

## 멥쌀 및 찹쌀흑미의 제분방법별 흑미가루의 특성

이영택\*

가천대학교 식품생물공학과

### Properties of Normal and Glutinous Black Rice Flours Prepared by Different Milling Methods

Young-Tack Lee\*

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

#### Abstract

Two black rice samples, normal and glutinous black rice, were milled by different milling methods, and the physicochemical properties of the black rice flour samples were tested. Total anthocyanin content in the black rice decreased during soaking in the process of wet milling. The particle size of the black rice flour prepared by dry milling (DM) using a pin mill was smaller than that by wet milling (WM) using a roll mill. Damaged starch contents in the dry milled black rice flour were 16.2 and 14.2% for normal and glutinous samples, respectively, whereas these were only 2.7 and 5.9% for the wet milled samples. The particle size was further reduced by successive dry milling of the flour after wet milling and drying (WDM). However, WDM resulted in a lower damaged starch (%) than DM, despite reduced flour particle size. Little differences in the water absorption index (WAI) of the black rice flour were observed among the different milling methods. Water solubility index (WAI) was in the following order: DM, WDM, and WM, and was higher in glutinous black rice flour than in normal black rice flour. Determined by Rapid Visco Analyzer (RVA), glutinous black rice flour appeared to have significantly higher gelatinization temperature and pasting viscosities including peak, trough, breakdown, and final viscosities. Compared to dry milled black rice flour, wet milled black rice flour showed lower peak viscosity and higher final viscosity, resulting in increased setback value.

**Key words:** black rice, anthocyanin, milling method, physicochemical properties

## 서 론

최근 기능성식품에 관한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 유색미, 향미, 고아미, 거대배아미와 같은 다양한 특수미의 개발과 이용에 관심이 높아지고 있다(Seo et al., 2008). 유색미는 흑자색, 적갈색, 녹색 등 다양한 천연색소를 함유하고 있으며(Lee et al., 2006), 유색미의 일종인 흑미는 일반 백미와는 달리 겉껍질만 제거되어 전곡미인 현미상태로 이용되기 때문에 일반 백미에 비해 식이 섬유, 비타민, 무기질 등의 영양소 함량이 풍부하다(Defa & Xu 1992; Lee et al., 2006). 흑미에는 polyphenols, flavonoids, anthocyanins,  $\gamma$ -oryzanol 등 생리활성 성분들을 함유하고 있으며(Fardet et al., 2008) 흑미의 자홍색 색소

인 anthocyanin은 cyanidin-3-glucoside, malvidin-3-glucoside와 같은 배당체를 주성분으로(Tsuda et al., 1994) 생체내에서 항산화 기능 뿐 만 아니라 항변이원성, 혈전용해 활성, 노화 방지 효과 등 다양한 생리활성이 있는 것으로 보고되었다(Nam et al., 1998; Haruyo et al., 2001; Kaneda et al., 2006). 흑미는 주로 밥에 혼용하는 잡곡의 형태로 사용되고 있으며 식빵, 케이크, 쿠키, 떡, 국수, 죽 등 흑미를 이용한 다양한 가공식품에 대한 연구가 보고되었다(Jung et al., 2002; Lee & Jung, 2002; Lee & Oh, 2006). 쌀을 가공원료로 이용하기 위해서는 대부분 쌀가루로의 제조가 우선되어야 하며 쌀가공식품이 다양화됨에 따라 쌀가루의 제조기술 분야에도 관심이 높아지고 있다.

쌀을 가공원료로 이용하기 위한 쌀가루의 제조시에 쌀의 종류, 품종에 따른 특성차이 등의 요인들과 함께 제분방법이 쌀가루의 가공특성에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Yeh, 2004). 쌀가루의 제조방법에는 쌀을 그대로 분쇄하는 건식제분과 수침, 분쇄, 건조 등의 과정을 거치는 습식제분 방법이 있다. 습식제분시 쌀은 품종, 아밀로오스/

\*Corresponding author: Young-Tack Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam 461-701, Korea  
Tel: +82-31-750-5565; Fax: +82-31-750-5273  
E-mail: ytleee@gachon.ac.kr  
Received August 30, 2013; revised November 2, 2013; accepted November 4, 2013

