

신선찰벼와 찰흑미 전분의 이화학적 특성

최경철[†] · 나환식 · 오금순* · 김성곤** · 김 관***

전라남도보건환경연구원 식품약품분석과, *식품의약품안전청 잔류농약과

단국대학교 식품영양학과, *전남대학교 식품공학과 .

Physicochemical Properties on *Shinsun* (Waxy) and Black Rice Starch

Gyeong Cheol Choi[†], Hwan Sik Na, Geum Soon Oh*, Sung Kon Kim** and Kwan Kim***

Food & Drug Analysis Division, Jeollanamdo Institute of Health and Environment, Gwangju 502-810, Korea

*Pesticide Residues Division, Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

**Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

***Dept. of Food Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract

This study examined physicochemical properties of two waxy rice starches, *shinsun* and black rice starches. Proximate compositions of both samples were similar. The major minerals in the *shinsun* rice starches were Ca, Mg, P and Na, whereas those in black rice starches were Ca, P, Fe and Mg. The major particle size of *shinsun* rice starch was 6.97 micron and that of black rice starch was 6.27 micron. In iodine reaction, maximum absorbance wavelength (λ max) and absorbance at 625 nm of black rice starch were higher than those of *shinsun* rice starch. Intrinsic viscosity of black rice starch (183 mL/g) was higher than that of *shinsun* rice starch (178 mL/g). Water binding capacity was similar in both samples. Swelling power and solubility of black rice starch were lower than those of *shinsun* rice starch. X-ray diffraction patterns of all samples showed traditional A type of cereals as shown peaks at 15.2 (15.0), 17.2 (17.15), 18.05 (17.95), 23.25 (23.15)^o. The common shape of SEM was observed in both waxy rice starches.

Key words: *shinsun* rice starch, black rice starch, waxy, physicochemical properties

서 론

최근 기능성 식품에 관한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 현미를 비롯하여 유색미와 같은 특수미의 섭취가 크게 증가하고 있다. 현재 우리나라에서 유통되고 있는 유색미의 종류로는 색깔로 구분하여 흑미, 적미 그리고 흑·적미와 색이 유사하나 향이 강한 흑향미의 3종류로 대별되며, 그 중 흑미는 중국 남부 지방인 광동과 운남지방에 야생되어 있는 것을 재배하였다고 하며 껌질이 겹고 쌀 속은 유리처럼 투명하거나 유백색이다.

우리나라의 경우 1990년 경에 처음으로 중국에서 유색미가 들어와 일부 지역에서 재배되어 밥을 지을 때 소량 첨가하여 지어먹는 정도이고 유색미의 이용은 아직 일반화되지 않고 있는 실정이다(1).

이러한 유색미는 일반미에 비해 미질이나 식미의 측면에서 떨어지지만 생육이 왕성하고 다수확성이며, 발아력 및 저장성이 일반미보다 우수하여 그 이용가치가 점차 확대되고 있다.

지금까지 국내 유색미에 관한 연구로는 유색미가 갖는 큰 특징인 anthocyanin 색소에 관한 연구들(2,3)과, 유색미를 식품 재료로 활용하기 위한 연구가 일부만이 보고(4)되고 있다. 그러나 쌀의 주성분이 되는 전분의 이화학적 특성과 호화특성 등은 품종에 따라 달라지며 그 급원 식품의 조리성에 영향을 미치는 중요한 요인이 됨에도 불구하고 쌀의 조리적 성과 가공성을 연구하기 위하여 가장 기초가 되는 전분 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 찹쌀인 신선찰벼 전분을 대조구로 설정하여, 흑미 중에서 일반적으로 이용되는 품종인 상해항혈나(찰벼) 전분을 대상으로 식품 재료로서의 이용도를 넓히는데 기초 자료를 제공하고자 이화학적 성질 등의 차이점을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

찰흑미(상해항혈나, 진도산)와 찹쌀(신선찰벼)은 1998년

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

에 생산된 것을 현미상태로 농협에서 구입하여 냉장 보관하면서 시료로 사용하였다.

전분의 분리

신선찰벼 전분의 분리는 현미상태의 시료를 직접 실험용 분쇄기를 이용하여 건식 분쇄한 다음 알칼리 침지법(5)을 이용하여 분리하였으며, 흑미 전분은 Yoon 등(6)의 방법에 따라 현미상태의 흑미 20 g당 1% HCl-methanol 100 mL를 가하여 상온에서 2시간 동안 일정한 속도로 고르게 교반하며 색소를 추출한 후 색소가 제거된 쌀로부터 알칼리 침지법(5)에 의해 아래와 같이 전분을 분리하였다. 색소를 제거시킨 흑미와 신선찰벼를 80 mesh로 거른 다음 3배량의 중류수를 가하여 Waring Blender로 5분간 마쇄한 후 200 mesh와 325 mesh 체를 차례로 통과시켜 체에 남은 잔사를 제거하고 쌀가루 입자가 완전히 가라앉도록 냉장고에 방치하였다. 상징액은 버리고 침전물에 3배량의 0.2% NaOH 용액을 가해 교반 후 4°C에서 하룻밤 방치시킨 후 상징액은 버리고 침전물에 다시 0.2% NaOH 용액을 가하여 Biuret 반응에서 음성이 나타날 때까지 동일 조작을 반복하여 단백질을 제거한 후 상징액의 pH가 중성이 될 때까지 중류수로 세정하고 실온에서 건조시킨 다음 100 mesh로 분쇄하여 건조 전분을 얻어 데시케이터에 보관하면서 실험에 사용하였다.

