

## 벼 품종별 파보일드미의 물리적 특성 및 영양성분

유재수 · 박현수 · 조영찬 · 이점호 · 하기용\*  
국립식량과학원 벼백류부

### Physical Characteristics and Nutrient Composition of Parboiled Rice using Japonica Rice Cultivars

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

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA

#### Abstract

This study was conducted to compare the physical characteristics and nutrient composition of raw and parboiled rice in rice cultivars. The equilibrium moisture content of raw and parboiled rice increased in 75°C compared to soaking condition (25°C) and the time taken to reach the equilibrium was shorter in 75°C compared to soaking condition (25°C). The Boramchan and Pyeongan cultivars showed higher water binding capacity of raw and parboiled rice, respectively, which was increased 2.3-3.5 times after parboiling. In amylogram characteristics, the initial pasting temperature was increased, the peak viscosity was lowered, and the setback became higher after parboiling. The alkali digestion value showed negative correlation with initial pasting temperature in raw rice and scored higher in parboiled rice through gelatinization by steaming. The mineral composition of raw and parboiled rice was analyzed by the highest K content and P > Mg > Ca > Na > Fe > Zn > Mn in turn. The total mineral content was increased by 2.5-6.1 times after parboiling. Vitamin B<sub>1</sub> content was highest in the Boramchan raw rice at 0.1410 mg/100 g and it increased in parboiled rice 2.5-6.1 times.

**Key words:** japonica, parboiled rice, equilibrium moisture content, water binding capacity, mineral content, vitamin B<sub>1</sub>

## 서 론

파보일드미는 침지, 증자 및 건조 등 수화가열에 의해 만들어지는 가공미로 동남아시아, 열대아프리카 등지에서 주로 생산되며, 현재 세계에서 가공되는 쌀의 약 20% 이상을 차지하고 있다(Bhattacharya, 1985; Adhikaritanayake & Noomhorm, 1997; Soponronnarit et al., 2006; Bin et al., 2009).

파보일드미는 쌀의 물리적, 화학적 및 관능적인 변화로 경제적이며, 영양적인 장점을 수반한다(Bhattacharya, 1985; Sajwan et al., 1990; Park et al., 2007). 침지 시 미강에 있는 다양한 비타민 및 미량성분들이 알곡으로 이동되어 영양가가 높아지며, 증자 시 전분의 호화로 찌라기가 줄어들어 도정수율이 향상되고, 건조과정을 거치면서 조적이 치밀해지고 단단해져 알곡의 투명도 및 미생물에 대한 저항성 등이 향상된다(Larsen, 2000; Elbert, 2001; Kaddus Miah,

2002). 또한 전분의 재회합으로 조리 시 조리수에 고형분 손실량이 감소되어 영양 손실이 적으며, 조리 후 밥알의 형태가 원래 모양 그대로 유지되고 으깨지지 않는 특성을 가진다(Bhattacharya, 2004; Lamberts et al., 2006).

파보일드미는 일반 주식용 이외에 각종 쌀 요리, 통조림 및 팽화 제품을 만드는 등 다용도로 이용되고 있으며 최근 들어 밀, 기장, 귀리 및 메밀 등의 곡류에도 적용되고 있다(Bayram et al., 2004; Mohapatra & Rao, 2005; Hidalgo et al., 2008).

쌀 중심인 우리나라 식단에서 빠르게 변화하는 현대적 사회구조에 적합한 가공미인 파보일드미는 소비자들의 다양한 기호성 소재개발로 쌀 소비 촉진을 위한 제품으로도 기대가 된다.

본 연구에서는 다양한 벼 품종 별 원료미와 파보일드미의 물리적 특성 및 영양성분 등을 비교 연구함으로써 다양한 가공제품 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험재료 및 제조

본 시험은 자포니카 초다수성 품종 보람찬 및 드래찬,

\*Corresponding author: Ki-Young Ha, Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea  
Tel: +82-63-840-2255; Fax: +82-63-840-2119  
E-mail: ha0ky04@korea.kr  
Received July 8, 2013; revised August 14, 2013; accepted August 14, 2013

밭쌀용 평안 및 신동진, 양조적성 품종 양조벼, 뽕안맷쌀 설갱 등 6 품종을 사용하였다. 파보일드미는 품종 별 정조를 65°C의 물에 4시간 침지하고 찜통에 40분 동안 증자하여 수분함량이 14% 정도가 될 때 까지 건조시켜 제조하였다. 분석용 시료는 분쇄기(HMF-3260S, Hani, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄한 후 100 mesh 체를 통과한 가루를 사용하였다.

