

제분방법에 따른 품종별 쌀가루의 이화학적 특성 및 소화율

박지영¹ · 이석기¹ · 박혜영¹ · 최혜선¹ · 조동화¹ · 이경하¹ · 한상익² · 조준현² · 오세관^{1,†}

Physicochemical Properties of Rice Flour of Different Cultivars using Wet and Dry Milling Processes

Jiyoung Park¹, Seuk-Ki Lee¹, Hye-Young Park¹, Hye-Sun Choi¹, Dong-Hwa Cho¹, Kyung Ha Lee¹, Sang-Ik Han¹, Jun Hyeon Cho², and Sea-Kwan Oh^{1,†}

ABSTRACT Rice flours from five rice (*Oryza sativa* L.) varieties with different amylose content were prepared by both wet and dry milling processes. The moisture content of wet-milled rice flours (WMR) was approximately three-times higher than that of dry-milled rice flours (DMR). Water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), and swelling power (SP) increased in proportion to temperature. The WAI, WSI and SP values of DMR were higher than those of WMR. Baeokchal (BOC), which is a waxy rice cultivar, had a significantly high WSI value. Pasting properties of DMR, except for the BOC cultivar, resulted in an increase in peak, trough, final, and setback viscosities. The levels of resistant starch in four cultivars, except for Dodamssal (DDS), were under 1%, irrespective of the milling process, whereas the resistant starch contents of DMR and WMR in DDS were 9.18% and 6.27%, respectively. *In vitro* digestibility of WMR was higher than that of DMR, and the estimated glycemic index of the rice flour varieties ranged from 57.6 to 81.3. Damaged starch content of WMR was less than that of DMR; in addition, a negative correlation was observed between the amylose and damaged starch contents of WMR. These results suggest that the properties of rice flour vary depending on the milling method and flour variety, and could be a reference for selecting the appropriate processing method.

Keywords : dry-milling, rice cultivars, rice flour, wet-milling

쌀(*Oryza sativa* L.)은 세계의 3대 작물중의 하나로 세계 인구의 약 34%이상이 주식으로 이용하고 있지만, 지난 수년간 패스트푸드 선호증가 등 식생활 패턴변화로 인하여 밀가루 소비가 늘고 있는 반면 국내 쌀 소비는 지속적으로 감소하고 있는 실정이다(KOSTAT, 2016). 한편, 1인 가정의 증가와 같이 식품트렌드 및 사회적인 변화에 따라 가정식 대체식품(Home Meal Replacement, HMR)등 간편식에 대한 수요가 증가하여 쌀 가공식품의 시장은 성장하고 있다(Korea Rural Economic Institute, 2015). 국내 쌀 가공 산업은 주로 떡류, 주류 시장이 주를 이루고 있으나, 최근 즉석밥류 및 죽류 등 간편식산업이 확대되고 일부 과자류, 음료, 가루식품 및 조미식품류 등으로 개발되어 쌀 가공 제품개발이 다

양해지는 추세를 보이고 있다(Kum, 2010). 이에 따라 가정용 밥쌀용 쌀 소비감소로 인한 밥쌀용 쌀을 가공용으로 이용할 수 있도록 빵, 과자, 케이크 및 국수 등의 가공식품에 쌀을 가루로 제조하여 밀가루의 일부를 쌀가루로 대체하고자 하는 가공이용 연구가 진행되고 있다(Choi *et al.*, 2009).

최근에는 국민들의 삶이 향상되고 건강에 대한 관심도 증대되어 글루텐 프리(Gluten free)인 쌀이 건강식품으로 인식이 제고되었다(Shin *et al.*, 2010). 백미보다 기능성이 높은 현미를 섭취하려고 노력하며, 항산화 활성이 높은 유색미 등 특수미에도 관심이 많이 증대되었다(Park *et al.*, 2016). 이러한 수요에 부응하여 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 수요자 요구에 부응하여 다양한 기능성 특수미

¹국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과 (Crop Post-harvest Technology Research Div. NICS, RDA, Suwon 16616, Korea)

²국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 (Paddy Crop Research Div. NICS, RDA, Miryang 50424, Korea)

[†]Corresponding author: Sea-Kwan Oh; (Phone) +82-31-695-0610; (E-mail) ohskwan@korea.kr

<Received 22 June, 2017; Revised 7 July, 2017; Accepted 13 July, 2017>

품종개발이 이루어지고 있는데, 2013년 고아밀로스 품종으로서 저항전분함량이 높고, 쌀가루가 잘되는 연질인 ‘도담쌀’을 개발한 바 있다. 도담쌀은 저항전분을 함유한 기능성 쌀이다. 저항전분은 식이섬유와 마찬가지로 장내 미생물에 의해 발효되어 대장환경에 유익한 영향을 미친다(Sajilata *et al.*, 2006). 이러한 저항전분의 형성이 구조, 결정, 아밀로스 등과 같은 전분특성 뿐만 아니라 가공·저장 조건이나 분쇄 등과 같은 다양한 처리에 의해서 달라진다고 보고되어 있다(Sajilata *et al.*, 2006).

쌀 가공식품의 원료로 쌀가루를 사용할 때는 쌀을 제분하는 전처리 과정이 필요하다. 제분방법은 일반적으로 습식과 건식으로 나누어 제조할 수 있는데 쌀을 물에 불리는 습식방법이 손상전분의 함량이 낮아서 2차 가공적성에 유리하지만(Chiang *et al.*, 2002), 가공비용이 비싸고 장기유통이 어려운 단점을 가지고 있고, 건식제분은 죽 외에 사용이 어려움이 있다고 보고되었다(Park *et al.*, 1988). 이러한 제분 특성에 따라 비용절감의 장점을 살리고 밀가루처럼 손쉽게 이용하기 위해 최근 농촌진흥청에서 분쇄가 쉽게 잘되는 건식 쌀가루 전용 품종인 ‘한가루’가 개발되어 쌀떡주 등 식품가공적성연구가 수행되기도 하였다(Kim *et al.*, 2017). 또한, 현재까지는 쌀가루 제조에 관한 가공적성 향상연구가 주로 수행되어 왔으며 쌀가루 품질기준설정 연구도 일부 진행되었으나, 쌀 품종의 제분방법에 따른 이화학적 특성 및 소화율 등 전분 기능성 비교에 관련한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 아밀로스 함량이 다른 5가지 쌀 품종별로 건식 및 습식방법에 의해 제조된 쌀가루의 손상전분, 수분 결합능력 등 가공을 위한 식품학적 특성뿐만 아니라 기능성에 관련된 저항전분 및 소화율 등도 조사하였다. 향후 쌀 가공식품의 용도 다양화 및 가공이용 연구를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 시료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 개발된 아밀로스함량과 전분특성이 다른 ‘일품, 백옥찰, 미호, 새고아미 및 도담쌀’ 등 5품종의 쌀가루를 사용하였다. 찰쌀인 ‘백옥찰’은 2009년에 개발되어 보급되었고(Song *et al.*, 2013), 저아밀로스 품종인 ‘미호’는 반찰쌀이며 2016년에 신품종으로 선정되었다. ‘일품’은 고품질 밥쌀용으로 1991년 개발되었고, 고아밀로스 품종인 ‘새고아미와 도담쌀’은 가공용으로써 2011년, 2013년에 개발되었다(RDA, 2011).

