

찰벼 품종을 이용한 파보일드미의 물리·호화특성

유재수 · 이미자 · 박현수 · 조영찬 · 이점호 · 하기용*

국립식량과학원 벼백류부

The Physical and Pasting Properties of Parboiled Rice Using Glutinous Rice Cultivars

Jae-Soo Yoo, Mi-Ja Lee, Hyun-Su Park, Young-Chan Cho, Jeom-Ho Lee, and Ki-Yong Ha*

Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, RDA

Abstract

This study analyzed the physical and pasting properties of parboiled rice using glutinous rice cultivars. The Sin-seonchal cultivar of japonica and the Tongil-type Hangangchal showed the highest and the lowest hardness, respectively, after parboiling treatment and increased in hardness 1.6 to 3.8 times over that of raw milled rice. The solid contents in the parboiled rice of all cultivars were lower than those of raw milled rice. Hwaseonchal showed the highest water binding capacity and increased after parboiling by 1.9 to 5.3 times. The Colormetric L value decreased after parboiling and it tended to darken compared to raw milled rice. The solubility and swelling power of raw milled rice were higher when treated at 75°C than when treated at the normal temperature of 25°C. Parboiling increased swelling power but decreased solubility. As for amylogram characteristics, the pasting temperature was in a range of 62.1 to 69.4°C and there was no significant difference among all the cultivars except Tongil-type Hangangchal. For the paste viscosity properties of parboiled rice, the peak viscosity increased and setback decreased when compared to that of raw milled rice in all cultivars except Hangangchal. Especially, setback viscosity showed a negative value which seems to be the result of the slow retrogradation of cooked parboiled rice. In the case of X-ray diffraction, raw milled and parboiled rice showed the same pattern A and the relative crystallinity of flour particles showed a decrease by 9-30%, which verified the result that a part of the crystalline regions' structure was disintegrated.

Key words: parboiled rice, glutinous rice, water binding capacity, swelling power, X-ray diffraction

서 론

파보일드미는 호화된 형태의 가공미로 직접 식용이 가능하며, 소화기능이 미숙한 유아, 어린이, 노인, 임산부 및 환자에게 생체의 소화율을 비롯한 장 기능에 영향을 주어 영양분 흡수가 용이하다. 제조 공정 중 수화가열 과정을 거치면서 여러 가지 장점들이 수반되는데 침지 시 미강에 들어있는 다양한 비타민 및 미량성분들이 알곡으로 이동되어 영양가가 높아지며(Screenivasan, 1938), 증자 시 전분이 완전히 팽윤됨으로써 균열이 방지되어 도정수율이 향상되고(Filho, 1986), 호화된 전분과 방출된 단백질체가 내배유의 공기층을 공유하게 됨으로써 투명해지며(Bhattacharya et

al., 1966), 건조과정을 거치면서 조직이 치밀해져 미생물에 대한 저항성 등이 향상된다(Pillaiyar, 1990). 이러한 파보일드미의 장점은 백미에 부족한 비타민 B₁ 및 무기질 등을 보충해주고, 열에 안정하여 조리 가공 시 통조림 형태의 편이식품, 냉동 및 팽화식품 제조에 유용하다.

찰쌀은 전분의 대부분이 아밀로펙틴으로 이루어져 있고 맵쌀에 비해 상대적으로 노화속도가 느리며 부드럽고 찰기가 있다(Vandeputte et al., 2003; Song et al., 2008; Yu et al., 2012). 아밀로펙틴은 포도당이 α -1,4 및 α -1,6 결합에 의하여 군데군데 가지를 친 분자구조를 가지며 전체적으로 그물모양을 이루고 있는데 아밀로펙틴을 조성하는 glucose의 중합도 및 미세구조 등에 따라 호화 및 노화 정도가 달라진다(Villareal et al., 1993; Sung et al., 2000). 이러한 특성을 가진 찰쌀은 오래전부터 대부분 떡류 제조에 이용되어 왔고 유과 제조에 한정되어 왔다. 따라서 소비자들의 기호성에 발맞추어 찰쌀의 부가가치 향상과 이용성 증대를 위한 연구 노력이 절실히 요구된다.

본 연구에서는 찰벼 품종 별 파보일드미 제조 후 물리적

*Corresponding author: Ki-Yong Ha, Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea
Tel: +82-63-840-2132; Fax: +82-63-840-2119
E-mail: ha0ky04@korea.kr
Received October 17, 2013; revised November 19, 2013; accepted November 19, 2013

특성과 호화특성 등을 비교 조사함으로써 찰벼 파보일드미를 이용한 식품 소재개발 및 다양화를 위한 연구의 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료

공시재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 자포니카형인 백설찰, 눈보라, 신선찰, 보석찰, 동진찰, 백옥찰, 상주찰, 아랑향찰, 화선찰, 설향찰 및 한강찰 등 찰벼 11 품종을 사용하였다.

파보일드미 제조

파보일드미는 품종 별 정조를 65°C의 물에 4시간 침지하고 찜통에 40 분 동안 증자하여 수분함량이 14% 정도가 될 때 까지 건조하였다. 건조된 시료는 도정 후 4°C에 보관하여 분쇄 후 100 mesh 체로 쳐서 분석에 사용하였다.

쌀알의 경도

쌀의 경도는 각 시료별 완전미를 무작위로 50립씩 추출하여 Texture Analyzer(Model TAXT, Stable Micro System Co. Ltd., Haslemere, England)를 사용하여 측정하였다. 시험조건은 pre-test speed 3.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post test speed 10.0 mm/s, trigger force 5.0 g이었고, Probe 는 P/10이 사용되었다.

