

## 찰흑미 전분의 호화 특성

최경철<sup>1\*</sup> · 나환식<sup>1</sup> · 오금순<sup>2</sup> · 김성곤<sup>3</sup> · 김 관<sup>4</sup>

<sup>1</sup>전라남도보건환경연구원 식품약품분석과, <sup>2</sup>식품의약품안전청 잔류농약과  
<sup>3</sup>단국대학교 식품영양학과, <sup>4</sup>전남대학교 식품공학과

### Gelatinization Properties of Waxy Black Rice Starch

Gyeong Cheol Choi<sup>1\*</sup>, Hwan Sik Na<sup>1</sup>, Geum Soon Oh<sup>2</sup>, Sung Kon Kim<sup>3</sup> and Kwan Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Food & Drug Analysis Division, Jeollanamdo Institute of Health and Environment, Gwangju 502-810, Korea

<sup>2</sup>Pesticide Residues Division, Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

#### Abstract

This study was investigated to examine gelatinization properties of waxy black rice starches. X-ray diffraction patterns in raw starches showed traditional A type of cereals. The crystalline regions of both black rice and *Shinsunchalbyeo* starches disappeared when temperature increased to 65°C where the crystalline regions of two starches changed to amorphous ones. Scanning Electron Microscope showed that granule type of *Shinsunchalbyeo* starch was more collapsed compared to that of black rice starch heated at 60°C. Gelatinization in both samples completed when samples were heated at 63°C. The results by Differential Scanning Calorimetry (DSC) revealed that gelatinization patterns were similar in both samples. In Rapid Visco Analyzer examination, there was no difference in peak viscosity, breakdown, final viscosity and setback between *Shinsunchalbyeo* and waxy black rice starches.

**Key words:** waxy black rice, SEM, X-ray, DSC, RVA

#### 서 론

우리나라에서 쌀은 과거부터 중요한 식량자원으로 경작지의 대부분을 차지하여 왔으며 생산량에 큰 관심과 노력을 집중하여 왔으나, 주식으로 이용되는 소비량이 감소되면서 쌀을 이용한 가공성의 다양화 및 기능성을 고려한 특수미의 개발이 이루어지고 있다. 특수미 중 유색미(pigmented rice)는 쌀겨 고유의 색 이외에 적색으로부터 자색에 이르기까지 품종적 변이가 다양하며 현재 우리나라에서 유통되고 있는 유색미의 종류는 흑미, 적미 및 홍향미 등 3종류로 대별되어 산지별 또는 품종별로 여러 종류가 있다.

이러한 유색미는 우리가 상용하는 일반미보다 수확량이 10% 적고, 가격은 3~5배 정도 비싸지만 1990년에 처음으로 우리나라에 들어와 전담지방을 중심으로 그 재배면적이 점차적으로 확대되어 가고 있다(1).

유색미 중에서도 흑미는 다양한 효능이 있는 건강식으로 알려져 최근 그 수요가 증가되고 있는데 이들의 대부분이 중국품종으로 전세계의 90.4%를 차지하고 있으며(2,3), 우

리나라의 경우, 진도, 해남, 보성 등 일부 지역에서 생산되고 있다. 흑미는 단백질(lysine), 식물성지방(phytofats), 섬유소(cellulose), 무기질, 비타민 등 영양성분(4)이 풍부하고 항산화활성(5)과 항변이원성(6) 등과 같은 생리활성 효과가 높으며 anthocyanin에 의한 자색과 향미 등 기능성 성분을 가지고 있다.

지금까지 흑미의 이용형태는 주로 잡곡의 형태로 밥에 혼용하여 이용이 되어 왔으나, 찰흑미는 가공식품으로 이용될 가능성이 충분하므로 이를 이용하여 다양한 찰흑미 가공품의 제조를 생각할 수 있다. 찰벼를 구성하고 있는 전분입자의 호화양상 등이 제품의 가공성에 미치는 영향이 클 것으로 생각되나(7), 지금까지는 유색미 가루가 제빵에 미치는 영향(8,9), 유색미를 이용한 떡(10), 식혜의 원료(11) 등 주로 가공적성에 관한 연구들이 있을 뿐 찰흑미 전분에 관한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 신선찰벼 전분을 대조구로 하여 찰흑미(상해항혈나)에서 전분을 분리 가열온도별 호화특성을 조사하여 가공 적성 검토를 위한 기초자료로 삼고자 한다.

