



Physicochemical properties of domestic rice variety according to pregelatinization

Hee Nam Jung*

Department of Food and Cooking Science, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

호화에 의한 국내산 쌀 품종의 이화학적 특성

정희남*

순천대학교 생명산업과학대학 조리과학과

Abstract

This study compared the physicochemical properties of domestic rice variety ('Haiami', 'Hopyeng', and 'Hyunpum') after pregelatinization. The proximate composition, color value, WAI, WSI, particle analysis, X-ray diffraction, swelling power, solubility, and amylogram pasting properties were analyzed. The results showed that pregelatinized rice flours had lower crude ash, crude fat and crude protein contents, as compared to raw rice flours. The L values decreased and the b value increased after pregelatinization in all varieties. The WAI increased, whereas the WSI decreased, with the highest value being observed for 'Haiami'. The particle size increased, and the dispersion decreased after pregelatinization, resulting in more uniform particles. The changes in the X-ray diffraction patterns indicated the transformation of the crystal structure into an amorphous phase due to pregelatinization. As the temperature increased, the swelling power remained largely unchanged and the solubility increased, with the highest value being observed for 'Haiami'. The initial pasting temperature, peak viscosity, cold viscosity, breakdown and setback decreased, and the peak viscosity and cold viscosity were highest for 'Hopyeng'. Therefore, the obtained results suggest that pregelatinized rice flours with high water absorption, solubility and low viscosity variations with temperature will be effective in improving the texture of processed rice products and in retarding retrogradation.

Key words : pregelatinized rice flour, physicochemical properties, particle analysis, amylogram properties

서 론

쌀은 우리나라 농업의 근간을 이루는 중요한 농산물로 현재 쌀 소비량에 비하여 생산량이 많으며, FTA 체결에 의해 국내로 유입되는 수입쌀이 증가하고 있어 이를 소비할 수 있는 방안이 지속적으로 요구되고 있다. 최근 1인 가구수 및 외식의 증가, 밀가루 소비가 증가함에 따라 우리나라 쌀 소비량은 2019년 1인당 연간 59.2 kg으로 약 30년 전인 1985년 128.1 kg에 비해 거의 절반 수준으로 감소하여 쌀의 소비를

촉진하기 위한 다양한 방안의 모색이 필요한 실정이다 (KOSTAT, 2020).

우리나라의 중요 식량 자원인 쌀은 주로 밥의 형태로 소비되고 있고, 주류, 떡류, 과자류, 빵류, 즉석밥, 냉동밥 등의 가공식품으로 이용되고 있으나, 국내 생산량의 6% 정도로 가공용 쌀 소비량은 많지 않다(Rhee 등, 2013). 정부에서도 쌀 소비 촉진을 위하여 고품질 취반용 쌀 품종뿐만 아니라, 가공용 쌀 품종의 개발과 함께 이들 품종을 이용한 쌀 가공식품 개발에 힘쓰고 있다. 소비시장의 다변화와 고령화 등 사회적

*Corresponding author. E-mail : hnjung@scnu.ac.kr, Phone : +82-61-750-3690, Fax : +82-61-750-3690

Received 05 May 2020; Revised 15 July 2020; Accepted 17 July 2020.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

제작 여건 변화에 대응하여 다양한 쌀 가공식품이 개발되기 위해서는 가공식품산업의 중간소재인 쌀가루 제품의 산업화가 필요하다.

쌀가루는 빵반죽에 점탄성을 부여하는 gluten이 없어 밀가루에 비해 부피가 작고, 노화가 빠른 단점이 있다. 밀가루를 대체하기 위하여 제분기술의 고도화를 통한 쌀가루의 특성을 개선하려는 연구들이 보고되었다(Han 등 2012; Kim 등, 2006; Kim 등, 2009; Lee와 Lee, 2006). 또한, 쌀가루의 가공적성을 개선하기 위하여 가교화(Choi 등, 2006), 효소처리(Choi와 Sohn, 1997)와 같은 화학적 방법, annealing(Lee 등, 2004), 수분-열처리(Kim과 Shin, 1990; Lee와 Shin, 2006; Seo와 Kim, 2011), 압출성형(Jeong 등, 2011; Kim 등, 2012), 드림건조(Han 등, 1988; Kum 등, 1994a; Kum 등, 1994b), 팽화(Lee 등, 2012)와 같은 물리적 방법을 통한 쌀가루의 물성 개선 연구가 진행되었다.