아밀로펙틴 비율에 따른 멥쌀과 찰쌀(Kim & Shin, 2007), 그리고 수침시간, 수침온도와 같은 수침조건에 따라 쌀 곡립 성분과 수분과의 상호 작용에 의해 쌀가루의 입자크기, 손상전분, 호화양상 등에 변화를 주어 쌀가루의 성질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kim & Bang, 1996; Chiang & Yeh, 2002). 일반 쌀과 마찬가지로 흑미도 멥쌀과 찰쌀로 나뉘어지는데 일반 쌀가루와 달리 아직까지 흑미 가공식품의 원료로서 흑미가루의 제조방법에 관련한 연구는 매우 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 아밀로오스 함량에 차이가 있는 멥쌀흑미와 찰쌀흑미를 사용하여 제분 방법을 달리하여 흑미가루를 제조하였으며 이에 따른 흑미가루의 이화학적 특성을 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 흑미는 2010 년산 멥쌀 및 찰쌀흑미로 농협(서울, 양재)에서 구입하여 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

### 흑미가루의 제조

흑미를 120 mesh 스크린을 장착한 pin mill(대화정밀, 충남 천안)을 사용하여 분쇄하여 건식제분(DM) 흑미가루를 제조하였다. 흑미의 습식제분은 흑미에 물을 1:5의 비율로 첨가하여 상온에서 6시간 동안 수침한 다음 체반에 건져 60분간 탈수하였으며 이를 roll mill(신평이엔지, 경기 광주)에 통과시켜 분쇄한 다음 50°C 열풍건조기로 건조하여 습식제분(WM) 흑미가루로 제조하였다. 습식제분한 흑미가루는 다시 pin mill로 2차 건식분쇄하여 습식/건식제분(WDM) 흑미가루로 하였다. 흑미가루의 제조방법은 Fig. 1에 요약되어 있다.

### Anthocyanin 함량

흑미가루의 총안토시아닌 함량의 측정은 spectrophotometric pH differential method(Lee et al., 2005)를 이용하여 측정하였다. 즉, 흑미가루 시료 2g에 1% HCl이 함유된 80%의 methanol 용액을 가해 shaking water bath(25°C, 120 rpm)에서 2시간 동안 추출한 후 15분간 3,000 rpm으로 원심분리하였다. 원심분리된 상등액 10 mL을 취하여 0.025 M KCl-HCl buffer(pH 1.0) 및 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5)로 희석하여 50 mL로 정용한 다음, 15분간 발색시켜 510 nm와 700 nm에서 각각 흡광도를 측정하였다. 측정치는 다음의 식에 대입하여 안토시아닌 함량을 산출하였다.

$$\text{Total monomeric anthocyanin(mg/mL)} = (A \times MW \times \text{dilution ratio} \times 1000) / \epsilon$$

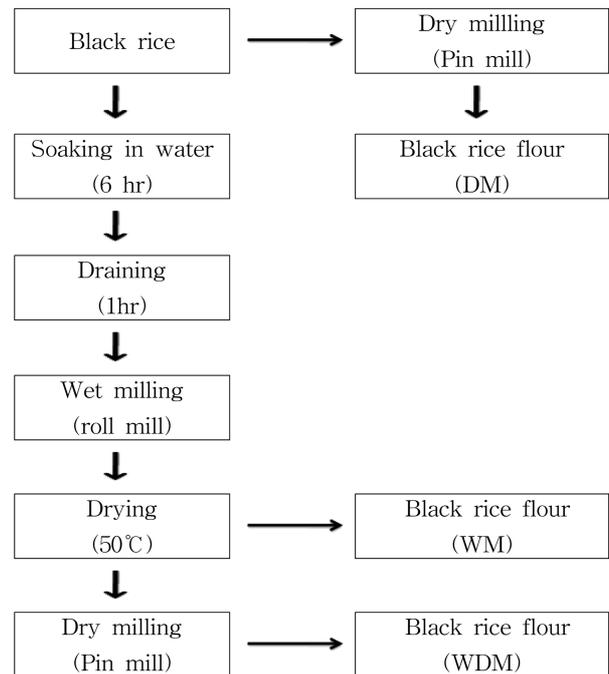


Fig. 1. Procedures for preparation of black rice flours by different milling methods.

$$[A = (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH 1.0} - (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH 4.5}]$$

여기서 MW는 cyanidin 3-glucoside의 분자량(449.2),  $\epsilon$ 은 molar absorptivity(26,900)이었다.

