

## 제분조건에 따른 흑미쌀가루 품질특성

최봉규 · 금준석 · 이현유 · 박종대\*  
한국식품연구원

### Physicochemical Properties of Black Rice Flours (BRFs) Affected by Milling Conditions

Bong-Kyu Choi, Jun-Seok Kum, Hyun-Yu Lee, and Jong-Dae Park\*  
Korea Food Research Institute

**Abstract** Physicochemical properties of black rice flours (BRFs) produced under different milling conditions were investigated to explore their applications for various processed rice products. Moisture contents of BRFs after roll milling and subsequent hot-air drying or microwave drying were 10.3% and 14.4%, respectively. The BRFs with jet milling and subsequent hot-air drying or microwave drying showed moisture contents of 7.9% and 7.5%. Mean particle sizes of the BRFs obtained from roll milling, jet milling, and following air-classification were 150, 41.5, and 9.4  $\mu\text{m}$ , respectively. Hunter L value and water soluble index (WSI) of BRFs increased with decreasing particle size, while Hunter a value decreased. Total polyphenol contents of 91.4-115.8 mg/100 g and total amino acids of 75.0-96.4 mg/100 g in three types of BRFs were higher as compared to those (6.3 mg/100 g and 30.5 mg/100 g) of polished rice flour (PRF). Physicochemical properties such as moisture content, color parameter, and WSI have close relationship with the particle size of BRFs prepared under different milling conditions.

**Key words:** black rice, milling, microwave, polyphenol

## 서 론

전곡립(whole-grain)이란 현미, 발아현미, 유색미 등 미강과 배아가 제거되지 않은 상태의 곡류를 말하며, 영양 및 기능성이 우수하여 최근에 많은 관심을 받고 있으며 다양한 제품으로 개발이 되고 있다. 전곡립에는 정제된 상태보다 인체에 유용한 각종 영양 및 생리활성 성분이 많이 포함되어 있어 천연 전곡립의 섭취는 암, 심장병과 같은 성인병의 발병을 감소시킨다(1)는 연구 결과가 발표됨에 따라 실제 우리의 식생활에서 섭취되고 있는 곡류 중 유효성분의 분포와 함량에 대한 관심이 커지고, 그 결과 상업적으로 여러 종류의 전곡립을 분말화 하여 혼합된 선식 상태로 판매되고 있다. 선식 시장은 매년 10-20%씩 규모가 확대되어 현재 국내 선식 시장은 약 400-500억 원대에 이르고, 또한 최근에는 이유식, 당노식 등 특수용도용 제품개발도 활발히 이루어지고 있으나, 대부분 표준공정과 품질검증 없이 즉석 가공형태로 판매되고 있는 실정이다(2).

전곡립 중에서도 흑미는 다양한 효능이 있는 건강식으로 알려져 최근 그 수요가 증가되고 있는데 이들 대부분이 중국 품종으로 전세계의 90.4%를 차지하고 있으며(3), 우리나라의 경우, 진

도, 해남, 보성 등 일부 지역에서 생산되고 있다. 흑미는 단백질(lysine), 식물성지방(phytofats), 섬유소(cellulose), 무기질, 비타민 등 영양성분이 풍부하고 항산화활성과 항면이원성 등(4)과 같은 생리활성 효과가 높으며 anthocyanin에 의한 자색과 향미 등 기능성 성분을 가지고 있다. 지금까지는 유색미 가루가 제빵에 미치는 영향, 유색미를 이용한 떡, 식혜의 원료 등(5) 주로 가공적성에 관한 연구들이 있을 뿐 쌀가공 제품의 원료로서 흑미쌀가루 가공기술 관련 연구는 미비한 실정이다.

쌀가루를 이용하는 가공식품의 품질은 쌀가루 제분조건 즉, 수침시간, 입도분포, 제분방법과 제분기의 종류 등에 영향을 받는다(6,7). 건식제분한 쌀가루보다 습식제분한 쌀가루가 더 쉽게 호화되며, 쌀의 수침시간이 증가할 때 수침액의 pH, 입자크기, 전분손상도, 점도 특성 등이 변화되어 쌀 가공식품의 품질에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(8). 따라서 풍부한 영양성분을 함유하고 있는 흑미를 가공하여 제품개발 원료소재로 활용하기 위해서는 흑미쌀가루의 품질특성에 관한 연구가 선행되어야 한다. 이에 본 실험에서는 제분기, 건조방법 등 다양한 조건별로 흑미쌀가루를 제조하여 각 쌀가루별 외관 특성, 물리화학적 특성, 호화 특성 등의 품질을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용한 흑미(상해항혈나, 진도)와 백미(추청, 경기)는 각각 2004년도에 생산된 제품으로 대형마트에서 구입하여 쌀가루로 제조하였다.

