

## 통일형 벼 품종을 이용한 파보일드미의 이화학적 특성

유재수 · 김현순 · 이점호 · 이미자 · 하기용\*

국립식량과학원 벼백류부

### Effects of Parboiling on the Physicochemical Properties of Tongil Type Cultivars

Jae-Soo Yoo, Hyun-Soon Kim, Jeom-Ho Lee, Mi-Ja Lee, and Ki-Yong Ha\*

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

#### Abstract

This study was carried out to investigate the physicochemical properties of parboiled rice using high-yield Tongil type Dasan, Hanareum2, Saegyejinmi and Japonica type Boramchan cultivars. The length and width of rice in all cultivars tend to be shortened in parboiled rice. The milling yield shows that Boramchan scored the highest at 99.7% and the others increased in the range of 2.9~4.6% after parboiling. The range of hardness in the raw milled rice showed that the Tongil type was higher with a 223-245N range than the Japonica type Boramchan. An increase in the storage capabilities is expected in the all cultivars after parboiling with 1.7~1.9 times their hardness. The Tongil type shows a lower tendency in the solid content than the Japonica type and was reduced by 33 to 37% after parboiling. The reducing sugar content shows an increase in all cultivars after parboiling and also resulted in the negative correlation in colorimetric values. In solubility and swelling power, raw milled rice scored higher in the high temperature (75°C) than in normal temperatures (25°C) and parboiled rice showed decreased solubility and the increased swelling power in the higher temperature (75°C). It is expected to increase production value by producing processed products with less nutritional loss and better shape preservation.

**Key words:** parboiled rice, Tongil type, Japonica type, reducing sugar content, swelling power

## 서 론

산업사회 구조가 다양화·전문화되고 여성들의 사회·경제활동 참여가 늘어나면서 식생활의 형태는 편리하고 간편해졌으며, 가공식품 사용이 점차 증가되어가고 있다. 이러한 소비형태에 발맞추어 영양 및 기능성이 강화된 쌀가공품 소재 개발이 요구되어진다.

파보일드미는 벼를 침지하여 찌고 건조하여 도정한 가공미로 주로 고온 다습한 기후를 가진 동남아시아 및 열대아프리카 지역 등에서 벼 수확 후 저장용 목적으로 이용되어 왔다(Gariboldi, 1974; Bhattacharya, 2011). 파보일드미는 제조 과정 중 물리·화학적인 변화가 일어나면서 여러 가지 장점들이 수반되는데 침지 시 미강에 있는 영양물질이 이동되고 증자과정을 거치면서 곡립이 완전히 교질화되어 도

정 시 균열미와 췌미가 감소되고 도정수율이 향상되며, 쌀알의 구조는 더 조밀하고 투명해진다(Bhattacharya, 2004; Messia et al., 2012; Prakash et al., 2014). 또한 영양성분이 배유까지 이동되어 성분 중 비타민과 무기염이 증가되며(Bhattacharya, 2004; Messia et al., 2012), 볏씨 내의 아밀라아제 및 리파아제 등 다양한 효소들이 불활성화 됨으로써 저장기간이 연장되고(Elbert et al., 2001; Messia et al., 2012), 조리 시 영양 손실이 적고 조리 후의 밥알의 형태는 원래모양 그대로 유지되어 냉동식품 및 통조림 등 가공제품 제조에 유리하다(Derycke et al., 2005; Messia et al., 2012).

통일형 벼는 1971년 인디카와 자포니카 품종 간 원연교잡에 의해 개발된 품종으로 보급이후 부족했던 식량자급이 완전히 해결되었으며 농가소득 증대에 큰 기여를 해왔다. 그러나 냉해에 약하고 아밀로오스와 단백질 함량이 높아 자포니카형보다 미질 및 밥맛이 떨어진다는 이유로 생산이 점점 감소되었고, 자포니카 일반형 품종으로 점차 교체되기 시작되었으며(Choi, 2002), 1990년 후반부터는 고품질 품종 연구에 집중하게 되었다(Cho et al., 2012a; Cho et al., 2012b). 최근에는 기후변화에 따른 쌀 생산량 감소 및

\*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 June 30, 2014; revised August 25, 2014; accepted August 28, 2014

쌀가공품 제조에 따른 원료곡의 경쟁력 향상을 위하여 다수성인 통일형 품종이 다시 조명을 받게 되었다.

본 연구에서는 농촌진흥청에서 육성된 다수성 통일형과 자포니카형 벼 품종을 이용하여 파보일드미 제조 후 이화학적 특성을 비교 검토함으로써 파보일드미 이용 확대를 위한 기초자료로 활용하고자 실험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 시험재료

공시재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 다수성 통일형 품종인 다산(Dasan), 세계진미(Saegyejinmi), 한아름2 호(Hanareum2)와 초다수 자포니카 품종인 보람찬(Boramchan)벼 4 품종이 사용되었다. 실험에 사용한 원료미(milled rice; un-parboiled rice)는 백미로서 파보일드미의 대조구로 이용되었다.