\*Corresponding author. E-mail: u9698091@hanmail.net  
Phone: 82-62-360-5342, Fax: 82-62-360-5347

## 재료 및 방법

### 실험재료

찰흑미(상해항혈나, 진도산)와 찰쌀(신선찰벼)은 현미상태로 농협에서 구입하여 냉장 보관하면서 시료로 사용하였다.

### 전분의 분리

신선찰벼 전분의 분리는 현미상태의 시료를 직접 실험용 분쇄기를 이용하여 건식 분쇄한 다음 알칼리 침지법(12)을 이용하여 분리하였으며, 흑미 전분은 Yoon 등(13)의 방법에 따라 현미상태의 흑미 20 g당 1% HCl-methanol 100 mL를 가하여 상온에서 2시간 동안 일정한 속도로 고르게 회전교반 하며 색소를 추출한 후 색소가 제거된 쌀로부터 알칼리 침지법(12)에 의해 전분을 분리하여 실온에서 건조시킨 다음 100 mesh로 분쇄하여 건조 전분을 얻어 데시케이터에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 주사전자현미경 관찰

전분 500 mg을 삼각플라스크에 취하여 증류수 100 mL를 가하여 항온수조에서 일정 온도별(60°C, 63°C, 65°C)로 20분간 가열시켰다. 내용물의 온도가 실온으로 될 때까지 방치 후 원심 분리하여 상징액은 제거하고 침전된 전분을 동결 건조하여 100 mesh로 마쇄한 후 140 Å 두께로 금도금을 하여(Emitech, K-550, England), 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, Model S2400, Hitachi Co., Japan)을 이용하여 15 Kv에서 3000배의 배율로 입자의 형태 및 호화 양상을 분석하였다.

### X-선 회절도 관찰

전분 500 mg을 삼각플라스크에 취한 후 증류수 100 mL를 가하여 항온수조에서 일정 온도별(60°C, 63°C, 65°C)로 20분간 가열한 다음 실온이 될 때까지 방치하였다. 내용물은 원심 분리하여 상징액은 제거하고 침전된 전분입자는 동결 건조 후 100 mesh로 마쇄하여 Owusu-Ansah 등의 방법(14)에 따라 X-ray diffractometer(D/MAX-1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 target: Cu-K $\alpha$ , filter: Ni, scanning speed: 5.0°/min의 조건으로 회절각도(2 $\theta$ ): 5°부터 40°까지 회절시켜 분석하였다.

### 시차주사열량계에 의한 호화 특성

전분의 열역학적 특성은 Donovan의 방법(15)에 따라 시차주사열량기(Differential Scanning Calorimetry, TA 2000, USA)를 사용하여 분석하였다. 24시간 데시케이터에서 conditioning 한 시료 2 mg의 2배에 해당하는 증류수를 마이크로실린지를 이용하여 aluminum pan에 넣고 밀봉하여 24시간 동안 실온에서 수분평형에 도달하도록 방치한 후 사용하였다. 측정온도를 30°C부터 110°C까지 10°C/min로 승온시키면서 흡열곡선을 얻었으며, reference는 sample pan과 동일한 pan을 온도 보정 후 사용하였다.

실험은 2회 반복 실행하여 DSC thermogram으로부터 호화개시온도(onset temperature, To), 호화정점온도(peak temperature, Tp), 호화종료온도(conclusion temperature, Tc)를 구하고 흡열피크의 면적으로부터 호화엔탈피(enthalpy,  $\Delta H$ )를 구하였다.

### 신속점도계에 의한 호화 특성

가열에 의한 전분 호화액의 점도 특성은 신속점도 측정계(RVA, Rapid Visco Analyser, 4-D, Newport Co., Australia)를 이용하여 ICC 표준방법(16)에 따라 측정하였다. 호화과정에 따른 점도변화는 각각의 전분(2.0 g, 2.5 g, 3.0 g, 3.5 g, 건량기준)에 최종무게가 28 g이 되도록 RVA 용기에 증류수를 가하여 50°C에서 1분간 유지한 다음 95°C까지 1분당 12°C로 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지시킨 다음 1분당 12°C로 50°C까지 냉각시키고 2분간 유지하였다.

RVA viscogram으로부터 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity, the maximum hot paste viscosity), 최저점도(trough viscosity, holding strength)와 최종점도(final viscosity, the viscosity at the end of the test after cooling to 50°C and holding at this temperature) 및 setback을 구하였다.