#### 수분흡수속도 측정

벼 품종별 원료미와 파보일드미 1 g을 각각 일정시간 동안 침지시킨 후 여과지 위에 올려서 표면수를 제거한 다음 무게 증가량으로부터 건물 1 g당 수분증가량을 계산하였다. 이와 같은 과정을 3 회 반복하여 평균값을 취하고 수분흡수 속도는 Becker의 확산 방정식에 의하여 계산하였다.

$$\bar{m} - m_0 = k\sqrt{t}$$

$\bar{m}$ 는 일정시간 침지 후의 수분증가량(g H<sub>2</sub>O/g Dry matter)이며,  $m_0$ 는 시료의 초기 수분함량(g H<sub>2</sub>O/g Dry matter),  $t$ 는 침지시간(min),  $k$ 는 수분흡수 속도 상수(min<sup>1/2</sup>)이다.

#### 물결합력

Medcalf & Gilles의 방법(1965)을 변형하여 시료 500 mg에 증류수 30 mL을 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.

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

#### 호화특성

신속점도측정기(Model RVA-4, Newport Scientific Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 용기에 시료 3 g과 25 mL의 증류수를 넣어 분산시키고 온도를 50-95°C까지 상승 및 유지 시킨 후 다시 50°C까지 냉각, 유지하면서 점도를 측정 하였다. 호화특성은 호화개시온도(pasting temperature; °C), 최고점도(peak viscosity; RVU), 최종점도(final viscosity; RVU)를 구하고, 이것을 이용하여 치반점도(setback: 최종점도-최고점도)를 계산하였다. 점도단위는 Rapid Viscosity Unit(RVU)로 표시하였다.

#### 알칼리붕괴도

완전미 시료 6립을 15 mL 용량의 사각 검정플라스크에 넣고 1.4% KOH 용액 10 mL를 넣어 30°C 항온기에 24시

**Table 1. Analytical conditions of ICP for the determination of mineral.**

Instrument	Conditions	
Flush pump rate	2.00 mL/min	
Analysis pump rate	2.00 mL/min	
Rf power	1,150 W	
Neuizer flow	25.0 psi	
	Ca	393.366
	P	324.754
	Fe	259.940
Wave length (nm)	K	766.491
	Mg	279.553
	Na	589.592
	Zn	213.856
	Mn	257.610
Argon flow rate	2.00 mL/min	

간 정치한 후 쌀알의 퍼짐도, 맑음도 등 붕괴된 정도를 1-7까지 등급으로 나누어 조사하였다(Little et al., 1958).

#### 영양성분

##### 무기질 정량

시료제조는 습식 분해법(Yun et al., 2003)을 이용하여 시료 0.5 g을 측정 후 65% HNO<sub>3</sub> 6 mL와 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1 mL를 teflon bottle에 담은 후 이를 전처리 시험용액으로 사용하였다. 전처리 방법으로는 microwave digestion system (Ethos-1600, USA)을 이용하여 30분간 산분해를 실시하였다. 전처리 과정을 거친 시료용액을 0.45 µm filter로 여과하여 분석시료로 사용하였다. 측정은 Inductively coupled plasma spectrometer(ICP-IRIS, Thermo Elemental, USA)를 사용하여 분석하였으며, 분석조건은 Table 1과 같다.

##### 비타민 B<sub>1</sub> 함량

시료 10 g을 칭량하여 10% 삼염화초산 용액 25 mL을 넣고 균질화시킨 후 최종 부피가 50 mL이 되도록 맞추었다. 고속원심분리기를 이용하여 10,000 rpm에서 30분간 원심분리 한 후, 상정액 1 mL를 취하여 4 M 초산나트륨용액 150 µL(pH 4.5-4.7), 2% 다카디아스타제 용액 50 µL를 주입하고 교반하면서 37°C에서 8시간 방치하였다. 이 액을 0.22 µm membrane filter로 여과한 후 시험용액으로 사용하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

##### 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 분석하였다.

**Table 2. Operation condition of HPLC instrument used for the vitamin B<sub>1</sub> measurements.**

Classification	Condition
Column	Luna lou C <sub>18</sub> (4.6×250 mm)
Mobile phase	MeOH : ammonium acetate (3:7, V/V)
Flow rate	Main column: 0.7 mL/min, Reagent Pump: 0.7 mL/min
Oven temperature	30°C
Injection volume	20 µL
Detector	474 Fluorescence detector (Ex : 375 nm, Em : 450 nm)

### 결과 및 고찰

#### 수화 특성

평형수분함량(equilibrium moisture content, EMC)은 수분을 함유하고 있는 식품이 일정한 온도와 습도를 가진 조건에서 장시간 접촉해 있으면 식품 중의 수분 증기압과 주위 공기 중의 수증기 분압이 평형상태에 도달하게 되는데 이때의 수분함량을 말한다(Siebenmorgen et al., 2009; Choi et al., 2010; Ondier et al., 2012).

수분흡수율은 호화정도를 예측할 수 있는 지표로 이용되며 시료를 수침할 경우 초기에 최대 수분흡수의 약 70-80%가 흡수되고 그 이후 약 25-30%가 완만한 속도로 흡수됨으로써 평형에 이르게 된다(Kunze, 1997).