#### 파보일드미 제조

볍씨를 여러 번 씻어 65°C의 물(볍씨의 1.5 배)에 수분함량 30%가 될 때까지 침지하여 찜솥에 60 분 동안 증자한 후, 40°C가 유지되는 건조기(Model SW-90D, Sangwoo Sci. Co. Ltd., Korea)에 쌀의 임계 수분함량인 12~14%가 될 때까지 건조하였다. 제조된 파보일드미는 저온저장고(2~5°C)에 보관하였고, 분석용 가루는 분쇄기(HMF-1100, Hanil Electric. Co. Ltd., Korea)에 분쇄 후 100 mesh 체로 쳐서 사용하였다.

#### 형태적 특성 조사

쌀의 외관상 품위는 쌀품위 분석기(Model RN-300, Kett Co. Ltd., Japan)를 사용하여 완전미(head rice), 썩미(broken rice), 균열미(cracked rice)를 분리하여 백분율로 환산하였다. 품종별 도정미의 길이와 폭은 Caliper로 20 개씩 측정하여 평균값으로 나타내었다.

#### 취반 후 고형분 함량

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

#### 경도 측정

쌀알의 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, Probe는 지름이 5 mm인 원통형 P/10이 사용되었다.

#### 환원당 함량

쌀가루 5 g을 100 mL 용량플라스크에 넣고 정용하여 1 시간 동안 교반한 후 희석된 용액 1 mL을 시험관에 취하고 Dinitrosalicylic acid(DNS) 시약 1 mL을 가하여 잘 섞은 후 100°C 물에서 10분간 중탕하였다. 상온에서 충분히 식힌 후 증류수 3 mL을 넣고 540 nm에서 흡광도를 측정하였고, 함량은 표준곡선식에 대입하여 구하였다.

#### 색도

원료미와 파보일드미의 색도는 색차계를 이용하였다(Model JS555, Color Techno System Co. Ltd., Japan). 기기의 측정경에 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.

#### 팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도는 Schoch & Leach의 방법(Schoch & Leach, 1964)을 변형하여 측정하였다. 쌀가루 0.5 g에 증류수 30 mL을 넣고 각각의 온도에서 30분간 가열 후 3,500 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 침전된 무게와 항량된 용기에 분리된 상징액을 부어 105°C에서 건조한 무게로부터 다음 식을 이용하여 용해도를 계산하고 이로부터 팽윤력을 계산 하였다.

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

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

#### 통계처리

각 시료간 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.

### 결과 및 고찰

#### 정미 특성 비교

쌀의 외형 특성인 쌀알의 크기와 형태는 쌀의 품질평가에 이용되어지며, 분류기준은 다음과 같다(Son et al., 2002). 쌀알의 크기는 장경을 측정했을 경우 초장립종(extra long)은 7.5 이상, 장립종(long)은 6.6~7.5, 중립종(media)은 5.5~6.6, 단립종(short)은 5.5 mm 이하로 구분되며, 쌀알의 형태는 장경과 단경의 비율(입장/입폭)로 표시되는데 세장

**Table 1. Effect of parboiling on the dimensions of Tongil rice cultivars.**

Unit : (mm)

Varieties	<sup>1)</sup> Milled rice			Parboiled rice		
	Length	Width	L/W ratio	Length	Width	L/W ratio
Dasan	5.9±0.20 <sup>a</sup>	2.6±0.11 <sup>a</sup>	2.30 <sup>a</sup>	5.6±0.21 <sup>a</sup>	2.5±0.07 <sup>a</sup>	2.24 <sup>a</sup>
Saegyejinmi	5.8±0.30 <sup>a</sup>	2.6±0.18 <sup>a</sup>	2.23 <sup>a</sup>	5.5±0.23 <sup>a</sup>	2.5±0.09 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>
Hanareum2	5.6±0.23 <sup>a</sup>	2.5±0.09 <sup>a</sup>	2.24 <sup>a</sup>	5.3±0.13 <sup>a</sup>	2.4±0.03 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>
Boramchan	4.9±0.11 <sup>b</sup>	3.1±0.06 <sup>a</sup>	1.60 <sup>b</sup>	4.8±0.00 <sup>b</sup>	2.83±0.03 <sup>a</sup>	1.57 <sup>b</sup>

The values indicate the mean±SD of triplicate

<sup>a,b</sup>Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ )<sup>1)</sup>un-parboiled rice

형(slender)은 3.0, 중원형(media)은 2.1~3.0, 단원형(bold)은 1.1~2.0, 원형(round)은 1.0 이하로 분류 된다. 이 기준에 의하면 우리나라 품종의 쌀알의 크기와 형태는 통일형이 각각 중립종, 중원형이며, 자포니카형은 단립종, 단원형에 속한다.