실험은 2회 반복 실행하여 측정된 최고점도의 평균값에서 최저점도의 평균값을 뺀 값을 breakdown으로 하고 최종점도의 평균값에서 최저점도의 평균값을 뺀 것을 setback으로 하였으며 점도단위는 Rapid Visco Unit(RVU)로 표시하였다.

## 결과 및 고찰

### 주사전자현미경에 의한 관찰

신선찰벼와 찰흑미 전분의 가열온도에 따른 입자형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 1 및 2와 같다. 생전분의 경우 입자의 형태는 대부분 다각형 형태를 보였으며 입자의 표면은 매끄러우며 각면이 들어간 형태를 보였다. 쌀 전분은 일반적으로 배유세포 안에 복합 전분립으로 존재하며, 크기가 2~9  $\mu\text{m}$ 의 범위에 있으며, 모양은 다각형을 가진다고 알려져 있다(17).

Oh(18)는 신선찰벼와 찰흑미 쌀가루의 입자형태를 3,000배로 관찰한 결과 외부에 세포벽의 모습이 보이며, 배유세포에서 전분이 분리되지 않은 모습을 관찰할 수 있었으며, 전분이 배유세포의 단백질 matrix에 박혀있는 것을 볼 수 있었다고 하여 전분의 분리 및 정제 과정에서 전분 이외의 구성성분들이 대부분 제거되는 것을 알 수 있었다.

가열온도에 따른 전분입자의 형태변화에 있어서 60°C의 조건에서 찰흑미 전분은 일부 입자의 모양이 흐트러지기 시작하였으나 신선찰벼 전분은 찰흑미 전분에 비해 입자의 붕괴가 더 심하였다. 63°C에서는 두 전분 모두 거의 호화되었음을 알 수 있었으며 신선찰벼 전분의 풀어짐이 더 크게 나타났다. 65°C에서는 두 전분 모두 더 이상의 입자 형태를 관

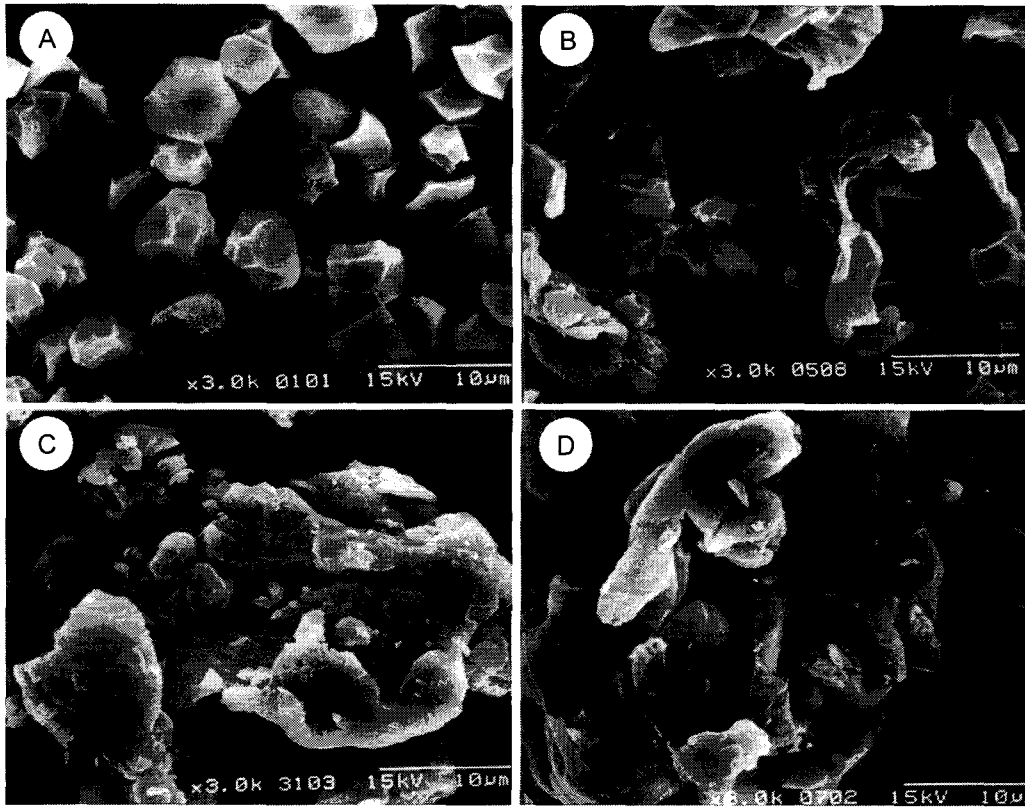


Fig. 1. Scanning electron microphotographs of *Shinsunchalbyeo* starch heated at various temperatures. A: Raw, B: 60°C, C: 63°C, D: 65°C.