호화쌀가루는 쌀에 수분과 열을 가하여 α -화한 후 건조제분한 것으로 압출성형과 드림건조 방법에 의한 제조방법이 알려져 있다. 드림건조를 이용한 호화쌀가루의 경우, 수분함량, 입자크기, 드림온도, 롤의 압력, 열처리 시간 등이 제품의 품질에 영향을 주는 것으로 보고되어 있으며, Jeong 등(2011)은 압출성형에 의해 호화된 쌀가루는 가열에 의한 점도의 변화가 적고 물결합력과 용해도가 커 가공제품의 질감을 개선하는 소재로 이용될 수 있다고 하였다. 가열 없이 고온의 물에서 호화되는 호화쌀가루의 특성을 이용하여 즉석식품 및 주조용으로 이용되고 있고, 생전분보다 소화율이 높아 유아식이나 이유식의 소재로 일부 이용되고 있다. 호화쌀가루를 가공식품에 활용한 연구로는 이유식(Choi와 Sohn, 1997), 요구르트(Kim 등, 2014), 백설기(Oh, 2004), 쿠키(Lee와 Lim, 2013) 등이 보고되었으나, 산업화 되지는 못하였다. 최근 국내에서는 다양한 쌀 품종들이 개발되고 있으나, 이들 품종을 가공식품에 이용하기 위한 연구는 쌀 품종 개발에 미치지 못하는 실정이다.

본 연구에서는 국내산 쌀 품종의 다양한 활용과 쌀 가공제품의 품질을 개선할 목적으로 취반용으로 주로 활용되고 있는 국내산 쌀 품종인 하이아미, 호평, 현품 품종을 백미로 도정하여 autoclave를 이용하여 호화쌀가루 제조 및 이들의 이화학적 특성을 검토하여 가공식품 제조의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 쌀 품종은 2018년에 생산된 하이아미, 호평, 현품 품종을 전남농업기술원(Naju, Korea)으로부터 제

공받아 백미로 도정한 후 실험에 사용하였다.

호화쌀가루 제조

호화쌀가루의 제조는 백미로 도정한 쌀을 3번 수세한 후 쌀의 3배 정도의 물을 가하여 12시간 동안 수침하였다. 수침한 쌀의 물기를 1시간 동안 제거한 다음, autoclave(HB-506, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)를 이용하여 121℃에서 15분간 호화시켰으며, 실온에서 24시간 동안 풍건하였다. 생쌀과 호화쌀은 기류식 초미분쇄기(DM-150S, Furukawa Co., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

쌀가루의 일반성분 분석은 AOAC법(1990)에 따라 분석하였다. 조회분은 직접회화법, 조지방은 Soxhlet법, 조단백은 Kjeldahl법을 이용하여 각각 측정하였다.

색도 측정

쌀가루의 색도 측정은 표준백색판(L: 91.70, a: 0.58, b: 2.69)으로 보정된 색차계(JC 801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter's value L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다.

WAI 및 WSI 측정

쌀가루의 수분흡수지수(water absorption index, WAI)는 쌀가루 3 g과 증류수 30 mL를 원심분리관에 넣고 30분간 진탕 교반한 후, 원심분리기(MF 600R, Hanil Electric Co., Seoul, Korea)를 이용하여 2,092 g으로 30분간 원심분리하였다. 상등액을 제외한 침전물의 무게를 평량하여 시료 g당 흡수된 수분함량을 WAI로 계산하였다. 수분용해지수(water solubility index, WSI)는 WAI 측정 시 회수한 상등액을 증발 접시에 옮긴 후, 105℃의 dry oven(HB-502L, Hanbaek Co., Bucheon, Korea)에서 건조시켜 얻어진 고형분의 무게를 시료에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

입도 분석

쌀가루의 입도분석은 particle size analyzer(ELSZ-2000, Otsuka Electronics, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다(2001). 입자크기 분포는 10%(D_{10}), 50%(D_{50}), 90%(D_{90})의 누적 부피 백분율에서의 입자 직경을 나타내었고, 이들 값을 이용하여 분산($(D_{90}-D_{10})/D_{50}$)을 계산하였다.

팽윤력 및 용해도 측정

쌀가루의 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법(1964)에 의하여 측정하였다. 즉, 쌀가루 0.5 g을 30 mL의 증류수에 분산

시킨 후 50-80℃까지 10℃ 간격으로 30분간 가열하였다. 가열한 쌀가루 현탁액을 3,000 rpm으로 30분간 원심분리한 후, 상등액과 침전물을 분리하여 침전물의 무게를 측정하였고, 상등액은 105℃에서 6시간 건조시켜 가용성 전분의 무게를 측정하였다. 측정 후 아래의 식에 의하여 팽윤력과 용해도를 각각 구하였다.

$$\text{팽윤력 (\%)} = \frac{\text{침전물의 무게 (g)} \times 100}{\text{시료무게(g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

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

X-회절도 분석

쌀가루의 X-선 회절패턴 분석은 X-선 회절기(D-MAX-1200, Rigaku Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였고, target: Cu-Ka, filter: Ni, voltage: 35 KV, current: 15 mA, time constant: 1 sec, F.S.R: 1×10^3 CPS 조건으로 회절각도(2θ) 5-40°까지 회절시켜 측정하였다.