일반성분

전분의 수분, 회분, 조지방, 조단백질 함량은 AOAC법(7)에 따라 정량하였으며, 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방과 회분의 함량을 제외한 값으로 하였다.

무기성분

건식분해법(8)에 따라 시료 일정량을 도가니에 취하여 예비 탄화시킨 다음 전기로(500~600°C)에서 완전히 화화시켰다. 방냉 후 염산: 물(1:1 v/v) 10 mL를 첨가하여 수육상에서 증발 전고시킨 다음 염산: 물(1:3 v/v) 10 mL를 첨가하여 30분 정도 수육상에서 가열하여 방냉 후 1 N HNO₃ 용액(Ca은 La으로서 1000 ppm이 되도록 LaCl₃를 첨가한 1 N HNO₃ 용액)으로 50 mL로 정용하여 유도결합플라스마(Inductively Coupled Plasma, Model JY-138 Ultrace, Jobin Yvon, France)로 Table 1의 분석조건에 따라 무기성분(Ca, Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, Na, K)을 분석하였다. P은 몰리부텐블루비색법(8)으로 실험하여 625 nm의 흡광도를 UV/VIS Spectrophotometer(Model 150-20, Hitachi, Ltd., Japan)로 측정하여 정량하였다.

입도분포

전분의 입도분포는 레이저 분산법을 이용한 particle size analyzer(Malvern PSA, England)로 입자직경 0.1~80(45 mm lens: 0.1~80 μm) 마이크론 범위에서 분포비율(부피%)과 비표면적을 계산하였다. 분석조건은 시료의 탁도 범위가 0.15~0.3%가 되도록 중류수에 분산시킨 다음 시료투입구에 넣

Table 1. Operating conditions for the analysis of the mineral by ICP

Optic	Multi
Wavelength	Variable
Integration time	2.0 sec
Mode	2
Calculation	5 pts
Argon coolant flow rate	P1 = 12 L/min
Argon carrier flow rate	G1 = 0.3 L/min
Nebulizer flow rate	0.3 L/min
Plasma generator	40.68 MHz
RF frequency	
Sequential monochromator	2400 groovws/mm
Holographic grating	

고 pump speed는 80 rpm, stirr speed는 70 rpm이었다.

요오드반응

요오드 반응은 Williams 등의 방법(9)에 따라 측정하였다. 전분 20 mg을 100 mL 용량플라스크에 취하고 0.5 N KOH 용액 10 mL를 가하여 시료를 잘 분산시킨 다음 중류수를 가하여 100 mL로 하였다. 이 액 10 mL를 취하여 0.1 N HCl 5 mL로 중화시킨 후 중류수를 가하여 45 mL되게 한 다음 요오드 용액(0.2% I₂와 2% KI 혼합액) 0.5 mL 및 중류수로 전체가 50 mL가 되게 한 다음 실온에서 20분간 발색시켜 분광광도계(Model Uvikon 943, Kontron Co., USA)를 이용하여 350~800 nm로 scanning하여 최대흡수파장(λ_{max})과 625 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

물결합능력

전분의 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles의 방법(10)에 따라 다음과 같이 실험하였다. 전분 2 g(건량기준)을 칭량하여 비이커에 취한 후 중류수 30 mL를 가한 다음 자석교반기를 이용하여 1시간 동안 교반하였다. 혼탁액을 무게를 미리 쟁원심분리병에 옮기고 중류수로 비이커를 세정하면서 50 mL로 정용하여 원심분리(1000×g, 30분) 후 상징액은 제거하고 거꾸로 세워 1분 정도 유지시켰다. 침전된 전분의 무게(A)를 측정하여 시료 전분과의 중량비로부터 물결합 능력을 계산하였다.

$$\text{물결합능력 (\%)} = \frac{A(\text{g}) - \text{시료의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