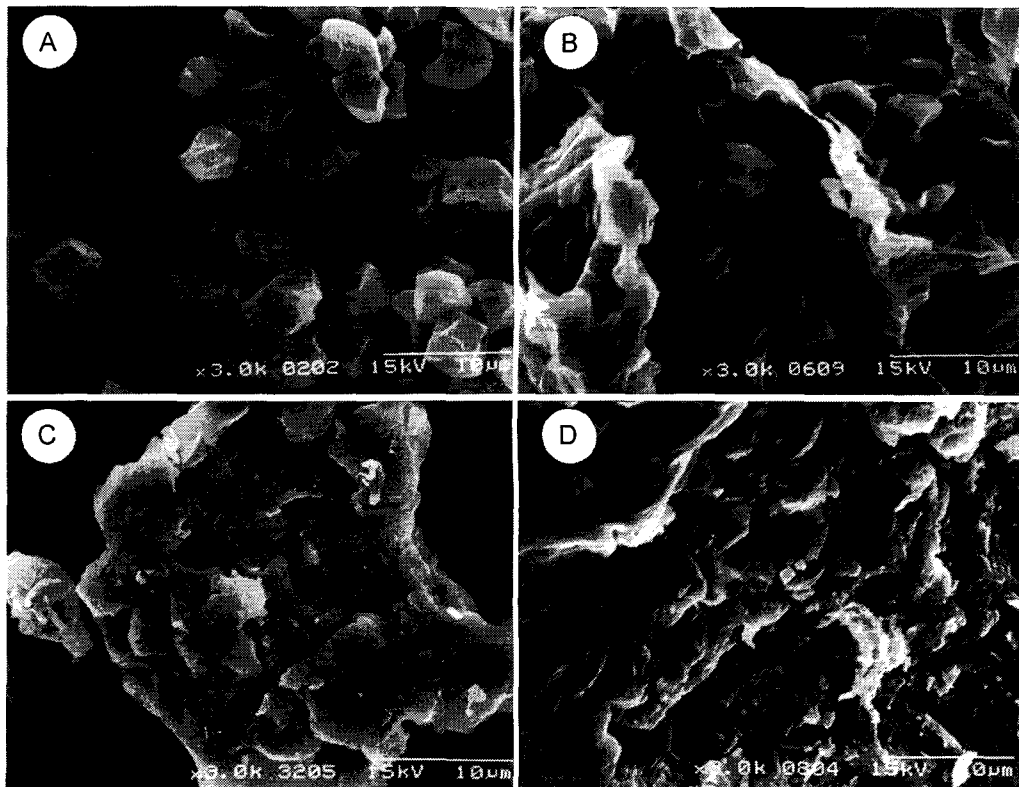


Fig. 2. Scanning electron microphotographs of waxy black rice starch heated at various temperatures. A: Raw, B: 60°C, C: 63°C, D: 65°C.

찰할 수가 없었다.

**X-선 회절도**

가열처리를 하지 않은 생전분과 가열온도를 달리하여 처리한 전분의 X-선 회절도는 Fig. 3과 같다. 두 시료 모두 X-선 회절도의 강도 및 피크 위치는 거의 비슷하여 시료간의 차이가 없었다. 생전분의 경우 신선찰벼 전분은 회절각도 ( $2\theta$ ) 15.2°, 17.2°, 18.1°, 23.3°에서 각각 피크를 보였고, 찰흑미 전분은 15.0°, 17.2°, 18.0°와 23.25°에서 각각 피크를 보여 곡류 전분의 전형적인 A형으로 나타났다(19). Baik(20)은 유색미 전분의 경우 15.1°, 17.1°, 17.8°, 23.1°에서 강한 피크를 보인다고 하였으며, Song과 Shin(21)은 신선찰벼의 결정형이 회절각도( $2\theta$ ) 15.0°, 17.0°, 23.0° 근처라고 하여 본 실험결과와 비슷하였다. 한편 Lee(22)는 찰쌀의 X-선 회절도가 15.0°, 17.0°, 17.8° 및 23.0°에서 강한 피크를 보이며 곡류의 전형적인 A형을 나타내지만 일반찰쌀 전분의 회절강도는 통일찰쌀 전분보다 다소 약하다고 하였다.

