

## 제조조건에 따른 현미쌀가루 품질특성

박종대\* · 최봉규 · 금준석 · 이현유  
한국식품연구원

### Physicochemical Properties of Brown Rice Flours Produced under Different Drying and Milling Conditions

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

**Abstract** The physicochemical properties of brown rice flours produced under different drying and milling conditions were investigated. Moisture contents of hot-air dried, microwave dried and zet-milled brown rice flours (BrWZH) were 10.7%, 13.7% and 8.0%-8.6%, respectively. Water absorption indices (WAI) and water soluble indices (WSI) of roll-milled brown rice flours (BrWRH) were lower (0.40-0.59 g/g; 0.7-3.0%) than those of zet-milled brown rice flours (0.58-0.79 g/g; 4.0-7.3%). Zet-milled brown rice flours had higher Hunter L values and more damaged starch (94.1-96.8; 28.2%) compared to roll-milled brown rice flours (91.3-91.9; 15.5%). The percentage of damaged starch and L values of brown rice flours increased as particle size of brown rice flours decreased. Roll-milled polished rice flour (Control) had the highest L value and lowest amount of damaged starch (97.1; 8.2%). Control, BrWRH, BrWZH, and ultrafine brown rice flour (HBrZMU) had peak viscosity values of 321, 255, 221, and 162 RVU, respectively and trough viscosity values of 217, 185, 175, and 113 RVU, respectively. Peak and trough viscosity (Rapid Visco Analyzer; RVA) properties of rice flours decreased as the particle size of rice flours decreased. HBrZMU demonstrated a higher onset temperature (61.1°C) compared to control (54.8°C) by differential scanning calorimetric (DSC). Crystal melting enthalpy ( $\Delta H$ ) of control and brown rice flours were 10.4 J/g and 6.1-8.7 J/g, respectively. Results of this study suggested that physicochemical properties of brown rice flours were closely related to their particle size.

**Key words:** brown rice, milling, physicochemical properties

## 서론

전곡립(whole-grain)이란 현미, 발아현미, 유색미 등 미강과 배아가 제거되지 않은 상태의 쌀을 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 감소시킨다는 연구결과가 발표됨(1)에 따라 실제 우리의 식생활에서 섭취되고 있는 곡류 중 유효성분의 분포와 함량에 대한 관심이 커지고, 그 결과 상업적으로 여러 종류의 전곡립을 분말화하여 혼합된 선식 상태로 판매되고 있다. 선식 시장은 매년 10-20%씩 규모가 확대되어 현재 국내 선식 시장은 약 400-500억원대에 이르고, 또한 최근에는 이 유식, 당뇨식 등 특수용도용 제품개발도 활발히 이루어지고 있으나, 대부분 표준공정과 품질검증 없이 즉석 가공형태로 판매되고 있는 실정이다(2).

전곡립의 하나인 현미는 과피(pericarp), 종피(seedcoat) 및 호분층(aleurone layer)으로 구성된 미강과 배(embryo) 및 배유(endosperm)로 이루어져 있으며, 이들의 구성 비율은 일반적으로 미강 5-6%, 배 2-3%, 배유 92%에 해당하기 때문에 현미를 도정하면 현미의 약 92%에 해당하는 백미를 얻을 수 있다(3). 현미에는 식이섬유의 중요한 공급원으로 백미에 비해 2배 정도의 식이섬유를 공급할 수 있고 양질의 식물성 단백질을 비롯해 지방, 칼슘, 인, 나트륨, 철분 등의 무기질, 비타민 E, 니코틴산, 엽산 판토텐산 등 영양소가 다량 함유되어 건강식품 소재로서의 식품학적 가치가 높아지며 기능적 우수성 및 활용도 등에 대한 연구가 활발해지면서 이에 대한 취반기술 개선 및 기능성 성분함량 연구 등이 수행된 바 있으나 쌀가공 제품의 원료로서 현미쌀가루 가공기술 관련 연구가 미흡한 실정이다(4,5).