### 입도분포

흑미가루의 입도분포는 sieve shaker(HAVER EML 200 digital plus. Oelde, Germany)에 표준망체 60-325 mesh size (250-45  $\mu$ m)를 이용하여 측정하였다. 즉, 흑미가루 100 g을 2.5 mm의 amplitude로 60 초 간격으로 interval을 주어 2분간 체질 한 후 각 표준망체에 잔류한 흑미가루의 무게를 측정하여 입도분포를 나타내었다.

### 아밀로오스 함량 및 전분손상도

Amylose 함량은 Juliano et al.(1981)에 의한 iodine colorimetry 방법에 의해 측정하였다. 흑미가루의 전분손상도는 AACC 방법(76-31)(2000)에 따라 starch damage assay kit(Megazyme Pty, Ltd., Ireland)를 사용하여 측정하였다.

### 색도, 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

흑미가루의 색도는 색도계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 L(lightness)값을 측정하였다. 흑미가루의 수분흡수지수(WAI)와 수분용해도지수(WSI)는 Anderson의 방법(1982)에 의해 측정하였다. 즉, 흑미가루 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후 가끔 혼

**Table 1. Water uptake, color(L value) and anthocyanin content of black rice during soaking in water (23°C)<sup>1)</sup>.**

Black rice	Soaking time (hr)					
	0	3	6	9	12	24
Water uptake (g water/g dry matter)						
Normal	0	20.57±0.49	26.86±0.74	31.71±0.95	35.09±0.49	35.87±0.64
Glutinous	0	20.35±0.81	28.34±0.77	32.83±0.47	36.70±0.65	38.64±0.22
L value						
Normal	62.22±0.12	63.76±0.41	64.72±0.08	65.18±0.05	65.70±0.08	65.56±0.19
Glutinous	71.66±0.55	72.47±0.74	73.35±0.67	73.63±0.23	74.14±0.29	74.75±0.08
Total anthocyanin (mg/100 g)						
Normal	216.99±15.87	173.05±11.82	148.21±10.16	148.20±14.17	144.86±8.89	146.95±8.19
Glutinous	109.80±14.69	85.16±13.72	65.75±15.70	63.04±7.86	62.62±6.20	50.31±12.19

<sup>1)</sup>Values are mean±SD.

들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 105°C에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 수분 용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

**Rapid Visco Analyzer 측정**

흑미가루의 호화양상을 신속점도측정계(Rapid Visco-Analyzer, Newport Scientific, Sydney, Australia)로 점도변화를 측정하였다. 즉, 흑미가루 3.5 g(14% moisture basis)을 증류수에 분산시켜 25 mL로 조제한 시료를 RVA cup에 넣고 50°C에서 1분간 유지한 후 분당 12.16°C 속도로 95°C까지 증가시켰으며 95°C에서 2.5분간 유지시킨 후 다시 11.84°C의 속도로 50°C로 냉각시켜 측정하였다. 이로부터 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough, 95°C에서 2.5분 후의 점도), 50°C로 냉각후의 최종점도(final viscosity)를 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**흑미의 수침중 수분흡수율, 색도 및 총안토시아닌 함량**

건식제분과 달리 습식제분은 수침과정을 거치기 때문에 흑미의 수침중 변화를 조사하기 위하여 수분흡수율, 색도 및 총안토시아닌 함량을 측정하였다(Table 1). 일반 멥쌀흑미와 찹쌀흑미의 수침에 따른 수분흡수율은 수침 5시간까지 유사하게 증가하였고 그 이후부터 찹쌀흑미의 수분흡수율이 멥쌀흑미에 비해 약간 높았으며 수침 24시간 후 멥쌀흑미와 찹쌀흑미의 수분흡수율은 각각 35.9%와 39.0%이었다. 현미와 같은 전곡미는 외피로 인해 수분의 침투가 느려 수분평형상태에 도달하는데 걸리는 시간이 백미에 비해 길며, 찹쌀현미의 수분흡수율이 멥쌀에 비해 높았다는

결과(Park & Woo, 1991)와 유사하였다. 흑미는 현미보다 수화속도가 느리고 수분흡수율이 높다고 보고한(Kim et al., 1998; Oh et al., 2002) 바 있다.