본 연구재료는 농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 시험포장에서 2015년에 표준재배법에 의하여 생산되었다(RDA, 2000). 수확한 정조를 건조기에서 40°C 72시간 건조하여 현미를 낸 뒤, 현미 300 g을 90.4%로 중량을 맞추어 시험용 도정기(MC-90A, Toyo, Japan)를 이용하여 백미로 도정하였다. 본 연구에서 건식제분은 곡물분쇄기분쇄기(Cyclotec TM 1093, FOSS Co., Denmark)이용하여 백미를 분쇄하였고, 습식 제분은 2시간동안 백미를 물에 침지한 후에 탈수를 한 후 산업용 분쇄기(롤러기, 신우종합기계)를 이용하여 제분하였다. 모든 시료를 100 mesh 체에 쳐서 쌀가루의 이화학적 특성을 분석하였다.

쌀가루의 수분 흡수 특성

수분정량은 상압건조방법으로(AOAC, 2000) 용기에 쌀가루 1 g을 저울에 정밀하게 달아 105°C로 도달할 때까지 건조하여 수분함량을 측정하였다. 수분흡수지수, 수분용해지수, 팽윤력은 We *et al.* (2011)등의 방법을 이용하여 측정하였다. 각 품종별 쌀가루 시료 1 g에 증류수 30 mL을 혼합하여 수분흡수지수와 수분용해지수는 50, 80°C에서 팽윤력은 50, 60, 70, 80, 90°C에서 150 rpm으로 설정하여 항온 수조에서 30분간 가열해준 후 각 튜브를 25°C로 냉각시켰다. 열처리된 각 쌀가루의 튜브는 7,232 g에서 30분간 원심분리기를 사용하여 상등액과 침전물을 분리하여 각각의 무게를 측정하였다. 건조된 알루미늄 접시무게를 측정 후 상등액의 무게를 측정된 알루미늄 접시에 붙고 105°C에서 완전히 건조될 때까지 5시간 동안 건조 시켰다. 침전물 포함 tube의 무게와 건조된 상등액 무게를 측정하여 수분흡수지수(water absorption index, WAI), 수분용해지수(water solubility index, WSI)를 구하였고, 팽윤력(swelling power, SP)은 아래의 식으로 계산하였으며 3회 반복실험을 수행하였다.

$$\text{Water Absorption Index (WAI)} = \frac{\text{wet sediment weight}}{\text{dry sample weight}}$$

$$\text{Water Solubility Index (WSI, \%)} = \frac{\text{dry supernatant weight}}{\text{dry sample weight}} \times 100$$

$$\text{Swelling Power (SP)} = \frac{\text{wet sediment weight}}{\text{dry sample weight} \times \left(1 - \frac{\text{WSI (\%)}}{100}\right)} \times 100$$

쌀가루의 손상전분 함량

건식 및 습식제분에 따른 품종별 쌀가루의 손상전분 함량 분석은 Megazyme kit을 Megazyme International Ireland Ltd. (Wicklow, Ireland)에서 구입하여 AACC method 79-31에 의해 측정하였다. 쌀가루 100 mg을 칭량하여 전분 가수분해 효소인 α -amylase를 50 U/mL 첨가한 후 40°C, 10분간 반응시킨후 0.2% 황산을 첨가한다. 원심분리를 한 후 상등액에 amyloglucosidase을 첨가하여 40°C 10분간 반응시킨 후 생성된 glucose 함량에 따라 손상전분을 계산하였다.

$$\text{Damaged starch (\%)} = \Delta E \times F/W \times 8.1$$

ΔE : Absorbance

F : 150 (ug of glucose)/A510 of glucose

W : The weight in milligrams of flour

쌀가루의 전분특성

가용성전분, 저항성전분, 총전분 함량은 AOAC 방법에 의한 Megazyme kit을 Megazyme International Ireland Ltd. (Wicklow, Ireland)에서 구입하여 측정하였다(McCleary *et al.*, 2002). 시료 100 mg에 pancreatin α -amylase로 37°C에서 16시간 반응하였고, 침전물에 2 M KOH 용액을 첨가하여 분산 및 용해시켰다. pH 3.8인 1.2 M sodium acetate buffer와 amyloglucosidase을 첨가하여 50°C에서 30분 반응시킨 후 가수분해 된 glucose양에 따라 가용성 전분과 저항전분을 각각 환산하여 구하였다. 총 전분 함량은 가용성 전분과 저항전분 함량의 값을 합하여 계산하였다.

Resistant Starch (g/100 g sample)

$$= \Delta E \times F \times 10.3/0.1 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$

$$= \Delta E \times F/W \times 9.27.$$

Non-Resistant (Solubilised) Starch (g/100 g sample):

$$= \Delta E \times F \times 100/0.1 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$

$$= \Delta E \times F/W \times 90.$$

ΔE = absorbance

F = 100 (μ g of D-glucose) divided by the GOPOD absorbance for this 100 μ g of D-glucose

W = the weight in milligrams of flour

Total Starch = Resistant Starch + Non-Resistant Starch.