\*Corresponding author: Jong-Dae Park, Korea Food Research Institute, San 46-1 Backhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9211  
Fax: 82-31-780-9059  
E-mail: jdpark@kfri.re.kr  
Received August 18, 2006; accepted November 3, 2006

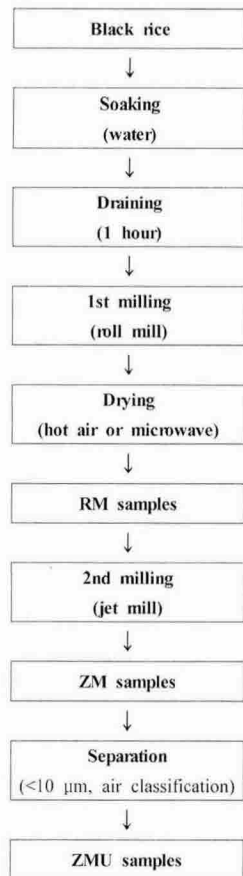


Fig. 1. Procedure for black rice flours with different producing conditions.

#### 흑미쌀가루 제조

흑미쌀가루 제조는 Fig. 1과 같은 조건으로 처리하여 본 연구에서 실험할 다양한 시료로 명명하였다. 즉, 흑미 25 kg을 상온에서 4시간 물침지하고 약 12 mesh(1.70 mm) 체에서 1시간 자연탈수한 후 roll mill(Kyungchang, Korea)로 1차 분쇄하였다. 이를 65°C dry oven에서 2.5시간 건조(1.5 kg × 5단), 150 g씩을 700 watt에서 4.5분간 가정용 전자레인지(RE-IH700, Samsung, Korea)로 마이크로파 건조하여 roll mill 시료로 명명하였다(2종). Jet mill 시료는 1차 분쇄하여 얻은 roll mill 시료를 jet mill(HTM-101, Hyunjun, Korea)로 2차 분쇄하여 얻어진 것을 jet mill 시료로 명명하였다(2종). 이때 대조구로는 물에 침지후 roll mill 분쇄하여 열풍건조한 백미쌀가루를 사용하였다(1종). 또한 쌀가루의 분쇄시 발생하는 열로 인한 손실을 최소화하고자 최근에 개발된 분

쇄기술(공개특허 10-2004-0078505, 등록실용 20-0385048)을 이용하여 한국에너지기술원 개발 분쇄기인 HKP-05로 냉각 흑미쌀가루를 생산하였다(2종). 이를 기류분쇄(ATP 100 Air-classifier, Alpine, Germany)하여 초미세 흑미쌀가루( $\phi 10 \mu\text{m}$  이하)를 선별 생산하여 Table 1과 같이 약어로 표시하여 실험에 사용하였다.

#### 수분함량 및 색도

수분함량 측정은 AOAC 방법(9)으로 측정하였고, 색도는 색차계(CR-300, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L값(Lightness), a값(+ Redness, - Greenness), b값(+ Yellowness, - Blueness)으로 나타내어 비교하였으며 표준색판은 L: 96.86, a: -0.07, b: 2.02였다.

#### 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)

WAI(water absorption index)값과 WSI(water solubility index)값은 Anderson 방법(10)으로 측정하였다. 즉 60 mesh 이상의 시료 2.5 g을 30 mL의 증류수를 넣은 원심분리관에서 분산시키고 흔들어 주면서 실온에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상정액은 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 넣어 고형분량을 구하여 WSI를 산출하였으며, 침전물의 무게를 측정하여 WAI를 산출하였다. 즉 WSI는 상기조건에서 상정액으로 용해된 흑분의 백분율로 나타내었고, WAI는 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 나타내었다.