아밀로그래프 호화특성 측정

쌀가루의 호화특성은 Micro Visco-Amylograph(Brabender Measurement & Control System, Duisburg, Germany)를 사용하여 측정하였다. 쌀가루 현탁액은 쌀가루 10 g과 증류수 90 mL를 100 mL의 용기에 넣어 혼합한 다음, 30℃에서 10분간 교반한 후, 가열속도 5.0℃/min, 회전속도 250 rpm 조건으로 95℃까지 가열하고 15분간 유지한 후, 5.0℃/min 속도로 50℃까지 냉각하였다. 측정된 amylograph로부터 호화개시온도, 최고점도, 95℃에서 5분 유지한 후의 유지점도, 냉각점도, breakdown, setback 등의 amylogram 특성 값을 구하였다.

통계처리

본 연구의 결과는 SPSS 20.0(IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였으며, 평균, 표준편차, t-test, 일원배치분산 분석 및 Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 색도

생쌀가루와 호화쌀가루의 일반성분 및 색도 측정결과는 Table 1과 같다. 생쌀가루의 조회분, 조지방 및 조단백 함량은 각각 0.45-0.69, 0.43-0.54, 5.66-6.28%이었고, 호화 후 각각 0.18-0.33, 0.32-0.42, 5.13-5.78%로 모든 품종에서 호화

후 일반성분 함량이 유의적으로 감소하였으며, 품종 간에 차이를 보였다. 호화쌀가루의 조회분, 조지방 및 조단백 함량의 감소는 수침하는 과정에서 전분입자가 팽윤되고, 단백질은 포함한 수용성 성분들이 전분 입자 사이에서 용출된 결과로 생각되며, 이는 수침 후 쌀가루의 일반성분이 감소하였다는 여러 연구결과와 유사하였다(Kim 등, 2009; Lee와 Shin, 2006; Seo와 Kim, 2011). 쌀가루의 L값은 처리 전 96.47-96.64로 품종 간에 차이가 없었고, 호화 후 94.59-95.07로 유의한 감소를 보였으며, 하이어미에서 높았다. a값은 생쌀가루에서 0.39-1.09로 현품에서 가장 높았고, 호화쌀가루에서 -0.59-1.56으로 하이어미와 호평의 a값은 증가하였으나, 현품에서는 크게 감소하였다. 생쌀가루의 b값은 3.69-4.33으로 호평에서 높았고, 호화 후 6.84-7.82로 모든 품종에서 유의적으로 증가하였으며, 현품에서 높았다. 쌀가루의 색도 측정 결과, 모든 품종에서 호화 후 L값은 감소하고, b값은 증가하여 처리 전에 비해 쌀가루의 색이 어두워지는 것으로 나타났다. Kum 등(1994b)도 호화에 의해 변성된 쌀전분의 L값은 감소하고 a값은 증가한다고 하였고, Lee와 Lim(2013)도 본 연구와 일치하는 결과를 보고하였다.

WAI 및 WSI

생쌀가루와 호화쌀가루의 WAI 및 WSI 측정결과는 Table 1과 같다. 생쌀가루의 WAI는 1.25-1.30으로 품종 간에 차이가 없었으나, 호화 후 2.34-2.74로 모든 품종에서 유의적으로 증가하였으며, 하이어미에서 가장 높았다. WSI는 생쌀가루에서 4.71-6.40이었고, 호화 후 2.51-4.21로 모든 품종에서 유의적으로 감소하였고, 생쌀가루와 호화쌀가루 모두 하이어미에서 가장 높았다. Kum 등(1994b)은 압출성형과 드럼건조기에 의해 변성된 곡류전분은 지방과 아밀로오스의 부분적 결합이 열처리 과정에 의해 쉽게 용해되는 상태로 변하여 용해도가 증가한다고 하여 본 연구가 다소 상반된 결과를 보고하였다. 그러나 Han 등(1988)은 드럼건조기를 이용한 알파미분의 특성 연구에서 슬러리의 수분함량이 높을수록 전분의 팽윤이 잘 일어나 열에 의한 전분손상은 적고 호화가 용이한 반면, 용해도는 감소한다고 하여 본 연구와 일치하였다.