가열 온도에 따른 변화는 60°C 및 63°C에서는 찰흑미 전분의 결정형이 신선찰벼 전분에 비하여 상대적으로 많이 남아 있었으나 두 시료 모두 65°C를 경계로 결정형 영역이 완전히 사라져 비결정형으로 변화하였다. Kim 등(23)은 X-선 회절도에 의한 호화도 측정법은 시료의 양이 적게 소모되며 짧은 시간에 간편하게 호화도를 측정할 수 있는 장점이 있다

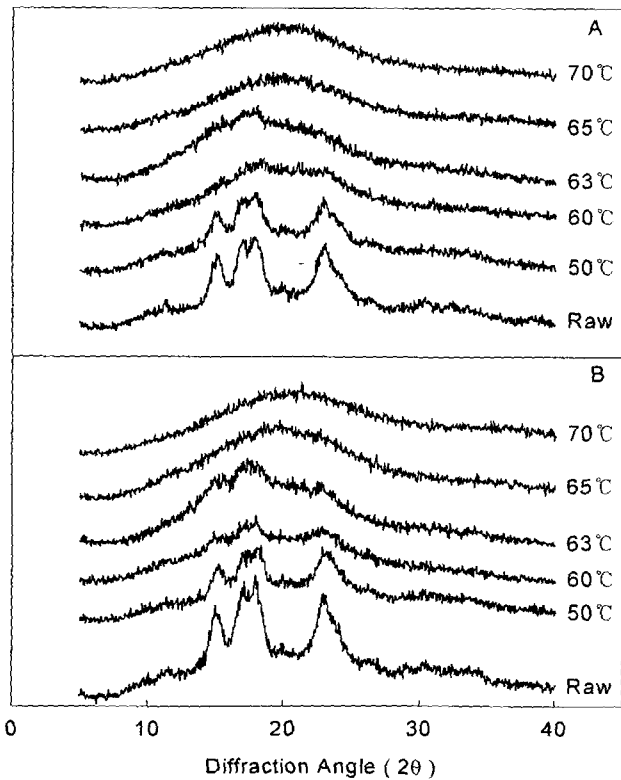


Fig. 3. Changes in X-ray diffraction patterns of glutinous rice starches heated at various temperatures. A: Shinsunchalbyeo, B: Waxy black rice.

고 하였으며, 쌀가루의 호화도에 따른 전분의 상대적인 결정도의 감소 비율은 호화도와 잘 일치한다고 하였다. Takeda와 Hizukuri(24)는 X-선 회절도에 의한 호화온도의 측정이 효소법에 의해 측정된 결과와 잘 일치한다고 하였으며, 이 방법에 의하면 쌀의 경우 65°C에서 완전히 호화된다고 하였다.

**시차주사열량계에 의한 호화특성**

전분의 DSC에 의한 호화양상은 Fig. 4와 같고, 이로부터 구한 호화개시온도, 최대호화온도, 호화종결온도 및 호화엔탈피는 Table 1과 같다.

두 시료 모두 일정한 엔탈피를 갖는 1개의 흡열반응 곡선을 보였는데 호화개시온도는 신선찰벼 전분이 62.9°C, 찰흑미 전분이 63.0°C로 시료간 차이가 없었다. 호화최대온도는 신선찰벼 전분이 69.1°C, 찰흑미 전분이 69.4°C이었으며, 호화종료온도 또한 신선찰벼와 찰흑미 전분이 각각 78.7°C와 78.9°C로 차이가 없었다. Lii 등(25)은 찰쌀 전분의 호화개시온도를 64.0°C라고 보고하여 본 결과와 유사하였다.