통일형 다수성 벼 품종인 다산, 세계진미 및 한아름2 호와 자포니카 초다수성 품종인 보람찬 벼를 파보일링 한 후 미립의 형태를 비교한 실험결과는 Table 1과 같다. 통일형과 자포니카형의 쌀알의 크기는 각각 5.6~5.9, 4.9 mm로 자포니카형 보다 통일형이 길었고, 중립종, 단립종에 속하였으며, 쌀알의 형태는 장폭비가 각각 2.23~2.30, 1.60으로 중원형과 단원형이었다. 파보일드미의 장폭비는 두 형태 모두 약간 감소하는 경향으로 파보일링 과정 중 배아 끝부분이 둥글게 마모되고 배유부분이 단단하게 밀착되었기 때문이며 가열시간이 길어질수록 감소된다(Bhattacharya, 2004).

벼 품종간 원료미와 파보일드미 도정 후 정미특성 비교는 Table 2와 같다. 완전미율은 원료미의 경우 보람찬벼가 95.8%로 가장 높고 통일형은 다산, 세계진미 및 한아름2 호가 90.6~92.0%로 자포니카 형보다 낮았으며, 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 또한 파보일드미의 경우 품종 중 보람찬벼가 99.8%로 가장 높았고, 원료미와 비교 시 모든 품종에서 2.9~4.6% 증가되었다. 이상의 결과로부터 파보일드미의 도정수율은 파보일링 과정 중 열처리에 의한 완전호화로 균열미와 쉐미가 적어지기 때문에 향상되고, 증자시 열처리 정도와 건조 시 임계수분함량에 영향을 받는다

(Saifullah et al., 2004; Buggenhout et al., 2013; Nasirahmadi et al., 2014).

#### 경도 및 고형분 함량 비교

공시된 품종들의 원료미와 파보일드미의 경도 및 고형분 함량 측정결과는 Table 3과 같다. 경도는 원료미의 경우 통일형이 223~245 N 범위로 자포니카형인 보람찬보다 높았고, 파보일드미의 경우 품종 중 다산벼가 454 N로 가장 높았고 한아름2 호 > 세계진미 > 보람찬 순으로 파보일링 후 모든 품종에서 1.7~1.9 배 높아졌으며, 아밀로오스와 단백질 함량이 높은 통일형 품종이 자포니카형 보다 높았다. 파보일드미의 경도는 파보일링 과정 중 전분이 교질화되어 배유조직이 치밀해지고, 쌀알곡 내에 존재하는 아밀로오스, 지질 및 단백질 등이 복합체를 형성함으로써 증가되며, 열처리의 심도에 비례된다(Saifullah et al., 2004; Derycke et al., 2005). 따라서 파보일드미 저장 시 원료미보다 대기 중의 수분흡수가 느리고, 해충의 가해가 적어져 저장성 향상이 기대된다(Juliano & Bechtel, 1985; Elaine, 2004; Sujatha et al., 2004).

조리후의 취반수에 유출된 고형분 함량은 원료미의 경우 4.2~5.6% 범위로 통일형이 자포니카 형보다 낮은 경향으로 세계진미 > 다산 > 한아름2 호 순이었으며, 파보일링 후 33~37% 감소되었고 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 파보일드미의 고형분 함량은 열처리 시간이 길어질수록 감소되며, 원료미보다 낮아지는데 파보일링 중 호화과정을 거

**Table 2. Effect of parboiling on the milling yield of Tongil rice cultivars.**

Unit : (%)

Varieties	<sup>1)</sup> Milled rice			Parboiled rice		
	Head rice	Broken rice	Cracked rice	Head rice	Broken rice	Cracked rice
Dasan	<sup>z</sup> 90.6±1.70 <sup>b</sup>	4.7±0.10 <sup>a</sup>	4.7±0.15 <sup>a</sup>	<sup>y</sup> 94.6±2.40 <sup>ab</sup>	2.4±0.04 <sup>a</sup>	3.0±0.26 <sup>a</sup>
Saegyejinmi	<sup>z</sup> 91.1±1.04 <sup>b</sup>	4.9±0.21 <sup>a</sup>	4.0±0.81 <sup>a</sup>	<sup>y</sup> 93.8±2.07 <sup>ab</sup>	2.4±0.10 <sup>a</sup>	3.8±0.23 <sup>a</sup>
Hanareum2	<sup>z</sup> 92.0±1.20 <sup>b</sup>	5.0±0.20 <sup>a</sup>	3.0±0.29 <sup>b</sup>	<sup>x</sup> 96.4±0.85 <sup>a</sup>	1.4±0.03 <sup>ab</sup>	2.2±0.15 <sup>ab</sup>
Boramchan	<sup>z</sup> 95.8±0.30 <sup>a</sup>	4.1±0.23 <sup>a</sup>	0.1±0.01 <sup>c</sup>	<sup>w</sup> 99.7±0.27 <sup>a</sup>	0.2±0.01 <sup>c</sup>	0.1±0.00 <sup>c</sup>