수침전 흑미 원곡은 멥쌀흑미가 찹쌀흑미에 비해 L값이 낮아 보다 어두운 것으로 나타났는데 이는 멥쌀흑미의 안토시아닌 함량이 217 mg/100 g으로 찹쌀흑미의 110 mg/100 g에 비해 약 2 배 가량 높은 것과 직접적인 관련이 있는 것으로 여겨졌다. 흑미는 품종에 따라 분말의 색도(L값)가 58-71사이(Ha et al., 1999a; Lee et al., 2006)로 차이를 보이는 것으로 조사된 바 있다. 본 실험에 사용한 흑미는 흑미의 총안토시아닌 함량을 110-257 mg/100 g으로 분석한 이전의 결과(Sompong et al., 2011)와 거의 일치하였으며 흑미의 안토시아닌은 bran 층에 밀집되어 있다고(Kong et al., 2008) 하였다.

흑미는 수침중에 수침시간이 경과함에 따라 L값이 증가하여 밝아졌으며 이는 수침중 안토시아닌 색소가 용출되어 수침중 흑미의 총안토시아닌 함량은 감소하기 때문으로(Table 1) 여겨졌다. 멥쌀흑미는 수침 3시간 후 173 mg/100 g, 6시간 후 148 mg/100 g로 감소하였고 찹쌀흑미는 수침 3시간후 85 mg/100 g, 6시간 후 66 mg/100 g로 감소하였으며 그 이후부터는 안토시아닌의 함량에 큰 변화가 없었다. 습식제분한 흑미가루는 건식제분 방식에 비해 안토시아닌 함량이 상당히 낮게 나타났으며(Jun et al., 2008) 이는 본 실험에서도 수침중 상당량의 안토시아닌이 용출되기 때문인 것으로 확인되었다.

**제분방법별 흑미가루의 입도분포**

멥쌀 및 찹쌀흑미를 제분방법을 달리하여 흑미가루로 제조한 후 그 입도분포를 sieve shaker를 사용하여 측정한 결과는 Table 2와 같다. 흑미는 pin mill로 건식제분한 흑미가루의 입자크기가 roll mill에 의해 습식제분한 흑미가루에 비해 작게 나타났다. 흑미를 roll mill에 의해 제분시에 습식방식이 건식에 비해 흑미가루의 입자크기가 작게 나타

**Table 2. Particle size distribution (%) of black rice flours prepared by different milling methods.**

Black rice flour	Milling method <sup>1)</sup>	Mesh size						
		+60	+100	+140	+200	+230	+325	-325
Normal	DM	28.75 <sup>2)</sup> ±2.14	27.24±6.28	37.94±4.91	5.59±2.72	0.19±0.12	0.01±0.01	0
	WM	76.36±0.12	8.00±0.30	6.95±0.37	5.65±0.18	1.72±0.13	0.49±0.29	0
	WDM	31.36±2.52	35.26±0.42	29.98±2.67	2.36±0.23	0.16±0.02	0.01±0.01	0
Glutinous	DM	24.33±1.64	34.97±6.85	33.86±4.02	5.36±1.26	0.21±0.01	0	0
	WM	73.61±1.33	8.50±0.59	7.16±0.81	6.84±0.48	2.16±0.21	1.21±0.10	0.01±0.01
	WDM	19.82±2.29	34.23±0.49	33.26±0.11	11.58±1.82	0.37±0.02	0	0

<sup>1)</sup>DM, dry milling with a pin mill; WM, wet milling with a roll mill; WDM, wet milling, followed by dry milling.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD.

난 결과가 보고된(Jun et al., 2008) 바 있으나 본 실험의 경우 roll mill에 의한 습식제분시 입자크기가 크게 나타난 것은 건식과 습식제분에 사용된 제분기의 종류 차이와 roll mill로 습식제분시 roll의 간격에 차이가 있었기 때문으로 판단되었다. 습식제분하여 건조한 후 2 차로 pin mill로 재분쇄하는(습식/건식) 방식으로 제조한 흑미가루의 경우 입자크기가 건식제분과 유사하거나 작은 것으로 나타났다. 또한 찹쌀흑미는 습식제분 또는 습식/건식방법에서 멥쌀흑미 쌀가루에 비해 입자크기가 약간 작은 것으로 나타났다. 쌀가루(백미)의 입도분포는 쌀가루의 전분손상도, 수분흡수력, paste 특성과 gel consistency 등의 이화학적 특성을 변화를 주며(Kum et al., 1993) 흑미가루의 입도분포 역시 이로 인한 가공제품의 품질에 직접적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되었다.