고유점도

전분의 고유점도는 미국 옥수수 산업 협회의 방법(11)에 따라 전분 0.5 g(건량기준)을 100 mL 비이커에 취하고 25°C 중류수 50 mL를 가하여 잘 혼탁시킨 후 25°C 2 M NaOH 용액 50 mL를 가하여 100 mL로 하였다. 이 용액을 30분간 교반시킨 후 glass filter(1G3)를 사용하여 감압여과 한 여액을 점도 측정용으로 하였다. 수육조에서 25°C로 유지시킨 Ubbelodhe 점도계(No. 75)에 여과한 여액 10 mL를 주입하고 점도계의 유하 시간으로부터 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{고유점도(mL/g)} = \frac{2.303 \times \log (t/t_0)}{0.5}$$

$$t = \text{전분 용액의 흐름시간(sec)}$$

$$t_0 = 1\text{ M NaOH 용액의 흐름시간(sec)}$$

$$0.5 = \text{시료 용액의 농도}(0.5\text{ g}/100\text{ mL})$$

팽윤력과 용해도

Schoch의 방법(12)을 변형시켜 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 80°C 및 90°C에서 팽윤력과 용해도를 측정하였다. 15 mL 코니컬 원심분리 튜브에 전분 100 mg(건량기준)을 취하고 종류수를 가하여 10 mL로 하여 혼탁시킨 다음 항온수욕진탕기를 이용하여 30°C에서부터 각각의 온도까지 1°C/min 상승시키고 각 온도에서 30분간 유지시켰다. 내용물은 실온이 될 때까지 재빨리 얼음물로 냉각시킨 다음 원심분리(3000×g, 15분)하여 침전물의 부피와 침전물의 무게로부터 팽윤력을 측정하였으며, 용해도는 상징액을 Phenol-sulfuric acid법(13)으로 총당(T)을 측정하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{용해도}(\%) = \frac{T}{0.1 - T} \times 100$$

$$\text{팽윤력}(\text{mL/g}) = \frac{\text{침전물의 부피}(\text{mL})}{\text{침전물의 무게}(\text{g})}$$

$$\text{침전물의 무게}(\text{g}) = 0.1 - 0.9 \times T$$

$$T = \text{상징액의 총 포도당량}$$

X-선 회절도

전분을 Owusu-Ansah 등의 방법(14)에 따라 X-ray diffractometer(D/MAX-1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 target: Cu-K α , filter: Ni, scanning speed: 5.0°/min의 조건으로 회절각도(2θ): 5°부터 40°까지 회절시켜 회절각도에 따른 피크의 위치로부터 결정형을 분석하였다.

주사전자현미경

전분을 동결 건조하여 100 mesh로 마쇄한 후 140 Å 두께로 금도금을 한 후(Emitech, K-550, England) 주사전자현미경(Scanning Electron Microphotograph, Model S2500-C, Hitachi Co., Japan)을 이용하여 15 Kv에서 3000배의 배율로 입자의 형태를 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분

신선찰벼와 흑미 전분의 일반성분은 Table 2와 같다. 수분은 신선찰벼 전분이 10.71%, 흑미 전분이 9.22%, 조단백질, 조지방과 회분은 시료간에 차이를 보이지 않았으며 탄수화물의 경우에도 신선찰벼 전분이 88.86%, 흑미 전분이 90.35%

Table 2. Proximate compositions of waxy brown rice starches
(unit: %)

	Moisture	Crude protein ¹⁾	Crude lipid	Ash	Carbohydrate ²⁾
Shinsun rice starch	10.71	0.12	0.11	0.20	88.86
Black rice starch	9.22	0.11	0.12	0.20	90.35

¹⁾N×5.75.

²⁾100-sum of moisture, crude ash, crude protein and crude fat contents.

로 수분 함량을 고려한다면 시료간의 차이는 없는 것으로 나타났다.

Song 등(15)은 다수계와 일반계 찹쌀전분의 조단백질 함량이 0.4~0.6%, 조지방 0.1%, 회분은 0.1% 수준이라고 보고하였으며, Kim 등(16)은 한강찰벼와 백운찰벼 및 올찰 전분의 일반성분을 분석한 결과 수분 12.6~12.8%, 회분 0.09~0.10%, 조지방은 0.08~0.10, 조단백질은 0.04~0.07%라고 보고하여 조단백질과 회분 함량이 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편 Oh(17)는 신선찰벼와 흑미(상해항혈나)의 쌀가루를 분석한 결과 조단백질이 각각 7.54%, 9.01%, 조지방이 2.51%, 2.60%, 회분은 1.30%, 1.29%라고 하였으며, Ha 등(18)의 보고에서는 흑미의 단백질 함량이 9.2~11.1%, 조지방은 2.7~3.1%, 회분 1.4~1.9%라고 하여 쌀가루에서 전분을 분리하는 과정에서 단백질, 지방, 무기질 등의 대부분이 제거되었음을 알 수 있었다.