The values indicate the mean±SD of triplicate

Numericals having same shoulder letters are not significantly different ( $p < 0.05$ )<sup>a, b and c</sup> mean Duncan's multiple range test for the varieties<sup>w, x, y and z</sup> mean Duncan's multiple range test for milled and parboiled rice<sup>1)</sup>un-parboiled rice

**Table 3. Effect of parboiling on the hardness and solid content of boiled rice of Tongil rice cultivars.**

Varieties	<sup>1)</sup> Milled rice		Parboiled rice	
	Hardness (N)	Solid content (%)	Hardness (N)	Solid content (%)
Dasan	<sup>y</sup> 245±57 <sup>a</sup>	<sup>x</sup> 4.6±0.09 <sup>b</sup>	<sup>w</sup> 454±23 <sup>a</sup>	<sup>z</sup> 2.9±0.49 <sup>b</sup>
Saegyejinmi	<sup>y</sup> 223±21 <sup>a</sup>	<sup>w</sup> 5.0±0.16 <sup>ab</sup>	<sup>x</sup> 372±28 <sup>ab</sup>	<sup>yz</sup> 3.2±0.05 <sup>ab</sup>
Hanareum2	<sup>y</sup> 241±41 <sup>a</sup>	<sup>x</sup> 4.2±0.21 <sup>b</sup>	<sup>w</sup> 451±53 <sup>a</sup>	<sup>z</sup> 2.8±0.10 <sup>b</sup>
Boramchan	<sup>z</sup> 184±23 <sup>b</sup>	<sup>w</sup> 5.6±1.08 <sup>a</sup>	<sup>x</sup> 348±18 <sup>b</sup>	<sup>y</sup> 3.6±0.26 <sup>a</sup>

The values indicate the mean±SD of triplicate  
 Numericals having same shoulder letters are not significantly different ( $p < 0.05$ )  
 \*a, b and c mean Duncan's multiple range test for the varieties  
 \*w, x, y and z mean Duncan's multiple range test for milled and parboiled rice  
<sup>1)</sup>un-parboiled rice

치면서 쌀알 내의 전분입자와 단백질간의 응집력이 커짐으로써 조리 시 조리수에 전분과 단백질 용출이 적어지기 때문이다(Priestley, 1975; Juliano et al., 1981; Sujatha et al., 2004). 또한 자포니카형 보다 통일형 품종에서 낮은 경향은 아밀로오스와 단백질 함량 때문으로 판단된다(Saifullah et al., 2004; Derycke et al., 2005).

따라서 파보일드미를 이용한 가공제품은 가공 시 영양분 손실이 적고, 밥알이 달라붙지 않아 제품형태 유지에 유리할 것으로 판단된다(Priestley, 1975; Derycke et al., 2005; Messia et al., 2012).

**환원당 및 색도 비교**

환원당은 설탕을 제외한 대부분 단당류와 이당류가 이에 속하며 식품의 맛과 갈변에 영향을 미친다(Weenen, 1998; Borrelli et al., 2003). 공시된 품종들의 원료미와 파보일드미의 환원당 함량 분석결과는 Table 4와 같다. 환원당 함량은 원료미의 경우 통일형이 3.5~4.9%로 자포니카형인 보람찬 보다 높았으며, 파보일링 후 자포니카형은 1.8 배, 통일형은 2.1~3.3 배 증가되었다. 파보일링 후의 환원당 함량 증가는 파보일링 과정 중 침지 시 아밀라아제 및 리파제 등의 효소작용 때문으로 판단되어지며, 침지와 증자 시 시간이 길어질수록 함량이 증가된다(Yang & Cho, 1995; Prakash et al., 2014).

색깔은 식품의 기호와 관련된 요인 중의 하나로 상품적

가치는 물론 식품의 변질 및 신선상태 등을 관정하는 데 중요한 기준이 된다. 품종들의 원료미와 색도 측정 결과는 Table 4와 같다. 색도 중 밝은 정도를 나타내는 명도는 원료미와 파보일드미의 경우 품종 중 각각 보람찬이 가장 높고 세계진미 > 한아름2 호 > 다산 순이었으며, 파보일링 후 모든 품종에서 L(Lightness)값이 낮고, a, b 값이 높아져 어두워짐을 알 수 있었다. 이러한 파보일드미의 변색은 벼 침지 시 미강에 들어있는 지방질이 산화되거나, 가열 처리 시 열에 의한 환원당과 아미노산 결합으로 배유까지 흡수·확산되기 때문이며(Ail & Bhattacharya, 1980; Lambert, 2006; Lambert, 2008), 침지 시의 온도, 시간, 열처리 정도 및 제조 공정 등에 영향을 받는다(Pillaiyar & Mohandoss, 1981; Elbert et al., 2001; Islam et al., 2004; Sareepuang et al., 2008; Dutta & Mahanta, 2012). 파보일링후의 어두워진 파보일드미는 침지 시 물의 pH조절, 아황산 수소염(bisulfite) 첨가 및 건조 시 알곡의 수분함량을 조절함으로써 억제될 수 있다(Jayanarayanan, 1964; Nasirahmadi et al., 2014).