### 제분방법별 흑미가루의 전분손상도

제분방법에 따른 흑미가루의 아밀로오스 함량 및 전분손상도를 분석한 결과는 Table 3에 나타나 있다. 건식제분한 흑미가루의 아밀로오스 함량은 멥쌀 및 찹쌀흑미가 각각 17.4%, 7.0%로 나타났다. 쌀은 아밀로오스 함량에 따라 waxy(1-2%), very low(2-9%), low(10-20%), intermediate(20-25%) 그리고 high(25-33%)로 구분되며(Sompong et al.,

2011), 이에 따르면 본 실험에 사용한 시판 찹쌀흑미와 일반 멥쌀흑미는 각각 very low, low amylose 함량 범위에 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 메벼 품종의 아밀로오스 함량은 16-29% 범위를 나타내는데 흑미의 경우 일반 현미보다 아밀로오스 함량이 14.3-16.8%로 낮은 값을 나타내고 그 중 함량이 5.5%로 낮은 품종은 찹쌀에 가까워 시중에서 찰흑미로 불리워지고 있다(Ha et al., 1999b)고 하였다.

흑미가루의 전분손상도는 건식제분한 멥쌀흑미와 찹쌀흑미 가루에서 각각 16.2, 14.2%로 가장 높은 반면 습식제분한 흑미가루는 2.7, 5.9%로 가장 낮게 나타났으며 제분방법이 흑미가루의 가공적성에 서로 큰 차이가 가져다 줄 것으로 예상되었다. 쌀의 제분시 미세하게 분쇄된 가루는 전분손상도가 증가하며(Nishita & Bean, 1982), 수침에 의한 전분 결정성 영역의 결합력 약화는 습식제분시 전분의 손상을 감소시킨다고(Kim et al., 2009) 하였다. 한편 습식후 건식으로 분쇄하여 제조한 흑미가루는 건식제분 흑미가루에 비해 입자크기가 비슷하지만 전분손상도가 8% 정도로 훨씬 낮게 나타났다. 이는 습식분쇄 처리후 건식분쇄를 병용한 쌀가루에서 전분의 손상도가 건식분쇄기만을 사용한 경우보다 낮다는 결과(Park et al 1988)와도 유사하며 흑미의 제분시에도 습식제분후 2 차로 건식 재분쇄하는 방식이 한번에 건식제분하는 방식에 비해 흑미 전분의 제분기에 의한 물리적 손상을 감소시킬 수 있는 방법으로 나타났다. 제분방법에 따른 흑미가루의 전분손상도의 차이는 흑미 가공제품의 가공적성에 영향을 줄것으로 예상되어 가공용도에 적합한 제분방법이 모색되어야 할 필요가 있는 것으로 사료되었다.

**Table 3. Amylose and damaged starch of black rice flours prepared by different milling methods.**

Black rice flour	Milling method <sup>1)</sup>	Amylose (%)	Damaged starch (%)
Normal	DM	17.4±0.80 <sup>2)</sup>	16.20±1.44
	WM	15.0±0.64	2.68±0.45
	WDM	17.6±0.12	8.42±0.61
Glutinous	DM	7.0±0.15	14.17±0.42
	WM	6.2±0.50	5.85±0.21
	WDM	6.8±0.90	8.58±2.11

<sup>1)</sup>DM, dry milling; WM, wet milling; WDM, wet milling, followed by dry milling.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD.