고형분 함량

쌀 5g을 씻어 200 mL 비이커에 담고 증류수 100 mL를 넣어 30분간 실온에서 침지한 후 20분간 증탕하였다. 조리액은 미리 항량시킨 100 mL 비이커에 담아 건조시킨 후 남아 있는 고형분량을 측정하였다.

물결합력

물결합 능력은 Medcalf & Gilles의 방법(Medcalf & Gilles, 1965)을 변형하여 시료 500 mg에 증류수 30 mL를 가한 후 실온에서 1시간 동안 교반 한 후 미리 무게를 잰 원심관에 넣고 8,000 rpm에서 30분간 원심분리 하였다. 원심분리 된 상정액은 제거하고 침전된 쌀가루의 무게를 측정하여 처음시료와의 중량비로 계산하였다.

$$\text{물결합력(\%)} = \frac{\text{침전된 쌀가루의 무게(g)} - \text{처음 쌀가루의 무게(g)}}{\text{처음 쌀가루의 무게(g)}} \times 100$$

팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도는 Schoch & Leach의 방법(Schoch &

Leach, 1964)으로 25°C 및 75°C에서 측정하였다. 시료 0.5 g에 증류수 30 mL를 넣고 각각의 온도에서 30분간 가열 후 3500 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 침전된 무게와 항량된 용기에 분리된 상정액을 부어 105°C에서 건조한 무게로부터 다음 식을 이용하여 용해도를 계산하고 이로부터 팽윤력을 계산 하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상정액의 건조무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(\%)} = \frac{\text{침전된 쌀가루의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

색도

일반백미와 파보일드미의 색도는 색차계를 이용하였다 (Model JS555, Color Techno System Co. Ltd., Japan). 기기의 측정 경에 표준 색판(X=94.22, Y=96.11, Z=114.55)을 설치하여 보정한 후 시료를 원형 cell에 넣고 밝은 정도를 나타내는 L(lightness), 붉은색의 정도를 나타내는 a(redness) 및 노란색의 정도를 나타내는 b(yellowness)값을 구하였다.

호화특성

신속점도측정기(Model RVA-4, Newport Scientific Ltd., Warriewood Australia)는 적은 시료량으로 짧은 시간 내에 호화특성을 평가하는데 이용된다. 용기에 시료 3g과 25 mL의 증류수를 넣어 분산 시키고 온도를 50-95°C까지 상승 및 유지 시킨 후 다시 50°C까지 냉각, 유지하면서 점도를 측정 하였다. 호화특성은 호화개시온도(gelatinization temperature; °C), 최고점도(peak viscosity; RVU), 치반점도(setback: 최종점도-최고점도)를 조사하였다. 점도단위는 Rapid Viscosity Unit(RVU)로 표시하였다.

X-선 회절도

전분의 X-선 회절도는 수분함량을 비슷하게 조절하여 X-ray diffractometer(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 회절각도(2θ) 45°까지 회절시켜 분석하여 피크의 위치와 강도로부터 결정화 정도를 비교하였다. X-선 회절기의 조건은 target: Cu-Kα, filter: Ni, voltage: 30 kV, current: 15 mA, full scale range: 2000 cps, scanning speed: 8°/min이었다.

통계처리

각 시료 간 유의성 검증은 SAS 통계처리 프로그램(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하였다. 각 자료는 분산분석에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 유의적인 차이를 $p < 0.05$ 수준으로 비교

Table 1. Comparison of hardness and solid content of raw and parboiled milled rice with glutinous rice varieties.

Varieties	Raw rice		Parboiled rice	
	Hardness (kg)	Solid content (%)	Hardness (kg)	Solid content (%)
Baekseolchal	20.5±4.8 ^a	9.7±2.4 ^a	41.0±4.0 ^a	6.8±0.2 ^{bc}
Nunbora	10.3±2.4 ^c	8.8±0.5 ^{ab}	39.8±4.7 ^{ab}	8.1±1.2 ^a
Sinseonchal	17.8±5.2 ^{ab}	9.2±0.7 ^{ab}	45.0±2.1 ^a	7.6±0.4 ^{ab}
Boseokchal	17.7±4.0 ^{ab}	8.0±0.8 ^b	40.9±2.8 ^a	7.2±0.7 ^{ab}
Dongjinchal	21.4±5.4 ^a	8.0±0.3 ^b	39.0±2.5 ^{ab}	8.0±0.7 ^a
Baekokchal	16.3±4.4 ^{ab}	7.3±0.2 ^{bc}	38.2±2.1 ^{ab}	6.6±0.4 ^{bc}
Sangjuchal	16.7±5.1 ^{ab}	8.5±1.6 ^{ab}	36.8±1.9 ^{bc}	6.6±0.1 ^{bc}
Aranghyangchal	18.7±5.3 ^{ab}	9.0±2.8 ^{ab}	40.6±2.7 ^a	7.2±0.5 ^{ab}
Hwaseonchal	15.8±4.0 ^{ab}	9.1±0.4 ^{ab}	38.2±1.8 ^{ab}	8.0±1.6 ^a
Seolhyangchal	17.9±4.7 ^{ab}	10.6±0.4 ^a	39.4±2.0 ^{ab}	8.7±0.7 ^a
Hangangchal	18.2±4.7 ^{ab}	9.9±0.7 ^a	35.0±1.7 ^c	8.2±0.5 ^a

Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

분석하였다.