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, 점도특성 등이 변화되어 쌀 가공식품의 품질에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(8). 따라서 풍부한 영양성분을 함유하고 있는 현미를 가공하여 제품개발 원료소재로 활용하기 위해서는 현미 쌀가루의 품질특성에 관한 연구가 선행되어야 한다. 이에 본 실험에서는 제분기, 건조방법 등 다양한 조건별로 현미쌀가루를 제조하여 각 쌀가루별 외관 특성, 물리화학적 특성, 호화 특성 등의 품질특성을 측정하였다.

\*Corresponding author: Jong-Dae Park, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-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 February 23, 2006; accepted May 12, 2006

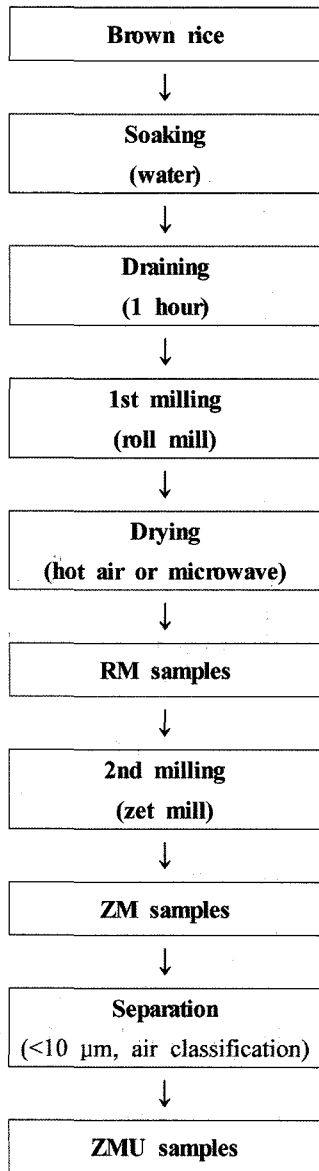


Fig. 1. Procedure for brown rice flours with different producing conditions.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 현미와 백미는 2004년산으로 추정 품종을 대형마트에서 구입하여 쌀가루로 제조하였다.

현미쌀가루 제조

현미쌀가루 제조는 Fig. 1과 같은 조건으로 처리하여 본 연구에서 실험할 다양한 시료로 명명하였다. 즉, 현미 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×5), 150 g씩을 700 watt에서 4.5분간 가정용 전자레인지로 마이크로파 건조하여 roll mill 시료로 명명하였다(2종). Zet mill 시료는 1차 분쇄하여 얻은 roll mill 시료를 zet mill(HTM-101, Hyunjun, Korea)로 2차 분쇄하여 얻어진 것을 zet mill 시료로 명명하였다(2종). 이때 대조구로는 물에 침지후 roll mill 분쇄하여 열풍건조한 백미쌀가루를 사용하였다(1종). 또한 쌀가루의 분쇄 시 발생하는 열로 인한 손실을 최소화하고자 최근에 개발된 분쇄기술(공개특허 10-2004-0078505, 등록실용 20-0385048)을 이용하여 한국에너지기술원 개발 분쇄기인 HKP-05로 현미 냉각 쌀가루를 생산하였다(2종). 이를 기류분쇄(ATP 100 Air-classifier, Alpine, Germany)하여 초미세 현미쌀가루( $\phi 10 \mu\text{m}$  이하)를 선별 생산하여 Table 1과 같이 약어로 표시하여 실험에 사용하였다.

수분함량 및 색도

수분함량 측정은 AOAC방법(9)으로 측정하였고, 색도는 색차계(CR-300, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L값(Lightness), a값(+Redness, -Greenness), b값(+Yellowness, -Blueness)으로 나타내어 비교하였으며 표준색판(White standard plate)은 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(10)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 60 mesh 이상의 시료 2.5 g을 30 mL의 증류수를 넣은 원심분리관에서 분산시키고 가끔 흔들며 주면서 실온에서 30분간 방치한 다음 실온 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액은 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 넣어 고형분량을 구하여 WSI를 산출하였으며, 침전물의 무게를 측정하여 WAI를 산출하였다. 즉 WSI는 상기조건에서 상등액으로 용해된 희분의 백분율로 나타내었고, WAI는 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 나타내었다.