#### 입도분포

Roll mill로 제분한 흑미 입도분포는 쌀가루 100 g을 60, 80, 100 mesh의 표준망체에 취하여 sieve shaker(CG-213, Chunggye, Korea)를 이용하여 10분간 흔든 후 각 표준망체에 잔류된 쌀가루의 양을 측정(11)하여 입도분포로 하였고, jet mill로 제분한 흑미 입도분포는 particle size analyzer(1064, CILAS, France)로 측정하였다.

#### 총 폴리페놀

총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis 방법(12)을 변형하여 실시하였다. *n*-Hexane으로 탈지한 시료 5 g에 70% 메탄올 50 mL를 넣고 90°C에서 30분간 환류냉각한 후 여과하고 남은 잔사에 50 mL의 메탄올을 넣고 환류냉각, 여과 과정을 3회 반복하여 얻은 여과액을 농축시켜 50 mL로 정용한 다음 11,000 rpm으로 5°C에서 15분 원심분리시켜 얻은 상정액을 총 폴리페놀 함량 측정용 시료로 사용하였다. 검액 100  $\mu\text{L}$ 를 취하여 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (sodium carbonate, FW: 106) 2 mL과 잘 혼합하고 2분 후, 50% folin 시약을 100  $\mu\text{L}$  첨가하여 발색시켰다. 30분 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질 (+)-catechin equivalent 기준으로 환산하였다.

Table 1. Abbreviations of black rice flours produced under different drying and milling conditions

Abbreviations	Sample production process
Control	Rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air)
BIWRH	Black rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air)
BIWRM	Black rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (microwave)
BIWZH	Black rice → soaking (water) → draining → 1st milling (roll mill) → drying (hot air) → 2nd milling (jet mill)
BIWZM	Black rice → soaking (water) → draining → 1st milling (roll mill) → drying (microwave) → 2nd milling (jet mill)
HBIZM	Black rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air) → cold milling (jet mill with cold system)
HBIZMU	Black rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air) → cold milling (jet mill with cold system) → separating (<10 $\mu\text{m}$ )

**총 아미노산**

유리아미노산 분석은 각각의 시료 분말 5 mg을 vial에 취한 후 PITC (phenylisothiocyanate)로 유도체화 시켰다. 시료를 완전 건조 후 이동상 A 용액 200 µL에 녹여 원심분리 하였다. 분리된 상정액을 취하여 0.45 µm membrane filter를 통과시킨 후 분석하였다. 이때 각 아미노산의 정량은 시료의 HPLC chromatogram의 peak area를 병행 실험된 표준물질의 peak area에 기준하여 산출하였다.

**결과 및 고찰**

**수분함량, 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)**

제조조건별 수분함량, WAI, WSI 측정결과는 Table 2와 같다. 건조조건에 따른 roll mill로 제분한 흑미쌀가루의 수분함량은 열풍건조 10.3%, 마이크로파건조 14.4%로 측정되었다. 대조구인 백미쌀가루의 수분함량은 10.0%였다. Jet mill 분쇄 후 쌀가루의 수분함량은 7.5-7.9%로 roll mill 분쇄 후 수분함량 보다 낮아 jet mill 분쇄시 많은 열이 발생하는 것으로 판단된다. 냉각쌀가루의 수분함량이 일반 jet mill 흑미쌀가루 수분함량과 유사한 8.4, 8.5%로 각각 측정되어 제분시 냉각효과가 없는 것으로 사료된다. WAI는 0.32-0.45로 차이를 나타내지 않았으나, 전분의 용출정도를 나타내는 WSI는 입자크기가 작은 jet mill로 분쇄한 흑미쌀가루가 7.3-16.3%로 높았고, 입자크기가 큰 roll mill 분쇄한 대조구와 흑미쌀가루가 각각 0.7, 3.7, 4.1%로 낮은 값을 나타내어 입자크기가 감소함에 따라 증가하여 Nishita 등(13)의 보고와 일치하였다.