결과 및 고찰

찰벼 품종별 파보일드미의 경도 및 고형분 함량

경도는 조직특성 중 기계적 특성의 하나로 식품의 물성과 저장·보존 등에 중요한 영향을 미친다. 찰벼 품종별 원료미와 파보일드미의 경도 측정 결과는 Table 1과 같다. 원료미의 경도는 10.3-21.4 kg의 범위로 품종 중 동진찰이 가장 높아 단단하였고, 눈보라를 제외한 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 파보일드미의 경도는 품종 중 신선찰이 가장 높고 35.0-45.0 kg의 범위로 파보일링 후 약 1.6-3.8 배 단단해졌다. 파보일드미의 경도 증가는 침지, 증자 및 건조 과정을 거치면서 쌀알의 배유조직이 치밀해졌기 때문이며 (Sajwan et al., 1990; Park et al., 2007), 조리 가공 시 밥알이 서로 달라붙지 않고 보풀거리지 않으며 (Bhattacharya, 2004; Lamberts et al., 2006), 대기 중의 수분을 느리게 흡수하여 저장성을 향상시킨다 (Elaine, 2004).

원료미와 파보일드미의 품종 간 고형분 함량 비교는 Table 1과 같다. 원료미의 고형분 함량은 7.3-10.6% 범위로 백옥찰이 가장 낮고 설향찰이 높았다. 파보일드미의 고형분 함량은 품종 중 백옥찰과 상주찰이 6.6%로 가장 낮았고, 설향찰>한강찰>눈보라>동진찰, 화선찰>신선찰>보석찰, 아랑향찰>백설찰 순으로 높았으며 파보일링 후 1.1-1.4 배 감소되었다. 파보일드미의 고형분 함량의 감소는 파보일링 과정 중 가열에 의한 전분의 재회합으로 전분입자와 단백질 간의 응집력이 커져 용출되는 단백질의 양이 감소되고, 쌀알의 배유조직이 치밀해지고 단단해졌기 때문으로 판단된다. 일반적으로 쌀을 이용한 가공제품은 조리 및 가공 시 세척 및 수침을 하게 되는데 시간이 경과됨에 따라 영양분이 손실되고 조리 후의 조직감 등이 저하되는데 (Yu & Han, 2004) 파보일드미를 이용한 가공제품은 이러한 문제

Table 2. Comparison of water binding capacity of raw and parboiled milled rice with glutinous rice varieties.

Varieties	Raw rice (%)	Parboiled rice (%)
Baekseolchal	109.1 ^{bc} ±0.2	571.3 ^{ab} ±11.7
Nunbora	105.4 ^c ±0.3	434.8 ^{7b} ±10.4
Sinseonchal	104.7 ^c ±0.1	349.3 ^{bc} ±13.1
Boseokchal	108.4 ^{bc} ±0.1	370.7 ^{bc} ±14.4
Dongjinchal	111.9 ^b ±0.2	516.0 ^{ab} ±19.1
Baekokchal	111.2 ^b ±0.2	435.1 ^b ±11.7
Sangjuchal	108.7 ^{bc} ±0.1	358.9 ^{bc} ±12.2
Aranghyangchal	106.9 ^{bc} ±0.1	486.1 ^b ±12.3
Hwaseonchal	116.1 ^a ±0.3	609.7 ^a ±10.5
Seolhyangchal	106.6 ^{bc} ±0.5	485.7 ^b ±11.0
Hangangchal	105.4 ^c ±0.8	196.4 ^d ±13.4

Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$)

점이 감소된다.

찰벼 품종별 파보일드미의 물결합 능력

물결합 능력은 가공 시 반죽형성과 증자 시 열전달속도 등 가공적성에 중요 인자로 전분입자의 표면적, 호화 및 손상정도, 단백질, 지방 및 세포벽 물질 등에 영향을 받는다 (Kim & Shin, 2007; Kim et al., 2009). 전분입자내의 비결정부분이 많고 내부 밀도가 낮을수록 크며, 분자 상 많은 분자를 가지고 있는 찰전분이 메전분에 비해 크다고 알려져 있다 (Song & Shin, 1998). 찰벼 품종별 원료미와 파보일드미의 물결합력에 대한 실험결과는 Table 2와 같다. 원료미의 경우 105.4-116.1% 범위로 품종 중 화선찰이 가장 높고, 신선찰과 한강찰이 낮았으며, 동진찰, 백옥찰>백설찰>상주찰, 보석찰>아랑향찰, 설향찰>눈보라 순이었다. 수분결합력은 전분 입자 내부의 결정화정도가 작을수록 크다고 보고됨으로써 화선찰벼의 경우 다른 품종과 비교 시 전분

Table 3. Comparison of Hunter color value of raw and parboiled milled rice with glutinous rice varieties.

Varieties	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)
Baekseolchal	82.57±0.12	-1.96±0.06	15.13±0.14
Nunbora	81.00±0.16	-1.39±0.08	15.00±0.15
Sinseonchal	80.38±0.04	-1.49±0.02	16.61±0.03
Boseokchal	81.47±0.16	-1.48±0.04	16.19±0.18
Dongjinchal	80.28±0.13	-1.25±0.07	16.51±0.14
RR Baekokchal	78.31±0.10	-1.73±0.06	15.48±0.24
Sangjuchal	76.82±0.05	-1.32±0.05	17.22±0.18
Aranghyangchal	80.15±0.19	-1.61±0.05	17.52±0.35
Hwaseonchal	80.44±0.04	-1.61±0.05	15.08±0.43
Seolhyangchal	79.91±0.12	-1.59±0.05	15.50±0.22
Hangangchal	78.97±0.26	-1.44±0.07	15.74±0.32
Baekseolchal	80.26±0.11	1.06±0.03	18.40±0.20
Nunbora	78.89±0.37	0.86±0.02	18.63±0.07
Sinseonchal	79.49±0.26	0.67±0.03	19.90±0.03
Boseokchal	78.40±0.05	0.76±0.03	18.24±0.17
Dongjinchal	74.63±0.96	1.24±0.08	16.52±0.49
PR Baekokchal	78.64±0.20	0.47±0.02	21.03±0.11
Sangjuchal	77.32±0.44	0.30±0.02	20.35±0.02
Aranghyangchal	77.13±0.41	0.75±0.04	18.65±0.06
Hwaseonchal	80.35±0.15	0.80±0.02	18.37±0.04
Seolhyangchal	79.20±0.91	0.72±0.03	18.58±0.07
Hangangchal	76.11±0.07	0.44±0.04	16.43±0.18

Table 4. Comparison of solubility and swelling power raw and parboiled milled rice with glutinous rice varieties at 25°C.