**신속점도계에 의한 특성**

농도를 달리하여 제조한 신선찰벼와 찰흑미 전분을 신속 점도계를 이용하여 측정된 호화특성은 Fig. 5와 같고, 이로부터 얻은 각 특성치의 값은 Table 2에 나타냈다. 호화온도의 경우 신선찰벼 전분이 70.33(시료 무게 2 g일 때)~69.08(3.5 g)°C, 찰흑미 전분이 70.75(2.0 g)~69.63(3.5 g)°C로 농

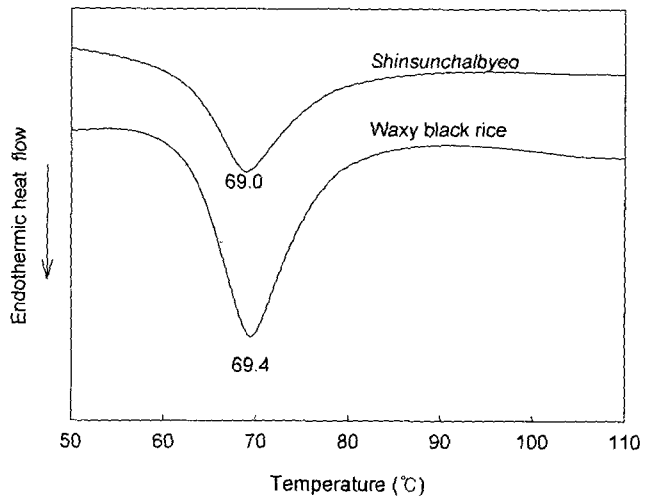


Fig. 4. DSC thermograms of glutinous rice starches.

Table 1. DSC data on glutinous rice starches

Starch	Gelatinization temperature <sup>1)</sup> (°C)			$\Delta H^{2)}$ (J/g)
	To	Tp	Tc	
Shinsunchalbyeo	62.9	69.0	78.7	8.65
Waxy black rice	63.0	69.4	78.9	8.87

<sup>1)</sup>To=onset gelatinization.

Tp=peak temperature.

Tc=conclusion temperature.

<sup>2)</sup> $\Delta H$ =gelatinization enthalpy.

Table 2. RVA pasting viscosity of glutinous rice starches

	Weight (g)	Pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU) <sup>1)</sup>				
			Peak viscosity	Trough	Breakdown	Final viscosity	Setback
<i>Shinsunchalbyeo</i>	2.0	70.33	107.17	55.29	51.88	67.46	12.17
	2.5	70.33	157.80	73.59	84.21	94.04	20.45
	3.0	69.48	208.20	93.67	114.53	124.63	30.96
	3.5	69.08	264.30	110.88	153.42	158.21	47.33
Waxy black rice	2.0	70.75	103.54	55.13	48.41	68.00	12.87
	2.5	70.53	153.21	73.00	80.21	94.38	21.38
	3.0	69.53	203.25	92.71	110.54	125.38	32.67
	3.5	69.33	258.71	111.59	147.12	161.42	49.83

<sup>1)</sup>Rapid Visco Units.

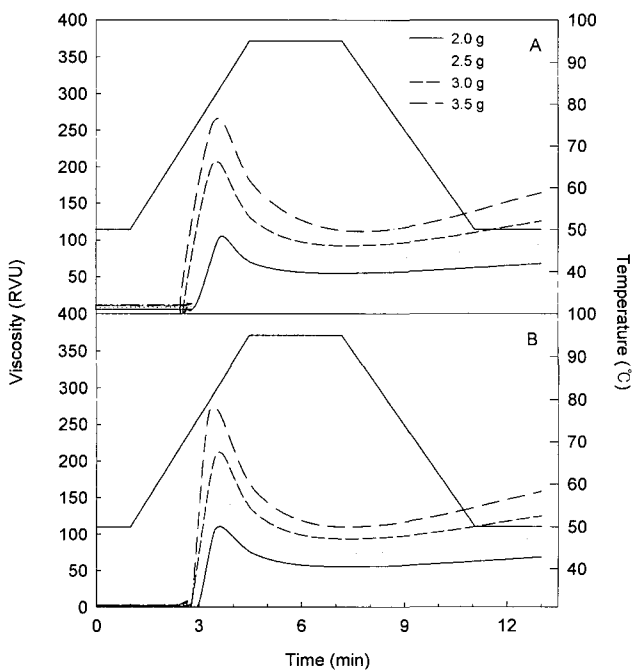


Fig. 5. RVA pasting profiles of glutinous rice starches. A: *Shinsunchalbyeo*, B: Waxy black rice.

도가 높아짐에 따라 초기호화온도는 감소하는 경향이었으며 두 시료간의 차이는 보이지 않았다.