**Table 2. Moisture contents, WAI and WSI of black rice flours with different producing conditions**

Samples <sup>1)</sup>	Moisture content (%)	WAI (g/g)	WSI (%)
Control	10.0 ± 0.0 <sup>2)</sup>	0.45 ± 0.02	0.7 ± 0.1
BIWRH	10.3 ± 0.1	0.43 ± 0.01	3.7 ± 0.5
BIWRM	14.4 ± 0.1	0.43 ± 0.11	4.1 ± 0.0
BIWZH	7.9 ± 0.3	0.38 ± 0.11	9.5 ± 0.9
BIWZM	7.5 ± 0.1	0.32 ± 0.01	11.5 ± 0.2
HBIZM	8.5 ± 0.1	0.48 ± 0.01	7.3 ± 0.1
HBIZMU	8.4 ± 0.2	0.33 ± 0.01	16.3 ± 0.0

<sup>1)</sup>The abbreviations refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Mean of triplication ± standard deviations.

Kum 등(14) 역시 품종 및 입자크기에 따른 수분흡수지수와 수분용해지수 측정결과 입자크기가 작을수록 WAI, WSI가 증가한다고 보고하였다. WSI는 전분의 결정구조가 파괴되어 비결정구조로 되어 물분자와 접촉면적이 넓어 전분의 OH기와 물분자간에 수소결합이 쉽게 형성되기 때문인 것으로 알려져 있다(15,16).

**색도**

Color and color difference meter로 제분조건별 흑미쌀가루 색도를 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 대조구 백미 쌀가루 L, a, b는 97.1, -0.4, 4.2로 측정되었고, 흑미쌀가루는 분쇄과정에서 생성된 미강층 때문에 L값은 대조구 보다 낮고 반면에 a값은 높은 결과를 나타내었다. Roll mill로 분쇄한 흑미쌀가루의 L, a값은 각각 56.7-57.5, 5.5-6.4이었고, jet mill로 제분한 흑미쌀가루의 L, a값은 각각 66.5-75.7, 2.5-3.9로 측정되어 입자크기가 작을수록 L값은 증가하였고, a값은 감소하였다. L값은 roll mill < jet mill < 초미세 쌀가루 순으로 나타나 쌀가루의 입도분포와 밀접한 관계가 있다는 기존의 보고와 일치하였다(17).

**입도분포**

Jet mill로 분쇄한 흑미쌀가루 입도분포는 particle size analyser를 이용하여 나타내었고, roll mill로 제분한 흑미쌀가루는 sieve shaker를 이용하여 입도분포를 측정하여 Table 4에 나타내었다. Jet mill로 분쇄한 모든 흑미쌀가루의 평균입도는 건조조건, 침지

**Table 3. Color values of black rice flours with different producing conditions**

Samples <sup>1)</sup>	Color values <sup>2)</sup>		
	L	a	b
Control	97.1 ± 0.4 <sup>3)</sup>	-0.4 ± 0.0	4.2 ± 0.3
BIWRH	57.5 ± 0.4	5.5 ± 0.4	1.6 ± 0.2
BIWRM	56.7 ± 0.2	6.4 ± 0.3	3.4 ± 0.3
BIWZH	66.5 ± 1.0	3.6 ± 0.4	2.0 ± 0.3
BIWZM	68.3 ± 0.7	3.9 ± 0.3	2.7 ± 0.1
HBIZM	74.6 ± 0.7	2.9 ± 0.1	1.6 ± 0.2
HBIZMU	75.7 ± 0.4	2.5 ± 0.5	1.8 ± 0.1

<sup>1)</sup>The abbreviations refer to Table 1.

<sup>2)</sup>L: Lightness, a: (+) redness (-) greenness, b: (+) yellowness (-) blueness.

<sup>3)</sup>Mean of five replication ± standard deviations.

**Table 4. Particle size distributions of black rice flours with different producing conditions**

Samples <sup>1)</sup> (roll mill)	Particle size (µm, %) <sup>2)</sup>			
	>221	221-173	173-140	<140
Control	62.0 ± 5.1 <sup>3)</sup>	9.7 ± 0.9	4.7 ± 0.3	23.7 ± 1.8
BIWRH	72.7 ± 5.9	10.4 ± 1.2	3.1 ± 0.3	14.1 ± 1.1
BIWRM	76.7 ± 7.3	8.7 ± 0.3	2.3 ± 0.2	12.3 ± 0.9
Samples <sup>1)</sup> (jet mill)	Particle size (µm) <sup>2)</sup>			
	Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
BIWZH	3.1 ± 0.0	27.5 ± 0.2	106.3 ± 0.2	41.5 ± 0.2
BIWZM	3.2 ± 0.1	27.1 ± 0.9	98.0 ± 0.6	39.1 ± 0.6
HBIZM	6.3 ± 0.2	32.8 ± 0.1	91.3 ± 0.2	41.4 ± 0.0
HBIZMU	1.7 ± 0.0	8.8 ± 0.2	18.0 ± 0.2	9.4 ± 0.1

<sup>1)</sup>The abbreviations refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Roll mill samples were measured by sieve shaker method and jet mill samples were by particle size analyser.