Varieties	Solubilities (%)	Swelling power (%)
Baekseolchal	1.16±0.06 ^{ab}	2.85±0.07 ^{ab}
Nunbora	1.16±0.08 ^{ab}	2.79±0.03 ^{ab}
Sinseonchal	1.03±0.04 ^{ab}	2.19±0.03 ^{ab}
Boseokchal	0.96±0.05 ^{ab}	2.98±0.07 ^{ab}
Dongjinchal	1.33±0.03 ^a	3.16±0.04 ^a
RR Baekokchal	0.91±0.01 ^{abc}	3.02±0.07 ^{ab}
Sangjuchal	1.44±0.03 ^a	3.15±0.25 ^a
Aranghyangchal	1.09±0.02 ^{ab}	3.05±0.07 ^{ab}
Hwaseonchal	1.39±0.03 ^a	3.71±0.03 ^a
Seolhyangchal	0.89±0.01 ^{abc}	2.92±0.01 ^{ab}
Hangangchal	1.03±0.01 ^{ab}	3.02±0.05 ^{ab}
Baekseolchal	4.70±0.06 ^b	4.64±0.14 ^{ab}
Nunbora	6.20±1.70 ^b	4.94±0.13 ^{ab}
Sinseonchal	5.75±0.85 ^b	3.60±0.08 ^{abc}
Boseokchal	4.28±0.46 ^{bc}	4.33±0.13 ^{ab}
Dongjinchal	15.25±0.89 ^a	4.89±0.17 ^{ab}
PR Baekokchal	5.24±2.19 ^b	4.88±0.18 ^{ab}
Sangjuchal	4.01±0.02 ^{bc}	3.80±0.16 ^{abc}
Aranghyangchal	3.84±0.04 ^{bc}	6.20±0.04 ^a
Hwaseonchal	6.64±0.21 ^b	7.34±0.06 ^a
Seolhyangchal	4.23±0.05 ^{bc}	6.37±0.38 ^{ab}
Hangangchal	2.76±0.39 ^d	3.31±0.18 ^{abc}

Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

내부의 입자에 비결정성 무정형 부분이 많고, 신선찰과 한강찰벼의 경우 입자내의 밀도가 치밀함을 예상할 수 있었다. 파보일드미의 경우 196.4-610.0% 범위로 품종 중 화선찰이 가장 높고 파보일링 후 1.9-5.3 배 향상되었다. 파보일드미의 물결합력 증가는 파보일링 과정 중 증자 시 호화 과정을 거치면서 전분 분자 간 강한 결합력에 의하여 규칙적으로 모인 마이셀 구조가 흐트러짐으로써 전분의 수산기와 물분자간에 수소결합이 쉽게 형성되기 때문으로 판단되었다(Multon et al., 1980; Park et al., 2007).

찰벼 품종별 파보일드미의 색도

색깔은 소비자가 식품을 평가하는 데 중요한 외형적 품질 중의 하나로 일반적으로 L값이 크고, a, b값이 적을수록 시료의 색은 더 밝게 보인다(Hunter, 1975; Kim & Shin, 2007). 찰벼 품종 별 원료미와 파보일드미의 색도 비교는 Table 3과 같다. 원료미의 경우 명도를 나타내는 L값은 품종 중 백설찰이 높아 밝았고 나머지 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 파보일드미의 경우 모든 품종에서 원료미보다 L값은 감소되었고, a와 b값은 증가되어 어두워지는 경향을 나타냈다. 이러한 파보일드미의 갈색화는 침지 시 미강의 색소가 배유까지 흡수·확산되고,겨층에 있는 지방질이 산화되며(Shaheen & Shirbeeney, 1975), 증자 시 환원당과 아미노산 결합에 의한 마이알 반응 등이 일어났기 때

문이다(Weenen, 1998; Kim & Shin, 2007).

파보일드미 변색의 강도는 파보일링 과정 중의 침지와 열처리 정도, 제조 공정, pH(5.0) 조절 및 아황산 수소염(bisulfite) 등을 첨가함으로써 억제 될 수 있다(Jayanarayanan, 1964).

찰벼품종 별 파보일드미의 용해도 및 팽윤력

전분 입자는 수침을 하게 되면 무정형부분에 물이 흡수되고, 가열을 하게 되면 결정형 부분까지 무정형으로 바뀌면서 많은 수분이 함유되어 팽윤되는데 팽윤력이 커질수록 식품 조리 및 가공 시 유리하다(Ratnayake et al., 2002; Sandhu & Singh, 2006). 이러한 팽윤 양상은 입자내의 마이셀의 강도와 크기, 모양, 전분의 결정도, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율, 분자량, 전분입자 내부의 결합력 및 전분 분자 간의 회합 등에 영향을 받는다(Choi & Kim, 1997; Han et al., 2007). 찰벼 품종 별 원료미와 파보일드미를 분말화한 후 각각 25(상온)와 75°C(호화온도 이상)가 유지되는 항온수조에 30분 간 가열 후 용해도와 팽윤력을 조사하여 결과를 Table 4 및 5에 나타냈다. 25°C에서의 용해도는 원료미 품종의 경우 0.89-1.44% 범위로 상주찰>화선찰>동진찰>백설찰, 눈보라>아랑향찰>신선찰, 한강찰>보석찰>백옥찰>설향찰 순으로 높았고 모든 품종 간 유의적

Table 5. Comparison of solubility and swelling power raw and parboiled milled rice with glutinous rice varieties at 75°C.