입도분포

생쌀가루와 호화쌀가루의 입도분포를 측정된 결과는 Table 2와 같다. D_{10} , D_{50} 및 D_{90} 은 생쌀가루에서 각각 6.36-6.73, 26.73-28.53, 88.77-105.00 μm 이었고, 호화쌀가루에서 각각 19.03-25.13, 75.60-117.67, 197.00-297.00 μm 이었다. 분산도는 생쌀가루에서 2.87-3.49, 호화쌀가루에서 2.31-2.38이었다. 입도분포의 측정 결과에서, 모든 품종에서 호화쌀가루의 D_{10} , D_{50} 및 D_{90} 이 생쌀가루에 비해 유의적으

Table 1. Proximate composition of raw and pregelatinized rice flours

	Sample	Rice cultivar		
		'Haiami'	'Hopyeng'	'Hyunpum'
Crude ash (%)	Raw	0.45±0.04 ^{1)c2)}	0.69±0.01 ^a	0.52±0.05 ^b
	Pregelatinized	0.18±0.01 ^c	0.25±0.03 ^b	0.33±0.03 ^a
	t-value	2.193 ^{***3)}	8.794 ^{***}	1.442 ^{***}
Crude lipid (%)	Raw	0.54±0.03 ^a	0.49±0.02 ^b	0.43±0.03 ^c
	Pregelatinized	0.42±0.00 ^a	0.40±0.02 ^a	0.32±0.01 ^b
	t-value	7.125 ^{***}	0.324 ^{***}	4.365 ^{***}
Crude protein (%)	Raw	5.66±0.18 ^b	6.28±0.18 ^a	5.81±0.46 ^b
	Pregelatinized	5.13±0.16 ^b	5.78±0.28 ^a	5.19±0.12 ^b
	t-value	0.000 ^{**}	1.661 ^{**}	4.186 [*]
L	Raw	96.47±0.21	96.58±0.15	96.64±0.16
	Pregelatinized	95.07±0.19 ^a	94.66±0.12 ^b	94.59±0.23 ^b
	t-value	0.062 ^{***}	0.441 ^{***}	0.436 ^{***}
a	Raw	0.39±0.18 ^c	0.76±0.09 ^b	1.09±0.33 ^a
	Pregelatinized	1.39±0.08 ^b	1.56±0.06 ^a	-0.59±0.09 ^c
	t-value	4.008 ^{***}	1.471 ^{***}	1.698 ^{***}
b	Raw	3.96±0.29 ^b	4.33±0.38 ^a	3.69±0.27 ^b
	Pregelatinized	6.84±0.36 ^c	7.20±0.29 ^b	7.82±0.05 ^a
	t-value	0.294 ^{***}	2.449 ^{***}	7.194 ^{***}
WAI (g/g)	Raw	1.26±0.07	1.25±0.07	1.30±0.06
	Pregelatinized	2.74±0.03 ^a	2.34±0.01 ^c	2.66±0.02 ^b
	t-value	2.064 ^{***}	4.960 ^{***}	4.206 ^{***}
WSI (%)	Raw	6.40±0.25 ^a	5.29±0.14 ^b	4.71±0.13 ^c
	Pregelatinized	4.21±0.11 ^a	2.51±0.03 ^c	2.67±0.04 ^b
	t-value	1.111 ^{***}	8.291 ^{***}	1.649 ^{***}

¹⁾All values are mean±SD (n=5).

^{2)a-c}Means with different superscript within a same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

³⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 by t-test.

로 증가하였다. 입자의 분산도는 하이아미 생쌀가루에서 2.87로 가장 낮았고, 호화 후 모든 품종에서 감소하였으며, 품종 간에 유의한 차이는 없었다. Lee와 Shin(2006)도 수분과 열에 의한 입자 사이에 물리적인 응집현상으로 인해 쌀가루의 처리온도가 높을수록 큰 입자의 분포비율이 높아진다고 보고하였다. 호평과 현품에서 평균 입자크기를 나타내는 D_{50} 의 증가폭과 분산도의 감소폭이 하이아미에 비해 크게 나타나, 호화 후에 입도분포의 뚜렷한 차이를 보였다. 입자의 균

일성을 나타내는 분산도는 값이 작을수록 입자가 균일함을 나타내며, 입자크기와 입자의 균일성은 가루제품의 가공적성에 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다.