입도분포

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

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

Abbreviations	Sample production process
Control	Rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air)
BrWRH	Brown rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air)
BrWRM	Brown rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (microwave)
BrWZH	Brown rice → soaking (water) → draining → 1st milling (roll mill) → drying (hot air) → 2nd milling (zet mill)
BrWZM	Brown rice → soaking (water) → draining → 1st milling (roll mill) → drying (microwave) → 2nd milling (zet mill)
HBrZM	Brown rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air) → cold milling (zet mill with cold system)
HBrZMU	Brown rice → soaking (water) → draining → milling (roll mill) → drying (hot air) → cold milling (zet mill with cold system) → separating (<10 μm)

**전분손상도**

쌀가루의 전분손상도는 Boyaci 등(11)의 방법에 의하여 분석하였다. 즉, 시료 9 g을 100 mL 정용플라스크에 넣고, α-amylase solution(*Aspergillus oryzae* 125,000 unit in 450 mL acetate buffer) 45 mL을 첨가하여 유리막대로 잘 혼합한 다음, 30°C shaking water bath에서 정확히 25분 반응시켰다. 이 용액에 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(3.68 N)용액 3 mL과 12% Sodium tungstate 용액 2 mL을 가하여 잘 혼합한 후 2분간 정치시켜 Whatman No. 4 여과지로 여과를 하였다. 여액을 굴절당도계(WM-7, ATAGO, Japan)를 이용하여 Brix를 측정하여 전분손상도 값을 계산하였다.

$$\text{Damaged starch (\%)} = \frac{(B_2 - B_1) \times V}{M} \times F$$

- B<sub>1</sub>: Brix value of blank filtrate
- B<sub>2</sub>: Brix value of sample filtrate
- V: Volume of slurry (50 mL)
- M: Sample size (g)
- F: Conversion factor (1.64)

**신속점도측정기에 의한 호화특성**

현미의 호화패턴은 신속점도계(RVA, Rapid Visco Analyser, Newport Scientific Pty, Ltd., Warriewood, NSW, Australia)를 사용하여 측정하였다. 호화과정에 따른 점도변화는 각각의 시료 최종무게가 28 g이 되도록 RVA 용기에 증류수를 가하여 50°C에서 1분간 유지한 다음 95°C로 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지시킨 다음 50°C까지 냉각시키고 2분간 유지하였다. RVA viscogram으로부터 최고점도(peak), 최저점도(trough), 최종점도 및 peak time을 구하였다. 점도 단위는 Rapid Visco Unit(RVU)로 표시하였다.

**Differential Scanning Calorimetry(시차주사열량기)**

쌀가루 20 mg을 aluminum sample pan에 취하고 여기에 시료 쌀가루와 2배에 해당하는 증류수를 micro syringe로 가하여 밀봉한 다음 2시간 방치시킨 후 Differential Scanning Calorimeter (DSC-7 Series, Perkin Elmer Co., Norwalk, CT, USA)를 이용하여 10°C/min의 승온 속도로 30°C부터 130°C까지 가열하여 흡열 곡선을 얻었다. 이 흡열 peak를 Perkin-Elmer Thermal Analysis software로 분석하여 호화개시온도(onset), 호화정점온도(peak), 호화엔탈피(ΔH)를 구하였다.