Varieties	Solubilities (%)	Swelling power (%)
Baekseolchal	1.59±0.39 ^{ab}	5.31±0.15 ^b
Nunbora	1.22±0.11 ^{abc}	4.77±0.03 ^{bc}
Sinseonchal	1.39±0.01 ^{abc}	5.08±0.10 ^b
Boseokchal	1.43±0.66 ^{abc}	5.43±0.03 ^b
Dongjinchal	2.34±0.13 ^a	6.28±0.13 ^a
RR Baekokchal	1.78±0.45 ^{ab}	5.14±0.16 ^b
Sangjuchal	1.62±0.43 ^{ab}	5.04±0.16 ^b
Aranghyangchal	2.91±0.29 ^a	6.78±0.32 ^a
Hwaseonchal	2.43±0.11 ^a	6.73±0.29 ^a
Seolhyangchal	1.24±0.29 ^{abc}	5.09±0.02 ^b
Hangangchal	2.54±0.32 ^a	5.33±0.07 ^b
Baekseolchal	2.81±0.08 ^{ab}	11.69±0.42 ^a
Nunbora	3.15±0.11 ^a	11.63±0.04 ^a
Sinseonchal	2.91±0.10 ^{ab}	10.88±0.86 ^{ab}
Boseokchal	3.24±0.11 ^a	11.34±0.08 ^a
Donginchal	3.36±0.11 ^a	11.72±0.05 ^a
PR Baekokchal	3.36±0.07 ^a	10.89±0.07 ^{ab}
Sangjuchal	3.36±0.15 ^a	10.65±0.02 ^{ab}
Aranghyangchal	2.88±0.14 ^{ab}	11.21±0.14 ^a
Hwaseonchal	2.79±0.05 ^{ab}	11.49±0.02 ^a
Seolhyangchal	2.62±0.14 ^{ab}	11.40±0.10 ^a
Hangangchal	2.19±0.32 ^{abc}	9.67±0.07 ^b

Means in a column sharing a same superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

인 차이는 없었다. 파보일드미의 경우 15.3%로 동진찰이 가장 높았고, 파보일링 후 전분 내부의 입자구조가 변화되고 분자 간 내부 결합력이 약해짐에 따라 원료미보다 2.7-11.5 배 증가되었다. 25°C에서 원료미의 팽윤력은 2.19-3.71% 범위로 화선찰이 가장 높고 동진찰, 상주찰 순이었으며, 신선찰이 가장 낮게 평가되었다. 이상의 결과로부터 팽윤력은 물결합력과 정외의 상관관계가 있는 것으로 판단되어지며 일치되지 않는 품종들은 입자내 단백질, 지질, 및 인 등의 비전분 함량의 차이에 의하며, 특히 한강찰벼의 경우 분자량 및 아밀로펙틴의 미세구조가 다르기 때문으로 판단된다(Harmaker & Griffin, 1993; Han et al., 2007). 파보일드미의 팽윤력은 화선찰, 설향찰, 아랑향찰이 6.2-7.34% 범위로 높았고, 눈보라>동진찰, 백옥찰>백설찰>보석찰>상주찰>신선찰>한강찰 순이었으며 원료미보다 1.1-2.2 배 증가되었다. 75°C에서 원료미의 용해도는 1.22-2.91% 범위로 눈보라가 가장 낮고, 아랑향찰이 높았으며 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 용해도는 25°C에서 보다 1.1-2.7 배 증가되었는데 전분 현탁액에 온도를 가열하면 분자 간 수소결합이 끊어지면서 수용성 성분들의 용출이 쉬워지기 때문이다(Lee et al., 2004). 파보일드미의 용해도는 2.19-3.36 범위로 동진찰, 백옥찰, 상주찰이 높았고 한강찰벼가 가장 낮았다. 25°C에서의 용해도 보다 21-78% 감소되었는

Table 6. Comparison of pasting characteristics of raw and parboiled milled rice with glutinous rice varieties by rapid visco analyzer.

Varieties	Pasting Temp. (°C)	Peak Visc. (RVU)	Setback (RVU)
Baekseolchal	69.7±0.08	85.6±1.27	-35.7±1.44
Nunbora	71.5±0.84	65.0±0.33	-24.0±0.77
Sinseonchal	70.5±0.80	92.7±2.74	-31.7±1.82
Boseokchal	71.8±0.46	88.0±2.37	-24.1±2.76
Dongjinchal	72.1±0.83	59.6±0.88	-11.3±0.99
RR Baekokchal	71.0±0.40	67.6±0.21	-21.5±1.57
Sangjuchal	72.4±0.49	57.8±0.65	-16.6±2.81
Aranghyangchal	71.8±0.05	87.7±1.62	-30.4±1.66
Hwaseonchal	70.5±0.48	87.2±2.55	-13.9±2.41
Seolhyangchal	72.4±0.08	92.3±0.84	-24.0±0.43
Hangangchal	70.7±0.40	159.9±0.36	-55.1±0.47
Baekseolchal	62.40±0.06	213.54±1.37	-44±0.29
Nunbora	62.38±0.03	194.72±3.58	-36±3.57
Sinseonchal	62.43±0.03	188.83±1.04	-35±1.26
Boseokchal	62.37±0.08	206.19±3.32	-40±2.10
Dongjinchal	62.42±0.06	234.57±2.60	-32±2.54
PR Baekokchal	62.07±0.37	176.34±3.12	-24.3±1.04
Sangjuchal	62.47±0.40	171.95±2.09	-21±2.07
Aranghyangchal	62.37±0.08	207.29±3.83	-48±2.00
Hwaseonchal	62.42±0.06	202.29±2.07	-27±1.22
Seolhyangchal	63.68±1.75	194.85±0.89	-27±0.70
Hangangchal	69.43±1.94	186.59±1.99	-34±1.08