팽윤력 및 용해도

50-80℃까지 10℃ 간격으로 생쌀가루와 호화쌀가루의 팽윤력과 용해도를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 처리 전 쌀가루의 팽윤력은 모든 품종에서 70℃까지 급격히 증가하다가

Table 2. Particle analysis of raw and pregelatinized rice flours

(μm)

	Sample	Rice cultivar		
		'Haiami'	'Hopyeng'	'Hyunpum'
D_{10}^1	Raw	6.73±0.04 ^{2)a3)}	6.44±0.04 ^b	6.36±0.01 ^c
	Pregelatinized	19.03±0.32 ^c	19.77±0.15 ^b	25.13±0.21 ^a
	t-value	9.896 ^{***4)}	4.000 ^{***}	9.406 ^{***}
D_{50}	Raw	28.53±0.75 ^a	28.23±0.06 ^a	26.73±0.06 ^b
	Pregelatinized	75.60±2.41 ^c	103.33±2.08 ^b	117.67±1.53 ^a
	t-value	2.110 ^{***}	9.730 ^{***}	7.084 ^{***}
D_{90}	Raw	88.77±7.16 ^b	105.00±1.73 ^a	97.47±1.15 ^a
	Pregelatinized	197.00±17.06 ^c	266.00±8.19 ^b	297.00±5.29 ^a
	t-value	2.740 ^{**}	4.900 ^{***}	7.054 ^{***}
Dispersion ($(D_{90}-D_{10})/D_{50}$)	Raw	2.87±0.17 ^b	3.49±0.06 ^a	3.41±0.04 ^a
	Pregelatinized	2.35±0.15	2.38±0.04	2.31±0.01
	t-value	0.216 ^{**}	0.814 ^{***}	2.006 ^{***}

¹⁾ D_{10} , particle size of the minimum 10% measurement; D_{50} , particle size of the minimum 50% measurement; D_{90} , particle size of the minimum 90% measurement.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

^{3)a-c}Means with different superscript within a same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

^{4)**}p<0.01, ^{***}p<0.001 by t-test.

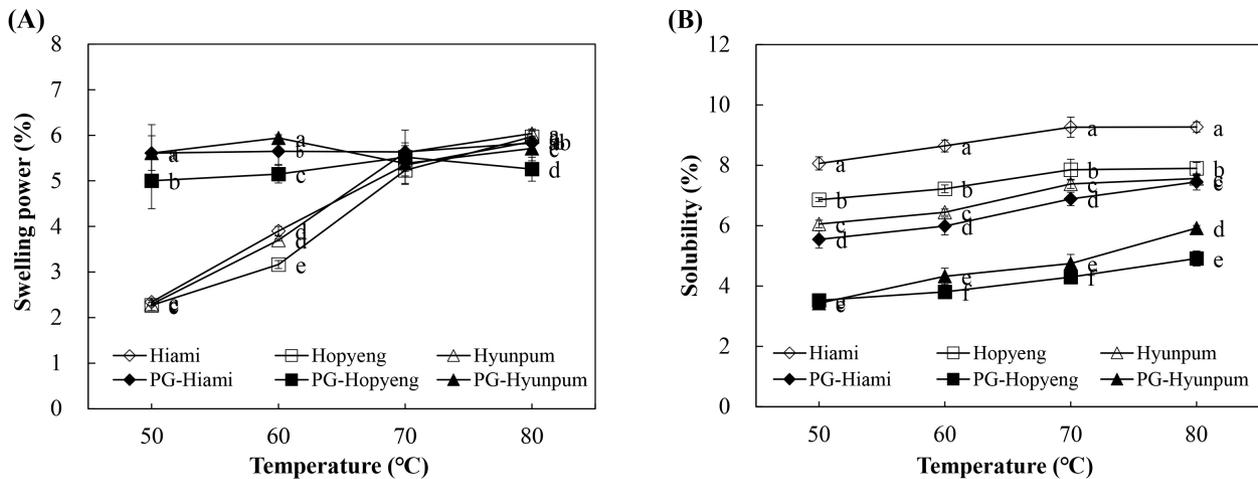


Fig. 1. Swelling power (A) and solubility (B) of raw and pregelatinized rice flours.

PG, pregelatinized.

Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters above bars are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

이후로 완만한 증가를 보였다. 그러나 호화쌀가루에서는 50-60°C 범위에서 모든 품종의 팽윤력이 생쌀가루에 비해 현저하게 높았으나, 70-80°C 범위에서는 처리 전과 큰 차이를 보이지 않았다. 생쌀가루에서는 온도가 상승함에 따라 팽윤력이 증가하였으나, 호화쌀가루에서는 온도에 큰 영향을 받

지 않는 것으로 나타났다. Jeong 등(2011)도 온도가 증가함에 따라 백미쌀가루의 팽윤력은 점차적으로 증가하는 반면, 압출성형 쌀가루는 온도 증가에 따른 변화가 크지 않았다고 하여 본 연구와 일치하였다. 처리 전과 호화 후 호평의 팽윤력은 다른 품종에 비해 다소 낮은 값을 보였는데, 이는 호평