제분방법별 흑미가루의 색도, 수분흡수지수 및 수분용해도지수 제분방법에 따른 멥쌀 및 찹쌀흑미 쌀가루의 색도, 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)를 측정한 결과는 Table 4에 나타나 있다. 색도계를 사용하여 흑미가루의 색도를 측정한 결과 습식제분한 멥쌀흑미 가루의 L값이 건식제분에 비해 약간 낮아진 반면 찹쌀흑미 가루는 L값이 건

**Table 4. Color, water absorption index (WAI), and water solubility index (WSI) of black rice flours prepared by different milling methods.**

Black rice flour	Milling method <sup>1)</sup>	L <sup>2)</sup> value	WAI (g/g)	WSI (%)
Normal	DM	62.47±0.02 <sup>3)</sup>	2.54±0.33	4.94±0.30
	WM	56.64±0.03	2.23±0.09	3.20±0.04
	WDM	59.64±0.10	2.10±0.00	3.67±0.16
Glutinous	DM	70.64±0.06	2.30±0.29	10.19±1.06
	WM	75.74±0.05	2.34±0.13	3.33±0.01
	WDM	70.80±0.06	2.08±0.04	5.57±0.15

<sup>1)</sup>DM, dry milling; WM, wet milling; WDM, wet milling, followed by dry milling.

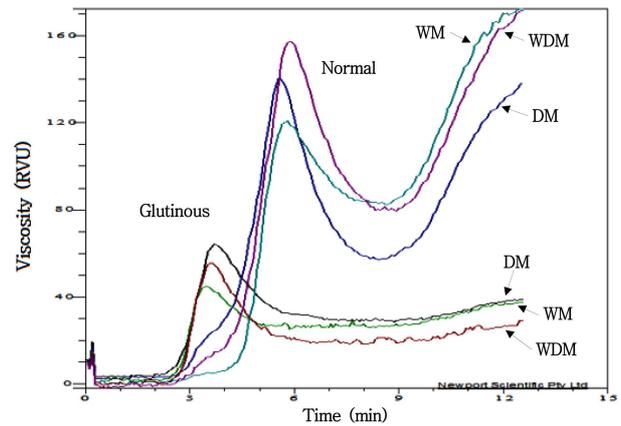
<sup>2)</sup>Lightness.

<sup>3)</sup>Values are mean±SD.

식제분에 비해 증가하여 밝게 나타나는 경향을 보여주었다.

멥쌀흑미 가루의 수분흡수지수(WAI)는 건식제분이 습식제분에 비해 높은 반면 찹쌀흑미 가루의 수분흡수지수는 습식제분에서 약간 높았으며 습식/건식 처리한 흑미가루에서 가장 낮은 수치를 주었다. 쌀가루의 물결합능력은 멥쌀가루에서는 건식분쇄에 비해 수침처리한 경우에서 감소하였고 찹쌀가루에서는 거의 비슷하거나 약간 증가한다고 보고한바 있으며(Kim & Bang, 1996) 이는 본 실험의 멥쌀흑미와 찹쌀흑미 가루의 결과와 유사하였다.

흑미가루의 수분용해도지수(WSI)는 건식제분, 습식/건식, 그리고 습식제분 순으로 높았다. 이는 건식제분에 의해 제조된 쌀가루가 습식제분에 비해 상당히 높은 수분용해도지수를 주었다는 결과(Kim & Kim, 1995)와 유사하며 흑미가루의 입자크기와 손상전분의 함량과 관련이 있는 것으로 판단되었다. 한편 습식/건식 제분한 흑미가루는 습식제분 흑미가루 보다 수분용해도지수가 약간 증가하였지만 입자크기가 유사한 건식 흑미가루에 비해 수분용해도지수가 낮았다. 찹쌀흑미 가루의 수분용해도지수는 모든 제분방법에서 멥쌀흑미 가루에 비해 높게 분석되었다. 이는 아밀로오스 함량이 낮은 찹쌀흑미는 일반 흑미와 비교하여 수분흡수지수는 별 차이가 없지만 수분용해도지수는 높게 나타난



**Fig. 2. RVA pasting properties of black rice flours prepared by different milling methods. DM, dry milling; WM, wet milling; WDM, wet milling, followed by dry milling.**

결과(Ha et al., 1999b)와도 일치하는 것으로 나타났다.