신속점도분석기(RVA)에 의한 호화 특성

건식 및 습식제분 쌀가루 5품종의 호화특성은 AACC 방법(American Association of Cereal Chemists, 2000)에 따

라 신속점도측정기(Rapid Viscosity Analyzer, Model RVA-4, Newport Scientific Pty, Ltd, Warriewood, Australia)를 이용하여 백미 쌀가루 3 g에 증류수 25 mL을 첨가하여 측정하였다. 시료 3 g을 25의 증류수에 분산시켜 처음 1분간은 50°C로 유지시킨 후, 95°C로 12°C/min의 가열속도로 가열하고 95°C에서 2분 30초간 유지시킨 후 다시 50°C로 12°C/min의 속도로 냉각시켜 2분간 유지시키면서 점도를 측정하였다. RVA viscogram으로부터 최고(peak), 최저(trough), 최종(final), 강하(break down), 치반(setback)점도, 호화시간(peak time) 및 호화온도(pasting temp)를 산출하였으며, 호화점도 단위는 Rapid Viscosity Unit (RVU)로 표시하였다.

전분 소화율 및 혈당지수

In vitro 소화율은 Englyst *et al.* (1992)의 방법을 수정하여 분석하였다. porcine pancreatic α -amylase (P7545, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 증류수에 분산시키고, 3,000 rpm, 10분간 원심분리 한 후 상등액을 분리하여 0.3 mL amyloglucosidase (A9913, Sigma-Aldrich)를 첨가하여 혼합효소를 만들었다. 전분시료 100 mg에 pH 5.2 sodium acetate buffer 4 mL을 혼합한 후 미리 제조한 혼합효소 1 mL와 5개의 유리구슬을 첨가하였고, 150 rpm의 일정한 속도에서 교반하면서 반응하였다. 180분 동안 반응시킨 시료를 취하여 80% 에탄올 용액 속에 혼합한 후 glucose 함량은 glucose oxidase and peroxidase assay kits (Megazyme, Ireland)를 이용하여 분석하였다. *In vitro* 혈당지수(estimated glycemic index, eGI)는 쌀가루 시료와 표준물질(white bread)의 소화율 곡선의 면적 비율로 전분 가수분해지수(hydrolysis index, HI)을 계산한 후 Goni *et al.* (1997)의 계산식($eGI = 39.71 + 0.549 HI$)으로부터 eGI값을 구하였다.

통계분석

자료분석은 SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 실험결과는 2번 이상 반복값을 구하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 변수에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan's multiple range test를 적용하였으며, $\alpha=0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

쌀가루의 수분흡수특성

본 연구에서 이용된 5가지 품종의 아밀로스 함량 및 제분방법에 따른 수분함량을 Table 1에 나타내었다. 아밀로

스 함량의 경우 ‘백옥찰’은 4.5%, 반찰쌀 신품종인 ‘미호’는 11.3%, 일반 멥쌀인 ‘일품’은 20.8%로 나타났다. 고아밀로스 품종인 ‘새고아미와 도담쌀’은 각각 26.5, 40.6%로 나타났다. ‘도담쌀’은 기존 고아밀로스 품종의 함량인 26.7~29.4%에 비해 10~15%이상 높은 것으로 나타났다(Choi *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2006). 제분방법에 따른 수분함량 결과는 건식제분의 경우는 11~13% 함량을 보였고, 습식제분은 29~35%까지 범위를 보여 습식제분이 약 3배 정도 높은 결과를 나타내었다. Lee *et al.* (2006)에서도 습식이나 반습식 쌀가루가 건식제분 쌀가루의 수분함량에 비해 높았다고 보고하였다. 건식으로 제분한 쌀가루 중 ‘도담쌀’의 수분함량이 13.64%를 나타내 11%대의 다른 품종들에 비해 수분함량이 다소 높았는데, 이는 Yoon *et al.* (2013)이 저항전분을 함유하는 고아밀로스 품종인 ‘고아미 2,3,4호’는 일반적으로 구조가 치밀하고 수분이 적은 A형 전분결정형과 달리 감자전분과 같은 결정성이 낮은 B형의 결정형을 나타내었

다고 보고 하였고, Table 2의 결과와 같이 저항전분을 함유하고 있는 ‘도담쌀’ 또한 결정성이 낮아 쌀가루에 함유된 전분의 무정형부분으로 수분이 침투하여 다소 높을 것으로 판단된다. 습식으로 제분한 쌀가루 품종의 수분함량은 ‘미호, 도담쌀, 백옥찰’ 순으로 높게 나타났다. 아밀로스 함량은 전분의 호화·노화 특성, 팽윤력, 소화율, 점도 등에 영향을 미친다고 보고되었다(Lindeboom *et al.*, 2004).

따라서 아밀로스 함량에 따른 쌀가루 수분결합특성 등이 차이가 있을 것이라고 판단되며, 분쇄방법에 따른 5가지 쌀 품종별 수분흡착지수(WAI), 수분용해지수(WSI), 팽윤력(SP) 측정결과를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 1 (a)에서 수분흡착지수가 50°C에 비해 고온인 80°C에서 높았고, 건식제분 한 경우, 습식분쇄에 비해 높은 WAI 특성을 나타내었다. 80°C에서 품종별로 WAI 차이가 더 크게 나타났는데 찰쌀인 ‘백옥찰’과 반찰쌀인 ‘미호’의 값이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 쌀가루의 WAI는 전분 입자 표면에 흡착되거나 내부에 침투되는 물의 양을 측정한 것으로 전분의 수분결합능력을 의미하는 것이며 전분손상도와 정의상관관계를 나타낸다고 보고되었다(Chiang *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2001). 따라서 본 연구에서도 Fig. 3의 결과와 같이 손상전분함량이 건식제분에서 높고, 그중에서도 찰쌀과 반찰쌀인 백옥찰과 미호가 높은 손상전분 함량을 나타내므로, 손상전분함량이 높은 품종이 수분흡착지수가 높은 것을 확인할 수 있다. Fig. 1 (b)에서 수분용해지수(WSI)를 나타내었는데, 80°C 건식제분의 쌀가루 품종들이 50°C에 비해 다소 높았으나, 80°C에서의 건식 및 습식 모두에서 ‘백옥찰’ 쌀가루가 유의하게 높은 수분용해도를 나타내었다.

Table 1. Amylose and moisture contents of rice flours using wet and dry milling processes.