신선찰벼와 찰흑미 전분은 시료의 무게가 2.0 g일 때 peak viscosity가 각각 107.17 RVU와 103.54 RVU 값을 보이던 것이 무게가 증가하면서 높아지는 경향을 보여 3.5 g일 때 신선찰벼 전분이 268.30 RVU, 찰흑미 전분이 258.71 RVU로 신선찰벼 전분이 다소 높은 점도 값을 보였으며, 팽윤된 입자가 붕괴되기 용이한 정도를 나타내 주는 breakdown(peak viscosity-trough)도 신선찰벼 전분이 찰흑미 전분보다 더 높았으며, 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

Baik(20)은 유색미 전분 현탁액(시료 3 g : 증류수 25 g)의 RVA에 의한 호화양상을 측정된 결과 초기호화온도가 66.2°C, 유색미 가루의 경우 85.7°C로서 전분에 비해 매우 높았다고 보고하면서, 이는 유색미 가루 중에 들어있는 식이섬유나 단백질, 지방 등의 영향과 전분입자들이 배유세포에서 완전히 분리되지 않았기 때문이라고 설명하였다. Biliaderis 등(26)

에 의하면 전분의 호화온도가 낮은 것은 전분입자의 결정도가 낮기 때문이라고 하였고, Ghiashi 등(27)은 가열시 팽윤이 느린 전분은 높은 호화온도를 가진다고 하였다.

Setback 값은 시료의 무게가 2.0 g일 때 신선찰벼 전분이 13.17, 찰흑미 전분이 12.87로 큰 차이를 보이지 않았으나 농도가 증가할수록 그 값이 증가하였으며 찰흑미 전분이 다소 높게 나타났다. 그러나 setback ratio(final viscosity/peak viscosity)는 신선찰벼 전분이 각 농도별로 0.64, 0.61, 0.60, 0.58이었으며, 찰흑미 전분이 0.66, 0.61, 0.62, 0.64로 시료간에 거의 비슷하였다. 최저점도와 최종점도는 농도가 증가할수록 두 시료 모두 증가하였으며 최저점도에 대한 최종점도의 비율인 total setback ratio(final viscosity/trough viscosity)는 신선찰벼 전분이 각 농도별로 1.24, 1.28, 1.33, 1.43이었으며, 찰흑미 전분이 1.23, 1.29, 1.35, 1.47로 농도에 따라 증가하였으나 시료간 차이는 없었다.

Bhattacharya와 Sowbhagya(28)는 setback ratio의 경우 모든 품종의 쌀에서 breakdown ratio(trough viscosity/peak viscosity)보다는 크다고 하였으며 또한 냉각에 의해서 total setback ratio(final viscosity/trough viscosity)는 모든 종류의 쌀에서 그 비율이 증가한다고 하였다. 본 결과에서도 total setback ratio는 신선찰벼와 찰흑미 전분 모두 증가하는 경향을 보였다. Perez 등(29)은 Brabender Viscoamylograph, DSC와 RVA로 전분의 호화도를 측정된 결과 DSC에 의해 측정된 호화온도가 RVA나 BV보다 낮은 값을 보였다고 하였고, 정제도나 수분 함량에 따라 호화특성이 달라진다는 결과(30)로 보아 분석기기의 종류나 시료의 특성에 따라 다양한 온도 범위를 나타내는 것으로 보인다.

### 요 약

찰흑미(상해향혈나) 전분의 호화 특성을 알아보기 위해 신선찰벼 전분을 대조군으로 SEM, X-ray 회절도, 시차주사열량계와 신속점도계를 이용하여 호화특성을 비교하였다. 주사전자현미경에 의한 입자형태의 변화에서는 60°C에서 찰흑미 전분에 비해 신선찰벼 전분의 입자 붕괴가 더 심하였으며, 시차주사열량계에 의한 관찰에서는 신선찰벼와 찰흑미 전분

의 호화개시온도는 62.0°C와 63.0°C, 피크온도는 69.0°C, 69.4°C, 호화결정온도는 78.7°C, 78.9°C, 호화엔탈피는 각각 8.65 J/g, 8.87 J/g로 서로 차이를 보이지 않았다. 생 전분의 X-선 회절양상은 두 시료 모두 전형적인 A형을 보였고, 가열온도에 따른 양상에 있어서 60°C 및 65°C에서 신선찰벼 전분에 비해 찰흑미 전분의 결정형이 상대적으로 많음을 알 수 있었으나 65°C를 경계로 결정형 영역은 완전히 사라졌다. 신속 점도계를 이용한 호화특성에서는 최고점도, breakdown, 최종점도, setback은 시료간에 큰 차이를 보이지 않았다.