원료미와 파보일드미를 실온(25°C)과 고온(75°C)의 물에 각각 침지한 후 수분흡수 특성을 조사한 실험결과는 Table 3 및 4와 같다. 25°C 침지 시 평형수분함량은 품종 중 원료미의 경우 설갱이 44.2%로 가장 높고 양조벼 > 신동진 > 평안 > 드래찬 > 보람찬 순이었으며, 파보일드미의 경우 123.8-202.8%로 평안이 가장 높고 파보일링에 의해서 2.8-5.7 배

**Table 3. Comparison of equilibrium moisture content (EMC), time to reach EMC and water uptake rate constants of raw and parboiled rice during soaking at 25°C.**

	Varieties	EMC (%)	Time (min)	k (min <sup>1/2</sup> )
RR	Boramchan	32.2±0.1	120	0.0045
	Deuraechan	34.1±0.0	90	0.0047
	Shindongjin	36.4±0.1	120	0.0047
	Seolgaeng	44.2±0.0	150	0.0039
	Pyeongan	35.8±0.1	150	0.0047
	Yangjobyeo	37.6±0.2	150	0.0049
PR	Boramchan	175.5±0.2	150	0.0114
	Deuraechan	171.4±0.2	210	0.0102
	Shindongjin	142.0±0.2	210	0.0082
	Seolgaeng	123.8±0.1	210	0.0042
	Pyeongan	202.8±0.3	210	0.0119
	Yangjobyeo	170.1±0.2	180	0.0103

RR: raw milled rice  
PR: parboiled milled rice

**Table 4. Comparison of equilibrium moisture content (EMC), time to reach EMC and water uptake rate constants of raw and parboiled rice during soaking at 75°C.**

	Varieties	EMC (%)	Time (min)	k (min <sup>1/2</sup> )
RR	Boramchan	345.9±0.1	90	0.0283
	Deuraechan	334.4±0.2	90	0.0278
	Shindongjin	384.7±0.2	90	0.0412
	Seolgaeng	408.2±0.2	90	0.0311
	Pyeongan	370.7±0.1	90	0.0240
	Yangjobyeo	343.5±0.3	90	0.0273
PR	Boramchan	288.6±0.3	180	0.0229
	Deuraechan	303.1±0.1	180	0.0278
	Shindongjin	260.7±0.1	180	0.0208
	Seolgaeng	264.2±0.1	180	0.0224
	Pyeongan	297.1±0.1	180	0.0240
	Yangjobyeo	282.7±0.1	180	0.0207

RR: raw milled rice  
PR: parboiled milled rice

증가되었다. 평형수분함량에 도달하는 시간은 파보일드미가 원료미보다 약 1.2-2.3 배 길어졌다. 75°C 침지 시 평형수분함량은 실온 침지 시보다 모두 증가되었고, 평형에 도달되는 시간은 원료미와 파보일드미 모두 단축되었음을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 파보일드미의 경우 원료미보다 평형수분함량이 높고 평형상태에 도달하는 시간이 오래 걸린다는 것은 파보일링 과정을 통해 호화된 전분이 치밀하게 배열되어 있기 때문이며, 열에 안정적임을 의미한다(Priestley, 1975). 수분흡수속도 상수는 침지 중 각 시료의 무게 증가량과 침지 시간의 평방근과의 관계식으로부터 얻어지는데 25°C 침지 시 원료미보다 파보일링에 의해 약 1.1-2.5 배 증가되었고, 75°C 침지 시 원료미가 파보일드미보다 높았으며 높은 온도에서 더 높게 측정되었다. Priestley (1975)은 파보일드미의 경우 상온 침지 시 파보일링 처리에 의한 호화된 전분으로 인하여 원료미보다 수분흡수속도 상수가 높으며, 호화온도 이상 침지 시에는 전분의 재회합으로 수분평형 상태에 도달되는데 시간이 오래 걸린다는 보고를 하였다. 따라서 식품가공 조리 시 파보일드미의 사용은 원료미보다 끈적임이 적고, 보풀거리지 않으며, 조리수에 대한 고형물 손실이 적어 영양적 손실이 적을 것으로 판단된다.

#### 물결합력

물결합력은 쌀가루에 함유된 전분의 무정형부분으로 수분이 침투되거나 표면으로 흡착된 수분의 양과 비례하며 가공적성과 관련이 있다(Kim & Shin, 2007; Kim et al., 2009). 원료미와 파보일드미의 물결합력에 대한 비교는 Table 5와 같다. 물결합력은 원료미의 경우 품종 중 보람찬이 가장 높고 드래찬 > 양조벼 > 드래찬 > 평안 > 설갱 순이었고, 파보일드미의 경우 평안이 347.7%로 가장 높고

**Table 5. Comparison of water binding capacity of raw and parboiled milled rice.**

Varieties	Raw rice <sup>1)</sup>	Parboiled rice
Boramchan	124.9 <sup>a2)</sup>	323.9 <sup>b</sup>
Deuraechan	120.4 <sup>a</sup>	282.4 <sup>c</sup>
Shindongjin	124.3 <sup>a</sup>	347.0 <sup>b</sup>
Seolgaeng	108.0 <sup>bc</sup>	324.7 <sup>b</sup>
Pyeongang	117.1 <sup>b</sup>	408.0 <sup>a</sup>
Yangjobyeyo	122.2 <sup>a</sup>	293.4 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Raw rice: Milling rice<sup>2)</sup>Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