데, Priestley(1975)는 파보일드미의 경우 상온에서 원료미보다 수분 흡수속도 상수가 높고 용해도가 증가되는 반면 호화온도 이상에서 전분이 재회합됨으로써 감소된다는 보고를 하였다. 높은 온도에서 파보일드미의 용해도 감소는 식품 조리 가공 시 영양분 손실이 적어지고 제품의 외형유지에 유리할것으로 판단된다. 75°C에서 원료미의 팽윤력은 아랑향찰, 화선찰, 동진찰이 6.3-6.8% 범위로 높았고, 눈보라가 4.77%로 가장 낮았으며 25°C에서 보다 약 1.7-2.3 배 증가되었다. 파보일드미의 팽윤력은 9.67-11.72% 범위로 한강찰을 제외한 나머지 품종 간 유의적인 차이는 없었고, 원료미보다 1.7-2.4 배, 25°C보다 1.6-3.0 배 증가되었다. 이상의 결과로부터 용해도와 팽윤력은 전분입자 내부의 결합력과 전분 분자간의 회합과 관련이 있음을 알 수 있었고 (Priestley, 1975; Kim et al., 2012), 다른 인자들과의 상관관계는 많은 연구가 필요할것으로 판단된다.

벼 품종 별 파보일드미의 호화특성

전분질 식품의 호화특성은 밥의 식미 및 가공적성에 영향을 미친다(Juliano, 1985). 찰벼 품종 별 원료미와 파보일드미의 아밀로그람 특성 비교는 Table 6과 같다. 호화개시 온도는 원료미의 경우 69.7-72.4°C 범위로 백설찰이 가장 낮았고 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 파보일드미의 경

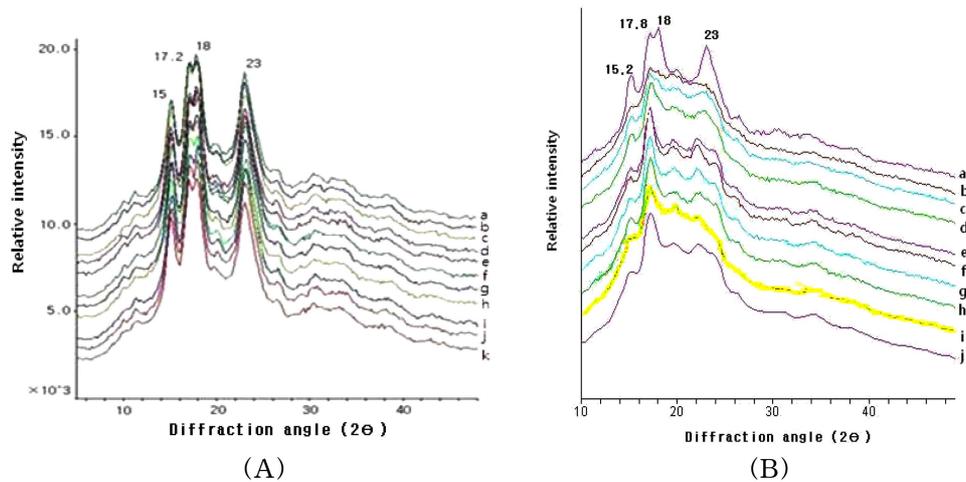


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of glutinous rice cultivars.

(A) Raw milled rice (a; Hangangchal, b; Baekokchal, c; Sinseonchal, d; Boseokchal, e; Nunbora, f; Baekseolchal, g; Dongjinchal, h; Aranghyangchal, i; Seolhyangchal, j; Sangjuchal, k; Hwaseonchal).

(B) Parboiled milled rice (a; Hangangchal, b; Sinseonchal, c; Baekokchal, d; Boseokchal, e; Sangjuchal, f; Nunbora, g; Seolhyangchal, h; Aranghyangchal, i; Dongjinchal, j; Baekseolchal, k; Hwaseonchal).

우 62.1-69.4°C 범위로 품종 중 한강찰이 가장 높았으며 침지 시 높은 α -amylase 활성으로 원료미보다 파보일링 후 낮아짐을 알 수 있었다(Priestley, 1975; Park et al., 2007). 전분이나 혼합물의 물 응집력을 나타내 반죽의 안정성과 관계있는 최고점도는 원료미의 경우 57.8-159.9 RVU로 상주찰이 가장 낮고 한강찰이 높았으며 파보일링 후 172.0-234.6 RVU로 1.2-3.6 배 높아졌다. 파보일드미의 최고점도 증가는 파보일링 과정 중 호화로 인한 불용성 아밀로오스 복합체, 아밀로오스와 지방산 및 리조레시틴 등 복합체 형성 때문으로 판단되어진다(Darmir, 1985). 이러한 파보일드미의 복합체 형성은 입자구조가 안정화되어 높은 온도에서 불용성이며 안정하기 때문에 조리하는 동안 영양 손실이 적고 낱알의 강도 유지로 제품의 조직감 등이 향상 된다(Lamberts et al., 2006; Maria et al., 2012). 치반점도는 전분에 대한 노화안정성을 간접적으로 보여주는데 값이 클수록 노화가 빠르다는 것을 의미한다(Nishita & Bean, 1979; Choi, 2002). 원료미의 경우 -11.3--55.1 RVU로 품종 중 한강찰이 가장 낮았고 모든 품종에서 -값 나타내 노화가 느리게 진행됨을 알 수 있었고, 파보일드미의 경우 한강찰을 제외한 모든 품종에서 값이 낮아졌다.