무기성분

신선찰벼 전분과 흑미 전분의 무기성분은 Table 3에서와 같이 신선찰벼 전분의 경우 Ca(2.34 mg%), Mg(1.71 mg%), P(1.38 mg%)와 Na(1.28 mg%) 순으로 나타났으며, 흑미 전분의 경우 Ca(2.88 mg%), P(1.28 mg%), Fe(0.96 mg%)과 Mg(0.66 mg%) 순으로 높게 나타났다. 또한 시료간에도 전체 무기성분 함량이 신선찰벼 전분의 경우 7.83 mg%, 흑미 전분이 6.92 mg%로 큰 차이를 보이지 않았다.

유색미와 일반 현미쌀의 무기질 조성에서 흑미인 수원 42는 일반 현미에 비해 Na의 경우 4배 이상, Ca, Fe, P 등도 20~50% 이상 높은 값을 보여 본 실험에 사용된 전분의 결과(17,18)와는 차이를 보였으며 이러한 차이는 흑미 전분의 경우 분리, 정제과정에서 색소 및 그 외 성분들과 결합되어 있던 무기성분 또한 대부분 소실되기 때문으로 생각된다. 이러한 결과로 미루어 전분의 경우 분리 및 정제과정에서 색소 및 그 외 성분들과 결합되어 있던 무기성분 또한 상당량 제거되었을 것으로 생각되며, 전분의 분리 및 정제 후에도 Ca, Mg,

Table 3. Mineral compositions of waxy brown rice starches

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mg	K	Na	Ca	P
Shinsun rice starch	0.48	0.19	0.07	0.15	1.71	0.23	1.28	2.34	1.38
Black rice starch	0.96	0.14	0.12	0.19	0.66	0.27	0.42	2.88	1.28

Table 4. Percent particle size distribution of waxy brown rice starches

Starch	Range of particle size (μm)				
	<5.0	5.0~<10.0	10.0~<20.0	20.0~<30.0	30>
Shinsun rice starch	23.6	51.5	14.9	4.0	6.0
Black rice starch	26.2	47.1	16.0	5.6	5.1

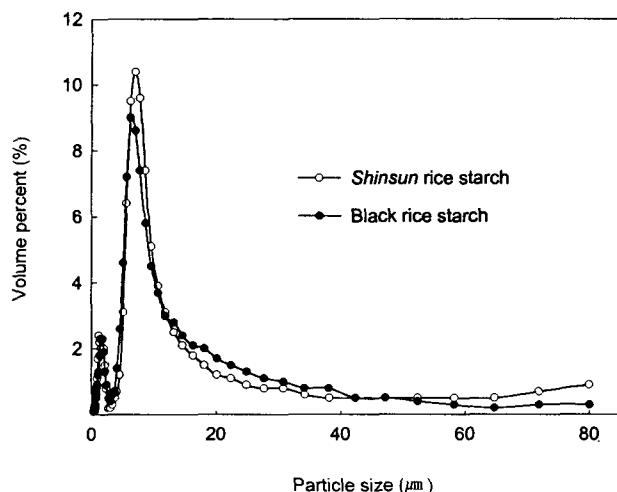


Fig. 1. Particle size distribution of waxy brown rice starches.

P, Na 등은 다른 무기성분에 비하여 상대적으로 더 많이 분포함을 알 수 있었다.

입도분포

전분의 입자 크기별 분포곡선과 분포 비율은 Fig. 1 및 Table 4와 같다. 신선찰벼와 흑미 전분은 각각 1.15, 1.75 μm 의 작은 피크와 6.97, 6.27 μm 입자를 정점으로 큰 피크를 보이는 이중분포를 보여 두 품종 모두 거의 유사한 경향을 보였다. 분포비율은 5.0 μm 미만의 경우 신선찰벼 전분이 23.6%, 흑미 전분은 26.2%였으며, 5.0 μm 이상 10.0 μm 미만의 범위에서 차지하는 비율은 신선찰벼 전분이 51.5%, 흑미 전분이 47.1%로 전분입자가 이 범위에서 가장 많이 분포함을 알 수 있었다. 10.0 μm 이상의 경우에는 신선찰벼 전분이 24.9%, 흑미 전분이 26.7%의 분포를 보였다.

한편, 전분의 입자의 평균입경과 표면적을 계산한 결과를 Table 5에 나타내었다.

전분의 평균입경과 중심입경은 신선찰벼 전분이 각각 9.69, 6.76 μm 이었으며 흑미 전분이 9.13, 6.50 μm 으로 신선찰벼 전분에 비해 다소 작았으나 표면적은 흑미 전분이 다소 크게 나타났다.

Kee 등(19)은 현미찹쌀가루와 향현미 찹쌀가루의 평균입

경은 각각 15.59 μm 과 12.83 μm 이며 이중 분포를 보였다고 하여 본 결과의 패턴과 거의 일치하였다. Cho와 Kim(20)은 전분입자의 표면적은 평균입경보다는 중심입경과 더욱 밀접한 관계가 있음을 암시한다고 하면서, 쌀가루의 경우 일반적으로 입자크기가 작아질수록 호화개시온도는 감소하며 최고점도는 증가한다고 하였다.