Cultivar	Amylose (%)	Moisture content (%)	
		Dry-milling	Wet-milling
Baegokchal	4.5±0.1 ^e	11.09±0.57 ^g	31.48±0.19 ^c
Miho	11.3±0.1 ^d	11.47±0.31 ^{fg}	35.31±0.13 ^a
Ilpum	20.8±0.1 ^c	11.70±0.45 ^{fg}	29.75±0.18 ^d
Saegoami	26.5±1.2 ^b	11.97±0.45 ^f	29.11±0.67 ^d
Dodamssal	40.6±0.4 ^a	13.64±0.33 ^e	33.32±0.16 ^b

Table 2. Soluble starch, resistant starch and total starch content of rice flours using wet and dry milling processes.

Cultivar	Milling type	Soluble starch	Resistant starch	Total starch
Baegokchal	dry	79.46±3.99 ^{de}	0.40±0.02 ^c	79.86±4.00 ^e
	wet	82.57±2.92 ^{bcd}	0.49±0.08 ^c	83.06±2.90 ^{bcd}
Miho	dry	79.27±3.17 ^{de}	0.28±0.06 ^c	79.54±3.17 ^e
	wet	87.11±0.52 ^a	0.33±0.11 ^c	87.44±0.59 ^a
Ilpum	dry	84.63±1.28 ^{ab}	0.34±0.03 ^c	84.97±1.31 ^{abc}
	wet	82.15±0.46 ^{bcd}	0.34±0.16 ^c	82.49±0.51 ^{cde}
Saegoami	dry	83.85±0.62 ^{abc}	0.57±0.08 ^c	84.42±0.70 ^{abcd}
	wet	79.97±1.41 ^{cde}	0.57±0.03 ^c	80.55±1.39 ^{de}
Dodamssal	dry	76.16±1.25 ^e	9.18±0.05 ^a	85.11±1.37 ^{abc}
	wet	80.71±1.64 ^{cd}	6.27±0.24 ^b	86.98±1.88 ^{ab}

^{a-e}Values within the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan’s multiple range test.

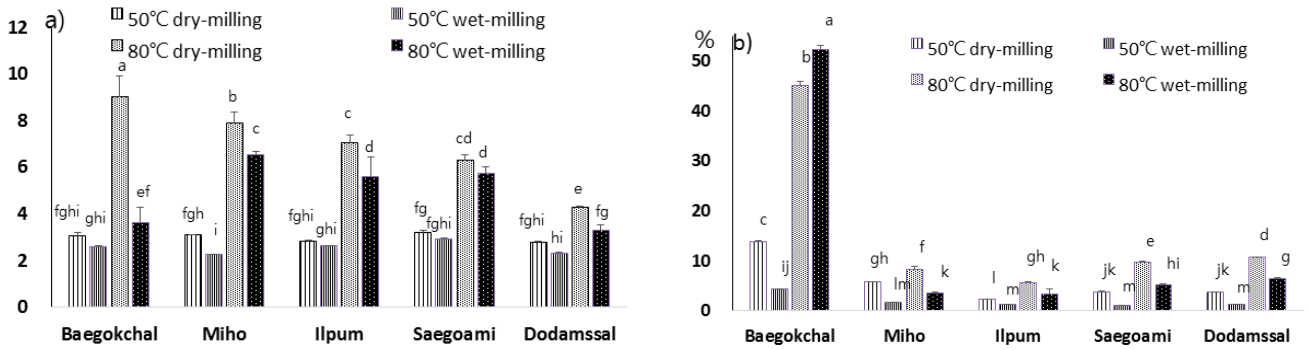


Fig. 1. (a) Water absorption index (WAI) of rice flours using wet and dry milling processes. (b) Water solubility index (WSI) of rice flours using wet and dry milling processes.

^{a-m}Values within the same column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

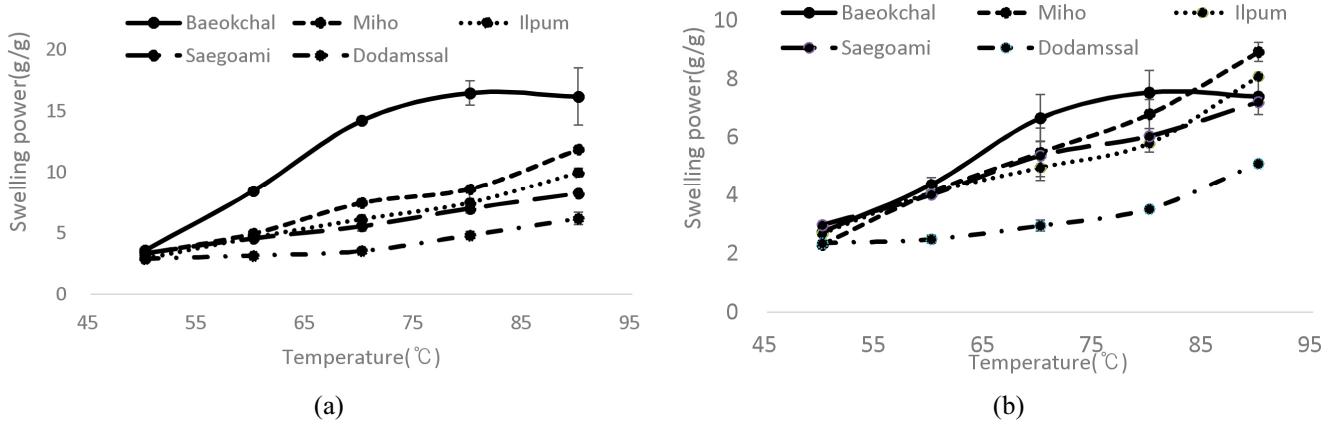


Fig. 2. (a) Swelling power of rice flours at different temperatures (50~90°C) using the dry-milling process. (b) Swelling power of rice flours at different temperatures (50~90°C) using the wet-milling process.

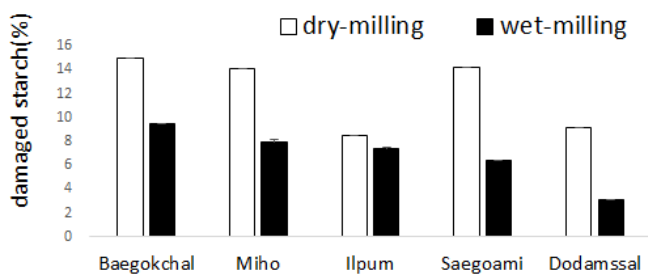


Fig. 3. Damaged starch content of rice flours using wet and dry milling processes.