찰벼 품종 별 파보일드미의 X선 회절도

전분입자는 분자 상호간 강한 결합에 의하여 부분적으로 규칙적인 배열을 하고 있어 미셀을 형성하므로 뚜렷한 반점이나 동심원 층이 나타난 회절도를 보인다. 전분의 종류에 따라 쌀, 밀, 옥수수과 같은 곡류 전분은 A형, 감자나 밤 등의 전분은 B형, 고구마, 완두, 칩, 타피오카 등의 전

분은 C형의 회절도를 나타낸다. 반면 전분의 호화가 일어나면 전분의 미셀이 파괴되어 규칙적으로 배열되었던 결정성 영역이 없어지고 배열이 불규칙하게 되어 전분의 종류에 관계없이 V형의 무정형 X선 회절도를 나타낸다. 찰벼 품종별 원료미와 파보일드미의 전분 회절도의 변화는 각각 Fig. 1과 같다. X선 회절 각도는 원료미의 경우 모두 15.0°, 17.2°, 18.0°, 23.0°에서 peak를 가진 전형적인 A형을 나타냈고(Zhu et al., 2011; Yu et al., 2012), 파보일드미의 경우 호화전분의 형태인 V형을 예상하였으나 15.2°, 17.2°, 19.6°, 22.4°에서 peak를 가진 A형으로 나타났다. Kang et al.(2000)은 X선 회절각도에서의 peak 모양은 뾰족할수록 결정화도가 크고 원만할수록 낮으며, Lorenz et al.(1983)은

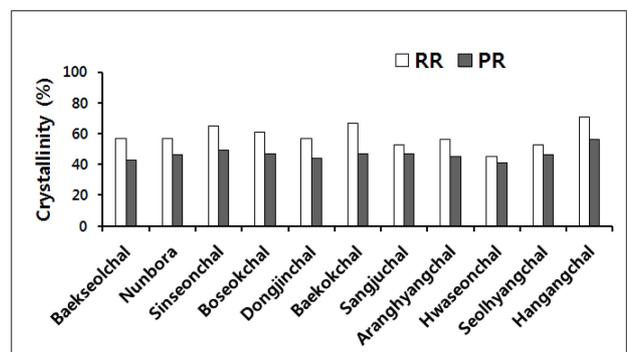


Fig. 2. Relative crystallinity of raw and parboiled milled rice using glutinous rice cultivars.

■ : Raw milled rice, ■ : Parboiled milled rice
 $\text{Crystallinity}(\%) = \frac{Ac}{(Aa+Ac)} \times 100$
 Aa= amorphous area on the X-ray diffractogram
 Ac= crystallized area on the X-ray diffractogram

쌀과 같은 곡류전분은 수침이나 열처리 시 지질이 아밀로오스-지질복합체 형태로 존재하기 때문에 아밀로오스의 재배열이 어려워 X-선 회절도에 의한 결정형의 변화가 적다는 보고를 하였다.

전분입자의 결정화 정도는 입자내부의 치밀도를 나타내며 호화와 노화에 영향을 미친다. 찰벼 품종별 원료미와 파보일드미의 상대적 결정화도는 Fig. 2와 같다. 원료미의 경우 화선찰이 45%로 가장 낮고, 한강찰이 71%로 가장 높았으며, 파보일드미의 경우 41-56% 범위로 화선찰이 가장 낮고 한강찰이 높았으며 원료미보다 9-30% 감소되어 파보일링 후 결정영역의 일부 구조가 분해되었다는 것을 확인 할 수 있었다.