요오드 반응

요오드 반응의 최대 흡수파장과 λ_{\max} 에서의 흡광도는 신선찰벼 전분이 각각 518 nm와 0.164, 흑미가 521 nm와 0.184로 흑미 전분이 다소 높은 경향을 보였으며, 625 nm에서의 흡광도 값은 신선찰벼 전분이 0.112, 흑미가 0.140으로 나타났다(Table 6).

대부분이 아밀로펙틴으로 되어있는 찹쌀 전분의 요오드 결합은 아밀로펙틴의 사슬과 미량으로 존재하는 아밀로오스에 의해 나타난다고 하였다(21). 한편 Kim 등(22)은 10분도로 도정한 신선찰벼 쌀가루의 요오드 반응에서 최대흡수파장은 532 nm라고 하였으며, Shin 등(23)은 찹쌀의 최대 흡수파장은 525~533 nm로 품종간에 서로 비슷한 파장을 보인다고 보고하여 본 결과에서의 신선찰벼 전분의 결과보다는 약간 높은 결과를 보였다.

Kim과 Shin(24)은 아밀로펙틴에서는 사슬이 긴 것이 요오드와의 친화성이 크므로 찹쌀 전분의 blue value의 차이는 이들 각 전분의 아밀로펙틴의 분지된 사슬의 길이와 관련이 있다고 하였으며, Cura와 Krisman(25)은 요오드 반응의 최대 흡수파장은 가지점($\alpha=1.6$ 결합)의 함량과 부의 상관관계를 보인다고 하였다.

고유점도

고유점도는 묽은 용액 내에서 고분자들의 이동에 대한 마찰이나 저항의 측정으로 상대적인 분자의 크기나 형을 평가하는 기준이 되며 이는 주로 분자량, 사슬의 강직도, 용매의 성질에 따라 좌우된다(26). 본 결과 신선찰벼 전분이 178 mL/g, 흑미 전분이 183 mL/g 으로 나타났다(Table 6).

Kim과 Son(27)은 신선찰벼 전분의 고유점도는 173 mL/g라고 하여 본 실험 결과와 거의 유사하였으며, Lee(28)는 일

Table 5. Mean and median sizes and surface area of waxy brown rice starches

Starch	Particle size (μm)		Surface area (cm^2/gm)
	Mean	Median	
Shinsun rice starch	9.69	6.76	5579
Black rice starch	9.13	6.50	5939

Table 6. Iodine reaction and intrinsic viscosity of waxy brown rice starches

	λ_{\max}	Absorbance at λ_{\max}	Absorbance at 625 nm	Intrinsic viscosity (mL/g)
Shinsun rice starch	518	0.164	0.112	178
Black rice starch	521	0.184	0.140	183

Table 7. Comparison of water binding capacity, swelling power and solubility of waxy brown rice starches

	Water binding capacity (25°C, %)	Swelling power						Solubility (%)					
		55°C	60°C	65°C	70°C	80°C	90°C	55°C	60°C	65°C	70°C	80°C	90°C
Shinsun rice starch	103.5	6.8	9.7	40.4	49.6	53.0	55.2	1.0	2.2	9.9	13.4	15.4	16.3
Black rice starch	103.3	4.7	9.3	36.9	45.7	50.7	53.0	0.9	1.7	7.1	9.3	11.0	12.2

반제와 통일계 혼미 전분의 경우 고유점도는 164~198 mL/g으로 일반계와 통일계간의 유의적인 차이는 없다고 하였다.

물결합능력

신선찰벼와 흑미 전분의 물결합능력은 Table 7과 같이 신선찰벼 전분의 경우 103.5%, 흑미 전분은 103.3%로 두 시료 간의 차이는 보이지 않았다. 이는 찰흑미와 신선찰벼 쌀가루의 물결합능력이 25°C에서 각각 93.26%와 87.42%라는 Oh의 보고(17)보다 높은 결과로서 이러한 차이는 쌀가루에 함유된 물질들, 즉 무기질, 지방, 단백질, 식이섬유 등이 수분 흡수를 방해한다는 기존의 연구 결과(29,30)와 일치하였다. 또한 Kim 등(31)은 신선찰벼 전분의 물결합능력이 80°C에서 97.8%이고, 한강찰벼는 113.1%라고 보고하였으며, Kim과 Shin(24)은 신선찰벼가 108.8%라고 하였다.

물결합능력은 전분입자의 수분 흡수의 정도를 나타내는 것으로 전분입자 내에 분자들의 관여정도를 보여준 것이라고 하였으며 같은 종류의 전분은 비슷한 물결합능력을 가진다고 하였다(10). 일반적으로 amylopectin은 amylose보다 수분 흡수력이 커서 메전분에 비해 찰전분의 물결합능력이 크나 amylose를 거의 함유하지 않는 찰쌀전분에서의 차이는 amylopectin의 구성상의 특징이라고 하였다(16).