신동진 > 설갱, 보람찬 > 양조벼 > 드래찬 순으로 파보일링 후 2.3-3.5 배 증가되었다. 파보일드미의 물결합력 증가는 파보일링 과정 중 증자로 인해 호화과정을 거치면서 전분의 결정구조가 파괴되어 비결정구조로 됨으로써 물분자와 접촉 면적이 넓어지기 때문으로 전분의 수산기와 물분자간에 수소결합이 쉽게 형성되기 때문이다(Meuser et al., 1978; Multon et al., 1980; Park et al., 2007). 따라서 분말을 이용한 다양한 가공품 제조에 이용도가 높을 것으로 판단된다.

#### 호화 특성 및 알칼리 붕괴도

원료미와 파보일드미의 품종에 따른 아밀로그래프의 결과는 Table 6과 같다. 초기호화개시온도는 원료미의 경우 65.1-69.7°C의 범위로 평안이 가장 낮고 설갱과 양조벼가 높았으며, 파보일드미의 경우 85.4°C의 범위로 파보일링 처리에 의해 높아짐을 알 수 있었다. Biliaderis et al.(1981)은 초기호화온도는 전분입자의 결정에 영향을 받으며 아밀로펙틴 분자의 분지정도가 높을수록 결정성이 낮아 호화온도가

낮고, Priestley(1975)은 파보일링 과정 중 전분의 강한 재회합으로 불용성 아밀로오스 복합체 등이 형성되기 때문에 파보일드미의 초기호화온도가 높아진다는 보고를 하여 본 연구와 같은 결과를 나타냈다. 가공품 제조 시 반죽의 안정성과 관계있는 최고 점도는 원료미 중 보람찬이 255.3 RVU로 가장 높고 양조 > 평안 > 신동진 > 드래찬 > 설갱 순이었고, 파보일드미 품종은 50.8-68.2 RVU범위로 원료미 품종보다 낮았다. 최고점도는 아밀로오스 함량이 높을수록 증가하며 (Sandhya & Bhattacharya, 1989), 파보일드미의 경우 파보일링 과정 중 침지 시 아밀라아제 작용으로 원료미보다 낮아진다(Kamal et al., 1970). 최종점도는 가열이 중지되고 다시 냉수를 통과시켜 호화된 시료의 온도를 50°C 정도로 낮추었을 때 나타나는 점도로써 냉각 시 무질서한 상태로 존재하던 아밀로오스 분자들이 나란히 배열되어 분자간의 보다 많은 수소결합을 통해 회합체를 이룸으로써 증가된다(Song & Shin, 1998). 원료미의 최종점도는 226.4-285.3 RVU 범위를 나타냈고 호화과정을 거친 파보일드미는 69.3-94.2 RVU 범위로 원료미보다 낮게 평가되었다. 노화정도를 예측할 수 있는 치반점도는 값이 낮을수록 노화가 느리게 진행되는데 원료미의 경우 보람찬과 설갱 품종은 양의 값을 나타냈고 나머지 품종들은 음의 값을 나타냈으며 파보일드미의 경우 모두 양의 값으로 원료미보다 높게 평가되었다. Priestley(1975)는 X선 회절도에 의한 결정화도 비교에서 파보일드미의 경우 곡류의 전형적인 형태인 A 패턴이 사라지고, 호화형태인 V 패턴이 나타나며 노화된 전분형태인 B 패턴의 피크는 보이지 않음을 강조하였다. 따라서 원료미보다 높은 파보일드미의 치반점도는 파보일링 과정 중 전분의 강한 재회합을 통한 불용성 아밀로오스 복합체 및 아밀로오스와 지방산 및 리조레시틴 등과 복합체가 형성되었기 때문으로 판단된다(Priestley, 1975). 이러