이 다른 품종에 비해 전분입자 내부구조의 결합력이 강하여 팽윤이 억제되었기 때문으로 생각된다. 팽윤력은 전분입자 내의 결합력에 영향을 받고 결합력이 강한 전분은 팽윤에 대한 저항력이 강하게 작용하여 팽윤이 억제되며, 팽윤력은 결정성과 관계가 있다고 하였다(Kim과 Shin, 1990). 용해도는 모든 품종에서 생쌀가루에 비해 호화 후 증가하는 경향을 보였고, 온도 상승에 따라 용해도는 증가하였으며, 생쌀가루와 호화쌀가루 모두 하이아미에서 높게 나타났다. 곡류 전분은 일반적으로 수분 열처리에 의해 용해도가 증가하는 것으로 알려져 있고(Kim과 Shin, 1990), Seo와 Kim(2011)도 팽윤력과 용해도는 아밀로오스의 물리적 상태와 아밀로펙틴의 구조, 길이 및 결합력의 차이에 의해 다르게 나타나며, 호화 과정 중 열분해로 인해 전분입자가 저분자화 되어 수용성 아밀로오스의 용출이 증가하였다고 하였다(2009).

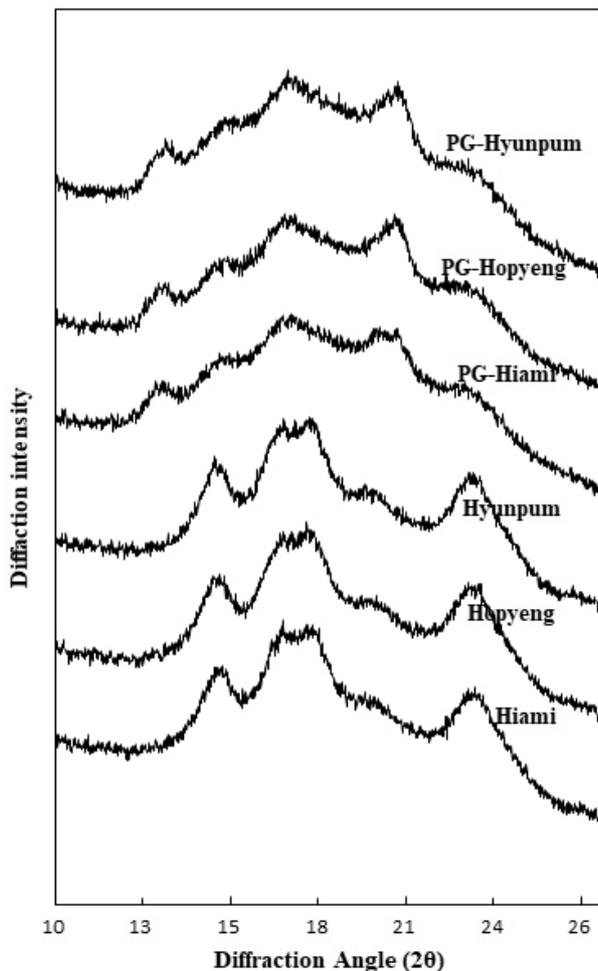


Fig. 2. X-ray diffraction of raw and pregelatinized rice flours. PG, pregelatinized.

X-선 회절도

생쌀가루와 호화쌀가루의 X-선 회절도는 Fig. 2와 같다. 생쌀가루의 X-선 회절도는 모든 품종에서 15°, 17-18°, 23°에서 강한 피크를 보이는 전형적인 A도형의 특징을 보였다. 호화 후 쌀가루의 X-선 회절도는 생쌀가루의 X-선 회절 패턴에 비해 피크의 강도가 현저하게 감소하였고, 모든 품종에서 같은 경향을 보였다. Kim과 Shin(1990)도 수분-열처리에 의해 쌀전분의 X-선 피크강도가 감소하였다고 하였고, Kum 등(1994b)도 압출성형기와 드럼건조기에 의해 제조된 전분은 전분이 호화됨에 따라 결정구조가 거의 무정형으로 변화되어 피크가 상실된 V도형의 형태로 보였다고 하였다. 호화 후 쌀가루의 피크 강도가 감소하는 것은 아밀로펙틴과 아밀로오스가 규칙적으로 배열되어 있는 미셀 구조가 수분과 열에 의해 호화되는 과정에서 팽창하면서 결정구조가 파괴되어 무정형으로 변화되었기 때문으로 생각된다.