**흑미가루의 호화특성**

흑미가루의 호화특성을 신속점도측정계(RVA)를 사용하여 측정된 결과는 Table 5 및 Fig. 2와 같으며 아밀로오스 함량이 다른 흑미의 종류와 제분방법이 흑미가루의 호화양상에 차이를 주는 것으로 나타났다. 멥쌀흑미 가루의 호화개시온도는 제분방법에 따라 72-75°C로 찹쌀흑미 가루의 69°C에 비해 높았으며 이는 아밀로오스 함량이 호화개시온도와 정의 상관관계를 보인다는 결과(Sompong et al., 2011)와 아밀로펙틴 함량이 많은 전분 입자가 보다 쉽게 팽윤하기(Li et al., 2008) 때문으로 여겨졌다. 최고점도는 멥쌀흑미 가루가 123-156 RVU 범위로 찹쌀흑미 가루의 45-62 RVU에 비해 현저하게 높았다. 또한 아밀로오스 함량이 낮은 찹쌀흑미 가루는 trough, breakdown, final 점도가 각각 19-26, 20-37, 29-39 RVU 범위로 멥쌀흑미 가루의 55-83, 40-78, 136-175 RVU에 비해 상당히 낮았으며 setback 수치 역시 낮게 나타났다. 이는 찹쌀흑미 가루 paste의 peak, trough, breakdown, final, setback 점도가 일

**Table 5. Rapid Visco Analyzer (RVA) pasting properties of black rice flours prepared by different milling methods.**

Black rice flour	Milling method <sup>1)</sup>	Pasting temp (°C)	Viscosity (RVU) <sup>2)</sup>				
			Peak	Trough	Break down	Final	Setback
Normal	DM	74.1 <sup>3)</sup>	138.59	55.38	53.21	136.13	-2.46
	WM	75.3	123.05	83.08	39.96	174.75	51.71
	WDM	72.1	156.25	78.67	77.59	170.04	13.79
Glutinous	DM	68.8	61.75	26.46	35.29	37.25	-24.50
	WM	68.8	45.34	25.67	19.67	38.63	-6.71
	WDM	68.8	55.71	18.75	36.96	28.71	-27.00

<sup>1)</sup>DM, dry milling; WM, wet milling; WDM, wet milling, followed by dry milling.

<sup>2)</sup>Trough = minimum viscosity after the peak, breakdown = peak viscosity minus trough viscosity, setback = final viscosity minus peak viscosity.

<sup>3)</sup>Values are means of duplicate determinations.

반 흑미가루에 비해 낮았으며(Lee & Jung, 2002) 또한 아밀로오스 함량이 높은 흑미가루에서 *trough*, *final*, 그리고 *setback* 점도가 높다는 상관관계를 보고한(Sompong et al., 2008) 바와 같은 결과를 보여주었다. 제분방법에 따라 제조한 멥쌀흑미와 찹쌀흑미 가루는 습식제분시 최고점도가 가장 낮았지만 *trough* 점도가 상대적으로 높아 최고점도와 *trough* 점도의 차이로서 가공중의 안정도와 관련있는 *breakdown*이 가장 낮게 나타났으며 *final* 점도가 가장 높아 *setback*은 증가하였다.

## 요 약

아밀로오스 함량에 차이가 있는 멥쌀 및 찹쌀흑미를 제분방법을 달리하여 흑미가루로 제조한 후 흑미가루의 이화학적 특성을 비교 분석하였다. 멥쌀흑미의 총안토시아닌 함량이 찹쌀흑미에 비해 약 2 배 가량 높아 색이 어두웠으며 수침 6시간 후 원곡의 2/3 수준으로 안토시아닌 함량이 감소하였다. 건식제분한 흑미가루의 입자크기가 습식제분한 흑미가루에 비해 작았고, 흑미가루의 전분손상도는 건식제분 흑미가루가 14.2-16.2%로 습식제분 2.7-5.9%에 비해 현저히 높게 나타났다. 한편 습식제분하여 건조한 흑미가루를 2 차 건식 재분쇄하는(습식/건식) 제분방식은 직접 건식제분하는 방법에 비해 입자크기가 작으면서 흑미가루의 전분손상도를 감소시키는 것으로 나타났다. 흑미가루의 수분흡수지수는 제분방법에 따라 큰 차이가 없었으며 수분용해도지수는 건식>습식/건식>습식제분순으로 찹쌀흑미에서 보다 높게 나타났다. 제분방법별 찹쌀흑미 가루는 멥쌀흑미 가루에 비해 호화개시온도가 빠르고 *peak*, *trough*, *breakdown*, *final*, *setback* 점도가 낮게 나타났다. 습식제분한 흑미가루가 건식제분 보다 *paste*의 최고점도가 낮은 반면에 *paste*의 최종점도는 증가하여 *setback*이 증가하는 경향을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품 연구개발사업의 지원에 의해 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