**용해도 및 팽윤력 비교**

전분입자는 부분적으로 결정형 고분자를 가지고 있어 수분과 열을 가하게되면 결정구조와 아밀로오스의 배열 등이 달라지게 되며, 전분입자의 중심에서부터 무정형 부분이 밀집하게 됨으로써 구조적으로 안정상태가 유지된다(Kulp

**Table 4. Effect of parboiling on the reducing sugar and color value of Tongil rice cultivars.**

Varieties	<sup>1)</sup> Milled rice				Parboiled rice			
	Reducing sugar (%)	L	a	b	Reducing sugar (%)	L	a	b
Dasan	<sup>yz</sup> 4.88±0.11 <sup>a</sup>	71.05±0.79	-1.47±0.01	16.66±0.07	<sup>x</sup> 10.37±0.13 <sup>a</sup>	54.39±0.69	1.66±0.23	35.56±0.82
Saegyejinmi	<sup>z</sup> 3.53±0.38 <sup>b</sup>	79.62±0.62	-1.47±0.15	15.95±0.05	<sup>y</sup> 9.19±0.08 <sup>b</sup>	56.80±0.54	2.17±0.31	36.24±0.61
Hanareum2	<sup>z</sup> 4.15±0.44 <sup>a</sup>	72.41±0.27	-1.17±0.02	15.57±0.09	<sup>w</sup> 13.81±0.06 <sup>a</sup>	54.63±0.28	2.82±0.23	36.58±1.01
Boramchan	<sup>z</sup> 3.27±0.12 <sup>b</sup>	89.88±0.59	1.68±0.01	7.23±0.02	<sup>y</sup> 5.82±0.04 <sup>c</sup>	87.06±0.15	3.33±0.21	12.78±0.09

The values indicate the mean±SD of triplicate  
 Numericals having same shoulder letters are not significantly different ( $p < 0.05$ )  
 \*a, b and c mean Duncan's multiple range test for the varieties  
 \*w, x, y and z mean Duncan's multiple range test for milled and parboiled rice  
<sup>1)</sup>un-parboiled rice

**Table 5. Comparison of solubility and swelling power milled rice and parboiled rice with various varieties at 25 and 75°C.**

Temperature (°C)	Properties		Solubilities (%)	Swelling power (%)
	Varieties			
25	Dasan (A)		<sup>z</sup> 1.8±0.01 <sup>ab, E</sup>	<sup>z</sup> 2.7±0.01 <sup>ab, F</sup>
	(B)		<sup>x</sup> 4.9±0.03 <sup>b, B</sup>	<sup>y</sup> 5.3±0.02 <sup>b, E</sup>
	Saegyejinmi (A)		<sup>y</sup> 2.3±0.02 <sup>a, D</sup>	<sup>z</sup> 2.8±0.01 <sup>ab, F</sup>
	(B)		<sup>x</sup> 4.7±0.02 <sup>b, B</sup>	<sup>y</sup> 5.0±0.03 <sup>b, E</sup>
	Hanareum2 (A)		<sup>z</sup> 1.7±0.01 <sup>ab, E</sup>	<sup>z</sup> 2.9±0.01 <sup>ab, F</sup>
	(B)		<sup>x</sup> 4.9±0.02 <sup>b, B</sup>	<sup>x</sup> 6.3±0.03 <sup>ab, D</sup>
	Boramchan (A)		<sup>y</sup> 2.6±0.01 <sup>a, D</sup>	<sup>z</sup> 3.3±0.01 <sup>a, F</sup>
	(B)		<sup>w</sup> 5.6±0.01 <sup>a, A</sup>	<sup>x</sup> 6.6±0.03 <sup>a, D</sup>
75	Dasan (A)		<sup>xy</sup> 3.6±0.03 <sup>b, C</sup>	<sup>w</sup> 7.7±0.02 <sup>ab, C</sup>
	(B)		<sup>x</sup> 4.2±0.01 <sup>b, B</sup>	<sup>v</sup> 8.4±0.03 <sup>ab, BC</sup>
	Saegyejinmi (A)		<sup>xy</sup> 3.3±0.04 <sup>b, C</sup>	<sup>vw</sup> 8.1±0.01 <sup>a, BC</sup>
	(B)		<sup>x</sup> 4.3±0.01 <sup>b, B</sup>	<sup>v</sup> 8.7±0.03 <sup>ab, B</sup>
	Hanareum2 (A)		<sup>y</sup> 2.8±0.01 <sup>bc, D</sup>	<sup>v</sup> 8.0±0.01 <sup>a, BC</sup>
	(B)		<sup>x</sup> 4.5±0.01 <sup>b, B</sup>	<sup>v</sup> 8.7±0.04 <sup>ab, B</sup>
	Boramchan (A)		<sup>x</sup> 4.0±0.02 <sup>a, B</sup>	<sup>v</sup> 8.6±0.01 <sup>a, B</sup>
	(B)		<sup>w</sup> 5.0±0.01 <sup>a, A</sup>	<sup>u</sup> 9.9±0.02 <sup>a, A</sup>