**Table 6. Comparison of pasting characteristics and alkali digestion of raw and parboiled milled rice.**

Varieties	Amylogram (RVA)				Alkali digestion value	
	Pasting Temp.(°C)	Peak Visc.	Final Visc.	Set back		
RR	Boramchan	69.0 <sup>c1)</sup>	255.3 <sup>a</sup>	280.4 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>ab</sup>
	Deuraechan	68.1 <sup>b</sup>	223.8 <sup>c</sup>	218.2 <sup>c</sup>	-5.6 <sup>d</sup>	6.2 <sup>ab</sup>
	Shindongjin	66.5 <sup>a</sup>	236.7 <sup>ab</sup>	230.7 <sup>b</sup>	-6.0 <sup>d</sup>	6.5 <sup>a</sup>
	Seolgaeng	69.7 <sup>c</sup>	202.3 <sup>c</sup>	226.4 <sup>bc</sup>	24.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>cd</sup>
	Pyeongang	65.1 <sup>a</sup>	237.0 <sup>ab</sup>	230.8 <sup>b</sup>	-6.2 <sup>d</sup>	6.4 <sup>a</sup>
	Yangjobyeyo	69.7 <sup>c</sup>	245.5 <sup>a</sup>	242.4 <sup>b</sup>	-3.1 <sup>d</sup>	5.6 <sup>c</sup>
PR	Boramchan	89.3 <sup>a1)</sup>	55.8 <sup>b</sup>	86.2 <sup>b</sup>	30.4 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
	Deuraechan	85.6 <sup>bc</sup>	68.2 <sup>a</sup>	94.2 <sup>a</sup>	26.0 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>a</sup>
	Shindongjin	88.3 <sup>a</sup>	53.4 <sup>bc</sup>	69.6 <sup>cd</sup>	16.2 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>
	Seolgaeng	86.2 <sup>b</sup>	50.8 <sup>bcd</sup>	71.8 <sup>c</sup>	21.0 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>a</sup>
	Pyeongang	88.1 <sup>a</sup>	52.8 <sup>bc</sup>	69.3 <sup>cd</sup>	16.5 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>
	Yangjobyeyo	85.4 <sup>bc</sup>	55.7 <sup>b</sup>	74.5 <sup>c</sup>	18.8 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>

RR: raw milled rice

PR: parboiled milled rice

<sup>1)</sup>Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 7. Comparison of minerals of raw and parboiled milled rice.

		Unit: mg/100 g								
	Varieties	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Zn	Mn	Total contents
RR	Boramchan	94.11	56.76	28.20	7.86	4.45	2.00	1.43	0.80	195.61
	Deuraechan	119.54	55.45	27.00	8.57	3.71	1.97	1.20	0.51	217.95
	Shindongjin	107.67	57.37	24.60	7.14	3.71	2.16	1.35	0.60	204.61
	Seolgaeng	99.20	48.03	24.60	7.86	4.45	2.11	1.63	0.61	188.48
	Pyeongan	94.11	45.85	21.60	7.14	3.71	2.06	1.24	0.57	176.27
	Yangjobyeo	111.07	56.32	27.60	7.86	5.19	1.97	1.47	0.90	212.55
PR	Boramchan	159.39	62.00	24.00	6.43	5.19	1.95	1.08	0.67	260.71
	Deuraechan	176.35	68.11	21.00	6.43	3.71	2.07	0.80	0.35	278.82
	Shindongjin	182.28	59.82	21.60	7.86	5.94	2.09	0.97	0.47	281.03
	Seolgaeng	183.13	93.87	33.00	7.14	3.71	2.05	1.31	0.70	324.91
	Pyeongan	172.96	65.49	24.60	6.43	4.45	2.00	0.93	0.50	277.36
	Yangjobyeo	183.98	60.69	26.40	7.14	4.45	1.94	1.07	0.69	286.36

RR: raw milled rice

PR: parboiled milled rice

한 파보일드미의 복합체 형성은 입자구조가 안정화되어 높은 온도에서 불용성이며 안정하기 때문에 조리하는 동안 조리수의 손실이 적고 낱알의 강도 유지로 제품의 조직감 등이 향상 된다(Sujatha et al., 2004; Lamberts et al., 2006; Maria et al., 2012).

알칼리 붕괴도는 쌀알곡립의 호화가 대체로 이루어지는 온도범위를 유추하는 방법으로 수치가 높을수록 호화온도는 낮고 밥맛은 좋은 것으로 알려져 있다(Bhattacharya, 1979; Juliano, 1985; Lee et al., 2008). 원료미와 파보일드미를 이용한 알칼리붕괴도 실험결과는 Table 6과 같다. 원료미의 경우 품종 중 신동진이 6.5로 가장 높고 설갱이 5.1로 낮았으며 평균 >드래찬 >보람찬 >양조 순으로 평가되어 쌀알곡립의 호화온도는 신동진이 가장 낮고 설갱이 가장 높을 것으로 예상되었다. 파보일드미의 경우 모든 품종에서 7.0으로 평가되었는데 파보일링 중 증자 시 이미 호화과정을 거쳤기 때문에 판단된다.

#### 원료미와 파보일드미의 미량 성분 비교

쌀의 미량성분의 조성과 함량은 토양의 성분, 재배지, 품종 및 가공조건에 따라 차이를 나타내며(Juliano, 1985; Welch, 2002; Kim et al., 2004), 특히 파보일드미의 경우 침지하는 동안 용해도 및 열수처리 등의 공정에 의해 달라질 수 있다(Chinnaswamy & Bhattacharya, 1983; Park et al., 2007).