**결과 및 고찰**

**수분함량, 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)**

제조조건별 수분함량, WAI, WSI 측정결과는 Table 2와 같다. 건조조건에 따른 roll mill로 제분한 현미쌀가루의 수분함량은 열풍건조 10.7% 마이크로파건조 13.7%로 측정되었다. 대조구인 백미쌀가루의 수분함량은 10.0%였다. Zet mill 분쇄 후 쌀가루의 수분함량은 8.0-8.6%로 roll mill 분쇄 후 수분함량 보다 낮아 zet mill 분쇄 시 많은 열이 발생하는 것으로 판단된다. 냉각쌀가루의 수분함량이 일반 zet mill 현미쌀가루 수분함량과 유사한 8.0, 8.4%로 각각 측정되어 제분 시 냉각효과가 없는 것으로 사료된다. WAI는 전분손상도가 높은 zet mill로 분쇄한 현미쌀가루가 0.58-0.79 g/g으로 높았고, 전분손상도가 낮은 roll mill 분쇄한 대조구와 BrWRH 쌀가루가 각각 0.45, 0.40 g/g으로 낮은 값을 나타내었다(12). WSI 역시 WAI와 같이 전분손상도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 입자크기가 감소함에 따라 증가하

**Table 2. Moisture contents, WAI and WSI of brown 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
BrWRH	10.7 ± 0.1	0.40 ± 0.03	3.0 ± 0.1
BrWRM	13.7 ± 0.1	0.59 ± 0.01	2.5 ± 0.1
BrWZH	8.6 ± 0.2	0.58 ± 0.02	6.8 ± 0.0
BrWZM	8.2 ± 0.1	0.70 ± 0.04	4.8 ± 0.1
HBrZM	8.4 ± 0.1	0.69 ± 0.01	4.0 ± 0.4
HBrZMU	8.0 ± 0.1	0.79 ± 0.00	7.3 ± 0.5

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

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

**Table 3. Color values of brown 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
BrWRH	91.9 ± 0.1	0.5 ± 0.2	9.2 ± 1.8
BrWRM	91.3 ± 0.2	0.4 ± 0.1	10.1 ± 0.8
BrWZH	94.5 ± 0.2	0.2 ± 0.0	5.8 ± 0.1
BrWZM	94.1 ± 0.3	0.2 ± 0.0	6.2 ± 0.3
HBrZM	96.8 ± 0.7	-0.3 ± 0.2	6.8 ± 0.6
HBrZMU	97.5 ± 0.0	-0.2 ± 0.3	8.0 ± 1.3

<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.

여 Nishita와 Bean(13)의 보고와 일치하였다. Kum과 Lee(14) 역시 품종 및 입자크기에 따른 수분흡수지수와 수분용해지수 측정 결과 입자크기가 작을수록 WAI, WSI가 증가한다고 보고하였다. 수분을 흡수할 경우 생전분의 직경은 약 10% 증가한 반면 손상전분은 50% 정도 증가하였는데, 이는 손상전분입자가 미세다공구조로 변하여 모세관현상에 의해 흡수력이 증가, 또는 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 현미쌀가루 색도를 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 대조구 백미 쌀가루 L, a, b는 97.1, -0.4, 4.2로 측정되었고, 현미쌀가루는 분쇄과정에서 생성된 미강층 때문에 L값은 대조구 보다 낮고 반면에 b값은 높은 결과를 나타내었다. Roll mill로 분쇄한 현미쌀가루의 L, b값은 각각 91.3-91.9, 9.2-10.1이었고, zet mill로 제분한 현미쌀가루의 L, b값은 각각 94.1-96.8, 5.8-6.8로 측정되어 입자크기가 작을수록 L값은 증가하였고, b값은 감소하였다. L값은 roll mill < zet mill < 초미세 쌀가루 순으로 나타나 쌀가루의 입도분포와 밀접한 관계가 있다는 기존의 보고와 일치하였다(17).

**입도분포**

Zet mill로 분쇄한 현미쌀가루 입도분포는 particle size analyser를 이용하여 나타내었고, roll mill로 제분한 현미쌀가루는 sieve shaker를 이용하여 입도분포를 측정하여 Table 4에 나타내었다.