^{a-i}Values within the same column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Fig. 2 (a)는 건식제분 b)는 습식 제분한 쌀가루 품종별 팽윤력(SP)을 50~90°C에서 10°C간격으로 측정된 결과를 나타내었다. ‘백옥찰과 도담쌀’을 제외한 나머지 3품종들은 50,

60°C에서는 거의 차이가 없었다. 온도가 높을수록 5품종 쌀가루의 팽윤력이 높아지는 결과를 나타내었으며, ‘백옥찰’은 건식과 습식쌀가루 모두 80°C까지는 팽윤력이 증가하다가 90°C에서는 팽윤력이 감소하는 결과를 나타내었고, 그 외 품종들은 50~90°C로 온도가 올라갈수록 팽윤력이 완만하게 증가하는 경향을 나타내었다. 아밀로펙틴의 함량이 가장 많은 ‘백옥찰’의 팽윤력이 가장 높았으며, 고아밀로스 품종 중에서도 아밀로스 함량이 가장 높은 ‘도담쌀’의 팽윤력이 가장 낮았다. 아밀로펙틴이 팽윤력을 높인다고 하였으며, 아밀로오스는 팽윤을 억제한다고 보고되어 있는 결과와 같이(Tester RF *et al.*, 1990) 건식 제분 쌀가루의 경우, 아밀로스 함량이 높은 순서인 ‘도담쌀, 새고아미, 일품, 미호, 백옥찰’ 순으로 팽윤력이 낮은 결과를 나타내었다. 건식 쌀가루에 비해 습식 쌀가루의 팽윤력이 다소 낮은 결과를 나타내었으나, ‘백옥찰’의 경우 온도가 높아질수록 건식 쌀가루의 팽윤력이 약 2배가량 높은 결과를 보였다.

제분방법에 따른 쌀가루의 손상전분 함량

건식 및 습식 제분에 따른 쌀가루 품종별 손상전분 함량 분석결과를 Fig. 3에 나타내었다. 건식 쌀가루의 손상전분 함량이 8.47~14.95%로 습식제분 쌀가루 손상전분 함량 3.09~9.42% 보다 낮은 결과를 나타내어 이는 Han *et al.* (2012)의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 앞에서 기술한바와 같이, 밥쌀용 멥쌀인 일품의 경우 건식 또는 습식 제분에 따른 손상전분함량 차이가 가장 적었고, 일반적으로 수분흡수율이 찹쌀과 반찰에서 높았고, 이는 손상전분의 함량에서 기인한다고 하였는데, 고아밀로스 품종인 ‘새고아미’의 경우 수분흡수율이 일품과 유사한 경향을 나타내었지만, 건식쌀가루의 손상전분함량은 저아밀로스 반찰쌀인 ‘미호’와 통계적으로 비슷한 경향을 나타내어, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 Han *et al.* (2012)에서 건식 제분한 쌀가루의 수분흡수율이 높아서 빵이나 국수 등을 생산할 때 더 많은 물을 첨가해야한다고 하였는데, ‘백옥찰과 미호’에 비해 ‘새고아미’의 경우는 물을 적게 필요로 할 것이라 판단된다. 본 연구에서 습식으로 제분된 쌀가루는 아밀로스가 높을수록 손상전분 함량이 낮은 결과를 나타내었다.

쌀가루의 전분 특성

건식 및 습식 제분한 쌀가루 5 품종의 가용성전분, 저항전분, 총 전분 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 저항전분(Resistant starch, RS)은 건강한 사람의 소장에서 흡수가 잘 안되는 전분과 전분분해산물이라고 정의되었고, 식이섬유와 같이 장내 미생물에 의해 발효되어 대장 환경에 유익한 영향을 미친다고 보고되어 있다(Englyst *et al.*, 1992;

Sajilata *et al.*, 2006). 따라서 저항전분의 쌀 품종별 함유량을 분석하고, 제분방법에 따른 차이가 있는지 조사한 결과, ‘도담쌀’을 제외한 4품종에서는 1%미만의 저항전분을 함유하였고, 습식 또는 건식 쌀가루가 비슷한 결과를 나타내었다. 하지만, ‘도담쌀’의 경우 건식쌀가루에서 9.18, 습식쌀가루에서는 6.27%로 건식의 저항전분함량이 높았다. 습식제분의 경우, 수침과정 중 전분분해효소의 활성이 증가하였을 거라고 보고되었다(Lee *et al.*, 2004). ‘백옥찰과 미호’, ‘도담쌀’은 습식 제분했을 때 가용성 전분이 증가하는 결과를 나타내었으나, ‘일품과 새고아미’의 경우 오히려 가용성전분이 감소하는 결과를 나타내었는데 분자량 분석 등을 통한 더욱 세밀한 연구가 요구된다. 한편 ‘도담쌀’의 습식쌀가루의 경우, 저항전분이 3%가량 감소하고, 가용전분이 76.16%에서 80.71%로 증가하였는데, 수침 후 수분흡수가 증가되어 제분하는 과정에서 열이 발생하는데, 이때 전분이 일부 호화되어 가용화되었다고 생각된다. 따라서 건강기능성 측면에서 ‘도담쌀’의 경우 저항전분 함량이 높은 건식 쌀가루로 이용하는 것이 유리하다고 판단된다. 본 연구에서 총 전분 함량은 가용성 전분과 저항전분을 합하여 표시하였다. 분쇄방법에 의해 가용성 전분 함량이 달라짐에 따라 총 전분함량이 달라졌다. 이는 전분의 구조에 따라 각 처리에 따른 효소에 분해되어 생성되는 당 함량이 달라서 나온 결과의 차이이므로 전분 구조에 대한 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

신속점도분석기(RVA)에 의한 쌀가루 호화 특성

건식 및 습식 제분한 5품종의 백미 쌀가루 호화특성을 신속점도측정기(RVA)로 분석하여 그 결과를 Table 3에 나

Table 3. Pasting properties of rice flours using wet and dry milling processes, analyzed using a Rapid Visco Analyzer.