<sup>3)</sup>Mean of triplication ± standard deviations.

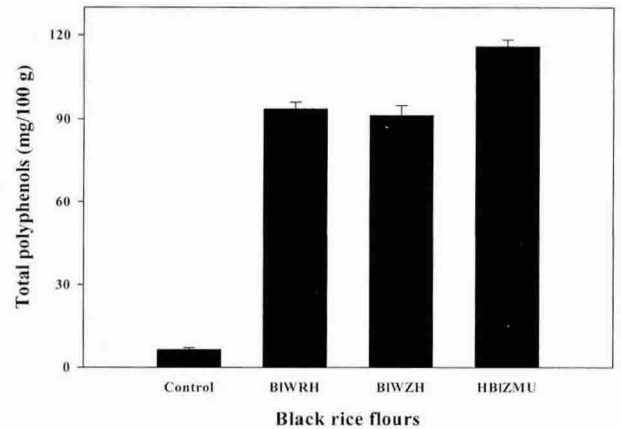
조건에 상관없이 39.1-41.5  $\mu\text{m}$ 로 유사한 입도분포를 나타내었으나 초미세 흑미쌀가루의 평균입도는 9.4  $\mu\text{m}$ 로 가장 작은 입도분포를 나타내었다. Roll mill로 분쇄한 흑미쌀가루 역시 건조방법에 따른 입도분포의 변화를 보이지 않아 건조방법은 입자크기에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 쌀가루의 입도분포는 쌀가루의 paste 특성과 gel consistency 등의 이화학적 특성을 변화시킴으로써 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 정확한 입도분포를 연구하는 것이 중요하다(18).

### 총 폴리페놀

제조방법에 따른 흑미쌀가루의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 2와 같다. 대조구인 백미가 6.3 mg/100 g으로 가장 낮고, 흑미쌀가루는 91.4-115.8 mg/100 g으로 유사한 값을 보였다. HBIZMU가 115.8 mg/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었고, 제분공정시 발생하는 열에 의한 폴리페놀의 손실은 없는 것으로 판단된다. Chung 등(19)은 흑미의 유리형과 결합형 페놀화합물의 함량이 시료 100 g당 각각 845, 401 mg으로 측정되었고 배유부분이나 세포벽에 결합된 형태보다는 외피, 과피에 유리형의 형태로 대부분 존재한다고 보고하여 본 실험보다 높은 결과를 나타내었는데 이는 흑미쌀가루 제조시 침지과정에서 다량의 유리형 페놀화합물이 손실된 것으로 판단된다.

### 총 아미노산

처리구에 따른 흑미쌀가루의 아미노산 함량은 mg/100 g으로 표



**Fig. 2. Total polyphenols in black rice flours with different producing condition.** Control: rice  $\rightarrow$  soaking (water)  $\rightarrow$  draining  $\rightarrow$  milling (roll mill)  $\rightarrow$  drying (hot air), BLWRH: black rice  $\rightarrow$  soaking (water)  $\rightarrow$  draining  $\rightarrow$  milling (roll mill)  $\rightarrow$  drying (hot air), BIWZH: black rice  $\rightarrow$  soaking (water)  $\rightarrow$  draining  $\rightarrow$  1st milling (roll mill)  $\rightarrow$  drying (hot air)  $\rightarrow$  2nd milling (jet mill), HBIZMU: black rice  $\rightarrow$  soaking (water)  $\rightarrow$  draining  $\rightarrow$  milling (roll mill)  $\rightarrow$  drying (hot air)  $\rightarrow$  cold milling (jet mill with cold system)  $\rightarrow$  separating ( $<10 \mu\text{m}$ ).