다양한 품종 별 원료미와 파보일드미의 미량성분에 대한 분석 결과는 Table 7과 같다. 모든 품종별 원료미와 파보일드미의 미량성분은 K 함량이 가장 높고  $P > Mg > Ca > Na > Fe > Zn > Mn$  순이었다. 미량성분의 총량은 원료미의 경우 176.27-217.95 mg/100 g 범위로 품종 중 초다수성 품종인 드래찬이 가장 높고 양조벼 > 신동진 > 보람찬 > 설갱 > 평안 순이었고, 파보일드미의 경우 양조적성 품종인 설갱이

324.91 mg/100 g으로 가장 높았으며 양조벼 > 신동진 > 드래찬 > 평안 > 보람찬 순으로 파보일링 후 1.2-1.7 배 향상되었다. 파보일링 후 함량 증가는 파보일링 하는 동안 전분 호화과정 중 미강에 들어있는 영양성분이 알곡의 중심으로 용해되어 이동되었기 때문에 판단되어지며(Juliano et al., 1993; Wang et al., 2002), 벼 품종 별 특성과 미량성분 함량과의 연관성은 알 수 없었다.

파보일드미의 무기질 함량은 침지, 가열과정에서 쌀알을 통과하는 수용성 무기염 때문에 증가되고(Damir et al., 1985), 도정미의 무기질함량의 손실은 파보일링 처리에 의해 감소되며(Sajwan et al., 1990), 도정율이 높아짐에 따라 쌀의 총 미량 성분의 감소의 폭은 원료미에서 크고 파보일드미에서 완만하다(Yang & Cho, 1995).

한편, Heinemann et al.(2005)은 쌀의 형태에 대한 미량 성분 비교에서 원료미의 K과 P은 알곡의 외부층, 호분층 및 과피에 분포되어 있어 백미 도정 시 함량 손실이 각각 63.0과 41.5% 정도로 컸고, Fe, Cu 및 Zn과 같은 성분은 알곡 내에 일정한 분포를 가지기 때문에 적게 손실 되며, 파보일드미의 K과 P의 함량은 백미 도정 시 각각 9.3과 4.3%로 원료미보다 적게 감소되었는데 파보일링 과정 중 전분의 재회합으로 알곡이 단단해져 도정에 대한 저항이 커졌기 때문으로 보고하였다.

쌀의 미량 성분은 품종 및 재배지 등에 따라 차이가 있지만 함량 증가를 위해서는 도정 및 파보일링 등의 공정조건의 확립이 더 필요할 것으로 판단된다.

#### 비타민 B<sub>1</sub> 함량 비교

쌀의 영양성분은 상기에 언급한 바와 같이 품종, 재배지, 도정율 및 가공조건에 따라 차이가 있으나 일반적으로 배아에 66%, 호분층에 29%, 백미에 5% 정도 분포되어있고 특히 현미와 미강에는 무기질과 비타민이 많이 함유되어

**Table 8. Comparison of thiamin contents of raw and parboiled milled rice.**

Varieties	Unit: mg/100 g	
	Raw rice <sup>1)</sup>	Parboiled rice
Boramchan	0.1410 <sup>a,2)</sup>	0.3532 <sup>a</sup>
Deuraechan	0.0572 <sup>bc</sup>	0.3499 <sup>a</sup>
Shindongjin	0.0714 <sup>b</sup>	0.3351 <sup>a</sup>
Seolgaeng	0.0677 <sup>b</sup>	0.3183 <sup>ab</sup>
Pyeongan	0.0822 <sup>b</sup>	0.3552 <sup>a</sup>
Yangjobyeco	0.0992 <sup>a</sup>	0.3437 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Raw rice: Milling rice

<sup>2)</sup>Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

있다(Kim & Choi, 1979; Kum, 2010). 이러한 영양성분들은 밥의 조직감을 좋게 하기위해 도정율을 낮추어 백미 상태로 섭취하게 되면 상당량의 영양분들이 손실된다(Kim et al., 1984; Son et al., 1996; Lee et al., 2010).

영양성분 중 비타민 B<sub>1</sub>은 생체 내 당질 대사에서 중요한 역할을 하며 결핍되면 당질대사가 순조롭게 진행되지 못하여 탄수화물의 분해산물인 피루브산과 젖산이 조직 속에 축적되기 때문에 신경염, 부종, 식욕감퇴 및 권태감 등을 일으킨다(Kwak et al., 2006).