The values indicate the mean±SD of triplicate

Numericals having same shoulder letters are not significantly different ( $p < 0.05$ )

\*a and b mean Duncan's multiple range test for the varieties

\*u, v, w, x, y and z mean Duncan's multiple range test for milled and parboiled rice

\*A, B, C, D and E mean for Duncan's multiple range test for temperature.

<sup>l</sup>un-parboiled rice

& Lorenz, 1981; Donovan et al., 1983; Lee & Shin, 2006). 이러한 안정 정도는 입자내의 결합력 및 결정화 정도와 관계가 있으며 가공적성 등에 영향을 미치게 된다.

용해도와 팽윤력은 전분 입자내의 결합강도를 예측하고 (Teste & Karkalas, 1996), 전분입자의 결정영역과 전분사슬의 무정형간의 상호작용 정도 평가에 이용되어지는데 전분의 아밀로오스-지질 복합체, 입자내 네트워크 결합 강도, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율 및 전분 분자간의 회합 정도 등에 영향을 받는다(Wong & Lelievre, 1982; Derycke et al., 2005; Huang et al., 2007; Han et al., 2007; Kim et al., 2012).

품종별 원료미와 파보일드미를 분말화한 후 각각 25(상온)와 75°C(호화온도 이상)가 유지되는 항온수조에 30분간 가열 후 용해도 및 팽윤력을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 25°C에서 용해도는 원료미의 경우 1.7~2.6% 범위로 자포니카형인 보람찬 품종이 통일형 보다 높았고, 파보일드미의 경우 모든 품종에서 원료미보다 2.0~2.9 배 증가되었으며, 품종 중 보람찬이 가장 높았다(Derycke et al., 2005). 25°C에서 팽윤력은 원료미의 경우 자포니카형인 보람찬이 3.3%로 가장 높고 통일형 품종은 2.7~2.9% 범위로 품종 간 유의적인 차이는 없었으며, 파보일링 후 원료미보다 1.8~2.2 배 향상되었다. 이상의 결과로부터 파보일링 후 자포니카 품종이 통일형보다 용해도 및 팽윤력이 높은 경

향을 나타냈는데 통일형의 경우 자포니카형보다 아밀로오스와 단백질함량이 높기 때문에 판단된다(Derycke et al., 2005). 75°C에서 원료미의 용해도는 품종 중 자포니카형인 보람찬이 4.0%로 가장 높고 통일형 품종은 2.8~3.6% 범위로 품종 간 유의적인 차이는 없었고, 25°C에서보다 1.4~2.0 배 증가되어 전분을 호화온도 이상으로 가열하면 수용성 성분들의 용출이 쉬워졌기 때문에 판단된다(Lee et al., 2004). 파보일드미의 용해도는 4.2~5.0% 범위로 25°C에서의 용해도보다 8.4~14% 감소되어 호화온도 이상으로 가열처리를 할 경우 전분이 재회합됨으로써 용해도가 감소되기 때문이며(Priestley, 1975; Biliaderis et al., 1993), 찰벼품종을 이용한 파보일드미의 결과와 유사한 경향을 나타냈다(Yoo et al., 2013). 75°C에서의 팽윤력은 원료미의 경우 7.7~8.6% 범위로 25°C에서 보다 약 2.6~2.9 배 증가되었고, 파보일드미의 경우 8.4~9.9% 범위로 품종간 유의적인 차이는 없었으며 원료미보다 약 1.1 배, 25°C보다 약 1.4~1.7 배 증가되었다. 파보일링 후 증가된 팽윤력은 증자 과정을 거치면서 전분 결정구조의 일부가 호화되고 호화과정 중에 새로운 수소결합이 형성됨으로써 물분자의 유입이 더 쉬워졌기 때문이다(Derycke et al., 2005; Huang et al., 2007). 또한 이전 연구결과인 찰벼 품종을 이용한 파보일드미의 팽윤력은 약 9.7~11.7% 범위로 메벼와 비교 시 약 1.4 배 감소되어 아밀로오스 함량과 상관관계가 있는 것으로 판단되어진다(Hermansson & Svegmarm, 1996; Fredriksson et al., 1997). 즉, 찰쌀전분은 대부분 아밀로펙틴으로 구성되어 있어 분자구조가 균데균데 가지를 친 그물모양을 이루고 있어 팽윤이 쉬운 반면, 상대적으로 아밀로오스 함량이 높은 메벼 전분은 나선상의 직선구조를 이루고 있어 수분 흡수가 느리고 어렵기 때문이다. 이상의 결과로부터 높은 온도(75°C)에서 용해도가 감소되고 팽윤력이 증가되는 파보일드미는 식품 조리 시 영양분 손실이 적고, 쌀을 이용한 퓨전요리 등의 각종 가공제품 제조 시 쌀알이 달라붙지 않고 형태 유지가 지속되어 상품가치를 높일 수 있다고 판단된다.