AACC. 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.  
 Anderson RA. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem.* 59: 265-271.  
 Chiang PY, Yeh AI. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J. Cereal Sci.* 35: 85-94.  
 Defa G, Xu M. 1992. A study on special nutrient of purple glutin-

nous rice. *Scientia Agric. Sinica* 25: 36-41.  
 Fardet A, Rock E, Remesy C. 2008. Is the *in vitro* antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected *in vivo*? *J. Cereal Sci.* 48: 258-276.  
 Ha TY, Park SH, Lee CH, Lee SH. 1999a. Chemical composition of pigmented rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 336-341.  
 Ha TY, Park SH, Lee SH, Kim DC. 1999b. Gelatinization properties of pigmented rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 564-567.  
 Haruyo I, Takashi I, Bing X. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *J. Medicinal Food* 4: 211-218.  
 Juliano BO, Perez CM, Blakeney AB, Castillo DT, Kongseree N, Laignelet B, Lapis ET, Murty VVS, Paule CM, Webb BB. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch* 33: 157-163.  
 Jun HI, Yang EJ, Kim YS, Song GS. 2008. Effect of dry and wet millings on physicochemical properties of black rice flours. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 900-907.  
 Jung DS, Lee FZ, Eun JB. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food. Sci Technol.* 34: 232-237.  
 Kaneda I, Kubo F, Sakurai H. 2006. Antioxidative compounds in the extracts of black rice brans. *J. Health Sci.* 52: 495-511.  
 Kim SK, Bang JB. 1996. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. *Korean J. Food. Sci Technol.* 28: 1026-1032.  
 Kim DW, Eun JB, Rhee CO. 1998. Cooking conditions and textural changes of cooked rice added with black rice. *Korean J. Food. Sci Technol.* 30: 562-568.  
 Kim SS, Kim YJ. 1995. Effect of moisture content of paddy on properties of rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 690-696.  
 Kim RY, Kim CS, Kim HY. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1076-1083.  
 Kim WS, Shin M. 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.  
 Kong S, Choi Y, Lee SM, Lee J. 2008. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 815-819.  
 Kum JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. 1993. Effect of different milling methods on distribution of particle size of rice flour. *Korean J. Food. Sci Technol.* 25: 541-545.  
 Lee HH, Kim HY, Koh HJ, Ryu SN. 2006. Varietal difference of chemical composition in pigmented rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 51(S): 113-118.  
 Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J AOAC International* 88: 1269-1278.  
 Lee JS, Oh MS. 2006. Quality characteristics of cookies with black rice flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22: 193-203.  
 Lee WJ, Jung JK. 2002. Quality characteristics and preparation of noodles from brown rice flour and colored rice flour. *Korean J.*

- Culinary Research 8: 267-278.
- Li Y, Shoemaker CF, Ma J, Kim JM, Zhong F. 2008. Structure-viscosity relationships for starches from different rice varieties during heating. *Food Chem.* 106: 1105-1112.
- Nam SH, Kang MY. 1998. Comparison of inhibitory effect of rice bran-extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41: 78-83.
- Nishita KD, Bean MM. 1982. Grinding methods; The impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* 59: 46-50.
- Oh GS, Kim K, Park JH, Kim SK, Na HS. 2002. Physical properties on waxy black rice and waxy rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 339-342.
- Park HW, Woo KJ. 1991. The hydration properties and the cooking qualities of various brown rices. *Korean J. Food Cookery Sci.* 7: 25-40.
- Park YK, Seog HM, Nam YJ, Shin DW. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 504-510.
- Seo SJ, Choi Y, Lee SM, Kong S, Lee J. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 129-135.
- Sompong R, Siebenhandl-Ehn S, Linsberger-Martin G, Berghofer E. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chem.* 124: 132-140.
- Tsuda T, Watanabe M, Ohshima K, Norinobu S, Kawakishi S, Choi SW, Osawa T. 1994. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O-β-D-glucoside and cyanidin. *J. Agric. Food Chem.* 42: 2407-2411.
- Yeh AI. 2004. Preparation and applications of rice flour. pp. 497-513 In: *Rice Chemistry and Technology*. Champagne ET (ed). AACC, St. Paul, MN, USA.