승은 일부 아밀로오스 전분 사슬간의 cross-linking에 기인하게 되는데 그 결과 겔 연속상의 결합점 형성이 많아져 겔 강도가 증가한다고 설명되고 있다(44). 따라서 상대적으로 아밀로펙틴이 많은 쌀가루는 단단한 겔 형성이 어려우나 HMT 처리온도를 증가하여 적절한 처리시간 내에서는 cross-linking에 의한 결합점 증가와 팽윤입자의 파괴증가 및 견고성 증가로 겔 강도가 증가하는 것으로 보인다.

#### 이화학적 특성간의 상관관계

HMT 쌀가루의 이화학적 특성간의 상관관계 결과를 Table 5에 나타내었다. 쌀가루의 아밀로오스 함량은 겔 강도( $r=0.784$ ,  $p<0.01$ ), 용해도( $r=0.559$ ,  $p<0.01$ ), SB( $r=0.790$ ,  $p<0.01$ ), CS( $r=0.331$ ,  $p<0.05$ )와 각각 양의 상관관계를 보였으며, 팽윤력( $r=-0.608$ ,  $p<0.01$ ), BD( $r=-0.837$ ,  $p<0.01$ )와는 강한 음의 상관관계를 보였다. 겔 강도는 SB( $r=0.777$ ,  $p<0.01$ ) CS( $r=0.518$ ,  $p<0.01$ )와 높은 양의 상관관계를 보였으나 BD( $r=-0.713$ ,  $p<0.01$ )와 PV( $r=-0.355$ ,  $p<0.05$ )와는 음의 상관관계를 보였다. 팽윤력은 PV에 영향을 미치며( $r=0.571$ ,  $p<0.01$ ), BD가 적을수록 SB가 증가하는 강한 음의 상관성을 보였다( $r=-0.910$ ,  $p<0.01$ ). 따라서 쌀가루의 아밀로오스 함량은 겔 강도를 비롯한 거의 모든 이화학적, RVA 특성에 영향을 미쳤으며, 특히 겔 강도는 BD가 낮아 완만한 RVA 곡선을 나타내며 큰 SB값을 가질수록 크게 나타났다. 이러한 결과로부터 HMT에 의해 쌀가루의 전분입자 내 분자 간 결합력 강화에 의한 BD 감소와 SB 증가가 겔 강도 상승에 영향을 미친 것을 알 수 있다. 따라서 수분, 온도 및 처리시간을 조절하여 HMT로 쌀가루를 처리하면 화학적 처리를 하지 않고도 쌀가루의 특성을 변화시켜 쌀 가공식품에 유리한 조건을 찾을 수 있을 것으로 예상된다.

#### 요 약

HMT가 아밀로오스 함량이 다른 쌀가루의 이화학적 특성

Table 5. Correlation between physicochemical and pasting properties of rice flours

Parameters <sup>1)</sup>	Amylose contents	Gel strength	Solubility	Swelling power	PV	HPV	BD	FV	SB	CS
Gel strength	0.784**									
Solubility	0.559**	0.331*								
Swelling power	-0.608**	-0.289	0.013							
PV <sup>1)</sup>	-0.781**	-0.355*	-0.655**	0.571**						
HPV	-0.337*	0.168	-0.292	0.545**	0.756**					
BD	-0.837**	-0.713**	-0.692**	0.302	0.735**	0.113				
FV	-0.116	0.328	-0.224	0.422*	0.615**	0.942**	-0.043			
SB	0.790**	0.777**	0.522**	-0.206	-0.498**	0.148	-0.910**	0.378*		
CS	0.331*	0.518**	-0.046	0.044	0.141	0.522**	-0.327	0.773**	0.685**	
PT	0.063	0.072	0.475**	0.292	-0.049	0.164	-0.245	0.206	0.285	0.172

<sup>1)</sup>PV: peak viscosity, HPV: hot past viscosity, BD: breakdown, FV: final viscosity, SB: setback, CS: consistency, PT: pasting temperature.

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ .

과 물리적 변화에 미치는 효과를 조사하였다. 고 아밀로오스 쌀은 태국산 수입쌀 TG(29.2%)와 국내산 특수미인 고아미 GM(28.9%)을 사용하였고, 중간 아밀로오스 쌀은 추청미 CC(23.6%)와 고시히카리 KSHK(21.2%)를 사용하였다. HMT 쌀가루는 습식제분 쌀가루를 수분함량 21%, 24%, 27%, 30%로 조절하여 각각 100°C와 105°C에서 30, 60, 90분 처리하여 제조하였다. HMT GM, HMT, TG 쌀가루의 RVA 특성 변화는 HMT 처리시간, 수분함량 증가에 따라 PV와 BD가 낮아지면서 peak가 사라지는 경향을 보였으며, HMT KSKH 쌀가루는 처리온도와 처리시간 증가에 의해 BD의 현저한 감소와 높은 FV값을 보였고, HMT CC는 다른 쌀가루에 비하여 현저한 PV와 SB 증가와 낮은 BD로 FV가 매우 크게 상승하였다. HMT GM과 HMT TG는 수분 21%, 100°C, 30분에서 HMT 효과가 크게 이루어졌으나 HMT CC와 HMT KSKH는 그보다 높은 105°C HMT 온도나 긴 처리시간이 요구되는 것으로 나타났다. 모든 HMT 쌀가루의 BD는 수분함량, 처리온도와 처리시간이 증가함에 따라 감소하여 수분함량 30%, 105°C, 90분의 HMT 조건에서 최소값을 보였다. HMT로 모든 쌀가루의 팽윤력은 증가였으며 용해도는 CC 이외의 다른 쌀가루에서 모두 증가하였다. 무처리 쌀가루시료의 겔 강도는 TG(79.23 g) > GM(38.24 g) > CC(32.26 g) > KSHK(25.66 g) 순이었으며 HMT로 모든 쌀가루의 겔 강도는 증가하였으며, HMT GM과 HMT TG가 큰 증가폭을 보였다. 겔 강도는 SB( $r=0.777$ ,  $p<0.01$ )와 강한 양의 상관관계를, BD( $r=-0.713$ ,  $p<0.01$ )와 PV( $r=-0.355$ ,  $p<0.05$ )와는 음의 상관관계를 보여 HMT에 의해 쌀가루의 전분입자 내 분자 간 결합력 강화에 의한 BD 감소와 SB 증가가 겔 강도 상승에 영향을 미친 것을 알 수 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(KRF-2008-521-F00049)과 2009년도 창원대학교 교내연구비의 일부 지원에 의해 수행된 연구임.

## 문헌

1. Statistics Korea. 2010. The records and plans for demand and supply of grains.
2. Mesters C, Coolonna P, Buleon A. 1988. Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mungbean starch vermicelli. *J Food Sci* 53: 1809-1812.
3. Li CF, Luh BS. 1980. Rice snack foods. In *Rice: Production and Utilization*. Luh BS, ed. Avi, Westport, CT, USA. p 690-711.
4. Tester RF, Debon SJJ. 2000. Annealing of starch—a review. *Int J Biol Macromol* 27: 1-12.
5. Sair L. 1967. Heat-moisture treatment of starch. *Cereal Chem* 44: 8-26.
6. Franco CML, Preto SJR, Ciacco CF, Tavares DQ. 1995. Effect of the heat-moisture treatment on the enzymatic susceptibility of corn starch granules. *Starch* 47: 223-228.
7. Lee MK, Shin MS. 2006. Characteristics of rice flours prepared by moisture-heat treatment. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 147-157.
8. Anderson AK, Guraya HS, James C, Salvaggio L. 2005. Digestibility and pasting properties of rice starch heat-moisture treated at the melting temperature ( $T_m$ ). *Starch* 54: 401-409.
9. Takahashi T, Miura M, Ohisa N, Mori K, Kobayashi S. 2005. Heat treatments of milled rice and properties of the flours. *Cereal Chem* 82: 228-232.
10. Lu S, Chen CY, Lii CY. 1996. Gel chromatography fractionation and thermal characterization of rice starch affected by hydrothermal treatment. *Cereal Chem* 73: 5-11.
11. Lai HM. 2001. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. *Food Chem* 72: 455-463.
12. Kulp K, Lorenz K. 1981. Heat-moisture treatment of starches. I. Physicochemical properties. *Cereal Chem* 58: 46-48.
13. Hoover R, Manuel H. 1996. The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylo-maize V starches. *J Cereal Sci* 23: 153-162.
14. Adebawale KO, Afolabi TA, Olu-Owilabi BI. 2005. Hydrothermal treatments of finger millet (*Eleusine coracana*) starch. *Food Hydrocolloids* 19: 974-983.
15. Yook C, Cho SK. 1996. Application of heat/moisture-treated rices for Sikhe preparation. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1119-1125.
16. Horndok R, Noomhorm A. 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT* 40: 1723-1731.
17. Lorlwhakarn K, Naivikul O. 2006. Modification of rice flour by heat moisture treatment (HMT) to produce rice noodles. *Kasetsart J* 40: 135-143.
18. Collado LS, Mabesa LB, Oates CG, Corke H. 2001. Bihon-type noodles from heat-moisture-treated sweet potato starch. *J Food Sci* 66: 604-609.
19. Miyazaki M, Morita N. 2005. Effect of heat-moisture treated maize starch in the properties of dough and bread. *Food Res Int* 38: 369-376.
20. Park HH, Lee KH, Kim SK. 1986. Effect of heat-moisture treatments on physico-chemical properties of chestnut starch. *Korean J Food Sci Technol* 18: 437-442.
21. Song E, Shin MS, Hong YH. 1987. Physicochemical properties of sweet potato (*Ipomoea batatas*) starch by heat-moisture treatment. *J Appl Biol Chem* 30: 242-249.
22. Cha HS, Kim K, Kim SK. 1984. Modification of physicochemical properties of arrowroot starch by heat-moisture treatment. *J Appl Biol Chem* 27: 252-258.
23. Kim SK, Lee SY, Park YK. 1987. Gelatinization properties of heat-moisture treated potato and sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 19: 435-440.
24. AOAC. 1996. *Official method of analysis of AOAC International*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
25. Juliano BO. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today* 16: 334-339.
26. Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In *Method in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic press, New York, NY, USA. Vol 4, p 106-108.
27. Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. *Korean J Food Sci Technol*