## 요 약

다수성 통일형 및 자포니카형 벼 품종을 이용하여 파보일드미 제조 후 이화학적 특성을 비교 연구함으로써 파보일드미 이용 확대를 위한 기초자료로 활용하고자 실험을 수행하였다. 모든 품종들의 쌀알의 길이와 폭은 원료미보다 파보일드미에서 짧아지는 경향을 나타냈고, 도정수율은 원료미의 경우 보람찬벼가 95.8%로 가장 높고 파보일링 후 모든 품종에서 2.9~4.6% 범위로 증가되었다. 경도는 원료미의 경우 통일형이 223~245 N 범위로 자포니카인 보람찬 보다 높았고, 파보일링 후 모든 품종에서 1.7~1.9 배 증가되어 저장성 향상이 기대된다. 고형분 함량은 자포니카형 보다 통일형 품종에서 낮았고, 파보일링 후 33~37% 감

소되었으며, 환원당 함량은 파보일링 후 모든 품종에서 증가되었고 색도와 부의 상관을 나타냈다. 용해도와 팽윤력은 원료미의 경우 상온(25°C)보다 75°C에서 모두 높았고, 파보일드미의 경우 높은 온도(75°C)에서 각각 감소 및 증가되어 가열을 이용한 가공제품 제조 시 영양분 손실이 적고, 형태유지가 지속되어 상품가치를 높일 수 있다고 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 2014년도 농림수산식품 기술기획평가원의 지원사업(세부과제명: 파보일드라이스 제조 및 이용성 증대 기술개발, 세부과제번호: PJ009116)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## References