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

Samples <sup>1)</sup> (roll mill)	Particle size (mesh, %) <sup>2)</sup>			
	<60	60-80	80-100	100<
Control	62.0 ± 5.1	9.7 ± 0.9	4.7 ± 0.3	23.7 ± 1.8
BrWRH	61.5 ± 5.7	10.3 ± 0.7	5.9 ± 0.6	22.6 ± 2.4
BrWRM	63.7 ± 4.9	9.8 ± 0.8	5.5 ± 0.4	20.8 ± 2.1

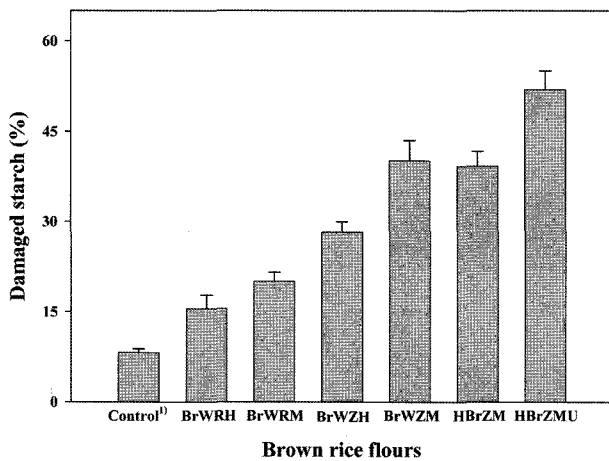
  

Samples <sup>1)</sup> (zet mill)	Particle size (μm) <sup>2)</sup>			
	Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
BrWZH	3.5 ± 0.0 <sup>3)</sup>	28.2 ± 1.5	93.9 ± 6.3	38.4 ± 2.1
BrWZM	3.5 ± 0.1	28.0 ± 0.6	95.8 ± 1.2	38.2 ± 0.6
HBrZM	3.7 ± 0.1	25.3 ± 0.2	89.2 ± 1.2	35.7 ± 0.3
HBrZMU	1.7 ± 0.0	10.3 ± 0.1	18.6 ± 0.2	10.2 ± 0.1

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

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

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



**Fig. 2. Damaged starch of brown rice flours with different producing conditions.** <sup>1)</sup>The abbreviations refer to Table 1 and Mean of triplication ± standard deviations.

Zet mill로 분쇄한 모든 현미쌀가루의 평균입도는 건조조건, 침지 조건에 상관없이 35.7-38.4 μm로 유사한 입도분포를 나타내었으나 초미세 현미쌀가루의 평균입도는 10.2 μm로 가장 작은 입도분포를 나타내었다. Roll mill로 분쇄한 현미 쌀가루 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).

### 전분손상도

제분조건에 따른 현미쌀가루의 전분손상도를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 전분손상도는 대조구가 8.2%로 가장 낮았고 초미세 현미쌀가루가 51.9%로 가장 높은 값을 나타내었다. 쌀의 제분 시 미세하게 분쇄된 가루는 전분손상도가 높아 가공특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(13,14). 열풍건조와 마이크로파 건조에 따른 전분손상도 측정결과 마이크로파 건조 시 열풍 건조보다 4-10% 정도 높은 전분손상도 값을 보였고, 제분기와 입자크기에 따른 전분손상도는 roll mill 15.5%, zet mill 28.2%, 초

미세 쌀가루 51.9%로 입자크기가 작을수록 전분손상도는 증가하였다. 이는 보리가루의 입자크기가 작을수록 전분 손상도가 높은 경향을 나타낸 Lee 등(17)의 연구결과와 일치하였다. 전분 입자들은 제분과정 중 기계적 손상을 받게 되고 손상을 받은 전분들은 손상을 받지 않은 전분들과는 다른 특성을 가지며, 밀가루의 경우에는 물 흡수력, 탄산가스 발생력, 반죽성, 색깔 및 조직 등이 손상 전분의 양에 의해 영향을 받게 된다(19,20). 현미의 경우에도 전분손상도는 제분방법과 건조방법에 영향을 받기 때문에 가공용도에 따른 적절한 제분 및 건조방법을 모색 할 필요가 있다.