아밀로그래프 호화특성

생쌀가루와 호화쌀가루의 아밀로그래프 호화특성을 측정할 결과는 Table 3과 같다. 호화개시온도는 생쌀가루에서 65.64-68.58°C, 호화 후 45.52-50.38°C로 현저하게 낮아지는 경향을 보였으며, 하이아미에서 유의적으로 낮았다. 호화개시온도는 전분의 결정성에 영향을 받으며, 호화 후 쌀가루의 호화개시온도가 낮아진 것은 X-선 회절도의 결과(Fig. 2)에서와 같이 호화로 인해 결정성이 낮아진 때문으로 생각된다. 최고점도는 호화 후 급격하게 감소하였고, 냉각점도는 생쌀가루에서 488.80-548.80 BU이었으며, 호화쌀가루에서 296.80-377.80 BU로 호화 후에 급격하게 감소하였다. Breakdown은 호화 후 0.60-1.20 B.U.로 처리 전 268.00-309.20 BU에 비해 큰 폭으로 감소하였고, setback 또한 모든 품종에서 호화 후 감소하였다. 아밀로그래프 호화특성 측정 결과, 호화쌀가루의 호화는 낮은 온도에서 시작되었고, 온도 변화에 따른 점도 변화가 크지 않았다. 일반적으로 전분의 호화는 50-70°C에서 진행되고, 호화에 의한 겔 형성으로 인해 점도가 증가하는데, 호화쌀가루는 고온, 고압에 의한 호화 과정 중 전분입자의 파열로 낮은 온도에서도 수분을 흡수하여 점도가 증가하게 된다(Kim 등, 2012). Jeong 등(2011)도 압출성형 쌀가루는 수분흡수력이 우수하고 점도 변화가 적은 특성이 있어 제품의 텍스처 개선과 노화억제에 효과를 보인다고 하였다. 모든 품종에서 호화개시온도, 최고점도, 냉각점도는 호화 후 유의적으로 감소하였고, 하이아미와 현품에 비해 호평에서 최고점도와 냉각점도가 높게 측정되었다. 호화 후 높은 점도 특성을 나타내는 호평은 이유식, 스프류 및 요구르트의 점도를 증가시키는 소재로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 호화액의 안정도를 나타내는 breakdown은 호화 후 유의적으로 감소하였

Table 3. Amylogram pasting properties of raw and pregelatinized rice flours

Sample	Rice cultivar			
	‘Haiami’	‘Hopyeng’	‘Hyunpum’	
Initial pasting temp. (°C)	Raw	65.64±0.68 ^{1) b2)}	68.58±0.60 ^a	68.44±0.27 ^a
	Pregelatinized	45.52±1.43 ^c	50.38±0.65 ^a	48.06±1.04 ^b
	t-value	2.268 ^{***3)}	0.005 ^{***}	5.322 ^{***}
Peak viscosity (BU)	Raw	495.00±9.17 ^c	556.60±15.74 ^b	575.00±5.3 ^b
	Pregelatinized	178.60±9.84 ^b	209.00±9.30 ^a	187.20±15.27 ^b
	t-value	0.001 ^{***}	1.539 ^{***}	4.191 ^{***}
Viscosity at 95°C after 15 min (BU)	Raw	226.20±4.02 ^c	255.40±3.97 ^b	265.60±3.78 ^a
	Pregelatinized	178.00±9.49 ^b	208.80±8.87 ^a	186.40±15.27 ^b
	t-value	3.181 ^{***}	6.112 ^{***}	4.973 ^{***}
Cold viscosity (BU)	Raw	488.80±4.55 ^b	546.20±7.01 ^a	548.80±3.11 ^a
	Pregelatinized	296.80±17.11 ^b	377.80±16.65 ^a	315.60±24.89 ^b
	t-value	6.346 ^{***}	4.987 ^{***}	9.184 ^{***}
Breakdown (BU)	Raw	268.00±7.81 ^b	301.60±13.90 ^a	309.20±8.23 ^a
	Pregelatinized	0.60±0.89	0.80±0.84	1.20±1.30
	t-value	3.669 ^{***}	16.436 ^{***}	4.191 ^{***}
Setback (BU)	Raw	259.40±3.97 ^c	289.40±5.55 ^a	280.80±6.38 ^b
	Pregelatinized	117.20±7.79 ^b	168.00±7.52 ^a	127.00±10.93 ^b
	t-value	3.233 ^{***}	0.567 ^{***}	1.403 ^{***}

¹⁾All values are mean±SD (n=5).

^{2)a-c}Means with different superscript within a same row are significantly different by Duncan’s multiple test (p<0.05).

^{3)***}p<0.001 by t-test.