- Ail SZ, Bhattacharya KR. 1980. Change in sugars and amino acids during parboiling of rice. *J. Food Biochem.* 29: 169-179.
- Anthoni RS, Sinfaravadivel K. 1980. Influence of soaking and steaming on the loss of simpler constituents in paddy. *J. Food Sci. Technol.* 17: 141-145.
- Billiaderis CG, Tonogai JR, Perez CM, Juliano BO. 1993. Thermophysical properties of milled rice starch as influenced by variety and parboiling method. *Cereal Chem.* 70: 512-516.
- Bhattacharya KR. 2004. Parboiling of rice. In: Champagne, E.T.(Ed.), *Rice Chem. Technol.* American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnsota, USA, pp. 329-404.
- Bhattacharya KR. 2011. *Rice quality*, first ed. Woodhead publishing Limited, Cambridge, UK
- Borrelli RC, Mennella C, Barba F, Russo GL, Krome KH, Erbersdobler F, Fais Q, Fogliano V. 2003. Characterization of coloured compounds obtained by enzymatic extraction of bakery products. *Food Chem. Toxicol.* 41: 1367-1374.
- Buggenhout J, Brihs K, Celus I, Delcour JA. 2013. The breakage susceptibility of raw and parboiled rice: A review. 2013. *J. Food Eng.* 117 : 304-315.
- 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.
- Cho JH, Lee JY, Yea US, Park NB. 2012a. 'Hanareum2' : mid-maturing, multiple disease resistance, and high yielding tongil type rice cultivar. *Kor. J. Breed. Sci.* 44: 205-209.
- Cho JH, Park NB, Song YC, Yea US. 2012b. 'Saegyejinmi' : Multiple disease resistance and mid-late maturing tongil type rice cultivar. *Kor. J. Breed. Sci.* 44: 611-616.
- Derycke V, Vandeputte GE, Vermeylen R, DE MW, Goderis B, Koch MHJ, Delcour JA. 2005. Starch gelatinization and amylose-lipid interactions during rice parboiling investigated by temperature resolved wide angle X-ray scattering and differential scanning calorimetry. *J. Cereal Sci.* 42: 334-343.
- Donvan JW, Lorenz K, Kulp K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.* 60: 381-387.
- Dutta H, Mahanta CL. 2012. Effect of hydrothermal treatment varying in time and pressure on the properties o parboiled rices with different amylose content. *Food Res. Int.* 49: 655-663.
- Elaine T. 2004. *Rice: Chemistry and technology.* American Assoc. Cer. Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- 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.
- Fredriksson H, Silverio J, Andersson R, Eliasson AC, Aman P. 1997. *Carbohyd. Poly.* 35: 119-134.,
- Gariboldi F. 1974. *Rice parboiling.* FAO Agricultural development.
- Han MR, Chang MJ, Kim MH. 2007. Investigation of physical property change in modified rice starch by ultra fine pulverization. *J. Cereal Sci.* 24: 291-297.
- Hermansson AM, Svegmarm K. 1996. Development in the understanding of starch functionality. *Trends Food Sci. Technol.*, 7: 345-353.
- Huang J, Henk A, Jeroen JG, Zeroen JG, Ellen S, Alphons GJV. 2007. Physicochemical properties and amylopectin chain profiles of cowpea, chickpea and yellow pea starches. *Food Chem.* 101: 1338-1345.
- Islam MR, Shimizu N, Kimura T. 2004. Energy requirement in parboiling and its relationship to some important quality indicators. *J. Food Eng.* 63: 433-439.
- Jayanarayanan EK. 1964. Effect of opening conditions on the browning of parboiled rice. *J. Agr. Food Chem.* 4: 129-137.
- Juliano BO, Perez CM, Barber S, Baliency AB, Iwasaki T, Shibuya N, Keneaster KK, Chung S, Laignelet B, Launay B, Del Mundo AM, Suzuki H, Shiki J, Tsuji S, Yoioyama J, Tatum K, Webb DD. 1981. International cooperative comparison of instrument methods for cooked rice texture. *J. Texture Stud.* 12: 17-38.
- Juliano BO, Bechtel DB. 1985. The rice grain and its gross composition. In: Juliano BO(Ed.), *Rice Chem. Technol.* second ed. St Paul, MI, USA. pp 17-57.
- Kim JM, Yu MY, Shin MS. 2012. Effect of mixing whit and germinated brown rice on the physicochemical properties of extruded rice flours. *Kor. J. Food Cookery Sci.* 28: 813-820.
- Kulp K, Lorenz K. 1981. Heat-moisture treatment of starches physicochemical properties. *Cereal Chem.* 58: 46-52.
- Kurien PP, Radhakrishna MR, Desikachar HSR, Subrahmanyam V. 1964. Effect of parboiling on the swelling quality of rice. *Cereal Chem.* 41: 16-22.
- Lambert L. 2006. Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. *J. Agr. Food Chem.* 54: 9924-9929.
- Lambert L. 2008. Impact of parboiling conditions on maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. *Food Chem.* 110: 916-922.
- Lee MK, Kim JO, Shin MS. 2004. Properties of non-waxy rice flours with different soaking time and particle sizes. *Korean. J. Food Sci. Technol.* 36: 268-275.
- Lee MK, Shin MS. 2006. Characteristics of flours prepared by moisture-heat treatment. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22: 147-157.
- Messia MC, Iafelice G, Marconi E. 2012. Effect of parboiling on physical and chemical characteristics and non-enzymatic browning of emmer. *J. Cereal Sci.* 56: 147-152.
- Nasirahmadi A, Emadi B, Abbaspour Fard MH, Aghagolzade H.

2014. Influence of moisture content, variety and parboiling in milling quality of rice grains. *Rice Sci.* 21: 116-122.
- Pillaiyar P, Mohandoss R. 1981. Hardness and color in parboiled rices produced at low and high temperatures. *J. Food Sci. Technol.* 18: 7-9.
- Prakash O, Rachelle W, Benu A, Peter T. 2014. Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *J. Food Eng.* 124: 173-183.
- 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. *Biosyst. Eng.* 89: 321-330.
- Sareepuang K, Siriamornpun S, Wiset L, Meeso N. 2008. Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice. *World J. Agri. Sci.* 4: 409-415.
- Schoch TJ, Leach W. 1964. *Whole starches and modified starches.* Academic Press, New York, NY. p 106-108.
- Son JR, Kim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP. 2002. Trend and Further research of rice quality evaluation. 2002. *Kor. J. Crop. Sci.* 47: 33-54.
- Sujatha SJ, Ahmad R, Rama Bhat 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.
- Tester RF, Karkalas J. 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chem.* 73: 271-273.
- Weenen H. 1998. Reactive intermediates and carbohydrate fragmentation in Maillard chemistry. *Food Chem.* 62: 393-401.
- Wong RBK, Lelievre J. 1982. Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch. Cereal Chem.* 35: 534-540.
- 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.
- Yoo JS, Lee MJ, Park HS, Cho YC, Lee JH, Ha KY. 2013. The physical and pasting properties of parboiled rice using glutinous rice cultivars. *Food Eng. Prog.* 17: 388-395.