다양한 품종 별 원료미와 파보일드미의 비타민 B<sub>1</sub>의 함량 비교는 Table 8과 같다. 원료미 품종 중 초다수 품종인 보람찬은 0.141 mg/100 g로 가장 높고, 드래찬은 0.0572 mg/100 g으로 가장 낮았으며 양조벼 > 평안 > 신동진 > 설갱 순이었다. 파보일드미의 경우 비타민 B<sub>1</sub> 함량은 양조적성 품종인 설갱이 가장 낮게 평가되었고, 0.318-0.355 mg/100 g의 범위로 파보일링 함으로써 원료미보다 2.5-6.1 배 향상되었고, 품종 간 유의적인 차이는 없었다. Doesthale et al.(1979)는 전분이 많은 배유층은 파보일링에 의해 겨층이나 배아에 있는 영양성분이 전배유층으로 퍼져나가 티아민과 무기염의 함량이 높아지고, Damir et al.(1985)은 티아민, 니코틴산, 당, 유리아미노산, 무기질 등이 원료미보다 파보일드미에 많다는 보고를 하였다. Yang & Cho(1995)는 파보일드미의 티아민 함량은 도정율에 따라 차이를 나타내며, 원료미보다 파보일링 후 높아지고, 파보일링 과정 중 증자 시 파보일링 처리조건에 따라 차이를 나타냄을 보고 하였다. 이상의 결과로부터 티아민 B<sub>1</sub> 함량은 벼 품종 간 차이보다 도정 및 가공 조건 등에 영향을 미치며, 가공 처리 등 공정 조건을 달리함으로써 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

벼 품종 별 원료미와 파보일드미의 물리적 특성 및 영양성분을 비교 조사하였다. 원료미와 파보일드미의 모든 품

종에서 평형수분함량은 증가되었고, 평형에 도달되는 시간은 단축되었다. 물결합력은 원료미와 파보일드미의 경우 품종 중 각각 보람찬과 평안이 높았으며 파보일링에 의해 2.3-3.5 배 증가되었다. 호화특성 중 호화개시 온도와 최고 점도는 파보일링에 의해 각각 높고 낮아졌으며, 치반점도는 원료미보다 높아졌다. 알칼리 붕괴도는 원료미의 경우 호화개시온도와 부의 상관을 나타냈으며, 파보일드미의 경우 증자과정에 의한 호화로 높게 평가 되었다. 원료미와 파보일드미의 미량성분은 K 함량이 가장 높고 P>Mg>Ca>Na>Fe>Zn>Mn 순이었으며, 총 함량은 파보일링 후 1.2-1.7 배 향상되었고, 티아민 B<sub>1</sub> 함량은 원료미의 경우 보람찬이 0.1410 mg/100 g으로 가장 높고 파보일링 후 2.5-6.1 배 향상되었다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부의 연구과제 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Adhikaritanayake TB, Noomhorm A. 1997. Effect of continuous steaming on parboiled rice quality. *J. Food Eng.* 36: 135-143.
- Bayram M, Oner MD, Eren S. 2004. Effect of cooking time and temperature on the dimensions and crease of the wheat kernel during bulgur production. *J. Food Eng.* 64: 43-51.
- Bhattacharya KR. 1979. Gelatinization temperature of rice starch and its determination. *Chemical aspects of rice grain quality*. IRRI: pp. 231-250. Bhattacharya KR. 1985. Parboiling of rice. *Rice Chem. Technol.* American Association of cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. pp. 289-304.
- Bhattacharya KR. 2004. Parboiling of rice. *Association of cereal Chemists*, St. Paul, MN, USA. pp. 329-404.
- Billiaderis CG, Grant DR, Vose JR. 1981. Structural characterization of legume starches, Studies on amylose, amylopectin and beta limit dextrins. *Cereal Chem.* 58: 496-501.
- Bin L, Sha C, Jian C, Bo Z. 2009. Comparison of color techniques to measure the color of parboiled rice. *J. Cereal Sci.* 50: 262-265.
- Chinnaswamy R, Bhattacharya KR. 1983. Studies on explained rice. *Physicochemical basis of varietal differences*. *J. Food Sci.* 48: 1600-1603.
- Choi, BM, Lanning SB, Siebenmorgen TJ. 2010. A review of hygroscopic equilibrium studies applied to rice. *Trans. Asabe.* 53: 1859-1872.
- Damir AA. 1985. Comparative studies on physicochemical properties and microstructure of raw and parboiled rice. *Food Chem.* 16: 1-14.
- Doesthale YG, Devara S, Rao S, Belavady B. 1979. Effect of milling on mineral and trace element composition of raw and parboiled rice. *J. Sci. Food Agri.* 30: 40-46.
- Elbert G, Tolaba M, Suarez C. 2001. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. *J.*