Cultivar	Milling type	Viscosity (RVU)					Peak Time (min)
		Peak	Trough	Break-down	Final	Setback	
Baegokchal	dry	119.36 ^d	45.44 ^f	73.92 ^c	59.36 ^g	-60.00 ⁱ	3.38 ^e
	wet	102.72 ^f	31.89 ^h	70.83 ^d	41.06 ^h	-61.67 ⁱ	3.1 ^f
Miho	dry	203.92 ^b	86.17 ^c	117.75 ^a	155.11 ^c	-48.81 ^h	5.65 ^d
	wet	100.11 ^g	50.17 ^e	49.94 ^e	75.17 ^f	-24.95 ^g	6.22 ^a
Ilpum	dry	222.89 ^a	146.81 ^a	76.08 ^b	259.22 ^a	36.33 ^c	6.29 ^a
	wet	105.83 ^e	62.75 ^d	43.09 ^f	139.22 ^d	33.39 ^d	6.22 ^a
Saegoami	dry	144.08 ^c	92.53 ^b	51.56 ^e	232.42 ^b	88.33 ^a	5.73 ^{cd}
	wet	63.17 ^h	45.28 ^f	17.89 ^g	110.67 ^e	47.50 ^b	5.82 ^{bc}
Dodamssal	dry	48.03 ⁱ	42.00 ^f	6.03 ⁱ	73.33 ^f	25.31 ^e	5.91 ^b
	wet	21.00 ^j	11.53 ⁱ	9.47 ^h	31.31 ⁱ	10.30 ^f	5.87 ^b

^{a-j}Values within the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan’s multiple range test.

타내었다. 호화점도 값은 수분 함량이 높은 건식 제분된 쌀가루가 습식 쌀가루에 비해 높게 나타났다. 습식제분은 수분 함량이 높기 때문에 분석에 이용된 쌀가루의 함량이 상대적으로 적어지기 때문에 점도차이가 난다고 생각된다. 건식쌀가루의 경우, 최고점도(peak viscosity)는 ‘일품>미호>새고아미>백옥찰>도담쌀’ 순으로 높은 결과를 보였고, 최저점도(though viscosity)는 ‘일품>새고아미>미호>백옥찰>도담쌀’ 순으로 높은 결과를 나타내었다. 최고점도에서 최저점도를 뺀 값으로 가공과정중의 안정도와 관련이 있는 강하점도(breakdown)는 아밀로스 함량과 부의 상관관계가 있다고 보고된 바가 있는데(Jang *et al.*, 1996), ‘미호> 일품>백옥찰>새고아미>도담쌀’ 순으로 나타났으며, 백옥찰을 제외한 4품종은 상호 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구에서 아밀로스 함량이 가장 낮은 찰벼 품종인 ‘백옥찰’은 앞서 기술하였듯이 팽윤력은 가장 높았지만 호화 점도 결과에서는 아밀로스가 가장 높은 ‘도담쌀’ 다음으로 점도가 낮은 특성을 나타내었다. 이는 Yoon *et al.* (2015)이 보고한 백옥찰 쌀가루의 호화특성과 비슷하였으며, Lee (2013)의 연구결과와 같이 흑미 쌀가루에서도 찰쌀이 멍쌀에 비해 상당히 낮은 경향을 보이는 결과와 일치하였다. 또한 습식 제분시 찰쌀과 멍쌀에 관계없이 점도가 낮다고 보고하였는데, 본 연구에서도 최고점도와 최저점도가 건식쌀가루에 비해 낮아 유사한 결과를 나타내었다. 노화의 특성을 나타내는 치반점도(setback)의 경우에는 ‘백옥찰’ 건식 및 습식쌀가루가 -60과 -61 RUV로 가장 낮았고, 반찰인 ‘미호’가 -48, -24 RUV로 두 번째로 낮았다. 이는 찰쌀이 아밀로스 함량이 낮아 노화가 더디게 진행되는 것으로 보고된(Zhou *et al.*, 2002) 결과와 일치하였다. 아밀로스 함량이 가장 높은

‘도담쌀’은 점도가 전체적으로 낮았고, 호화 및 노화에 따른 점도 변화가 적어 식품 가공기술 및 용도개발이 중요하다고 판단된다.

전분 소화율 및 혈당지수

건식 및 습식 제분한 품종별 쌀가루에 대하여 3시간동안의 *in vitro* 소화율 분석 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 건식 쌀가루에 비해 습식 쌀가루의 소화율이 높아지는 경향을 나타내었고, 특히 일품과 ‘새고아미’의 경우, 습식제분 했을 때 소화율이 20%이상 증가하였다. ‘백옥찰과 미호’의 경우, 습식 쌀가루의 소화율이 약간 증가하였으나, 제분방법에 따른 차이가 다른 품종들에 비해 크지 않았다. ‘도담쌀’은 5개 품종 중에서 제분방법에 상관없이 가장 낮은 소화율 결과를 나타내었다. 이러한 결과로부터 도담쌀은 저항전분을 다량 함유하고 있어 소화율을 저하시켜주는 효과가 있는 것으로 사료된다. 기존의 연구결과에서 ‘새고아미는 아밀로스’ 함량이 높아 소화율이 낮다고 하였는데(You *et al.*, 2014), 본 연구결과에서는 일반 멍쌀인 ‘일품’과 비슷한 경향을 나타내었고, 습식으로 제분한 경우 오히려 ‘일품’에 비해 소화율이 높아졌다. 이는 아밀로스 함량뿐만 아니라 쌀 품종의 전분의 분자 구조적 특징 및 중합도 등을 포함한 종합적인 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 본 연구에서는 쌀가루 자체를 이용하여 소화율을 분석하였으므로, 전분을 추출하여 분석한 기존 연구와 차이가 있다고 생각된다. 쌀가루 품종별 습식 및 건식 제분한 전분 가수분해지수(hydrolysis index, HI)와 *in vitro* 혈당지수(eGI)를 Table 4에 나타내었는데, ‘백옥찰’이 가장 높은 값을 보였고, 가장 낮은 품종은 ‘도담쌀’이었으며, 습식 제분한 것이 더 가수