### 신속점도계를 이용한 호화특성

제조조건을 달리하여 제조한 현미쌀가루의 RVA pasting 특성 값은 Table 5에 표시하였다. 대조구 호화개시 온도는 65.4°C로 가장 낮은 값을 나타내었고, 현미쌀가루 호화개시온도는 roll mill 71.8°C zet mill 69.0°C 초미세 쌀가루 71.0°C로 측정되어 Choi 등(6)은 찹쌀가루의 경우 입자크기가 작을수록 호화개시온도가 감소한다고 보고하여 본 연구결과와 차이를 나타내었다. Kim 등(5)은 현미 쌀가루의 도정도에 따른 호화개시온도 측정결과 도정도가 증가할수록 호화가 빨리 시작된다고 하여 현미의 호화개시온도는 백미보다 높다고 보고하였다. 백미 쌀가루의 최고점도(peak), 95°C에서 15초간 유지 후 점도(trough)는 321, 217 RVU로 나타났고 현미 쌀가루의 경우 162-255, 113-185 RVU로 측정되어 제분방법에 관계없이 백미 쌀가루보다 낮은 점도를 나타내었다. 품종 및 도정도별 쌀의 호화특성 측정 결과 Kim 등(5)은 도정도가 높을수록 비례적으로 최고점도와 holding strength가 유의하게 증가함을 보고하였다. 또한 Yoon과 Kim(21)은 오대쌀의 최종점도가 도정도에 따라 증가한다고 보고하였다. 호화양상은 전분 입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단력에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정된다(22). 현미 쌀가루의 열풍과 마이크로파 건조방식에 따른 호화특성은 유사한 결과를 나타내었다. 제분방법에 따른 대조구, BrWRH, BrWZH, HBrZMU 쌀가루의 호화특성 측정 결과 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough)는 각각 321, 255, 221, 162 RVU와 217, 185, 175, 113 RVU로 측정되어 입자크기가 작아질수록 감소하였다. 또한 호화액의 안정성을 나타내는 breakdown 값은 대조구가 105 RVU, 현미 쌀가루가 37-96 RVU로 측정되었다. Schoch와 Maywald(23)는 전분입자 내에 존재하는 긴 직쇄상 분자들에 의해 점도의 안정도가 강화된다고 보고

**Table 5. Pasting characteristics for brown rice flours with different producing conditions by Rapid Visco Analyzer**

Samples <sup>1)</sup>	Viscosity (RVU)					Peak time (min)	Pasting (°C)
	Peak viscosity	Trough	Final viscosity	Break down	Setback		
Control	321 ± 23 <sup>2)</sup>	217 ± 16	367 ± 24	105 ± 7	150 ± 8	6.2 ± 0.0	65.4 ± 3.1
BrWRH	255 ± 2	185 ± 1	350 ± 1	70 ± 3	166 ± 1	6.2 ± 0.1	71.8 ± 2.5
BrWRM	240 ± 5	183 ± 1	345 ± 3	57 ± 6	162 ± 4	6.2 ± 0.0	72.6 ± 11.0
BrWZH	221 ± 2	175 ± 4	336 ± 2	46 ± 1	160 ± 2	6.7 ± 0.0	69.0 ± 0.0
BrWZM	198 ± 1	161 ± 0	292 ± 6	37 ± 1	131 ± 6	6.9 ± 0.0	68.1 ± 1.2
HBrZM	249 ± 1	153 ± 1	326 ± 6	96 ± 0	173 ± 5	6.3 ± 0.1	71.0 ± 1.0
HBrZMU	162 ± 1	113 ± 2	249 ± 1	50 ± 2	137 ± 2	6.2 ± 0.0	71.0 ± 1.0

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

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

**Table 6. Differential scanning calorimetric characteristics of brown rice flours with different producing conditions**

Samples <sup>1)</sup>	Melting temperature (°C)		ΔH (J/g) <sup>2)</sup>
	Onset	Peak	
Control	54.8 ± 0.2 <sup>3)</sup>	64.2 ± 0.0	10.4 ± 0.5
BrWRH	58.0 ± 0.1	67.0 ± 0.1	8.7 ± 0.4
BrWZH	58.3 ± 0.1	67.5 ± 0.1	8.2 ± 0.4
BrHZM	57.1 ± 0.2	67.3 ± 0.2	7.6 ± 0.1
BrHZMU	61.1 ± 0.3	67.8 ± 0.7	6.1 ± 0.2

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

<sup>2)</sup>Crystal melting enthalpy.