- 28: 1026-1032.
28. Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci* 35: 85-94.
29. Lim YH, Lee HY, Jang MS. 1993. Changes of physicochemical properties of soaked glutinous rice during preparation of Yu-Kwa. *Korean J Food Sci Technol* 25: 247-251.
30. Lee YH, Kum JS, Ku KH, Chun HS, Kim WJ. 2001. Changes in chemical composition of glutinous rice during steeping and quality properties of Yukwa. *Korean J Food Sci Technol* 33: 737-744.
31. Kim RY, Kim CS, Kim HI. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1076-1083.
32. Lee MG, Kim JO, Shin MS. 2004. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time and particle sizes. *Korean J Food Sci Technol* 36: 268-275.
33. Kim MH, Park MW, Park YK, Jang MS. 1993. Physicochemical properties of rice flours influenced by soaking time of rice. *Korean J Soc Food Sci* 9: 210-214.
34. Schoch TJ, Maywald EC. 1968. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem* 45: 564-573.
35. Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36: 534-544.
36. Lee SH, Han O, Lee HY, Kim SS, Chung DH. 1989. Physicochemical properties of rice starch by amylose content. *Korean J Food Sci Technol* 21: 766-771.
37. Hermansson AM, Svegmarm K. 1996. Developments in the understanding of starch functionality. *Trends Food Sci Technol* 7: 345-353.
38. Shin MS, Kim SK. 1990. Modification of physicochemical properties of rice starch by heat-moisture treatment. *J Korean Agric Chem Soc* 33: 1-7.
39. Donovan JW, Lorenz K, Kulp K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem* 60: 381-387.
40. Bhattacharya M, Zee SY, Corke H. 1999. Physicochemical properties related to quality of rice noodles. *Cereal Chem* 76: 861-867.
41. Yamin FF, Lee M, Pollak LM, White PJ. 1999. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B73. *Cereal Chem* 76: 175-181.
42. Jane JL. 1997. Recent advances in understanding of the structure of starch granules. In *Granular and Molecular Structure of Starch*. The 3rd XAFST International Symposium. p 51-59.
43. Case SE, Capotani T, Whaley JK, Shi YC, Trzasko P, Jeffcoat R, Goldfarb HB. 1998. Physical properties and gelation behavior of a low-amylopectin maize starch and other high-amylose maize starches. *J Cereal Sci* 27: 301-314.
44. Liu H, Corke H, Ramsden L. 2000. The effect of autoclaving on the acetylation of ae, wx and normal maize starches. *Starch* 52: 353-360.

(2010년 10월 18일 접수; 2011년 1월 24일 채택)