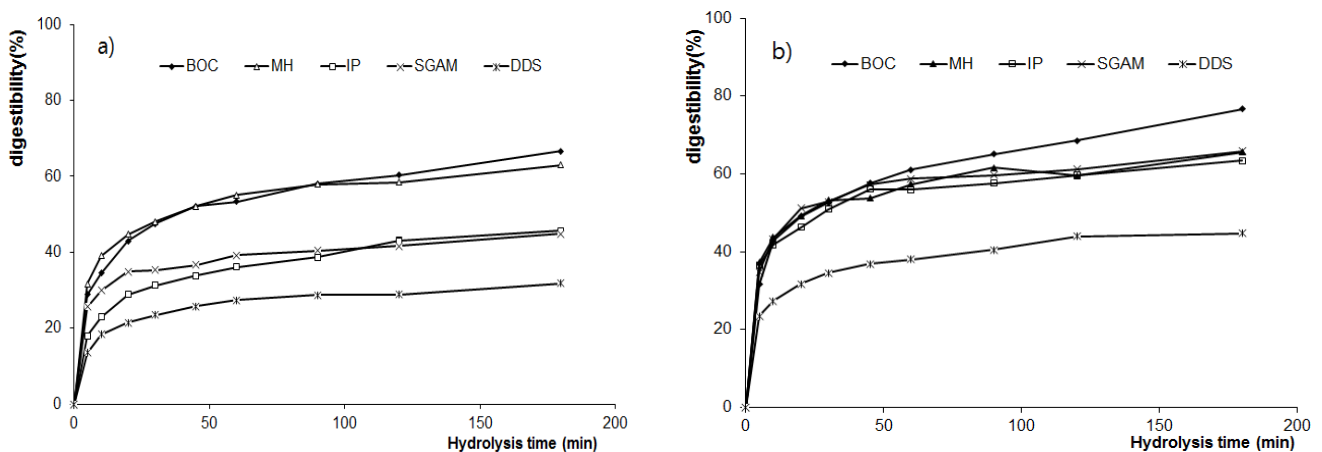


Fig. 4. (a) *In vitro* digestibility of rice flours using the dry-milling process. (b) *In vitro* digestibility of rice flours using the wet-milling process.

Table 4. Hydrolysis index (HI) and estimated glycemic index (eGI) of rice flours using wet and dry milling processes.

Cultivar	Milling type	HI	eGI
Baegokchal	dry	66.7±2.00 ^c	76.35±1.09 ^b
	wet	75.8±2.40 ^a	81.30±1.32 ^a
Miho	dry	66.2±2.62 ^c	76.03±1.43 ^b
	wet	69.4±1.61 ^b	77.8 ±0.88 ^b
Ilpum	dry	45.5±0.09 ^d	64.68±0.05 ^c
	wet	67.7±0.40 ^{bc}	76.87±0.22 ^b
Saegoami	dry	47.4±0.16 ^d	65.74±0.09 ^c
	wet	70.1±0.32 ^b	78.21±0.18 ^b
Dodamssal	dry	32.7±0.46 ^e	57.6 ±0.25 ^d
	wet	47.4±0.71 ^d	65.74±0.39 ^c

분해가 잘되었고, 혈당지수도 높았다. 제분방법에 따른 쌀가루 품종별 혈당지수는 57.6~81.3의 범위를 나타내었고, 습식 제분한 ‘도담쌀’은 65.74로 건식 제분한 일품과 ‘새고아미’와 비슷한 혈당지수를 보였다. 대체적으로 찹쌀과 반찰인 ‘백옥찰과 미호’는 건식 제분한 쌀가루 혈당지수가 76으로 다른 쌀 품종에 비해 높은 값을 나타내었다. Kum *et al.* (1999)은 습식제분을 하게 되면 수분에 의해 팽윤되고 전분호화에 영향을 준다고 하였는데 이를 통해 전분분해가 용이해지고, 혈당지수가 올라가는 것으로 생각되었다. Jinwen *et al.* (Jinwen *et al.*, 2015)의 연구 결과에서 호화 후 소화율이 높아지고, 고아밀로스가 상대적으로 소화율이 낮다고 보고하였는데, 본 실험에서도 비슷한 결과를 보였다. 따라서 건강기능적인 부분에서 쌀가루의 이용은 습식제분방법보다는 건식 쌀가루를 이용하는 것이 낫다고 판단되지만, 가공 적성 등 종합적인 특성을 파악하여 용도에 따른 적정 품종 및 제분방법의 선택이 필요하다고 판단된다.

적 요

본 연구는 아밀로스 함량이 다양한 5가지 쌀 품종별 제분방법에 따른 쌀가루 이화학적, 식품학적 특성을 분석하고 다양한 가공이용성 구명을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

1. 품종별 습식 및 건식 쌀가루의 수분특성을 분석한 결과, 50°C에 비해 80°C에서 건식쌀가루의 WAI, WSI가 가장 높은 결과를 나타내었고, 특히 ‘백옥찰’이 높은 수분흡착 및 수분용해지수를 나타내었다. 팽윤력의

- 경우는 아밀로스 함량과 부의상관관계를 보였고, 습식 보다는 건식쌀가루의 팽윤력이 높았다.
2. 손상전분 함량은 건식쌀가루에서 높았고, 품종별 손상전분 함량은 ‘백옥찰>새고아미>미호>도담쌀>일품’ 순으로 나타났다. 습식쌀가루의 손상전분 함량은 ‘백옥찰>미호>일품>새고아미>도담쌀’로 나타나 아밀로스 함량과 부의 상관관계를 보였다.
 3. 가용전분함량은 ‘일품과 새고아미’를 제외하고, 습식으로 제분하였을 때 증가하였고, 저항전분함량은 ‘도담쌀’을 제외하고는 제분방법 관계없이 1% 미만이었다. ‘도담쌀’의 건식쌀가루 저항전분 함량은 9.18로서 습식쌀가루 6.27에 비하여 높게 나타나 가공용도에 따라서는 건식제분이 효과적일 것으로 보였다.
 4. 건식쌀가루가 습식쌀가루에 비해 최고점도 및 최저점도가 높았으며, 치반점도의 경우 제분방법에 관계없이 ‘백옥찰’이 가장 낮은 결과를 보였다. 고아밀로스 ‘도담쌀’의 경우, 제분방법 및 온도변화 관계없이 점도변화가 크지 않았으며 점도가 가장 낮은 특성을 보였다.
 5. 제분방법에 따른 쌀가루 품종별 혈당지수는 57.6~81.3의 범위를 나타내었고, 습식 제분 했을 경우 혈당지수가 올라가는 경향을 보였으며, ‘도담쌀’을 제외하고는 품종간 차이는 두드러지지 않았다. ‘일품과 새고아미’의 건식쌀가루의 혈당지수는 낮은 경향을 나타내었고, 특히 ‘도담쌀’은 가장 낮은 전분 가수분해 지수 및 혈당지수를 나타내었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호 : PJ01167601)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

AACC. 2000. Approved Method of the AACC. 10th ed. Method 61-02. *American Association of Cereal Chemists*. St. Paul, MN, USA.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 17th ed. Method 991. 43. *Association of Official Analytical Communities*, Washington, DC, USA.