팽윤력과 용해도

신선찰벼와 흑미 전분의 팽윤력과 용해도는 Table 7에서와 같이 55~60°C에서는 완만한 증가를 보이다가, 60°C를 경계로 65°C까지 급격히 증가하여 70°C이후에는 서서히 증가하는 것을 볼 수 있었는데, 신선찰벼 전분의 팽윤력과 용해도가 흑미 전분에 비해 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 찰흑미와 신선찰벼 쌀가루의 팽윤력과 용해도가 50~60°C에서 완만한 증가를 보이다가 그 이후에는 급격하게 증가하며, 신선찰벼 쌀가루의 팽윤력과 용해도가 찰흑미에 비해 높았다는 Oh의 결과(17)와 일치하였다.

팽윤력과 용해도는 전분의 종류와 형태에 따라 다른 결과를 보이는데, 전분을 가열하면 전분 입자는 팽윤되고 전분구성물질 중 일부가 물에 녹게 되는데 팽윤과 용해 정도는 전분의 종류와 형태에 따라 다르며 물흡수 능력의 지표가 된다고 하였다(12). 따라서 온도가 상승함에 따라 흑미 전분이 낮은 팽윤력과 용해도 값을 갖는 것은 신선찰벼보다 결합강도가 강하게 결합된 것으로 보이며, Wong과 Lelievre의 보고(32)와 같이 결정성과의 상관관계에서 신선찰벼 전분입자의 비결정질 부분이 온도상승으로 상대적으로 많아지기 때문일 것으로 생각되어진다.

한편 Fig. 2는 팽윤력과 용해도의 상관관계를 나타낸 것으로

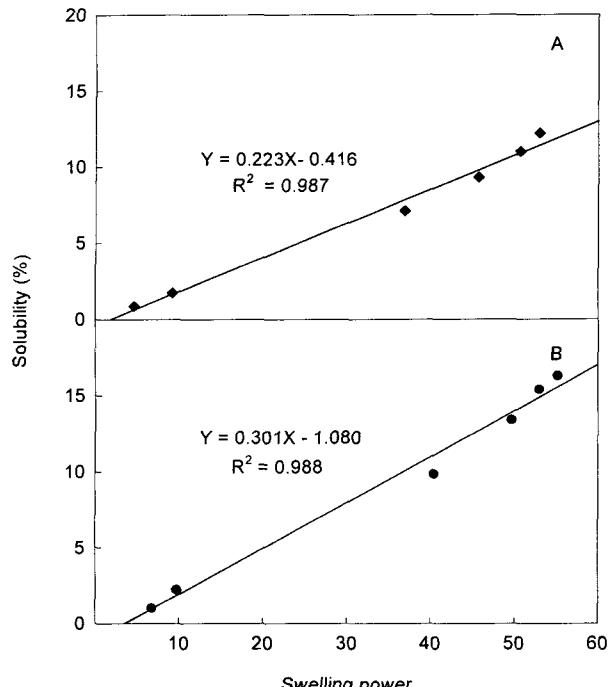


Fig. 2. Relationship between swelling power and solubility of waxy brown rice starches.
A: Shinsun rice starch, B: Black rice starch.

로 직선회귀방정식에서 신선찰벼는 $R^2=0.987$ 이고, 흑미 전분은 $R^2=0.988$ 로 높은 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다

X-선 회절도

신선찰벼와 흑미 전분의 X-선 회절도는 Fig. 3과 같이 신선

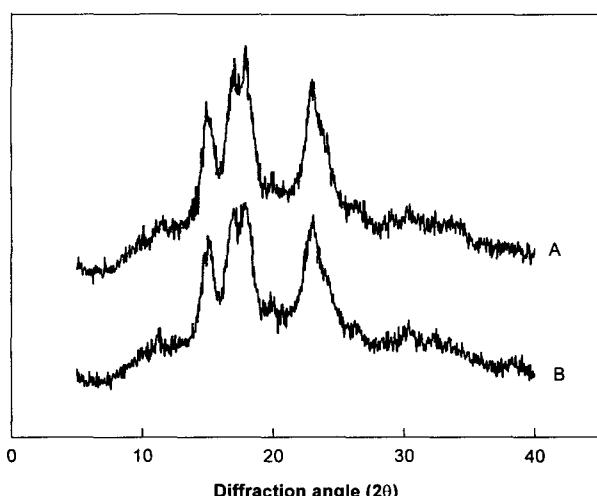


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of waxy brown rice starches.
A: Black rice starch, B: Shinsun rice starch.

찰벼 전분은 15.2° , 17.2° , 18.05° , 23.25° 에서 피크를 보였으며, 흑미 전분은 15.0° , 17.15° , 17.95° 와 23.15° 에서 피크를 보여 전형적인 A형을 나타냈다. 시료간의 X-선 회절도는 강도도 거의 비슷하고 피크 위치도 거의 동일하여 시료간의 차이를 발견하지 못했다.