요 약

찰벼 품종 별 파보일드미 제조 후 물리적 특성 및 호화 특성을 조사하였다. 경도는 품종 중 신선찰이 가장 높고 한강찰이 낮았으며 원료미보다 파보일링 후 약 1.6-3.8 배 증가되었다. 고형분 함량은 파보일링 후 약 1.1-1.4 배 감소되었고, 물결합력은 품종 중 화선찰벼가 가장 높고 파보일링 후 1.9-5.3 배 향상되었다. 색도는 L값이 원료미보다 감소되어 어두워지는 경향을 나타냈고, 용해도와 팽윤력은 원료미의 경우 상온(25°C)보다 75°C에서 높았고, 파보일드미의 경우 팽윤력은 증가되었으나 용해도는 감소되었다. 호화 특성 중 호화개시온도는 62.1-69.4°C 범위로 한강찰을 제외한 품종 간 유의적인 차이는 없었으며 파보일링 후 낮아졌다. 최고점도는 172.0-234.6 RVU로 원료미보다 1.2-3.6 배 높아졌으며, 치반 점도는 한강찰을 제외한 모든 품종에서 원료미보다 값이 낮아졌고 -값을 나타내 노화가 느리게 진행됨을 알 수 있었다. X-선 회절 각도는 원료미와 파보일드미 모두 A형 pattern을 나타냈고, 전분입자의 상대적 결정화도 값은 파보일링 후 9-30% 감소되어 결정구조가 파괴되었다는 것을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 농림수산식품 기술기획평가원의 지원사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Bhattacharya KR, Subba Rao PV. 1966. Effect of processing condition on quality of parboiled rice. *J. Agric. Food Chem.* 14: 476-481.
- Bhattacharya KR. 2004. Parboiling of rice. *Association of cereal Chemists*, St. Paul, MN, USA. pp. 329-404.
- Choi HC. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high quality and value added products. *J. Crop Sci.* 47: 15-32.
- Choi EJ, Kim HS. 1997. Physicochemical and gelatinization properties of glutinous rice flour and starch steeped at different conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nurt.* 26: 17-24.
- Damir AA. 1985. Comparative studies on the physicochemical properties and microstructure of raw and parboiled rice. *Food Chem.* 16: 163-204.
- Elaine T. 2004. *Rice: Chemistry and technology*. American Assoc. Cer. Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Filho SS. 1986. Economic and social benefits of rice parboiling. *Lavoura Arroz.* 39: 19-26.
- Harmaker BR, Griffin VK. 1993. Effect of disulfide bond containing protein on rice starch gelatinization and pasting. *Cereal Chem.* 70: 377-380.
- Han MR, Chang MJ, Kim MH. 2007. Investigation of physical property change in modified rice starch by ultra fine pulverization. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 50: 160-166.
- Hunter RS. 1975. *The measurement of appearance*. John Wiley & Sons. New York, NY. 239-245.
- Jayanarayanan EK. 1964. Effect of opening conditions on the browning of parboiled rice. *J. Agric. Food Chem.* 8: 129-137.
- Juliano BO. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. *Rice: Chem. & Technol.* 443-524.
- Kang MY, Sung YM, Nam SH. 2000. The fine structure of amylopectin and physicochemical properties of starch granules from endosperm varieties glutinous rice. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 43: 18-23.
- Kim YS, Shin MS. 2007. The properties of rice flours prepared by dry and wet milling of soaked glutinous and normal grains. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 908-918.
- Kim RY, Kim CS, Kim HI. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1026-1032.
- Kim JM, Yu M, Shin MS. 2012. Effect of mixing ratio of white and germinated brown rice on the physicochemical properties extruded rice flours. *Korean J. Food Cookery Sci.* 28: 813-820.
- Lamberts L, De Bie E, Derycke V, Veraverbeke WS, De Man W, Delcour JA. 2006. Effect of processing conditions on color change of brown and milled parboiled rice. *Cereal Chem.* 83: 80-85.
- Larsen HN. 2000. Glycemic index of parboiled rice depends on the severity of processing. *Eur. J. Clinical Nutr.* 54: 380-385.
- Lee MK, Kim JO, Shin MS. 2004. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time and particles. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 268-275.
- Lorenz K, Collins F, Kulp K. 1983. Physicochemical properties of defatted heat moisture treated starches. *Starch.* 35: 123-128.
- Maria CM, Giovanna I, Emanuele M. 2012. Effect of parboiling on physical and chemical characteristics and non-enzymatic browning emmer. 2012. *J. Cereal Sci.* 56: 147-152.
- Medcalf F, Biliaderis CG. 1992. Structures and phase transitions of starch in food system. *Food Technol.* 46: 98-103.
- Multon JL, Bizot H, Savet B. 1980. *Cereals for food and beverages*. Academic press Inc. NY. USA. pp. 97-101.
- Nishita KD, Bean MM. 1979. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chem.* 56: 185-189.
- Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. 2007. Quality and pasting properties traditional Olbyeossal. *Korean J. Food Preserv.* 14:

- 276-280.
- Pillaiyar P. 1990. Rice parboiling research in Indica. *Cereal Foods World*. pp. 225-227.
- Priestley RJ. 1975. Studies on parboiled rice: Part 1-Comparison of the characteristics of raw and parboiled rice. *Food Chem.* 1: 5-14.
- Ratnayake WS, Hoover R, Warkentin T. 2002. Pea starch: composition, structure and properties –a review. *Starch.* 54: 217-234.
- Sajwan KS, Kaplan DI, Mitra BN, Pande HK. 1990. Studies on grain quality and the milling performance of the raw and parboiled grains of some selected high yielding rice varieties. *J. Tropic. Agri.* 8: 310-320.
- Sandhu KS, Singh N. 2006. Some properties of corn starches : Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chem.* 101: 1499-1507.
- Screenivasan A. 1938. Investigation on rice. *Curr. Sci.* 6: 615-616.
- Schoch TJ, Leach W. 1964. Whole starches and modified starches. Academic Press, New York, NY. p 106-108.
- Shaheen A, Shirbeenly EL. 1975. Effect of parboiling of rice on the rate of lipid hydrolysis and deterioration of rice bran. *Cereal Chem.* 52: 1-6.
- Song J, Lee CK, Youn JT, Kim SL, Kim DS, Kim JH, Jeong EG, Suh SJ. 2008. Relationship among alkali digestive value, amylopectin fine structure and physical properties of cooked rice. *J. Crop Sci.* 53: 320-325.
- Song JY, Shin MS. 1998. Solubility patterns and gelatinization properties of waxy rice starches. *J. Appl. Biol. Chem.* 41: 516-521.
- Sung YM, Choi HC, Kang MY. 2000. Physicochemical properties of starch granules from thirteen glutinous rice varieties. *Korean J. Breed.* 32: 226-232.
- Vandeputte GE, Vermeylen R, Gerroms J, Delcour JA. 2003. Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture. *J. Cereal Sci.* 38: 61-68.
- Villareal CP, Juliano BO, Hiaukuri S. 1993. Varietal differences in amylopectin staling of cooked waxy milled rices. *Cereal Chem.* 70: 753-758.
- Weenen H. 1998. Reactive intermediates and carbohydrate fragmentation in mailliard chemistry. *Food Chem.* 62: 393-401.
- Yu JH, Han GH. 2004. Quality characteristics of rice cake with different soaking and steaming time. *Korean J. Soc. Food Sci.* 20: 630-636.
- Yu S, Ma Y, Menager L, Sun DW. 2012. Physicochemical properties of starch and flour from different rice cultivars. *Food Bio. Technol.* 5: 626-637.
- Zhu LJ, Liu QQ, Wilson J, Gu MH, Shi YH. 2011. Digestibility and physicochemical properties of rice flours and starches differing in amylose content. *Carbohydr. Polym.* 86: 1751-1759.