시하였다(Table 5). 모든 처리구에서 총아미노산 함량은 흑미가 백미보다 더 높은 결과를 보여 인체가 합성할 수 없어 식품으로

**Table 5. Contents of free amino acid in black rice flours with different producing condition**

(Unit: mg/100 g)

Amino acids	Samples <sup>1)</sup>						
	Control	BIWRH	BIWRM	BIWZH	BIWZM	HBIZM	HBIZMU
Cys <sup>3)</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>2)</sup>	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.87 $\pm$ 0.03	0.00 $\pm$ 0.00	0.29 $\pm$ 0.01	0.00 $\pm$ 0.00
ASP	3.56 $\pm$ 0.02	4.28 $\pm$ 0.25	5.92 $\pm$ 0.42	5.56 $\pm$ 0.09	6.35 $\pm$ 0.19	5.72 $\pm$ 0.13	5.25 $\pm$ 0.12
GLU	3.90 $\pm$ 0.03	1.87 $\pm$ 0.10	2.75 $\pm$ 0.15	3.21 $\pm$ 0.03	3.97 $\pm$ 0.28	4.90 $\pm$ 0.14	7.53 $\pm$ 0.12
ASN	1.87 $\pm$ 0.03	6.46 $\pm$ 0.22	5.91 $\pm$ 0.36	5.39 $\pm$ 0.28	5.54 $\pm$ 0.15	6.25 $\pm$ 0.20	7.81 $\pm$ 0.18
SER	0.84 $\pm$ 0.01	3.75 $\pm$ 0.43	3.98 $\pm$ 0.33	3.83 $\pm$ 0.03	4.35 $\pm$ 0.20	3.98 $\pm$ 0.09	3.75 $\pm$ 0.04
GLN	0.76 $\pm$ 0.02	4.62 $\pm$ 0.17	3.89 $\pm$ 0.33	4.39 $\pm$ 0.10	4.28 $\pm$ 0.14	3.47 $\pm$ 0.08	1.76 $\pm$ 0.01
GLY	0.86 $\pm$ 0.03	3.45 $\pm$ 0.57	3.31 $\pm$ 0.29	3.44 $\pm$ 0.13	3.63 $\pm$ 0.14	3.22 $\pm$ 0.12	2.58 $\pm$ 0.07
HIS	0.33 $\pm$ 0.02	1.78 $\pm$ 0.18	1.72 $\pm$ 0.14	2.16 $\pm$ 0.19	2.29 $\pm$ 0.31	2.01 $\pm$ 0.18	1.59 $\pm$ 0.04
ARG	0.85 $\pm$ 0.03	5.34 $\pm$ 0.25	4.88 $\pm$ 0.66	7.11 $\pm$ 0.11	7.28 $\pm$ 0.26	6.40 $\pm$ 0.14	4.81 $\pm$ 0.04
THR	0.29 $\pm$ 0.01	2.48 $\pm$ 0.20	2.64 $\pm$ 0.27	2.80 $\pm$ 0.16	3.03 $\pm$ 0.14	2.37 $\pm$ 0.11	1.26 $\pm$ 0.03