Baik(33)은 유색미 전분의 경우 15.1° , 17.1° , 17.8° , 23.1° 에서 강한 피크를 보인다고 하였으며, Song과 Shin(34)은 신선 찰벼의 결정형은 회절각도(2θ) 15.0° , 17.0° , 23.0° 근처라고 하여 본 실험 결과와 거의 유사하였다. 한편 Lee(28)는 칡쌀의 X-선 회절도가 15.0° , 17.0° , 17.8° 및 23.0° 에서 강한 피크를 보이며 곡류의 전형적인 A형을 나타내지만 일반 칡쌀 전분의 회절강도는 통일 칡쌀 전분보다 다소 약하다고 하였다.

주사전자현미경에 의한 관찰

신선 찰벼와 흑미 전분의 입자형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 입자의 형태는 대부분 다각형 형태를 보였으며 입자의 표면은 매끄러우며 각면이 들어간 형태를 보였다. 쌀 전분은 일반적으로 배유세포 안에 복합 전분립으로 존재하며, 크기가 2~9 μm 의 범위에 있으며, 모양은 다각형을 가진다고 알려져 있다(26).

Oh(17)는 신선 찰벼와 흑미 쌀가루의 입자형태를 3,000배

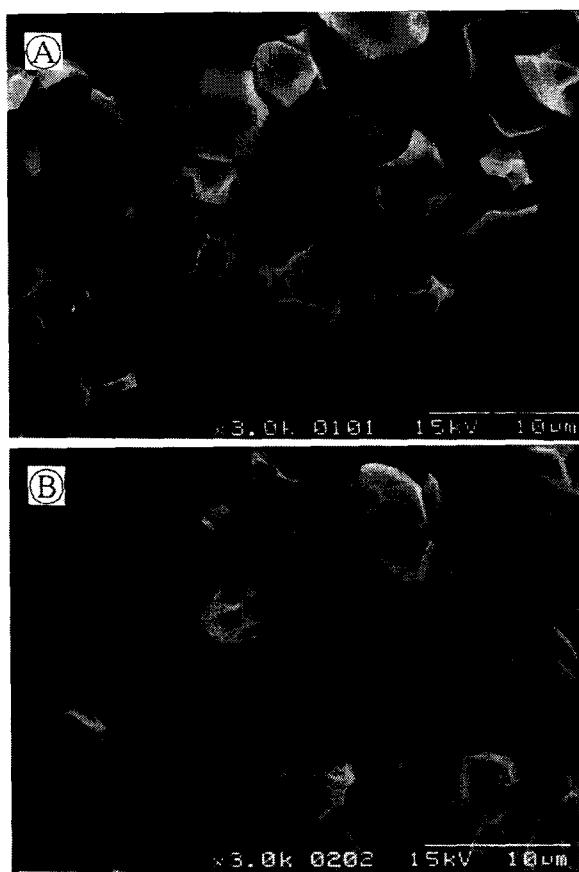


Fig. 4. Scanning electron microphotographs of waxy brown rice starches.
A: Shinsun rice starch, B: Black rice starch.

로 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 정제 과정에서 전분이외의 구성성분들이 대부분 제거되는 것을 알 수 있었다.

요 약

흑미(상해항힐나)와 신선 찰벼 전분의 이화학적 성질을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 신선 찰벼와 흑미 전분의 일반성분은 시료간에 차이를 보이지 않았으며, 무기성분은 신선 찰벼 전분의 경우 Ca, Mg, P, Na 순으로 함유하고 있었으며, 흑미 전분의 경우 Ca, P, Fe, Mg 순으로 나타났다. 입도분포는 두 시료 모두 $1.15\sim1.75 \mu\text{m}$ 의 작은 피크와 $6.27\sim6.97 \mu\text{m}$ 입자의 큰 피크를 보이는 이중 분포를 보여 두 품종 모두 거의 유사한 경향을 보였다. 전분의 요오드 반응에서 최대 흡수파장과 λ_{max} 에서의 흡광도는 신선 찰벼 전분이 각각 518 nm 과 0.164, 흑미 전분이 521 nm 과 0.184로 흑미 전분이 다소 높았으며, 625 nm 에서의 흡광도 값은 신선 찰벼 전분이 0.112, 흑미가 0.140으로 나타났다. 고유점도는 신선 찰벼 전분이 178 mL/g , 흑미 전분이 183 mL/g 으로 흑미 전분이 다소 높게 나타났으나, 물결합능력은 103.5%와 103.3%로 두 시료간에 차이를 보이지 않았다. 전분의 팽윤력과 용해도는 두 시료 모두 $55\sim60^\circ\text{C}$ 에서는 완만한 증가를 보이다가 60°C 를 경계로 65°C 까지 급격히 증가하여 70°C 이후에는 서서히 증가하는 경향을 보였다. 신선 찰벼와 흑미 전분의 X-선 회절도는 전형적인 A형을 보였으며, 주사전자현미경에 의한 입자의 형태 관찰에서는 두 시료간에 차이를 보이지 않았다.