- Food Eng. 47: 37-41.
- Heinemann RJB, Fagundes PL, Pinto EA, Penteadó MVC, Lanfer-Marquez UM. 2005. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. *J. Food Com. Anal.* 18: 287-296.
- Hidalgo A, Brandolini A, Gazza L. 2008. Influence of steaming treatment on chemical and technological characteristics of einkorn wholemeal flour. *Food Chem.* 111: 549-559.
- Juliano BO. 1985a. Criteria and tests for rice grain qualities. *Rice: Chem. & Technol.* pp. 443-524.
- Juliano BO. 1985. Physicochemical properties of rice. *Rice Chem. Technol.* pp. 175-205.
- Ondier GO, Siebenmorgen TJ, Mauromoustakos A. 2012. Equilibrium moisture contents of pure line, hybrid and parboiled rice kernel fractions. *Applied Eng. Agri.* 28: 237-247.
- Juliano BO. 1985. Rice properties and processing. *Food Rev. Int.* 3: 432-445.
- Juliano BO, Perez CM, Cuevasperez F. 1993. Screening for stable high head rice yields in rough rice. *Cereal Chem.* 70: 650-655.
- Kaddus Miah MA. 2002. Parboiling of rice. *J. Food Sci. Technol.* 37: 539-545.
- Kamal MA, Refai FY, Tawfik MA. 1970. Effect of cooking upon the biochemical constituents of rice, *Con. Agri. Res.* pp. 24-26.
- Kim SG, Choi HS. 1979. Radial distribution of calcium, phosphorus, iron, thiamin and riboflavin in the emerged brown rice kernel. *Korean J. Food Sci. Technol.* 11: 122-125.
- Kim SG, Kim IH, Han YI, Park HH, Lee GH, Kim ES, Cho MH. 1984. Calorie, mineral content and amino acid composition of Korean rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 13: 372-376.
- Kim MS, Yang HR, Jeong YH. 2004. Mineral contents of brown and milled rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 443-446.
- Kim WS, Shin MS. 2007. The properties of rice flours prepared by dry and wet milling of soaking 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.
- Kum JS. 2010. Nutrition of rice and rice food processing. *Korean Soci. Food Preserv.* 9: 38-54.
- Kunze OR. 1997. Moisture adsorption influence on rice. *J. Food Process Eng.* 25: 167-181.
- Kwark BM, Kim SH, Kim KS, Lee KW, Ahn JH, Jang CH. 2006. Composition of Vitamin A, E, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> contents in Korean cow's raw milk in Korea. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 26: 245-251.
- 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. *European J. Clinical Nutr.* 54: 380-385.
- Lee CK, Youn JT, Kim SL, Kim DS, Kim JH, Jeong EG, Song J. 2008. Relationship among alkali digestive value, amylopectin fine structure and physical properties of cooked rice. *J. Crop Sci.* 53: 320-325.
- Lee MK, Park JS, Na HS. 2010. Physicochemical properties of Olbyeossal. *Korean J. Food Preserv.* 17: 208-213.
- Little BR, Hilder GB, Dawson EH. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chem.* 35: 111-126.
- 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, Gilles KA. 1965. Wheat starches. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568.
- Meuser F, Klingler RW, Niediek EK. 1978. Characterization of mechanically modified starch. *Starch.* 30: 376-378.
- Mohapatra D, Rao PS. 2005. A thin layer drying model of parboiled wheat. *J. Food Eng.* 66: 513-518.
- Multon JL, Bizot H, Savet B. 1980. Cereals for food and beverages. Academic press Inc. NY. USA. pp. 97-101.
- Ondier GO, Siebenmorgen TJ, Mauromoustakos A. 2012. Equilibrium moisture contents of pureline, hybrid, and parboiled rice kernel fractions. *Applied Eng. Agri.* 28: 237-247.
- Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. 2007. Quality and pasting properties traditional Olbyeossal. *Korean J. Food Preserv.* 14: 276-280.
- Priestley RJ. 1975. Studies on parboiled rice: Part 1-Comparison of the characteristics of raw and parboiled rice. *Food Chem.* 1: 5-14.
- Saifullah MH, Dwayne A, Yubin L. 2004. Effect of processing conditions and environmental exposure on the tensile properties of parboiled rice. *Bio. Eng.* 89: 321-330.
- Sajwan KS, Kaplan DI, Mittra 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.
- Sandhya RMR, Bhattacharya KR. 1989. Slurry viscosity as a possible indicator of rice quality. *J. Texture Stud.* 20: 139-149.
- Siebenmorgen TJ, Saleh MI, Bautista RC. 2009. Milled rice fissure formation kinetics. *Transactions of the Asabe* 47: 835-839.
- Song JY, Shin MS. 1998. Solubility patterns and gelatinization properties of waxy rice starches. *J. Appl. Biol. Chem.* 41: 516-521.
- Son JR, Kum JH, Lee MH, Jung JH, Oh MJ. 1996. Chemical properties and fatty acid composition of layers of rice grain. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 497-503.
- Soponronarit S, Nathakaranakule A, Taechapiroj C. 2006. Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique. *J. Food Eng.* 75: 423-432.
- Sujatha SJ, Ahmad R, Bhar Rama P. 2004. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India. *Food Chem.* 86: 211-216.
- Wang YJ, Wang LF, Shephard D, Wang FD, Patindol J. 2002. Properties and structures of flours and starches from whole, broken, and yellowed rice kernels in a model study. *Cereal Chem.* 383-386.
- Welch RM. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant and Soil* 247: 83-90.
- Yang MO, Cho EJ. 1995. The effect of milling on the nutrients of raw and parboiled rices. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11: 51-57.
- Yun Si, Choi WJ, Choi YD, Lee SH, Lee EH, Ro HM. 2003. Distribution of heavy metals in soils of Shihwa tidal freshwater marshes. *Korean J. Eco.* 26: 65-75.