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

되었으며, 또한 점도의 차이가 입자크기, 결정성 정도와 종류, 전분의 이온성 전하, 지방질, 단백질, 전분분자의 가지친 정도에 기인된다고 하였다. 따라서 제분방법, 침지조건, 쌀가루 입자크기 등이 호화특성에 영향을 미침을 알 수 있었다.

**Differential Scanning Calorimetry(시차주사열량기)**

제조조건을 달리한 현미쌀가루의 열적특성을 나타내는 DSC thermogram에서 구한 열적특성 값은 Table 6으로 초기호화개시온도(onset)는 초미세 쌀가루가 61.1°C로 높았고 대조구는 54.8°C로 가장 낮은 값을 보였다. 다른 현미쌀가루의 onset 값은 57.1-58.3°C로 측정되었다. Byun(24)은 수분함량에 따른 일반계와 동일계 현미전분의 호화개시온도가 57.8-63.78°C로 차이를 나타내지 않는다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다. Hyun 등(25)은 백미전분과 쌀가루의 호화개시온도를 65°C와 70°C로 보고하여 본 실험결과와 10°C 이상의 호화개시온도 차이를 나타내었다. 최대 호화온도(peak)의 경우 대조구는 64.2°C이고 제분조건이 다른 현미쌀가루는 67.0-67.8°C로 유사한 값을 보여 Han 등(26)의 현미의 호화개시온도는 60°C, 호화정점온도는 70°C라고 보고하여 본 실험결과와 유사한 값을 보였다. 그러나 Choi 등(27)은 일반 쌀전분의 최대호화온도를 69.2°C라고 보고하여 현미보다 더 높은 최대호화온도를 나타내었다. 호화엔탈피(ΔH)는 대조구가 10.4 J/g으로 가장 높은 값이었고, 가장 작은 입도분포를 나타낸 초미세 현미쌀가루가 6.1 J/g으로 가장 낮은 값을 보여 입자가 작을수록 낮은 호화엔탈피 값을 나타내었는데 이는 초미세 입자로 분쇄되는 과정에서 전분의 결정형 부분 또는 정돈된 구조(ordered structure)가 감소하고 무정형 부분이 증가함에 따라 호화엔탈피가 감소한 것으로 판단된다.