ALA	2.04 $\pm$ 0.06	7.08 $\pm$ 0.60	6.29 $\pm$ 0.50	7.49 $\pm$ 0.23	7.76 $\pm$ 0.16	7.89 $\pm$ 0.24	8.41 $\pm$ 0.34
GABA	1.19 $\pm$ 0.05	11.89 $\pm$ 0.17	13.59 $\pm$ 1.03	15.11 $\pm$ 1.45	13.72 $\pm$ 0.15	12.15 $\pm$ 0.59	7.62 $\pm$ 0.17
PRO	0.40 $\pm$ 0.00	2.89 $\pm$ 0.11	2.37 $\pm$ 0.24	3.12 $\pm$ 0.15	2.91 $\pm$ 0.07	2.59 $\pm$ 0.12	1.74 $\pm$ 0.15
TYR	0.54 $\pm$ 0.10	2.53 $\pm$ 0.12	2.55 $\pm$ 0.29	3.46 $\pm$ 0.07	3.42 $\pm$ 0.11	3.14 $\pm$ 0.14	2.53 $\pm$ 0.22
VAL	0.74 $\pm$ 0.03	3.08 $\pm$ 0.27	3.55 $\pm$ 0.12	4.87 $\pm$ 0.49	4.19 $\pm$ 0.08	3.94 $\pm$ 0.25	2.76 $\pm$ 0.19
MET	0.76 $\pm$ 0.22	1.59 $\pm$ 0.12	1.24 $\pm$ 0.13	1.76 $\pm$ 0.08	1.65 $\pm$ 0.08	1.74 $\pm$ 0.06	1.80 $\pm$ 0.01
Cys2	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
ILE	0.50 $\pm$ 0.03	1.67 $\pm$ 0.14	1.71 $\pm$ 0.25	2.09 $\pm$ 0.10	2.11 $\pm$ 0.04	1.85 $\pm$ 0.07	1.35 $\pm$ 0.07
LEU	0.66 $\pm$ 0.04	2.48 $\pm$ 0.17	2.23 $\pm$ 0.28	3.19 $\pm$ 0.03	3.27 $\pm$ 0.05	2.58 $\pm$ 0.05	1.28 $\pm$ 0.06
PHE	1.16 $\pm$ 0.14	1.83 $\pm$ 0.14	2.56 $\pm$ 0.85	2.30 $\pm$ 0.22	2.54 $\pm$ 0.10	2.03 $\pm$ 0.14	1.24 $\pm$ 0.11
TRP	7.94 $\pm$ 0.21	7.11 $\pm$ 1.05	7.71 $\pm$ 2.55	9.39 $\pm$ 1.75	8.62 $\pm$ 0.25	8.24 $\pm$ 0.78	6.70 $\pm$ 0.33
LYS	1.32 $\pm$ 0.28	3.58 $\pm$ 0.18	5.73 $\pm$ 3.79	4.29 $\pm$ 0.66	5.48 $\pm$ 0.79	4.31 $\pm$ 0.54	3.16 $\pm$ 0.17
Total	30.54 $\pm$ 0.41	79.77 $\pm$ 5.18	84.52 $\pm$ 10.59	95.81 $\pm$ 1.17	96.40 $\pm$ 1.79	89.05 $\pm$ 1.30	74.94 $\pm$ 0.94