문 헌

- Kim JS. 1997. Development of cooked food using speciality rice. *Rural Home Economics* 18: 5-8.
- Yoon JM, Hahn TR, Yoon HH. 1998. Effect of copigmentation on the stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety. *Kor J Food Sci Technol* 30: 733-738.
- Cho MH, Paik YS, Yoon HH, Hahn TR. 1996. Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Agric Chem Biotech* 39: 304-307.
- Kim SS, Kim SY, Lee WJ. 1998. Characteristics of germinated colored rice as a potential raw material for Sikhe. *Kor J Food Sci Technol* 30: 1092-1096.
- 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. *Kor J Agric Chem Soc* 38: 581-583.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. The association of official analytical chemists, Washington, DC.
- KFDA. 2000. *Food Code*. Munyoung-sa, Seoul. p 3-29.
- Williams PC, Kuzina FD, Hylnka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches

- and flours. *Cereal Chem* 47: 411-419.
10. Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568.
 11. Corn Refiners Association. 1982. Standard analytical methods. Method B-61, The Association, Washington DC, USA.
 12. Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granules starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Academic Press, New York. Vol IV, p 106-108.
 13. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Robers PA, Smith F. 1956. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28: 350-356.
 14. Owusu-Ansah J, van de Voort FR, Stanley DW. 1982. Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem* 59: 167-171.
 15. Song BH, Kim SK, Lee KH, Pyun YR, Lee SY. 1985. Viscometric properties of waxy rice starches. *Kor J Food Sci Technol* 17: 107-113.
 16. Kim HS, Kang OJ, Yoon KS. 1983. Physicochemical properties of waxy rice starches prepared from three different cultivars. *Kor J Agric Chem Soc* 26: 211-216.
 17. 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.
 18. Ha TY, Park SH, Lee CH, Lee SH. 1999. Chemical composition of pigmented rice varieties. *Kor J Food Sci Technol* 31: 336-341.
 19. Kee HJ, Lee ST, Park YK. 2000. Preparation and quality characteristics of Korean wheat noddles made of brown glutinous rice flour with and without aroma. *Kor J Food Sci Technol* 32: 799-805.
 20. Cho SA, Kim SK. 2000. Particle size distribution, pasting pattern and texture of gel of acorn, mungbean and buckwheat starches. *Kor J Food Sci Technol* 32: 1291-1297.
 21. Harm J, Peter AM. 1997. Comparision of the brabender visco graph and the rapid visco analyzer. I. Statistical evaluation of the pasting profile. *Starch* 49: 89-92.
 22. Kim K, Lee YH, Kang KJ, Kim SK. 1993. Effect of steeping on physicochemical properties of waxy rice. *Kor J Food Sci Technol* 25: 535-540.
 23. Shin L, Chen LL, Cheng Y. 1997. Correlations between the fine structure, physicochemical properties and retrogradation of amylopectins from Taiwan rice varieties. *Cereal Chem* 74: 34-39.
 24. Kim SK, Shin MS. 1992. Physicochemical properties of defatted nonwaxy and waxy rice starches. *Kor J Food Sci Technol* 24: 347-352.
 25. Cura JA, Krisman CR. 1990. Cereal grains; A study of their α -1,4, α -1,6 glucopolysaccharide composition. *Starch* 42: 171-176.
 26. Leach HW. 1963. Determination of intrinsic viscosity of starches. *Cereal Chem* 40: 593-596.
 27. Kim SK, Son JW. 1990. Bran structure and some properties of waxy rice starches. *Kor J Agric Chem Soc* 33: 105-108.
 28. Lee SJ. 1991. Physicochemical properties of waxy brown rices. *PhD Dissertation*. Dankook University, Seoul.
 29. Kim KA, Jeon ER. 1996. Physicochemical properties and hydration of rice on various polishing degrees. *Kor J Food Sci Technol* 28: 959-964.
 30. Chandrashekhar A, Kirleis AW. 1988. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. *Cereal Chem* 65: 457-462.
 31. Kim K, Choi GC, Kang KJ, Lee YH, Kim SK. 1992. Molecular structural properties of waxy rice starch. *Kor J Food Sci Technol* 24: 568-573.
 32. Wong RBK, Lelievre J. 1982. Comparison of crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch* 34: 159-161.
 33. Baik SJ. 1999. Physicochemical and gelatinization properties of pigmented rice flour and starch. *PhD Dissertation*. Chungbuk National University, Cheongju.
 34. Song JY, Shin MS. 1998. Solubility patterns and gelatinization properties of waxy rice starches. *Kor J Food Sci Technol* 41: 516-521.

(2002년 4월 1일 접수; 2003년 10월 10일 채택)