**요 약**

본 연구에서는 제분기, 건조방법별 등 다양한 조건별로 현미쌀가루 제조하여 각 쌀가루별 품질특성을 조사하였다. 건조조건에 따른 roll mill로 제분한 현미쌀가루의 수분함량은 열풍건조 10.7% 마이크로과건조 13.7%로 측정되었다. 대조구인 백미쌀가루의 수분함량은 10.0%였다. Zet mill 분쇄 후 쌀가루의 수분함량은 8.0-8.6%로 측정되었다. WAI는 전분손상도가 높을수록 흡수되는 수분의 양이 증가하여 전분손상도가 가장 높은 zet mill로 분쇄한 현미쌀가루가 0.58-0.79 g/g으로 높았고, 전분손상도가 낮은 roll mill 분쇄한 대조구와 BrWRH 쌀가루가 각각 0.45, 0.40 g/g으로 낮은 값을 나타냈다. WSI 역시 WAI와 같이 전분손상도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 입자크기가 감소함에 따라 증가하였다. 대조구 백미 쌀가루 L, a, b는 97.1, -0.4, 4.2로 측정되었고, 현미쌀가루는 분쇄과정에서 생성된 미강층 때문에 L값은 대조구 보다 낮고 반면에 b값은 높은 결과를 나타내었다. 제분방법에 따른 L값, b값은 roll mill로 분쇄한 현미쌀가루의 L, b값은 각각 91.3-91.9, 9.2-10.1이었고, zet mill로 제분한 현미쌀가루의 L, b값은 각각 94.1-96.8, 5.8-6.8로 측정되어 입자크기가 작을수록 L값은 증가하였고, b값은 감소하였다. 전분손상도는 대조구가 8.2%로 가장 낮았고, 마이크로과 건조 시 열풍건조보다 4-10%정도 높은 전분손상도 값을 보였다. 제분기 종류에 따른 전분손상도는 roll mill 15.5%, zet mill 28.2% 그리고 micro mill 51.9%로 입자크기가 작을수록 전분손상도는 증가하였다. RVA 측정결과 대조구 호화개시온도는 65.4°C로 가장 낮은 값을 나타내었다. 제분방법에 따른 대조구, BrWRH, BrWZH, HBrZMU 쌀가루의 호화특성 측정결과 최고점도(peak), 최저점도(trough)는 각각 321, 255, 221, 162 RVU와 217, 185, 175, 113 RVU로 측정되어 입자크기가 작아질수록 감소하였다. 또한 호화액의 안전성을 나타내는 breakdown 값은 대조구가 105 RVU, 현미 쌀가루가 37-96 RVU로 측정되었다. DSC 분석결과 호화엔탈피(ΔH)는 대조구가 10.4 J/g으로 가장 높은 값이었고, 가장 작은 입도분포를 나타낸 HBrZMU가 6.1 J/g으로 가장 낮은 값을 보였다. 본 연구결과 가공제품으로 현미쌀가루 이용 시 침지, 건조방법 보다는 제분방법 즉 입도분포가 현미쌀가루의 품질특성에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

**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. Juliano BO, Bechtel DB. The rice grain and its gross composition. In: Rice: Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. pp. 17-58 (1985)
  4. Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 885-892 (2002)
  5. Kim SR, Ahn JY, Ha TY. Various properties and phenolic acid contents of rice and rice brans with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936 (2004)
  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. Boyaci IH, Williams PC, Koksel H. A rapid method for the estimation of damaged starch in wheat flours. *J. Cereal Sci.* 39: 139-145 (2004)
  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. Academic press Inc., New York, NY, 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. Sandstedt RM, Mettern PJ. Quantitative determination in flour. *Cereal Chem.* 37: 379-389 (1960)
  20. McPermott EE. The rapid non-enzymic determination of damaged starch in flour. *J. Sci. Food Agric.* 31: 405-413 (1980)
  21. Yoon SH, Kim SK. Physicochemical properties of rice differing in milling degrees. *Food Sci. Biotechnol.* 13: 57-62 (2004)
  22. Beleia A, Varriano-Marston E, Hoseney RC. Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.* 57: 300-303 (1980)
  23. Schoch TJ, Maywald EC. Starches and low molecular weight carbohydrates from chick pea and horse gram flours. *Cereal Chem.* 52: 334-347 (1975)
  24. Byun KW. Comparison of gelatinization properties of japonica and tongil brown rice starches. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 428-435 (1992)
  25. Hyun CK, Park KH, Kim YB, Yoon IH. Differential scanning calorimetry of rice starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 331-337 (1988)
  26. Han JG, Kim K, Kang KJ, Kim SK, Lee SK. Physicochemical properties of brown rice during storage in laminated film pouches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 714-719 (1996)
  27. Choi HW, Koo HJ, Kim CT, Hwang SY, Kim DS, Choi SW, Hur NY, Baik MY. Physicochemical properties of hydroxypropylated rice starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 44-49 (2005)
  28. Chun HS, You JE, Kim IH, Cho JS. Comparative antimutagenic and antioxidative activities of rice with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1371-1377 (1999)
  29. Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J. Food Preserv.* 11: 182-188 (2004)
  30. Choi JS, Ahn HH, Nam HJ. Comparison of Nutritional Composition in Korean rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 885-892 (2002)