고, 품종 간에 차이는 없었으며, setback값 또한 호화 후 유의적으로 감소하여 호화쌀가루의 첨가는 제품의 노화 억제에 효과를 보일 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 취반용으로 이용되는 국내산 쌀 품종(하이아미, 호평, 현품)을 이용하여 호화쌀가루를 제조한 후 이화학적 특성을 분석하였다. 호화 후 쌀가루의 조회분, 조지방 및 조단백 함량은 감소하였다. 처리 전과 비교한 호화쌀가루의 특성을 측정된 결과, L값은 감소하고 b값은 증가하였다. WAI는 증가하는 반면, WSI는 감소하였으며, 하이아미에서 높았다. 입자크기는 커졌으며, 분산도는 감소하여 호화 전에 비해 더 균일한 입자를 얻을 수 있었다. X-선 회절 피크의 강도는 현저하게 감소하여, 쌀전분의 결정구조가 호화에 의

해 무정형으로 변화함을 확인하였다. 온도상승에 따른 팽윤력의 변화는 크지 않았고, 용해도는 증가하였으며, 하이아미에서 높았다. 호화개시온도, 최고점도, 냉각점도, breakdown 및 setback은 감소하였고, 호평에서 최고점도와 냉각점도가 높았다. 따라서, 호화쌀가루는 수분흡수력과 용해도가 높고, 온도에 따른 점도 변화가 적어 쌀가공제품의 질감 개선과 노화 지연에 효과가 있을 것으로 생각되었다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hee Nam Jung <https://orcid.org/0000-0003-4236-5641>

References

- AOAC. Official Method of the Analysis of AOAC Intl. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, p 788 (1990)
- Choi HW, Chung KM, Kim CH, Moon TH, Kim DS, Park CS, Baik MY. Physicochemical properties of cross-linked rice starches. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 49, 49-54 (2006)
- Choi JS, Sohn KH. Physicochemical properties of modified rice powder for rice-based infant foods – Thermal-enzymatic treatment on rice powder. *Korean J Dietary Culture*, 12, 375-382 (1997)
- Han HM, Cho JH, Koh BK. Effect of grinding method on flour quality in different rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1596-1602 (2012)
- Han O, Kim JS, Lee HY, Kim YM, Shin DH. Physicochemical characteristics of rice flour gelatinized by drum-drying. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 392-398 (1988)
- Jeong SH, Kang WS, Shin MS. Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different moisture contents. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 745-754 (2011)
- Kim CH, Jin T, Ryu GH. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1603-1610 (2012)
- Kim RY, Kim CS, Kim HI. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 1076-1083 (2009)
- Kim SH, Kim AN, An BK, Choi SK. Studies on the fermentation characteristics of yogurt added with pregelatinized rice flour. *Korean J Culinary Res*, 20, 37-48 (2014)
- Kim SK, Shin MS. Modification of physicochemical properties of rice starch by heat-moisture treatment. *J Korean Agric Chem Soc*, 33, 1-7 (1990)
- Kim SS, Kang KA, Choi SY, Lee YT. Effect of elevated steeping temperature on properties of wet-milled rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 414-419 (2005)
- KOSTAT. Food Grain Consumption in 2019. Statistic Korea, Daejeon, Korea, p 3 (2020)
- Kum JS, Lee HY, Shin MG, Lee SH, Kim KH. Physicochemical properties of modified rice flour by physical modification. *Agric Chem Biotechnol*, 37, 154-160 (1994a)
- Kum JS, Lee HY, Shin MG, Yoo MR, Kim KH. Properties of modified rice starch by physical modification. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 428-435 (1994b)
- Landillon V, Cassan D, Morel M, Cuq B. Flowability, cohesive, and granulation properties of wheat powders. *J Food Eng*, 86, 178-193 (2008)
- Lee JE, Kim YJ, Cho MG, Park SY, Kim EM, Cho YS, Choi YH. Physicochemical properties of extruded rice flour and gelatinization popped rice flour. *Korean J Food Nutr*, 25, 850-854 (2012)
- Lee JK, Lim JK. Effects of pregelatinized rice flour on the textural properties of gluten-free rice cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 1277-1282 (2013)
- Lee MH, Lee YT. Bread-making properties of rice flours produced by dry, wet and semi-wet milling. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 35, 886-890 (2006)
- Lee MK, Shin MS. Characteristics of rice flours prepared by moisture-heat treatment. *Korean J Food Cookery Sci*, 22, 147-157 (2006)
- Lee YT, Yoo MS, Lee BR, Park JH, Chang HG. Properties of starch isolated from wet-milled rice after steeping at elevated temperatures for annealing effect. *Korean J Food Sci Technol*, 36, 393-397 (2004)
- Oh MH. A comparative study of the retrogradation and rheology of Backsulgi with nutriprotein and gelatinized rice powder. *J East Asian Soc Dietary Life*, 14, 370-378 (2004)
- Rhee SJ, Lee JE, Kim MR. Sensory characteristics of commercial rice cookies and snacks in market. *Korean J Food Preserv*, 20, 348-355 (2013)
- Schoch TJ. In *Method Carbohydrate Chemistry: Swelling Power and Solubility of Granular Starch*. Academic Press, New York, NY, USA, p 106-108 (1964)
- Seo HI, Kim CS. Pasting properties and gel strength of non-waxy rice flours prepared by heat-moisture treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 196-204 (2011)