<sup>1)</sup>The abbreviations refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Mean of triplication  $\pm$  standard deviations.

<sup>3)</sup>Cys: Cysteine, ASP: Aspartate, GLU: Glutamate, ASN: Asparagine, SER: Serine, GLN: Glutamine, GLY: Glycine, HIS: Histidine, ARG: Arginine, THR: Threonine, ALA: Alanine, GABA:  $\gamma$ -aminobutyric acid, PRO: Proline, TYR: Tyrosine, VAL: Valine, MET: Methionine, Cys2: Cystine, ILE: Isoleucine, LEU: Leucine, PHE: Phenylalanine, TRP: Tryptophan, LYS: Lysine.

조건, 제분방법에 따른 흑미쌀가루 총 아미노산 함량은 74.9-96.4 mg/100 g으로 측정되어 백미 쌀가루 총아미노산 30.5 mg/100 g 보다 약 3배 높은 함량을 보였다. Ashida 등(20)은 현미(Koshihikari)의 유리아미노산 함량 분석결과 총 아미노산과 GABA 함량을 각각 67.05 mg/100 g, 3.41 mg/100 g으로 보고하여 흑미 보다 낮은 아미노산 함량을 나타내었다. 혈압강하, 통증완화, 뇌기능활성 등에 효과가 있는 GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid) 함량은 대조구가 1.19 mg/100 g으로 처리구 보다 약 10배 정도 낮은 값을 나타내었다. 초미세 흑미쌀가루의 GABA 함량은 7.6 mg/100 g으로 다른 처리구보다 낮은 함량을 보인 반면 GABA의 전구물질인 glutamic acid 함량은 7.5 mg/100 g으로 다른 처리구 보다 높은 값을 나타내었다. 이는 초미세 분쇄과정으로 인하여 GABA 성분이 파괴되어 감소한 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 제분기, 건조방법별 등 다양한 조건별로 흑미쌀가루를 제조하여 각 쌀가루별 품질특성을 조사하였다. 건조조건에 따른 roll mill로 제분한 흑미쌀가루의 수분함량은 열풍건조 10.3% 마이크로파건조 14.4%로 측정되었다. 대조구인 백미쌀가루의 수분함량은 10.0%였다. Jet mill 분쇄 후 쌀가루의 수분함량은 7.5-7.9%로 roll mill 분쇄 후 수분함량 보다 낮은 수분함량을 보였다. WAI는 0.32-0.45로 차이를 나타내지 않았으나, WSI는 입자크기가 작은 jet mill로 분쇄한 흑미쌀가루가 7.3-16.3%로 높았고, 입자크기가 큰 roll mill 분쇄한 대조구와 흑미쌀가루가 각각 0.7, 3.7, 4.1%로 낮은 값을 나타내어 입자크기가 감소함에 따라 증가하였다. 입자크기가 작을수록 L값은 증가하였고, a값은 감소하였다. Jet mill로 분쇄한 모든 흑미쌀가루의 평균입도는 건조조건, 침지조건에 상관없이 39.1-41.5  $\mu$ m로 유사한 입도분포를 나타내었으나 초미세 흑미쌀가루의 평균입도는 9.4  $\mu$ m로 가장 작은 입도분포를 나타내었다. 대조구인 백미가 6.3 mg/100 g으로 가장 낮고, 흑미쌀가루는 91.4-115.8 mg/100 g으로 유사한 값을 보였다. 제분방법에 따른 흑미쌀가루 총 아미노산 함량은 74.9-96.4 mg/100 g으로 측정되어 백미 쌀가루 총아미노산 30.5 mg/100 g 보다 약 3배 높은 함량을 보였다. 결과적으로 가공제품으로 흑미쌀가루 이용시 건조방법 보다는 제분방법 즉 입도분포가 흑미쌀가루에 품질특성 변화에 더 영향을 주는 것으로 판단된다.

## 문 헌

1. Slavin J, Jacobs D, Marquart L. Whole-grain consumption and chronic disease. *Prot. Mech. Nutr. Cancer* 27: 14-21 (1997)

2. Dey PM, Brinson K. Plant cell walls. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 42: 265-382(1984)

3. Choi HC, Oh SK. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J. Crop. Sci.* 41: 1-9 (1996)

4. Nam SH, Kang MY. Comparison of inhibitory effect of rice bran-extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41: 78-83 (1998)

5. Choi GC, Na HS, Oh GS, Kim SK, Kim K. Gelatinization properties of waxy black rice starch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 87-92 (2005)

6. Choi CR, Kim JO, Lee SK, Shin MS. Properties of fractions from waxy rice flour classified with particle size. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 54-58 (2001)

7. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. Effects of different milling methods on physicochemical properties and products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 546-551 (1999)

8. Kim SK, Bang JB. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1026-1032 (1996)

9. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Int. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1995)

10. Anderson RA. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.* 59: 265-271 (1982)

11. Lee YT, Seog HM, Cho MK.  $\beta$ -Glucan enrichment from pearled barley and milled barley fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 888-894 (1997)

12. Damir AA. Comparative studies on physicochemical properties and micro-structure of raw and parboiled rice. *Food Chem.* 16: 1-14 (1985)

13. Nishita KD, Bean MM. Grinding methods; Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* 59: 46-50 (1982)

14. Kum JS, Lee HY. The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1542-1548 (1999)

15. Meuser F, Klingler RW, Niediek EK. Characterization of mechanically modified starch. *Starch* 30: 376-384 (1978)

16. Multon JL, Bizot H, Savet B. Water Absorption in Cereal Foods and Water Activity Measurement in Cereals for Food and Beverages. Simatos D (ed). Academic Press Inc., New York, USA. pp. 97-101 (1980)

17. Lee YT, Seog HM, Cho MK, Kim SS. Physicochemical properties of hull-less barley flours prepared with different grinding mills. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1078-1083 (1996)

18. Kim YJ, Kim SS. Comparison of size distribution of rice flour measured by microscope, sieve, coulter counter, and aerodynamic methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 184-187 (1994)

19. Chung YA, Lee JK. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 948-951 (2003)

20. Ashida K, Iida S, Yasui T. Lack of 26 kDa globulin accompanies increased from amino acid contents in rice (*Oryza sativa* L.) grains. *J. Cereal Sci.* 43: 387-392 (2006)