## 문 헌

- Kim JS. 1997. Development of cooked food using speciality rice. *Rural Home Economics* 18: 5-8.
- Lin D, Liu X, Li W. 1989. Studies on pigments of red rice in China. *Sipin Yu Fajiao Gongye* 4: 49-52.
- Choi HC, Oh SK. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J Crop Sci* 41: 1-9.
- Defa G, Xu MA. 1992. A study on special nutrient of purple glutinous rice. *Scientia Agric Sinica* 25: 36-41.
- 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.
- Kang MY, Choi YH, Nam SH. 1996. Inhibitory mechanism of colored rice bran extract against mutagenicity induced by chemical mutagen mitomycin. *Agric Chem Biotechnol* 39: 424-429.
- Pardon AA, Juliano BO. 1975. Gel and molecular properties of waxy rice starch. *Starch* 27: 69-73.
- Kang MY, Nam YJ. 1999. Studies on bread-making quality of colored rice (Suwon 415) flours. *Korean J Soc Food Sci* 15: 37-41.
- Kim MJ, Kim MH, Kim SD. 2000. Effect of black rice powder on fermentation of dough. *Korean J Baking* 1: 15-19.
- Kim KS, Lee JK. 1999. Effects of addition ratio of pigmented rice on the quality characteristics of Seolgiddeok. *Korean J Soc Food Sci* 15: 507-511.
- Kim MS, Hahn TR, Yoon HH. 1999. Saccharification and sensory characteristics of Sikhe made of pigmented rice. *Korean J Food Sci Technol* 31: 672-677.
- Yamamoto K, Sawada S, Onogaki T. 1973. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku* 20: 99-104.
- Yoon HH, Paik YS, Kim JB, Hahn TR. 1995. Identification of anthocyanins from Korean pigmented rice. *Korean J Agric Chem Soc* 38: 581-583.
- Owush-Ansah J, van de Voort FR, Stanley DW. 1982. Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem* 59: 167-171.
- Donovan JW. 1979. Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers* 18: 263-267.
- International Association for Cereal Science and Technology (ICC). 1994. Rapid pasting method using the Rapid Visco Analyzer, ICC-Standard Draft. Vienna
- Juliano BO. 1985. Chemistry and technology. In *Rice*. Juliano BO, ed. AACC, St. Paul, Minnesota, USA. p 59.
- Oh GS. 2001. Properties of waxy black and glutinous rices and textures of cooked milled rice added waxy black and glutinous rices. *PhD Dissertation*. Chonnam National University, Gwangju.
- Zobel HF. 1964. X-ray analysis of starch granules. In *Methods Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic Press, New York. Vol 4, p 109-113.
- Baik SJ. 1999. Physicochemical and gelatinization properties of pigmented rice flour and starch. *PhD Dissertation*. Chungbuk National University, Cheongju.
- Song JY, Shin MS. 1998. Solubility patterns and gelatinization properties of waxy rice starches. *Korean J Food Sci Technol* 41: 516-521.
- Lee SJ. 1991. Physicochemical properties of waxy brown rices. *PhD Dissertation*. Dankook University, Seoul.
- Kim SK, Park HY, Jeong HM, Kim K. 1983. Degree of gelatinization during cooking of rice by X-ray diffractometry. *Korean J Agric Chem Soc* 26: 266-268.
- Takeda C, Hizukuri S. 1974. Characterization of the heat dependent pasting behavior of starches (studies gelatinization of starches part I). *Nippon Nogei Kagaku Kaishi* 48: 663-669.
- Lii CY, Tsai ML, Tseng KH. 1995. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem* 73: 415-420.
- Biliaderis CG, Maurice TJ, Vose JR. 1980. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J Food Sci* 45: 1669-1674.
- Ghiashi K, Varriano-Marston E, Itoseney RC. 1982. Gelatinization of wheat starch. IV. Amylograph viscosity. *Cereal Chem* 59: 263-267.
- Bhattacharya KR, Sowbhagya CM. 1979. Pasting behavior of rice: new method of viscography. *J Food Sci* 44: 797-804.
- Perez EE, Breene WM, Bahnassey YA. 1998. Gelatinization profiles of peruvian carrot, cocoyam and potato starches as measured with the BV, RVA and DSC. *Starch* 50: 14-16.
- Grant LA. 1998. Effect of starch isolation, drying and grinding techniques on its gelatinization and retrogradation properties. *Cereal Chem* 75: 590-594.

(2004년 10월 22일 접수; 2005년 1월 3일 채택)