Chiang, P. Y. and A. I. Yeh. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J. Cereal Sci.* 35 : 85-94.

Choi, C. R., J. O. Kim, S. K. Lee, and M. S. Shin. 2001. Properties of fractions from waxy rice flour classified with particle size. *Food Sci. Biotechnol.* 10 : 54-58.

Choi, S. Y. and M.S. Shin. 2009. Properties of Rice Flours

- Prepared from Domestic High Amylose Rices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41(1) : 16-20.
- Englyst, H. N., S. M. Kingman, and J. H. Cummings. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 : S33-S50.
- Goni, I., A. Garcia-Alonso, and F. Saura-Calixto. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research* 17(3) : 427-437.
- Han, H. M., J. H. Cho, and B. M. Koh. 2012. Effect of Grinding Method on Flour Quality in Different Rice Cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 41(11) : 1596-1602.
- Jang, K. A., M. G. Shin, S. H. Hong, B. K. Min, and K.O. Kim. 1996. Classification of rices on the basis of sensory properties of cooked rices and the physicochemical properties of rice starches. *Korean J Food Sci Technol* 28 : 44-52.
- Jinwen, C., M. Jianmin, H. Jun, L. Qiaoquan, W. Wenxian, and W. Cunxu. 2015. Relationship between structure and functional properties of normal rice starches with different amylose contents. *Carbohydrate Polymers* 125 : 35-44.
- Kim, H. J., J. Y. Park, H. Y. Park, D. H. Cho, H. S. Choi, and S. K. Oh. 2017. Quality Characteristics of Rice Cultivars Suitable for Rice Beer. *Korean J. Crop Sci.* 62(2) : 113-117.
- Kim, J. S., S. B. Kim, and T. Y. Kim. 2006. Noodle making characteristics of goami rice composite flours. *Korean J. Community Living Sci.* 17 : 61-68.
- Korea Rural Economic Institute. 2015. A Study on the Status and Policy Issues the Home Meal Replacement (HMR) Industry in Korea.
- KOSTAT. 2016. Food Grain Consumption Survey Report. ISSN 1599 - 2381
- Kum, J. S. 2010. Nutrition of rice and rice processing food. *Food Preserv. Process.* 9 : 38-54.
- Kum, J. S. and H. Y. Lee. 1999. The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31 : 1542-1548.
- Lee, M. H. and Y. T. Lee. 2006. Bread-making properties of rice flours produced by dry, wet and semi-wet milling. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 35, 886-890.
- Lee, M. K., J. O. Kim, and M. S. Shin. 2004. Properties of Nonwaxy Rice Flours with Different Soaking Time and Particle Sizes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36(2) : 268-275.
- Lee, Y. T. 2013. Properties of Normal and Glutinous Black Rice Flours Prepared by Different Milling Methods. *Food Eng. Prog.* 17(4) : 339-345.
- Lindeboom, N., P. R. Chang, and R. T. Tyler. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granules starches: a review. *Starch* 56 : 89-99.
- McCleary, B. V., D. A. Monaghan. 2002. Measurement of Resistant Starch. *Journal of AOAC International.* 85(3) : 665-675.
- Park, J. Y., S. H. Oh, S. I. Han, Y. Y. Lee, B. W. Lee, H. M. Ham, Y. H. Choi, S. K. Oh, J. H. Jo, and Y. C. Song. 2016. Starch Structure and Physicochemical Properties of Colored Rice Varieties. *Korean J. Crop Sci.* 61(3) : 153-162.
- Park, Y. K., H. M. Seog, Y. J. Mam, and D. H. Shin. 1998. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20 : 504-510.
- Rural Development Administrarion. 2000. Rice cultivation. Korean Rural Leaders Central Association. p.333
- Rural Development Administrarion. 2011. Achievement of New Crop Variety Development (1991-2011) pp.1-10.
- Sajilata, M., R. S. Singhal, and R. P. Kulkarni. 2006. Resistant starch-a review. *Compr. Rev. Food Sci.* 5 : 1-17.
- Shin, M. S., D. O. Gang, and J. Song. 2010. Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Sci. Biotechnol.* 19 : 951-956.
- Song, Y. C., J. H. Cho, J. H. Lee, D. Y. Kwak, N. B. Park, U. S. Yeo, C. S. Kim, M. G. Jeon, J. Y. Lee, G. H. Lee, W. G. Ha, J. S. Lee, K. H. Jung, Y. h. Cho, and H. W. Kang. 2013. A Glutinous Rice Variety with Multiple Disease Resistance 'Baegokchal'. *Kor. J. Breed. Sci.* 45(1) : 31-37.
- Tester, R. F. and W. R. Morrison. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem.* 67 : 551-557.
- We, G. J., I. Lee, T. Y. Kang, J. H. Min, W. S. Kang, and S. H. Ko. 2011. Physicochemical Properties of Extruded Rice Flours and a Wheat Flour Substitute for Cookie Application. *Food Engineering Progress.* 15(4) : 404-412.
- Yoon, M. R., J. S. Lee, J. E. Kwak, J. H. Lee, J. B. Chun, C. I. Yang, J. H. Cho, M. J. Kim, C. K. Lee, B. K. Kim, and W. H. Kim. 2015. Starch and Pasting Characteristics in Relation to Stickiness of Rice Cake Using Glutinous Rice Varieties. *Korean J. Breed. Sci.* 47(3) : 199-208.
- You, S. Y., E. J. Lee, and H. J. Chung. 2014. Study of Molecular and Crystalline Structure and Physicochemical Properties of Rice Starch with Varying Amylose Content. *Korean journal of food science and technology* 46(6) : 682-688.
- Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell, and C. Blanchard. 2002. Composition and functional properties of rice. *Int. J. Food Sci. Technol.* 37 : 849-868.