

Physicochemical Properties of Diverse Rice Species

Ok Ja Choi¹, Yong Doo Kim², Jae-Han Shim³, Myeong Hee Noh¹
and Ki Hoon Shim^{1*}

¹Department of Food & Cooking Science, Suncheon National University, Suncheon 540-950, Korea

²Department of Food Technology, Suncheon National University, Suncheon 540-950, Korea

³Department of Biological Chemistry, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

품종별 쌀의 이화학적 특성

최옥자¹ · 김용두² · 심재한³ · 노명희¹ · 심기훈^{1*}

¹순천대학교 조리과학과, ²순천대학교 식품공학과, ³전남대학교 생명화학과

Abstract

Seven rice varieties (Dasan, Keunseon, Goami, Baekjinju, Seolgaeng, Hangangchal and Heukseol) were used to study the physicochemical properties of dry milled (200-mesh) rice flour species. The moisture and crude protein contents of rice were 15.00-15.10% and 6.09-8.21%, respectively. The crude lipid and crude ash of rice were 0.21-1.02% and 0.37-1.62%, respectively. As for the Hunter's color value, the L value was highest in the Dasan flour (96.47); the a value was highest in the Heukseol flour (5.03); and the b value was highest in the Baekjinju flour (3.36). The water absorption index was highest in the Goami flour (1.45), and the water solubility index was highest in the Hangangchal flour (9.16%). The amylose contents of the rice flour species were highest in the Goami (26.42%) rice flour, followed by the Dasan (19.39%), Seolgaeng (19.24%), Keunseon (18.06%), Heukseol (15.52%), Baekjinju (9.16%), and Hangangchal (0.84%) rice flour. In the X-ray diffractin patterns of the diverse species, seven rice varieties showed A-type crystallinity. As for the amylogram properties, the initial pasting temperature was 58.00-69.03°C. The maximum viscosity was highest in the Dasan flour. The Heukseol flour had the lowest maximum viscosity, breakdown, and setback. In terms of the thermal properties of the differential scanning calorimeter (DSC), the onset temperature was 59.03-66.84°C; the peak temperature, 66-70-72.82°C; and the end temperature, 74.06-78.66°C. The enthalpy (ΔH) was lowest in the Heukseol flour (7.59 J/g) and highest in the Seolgaeng flour (11.36 J/g).

Key words : rice varieties, amylose content, X-ray, amylogram, DSC

서 론

국내 농가의 주 소득원이며 주식으로 중요한 위치를 차지하고 있는 쌀은 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 곡물 중 하나로 우리나라에서는 통일형 다수성 품종 개발 보급으로 1970년대 후반에 쌀의 자급달성을 이루었다(1-3). 1980년대 이후 정부의 쌀 증산정책, 쌀 생산기술 발달 등으로 쌀 생산량이 많아지면서 벼 재배면적은 점차 줄어들었지만 양질미 생산체제로 전환된 이후에도 계속 자급생산을 유지하고 있다(2,4).

과거 양질, 안전성 및 다수성에 목표를 두고 진행되어 왔던 쌀 육종 연구는 최근 농산물 국제시장 개방, 국민 소득 수준 향상, 건강 및 기능성에 대한 관심 증가 등으로 국제 경쟁력 강화와 소비자 기호에 맞는 쌀 품종의 다양화를 위한 연구 분야로 관심이 높아졌다(5). 이에 쌀의 품종 다양화를 위한 육종연구가 꾸준히 진행되어 일반 메벼 품종들 이외에 찰벼품종, 유색미, 향미, 거대미 등 특성 성분 함량이 높은 다양한 품종의 특수미가 육종 개발되어 있다(6).

그러나 편의화된 다양한 가공식품으로 소비자들의 식생활 방식이 변화되어 연간 쌀 소비량은 감소하고 있고, 쌀 생산량 역시 감소하여 각 지자체에서는 양적 확보보다 질적 개선에 초점을 맞춘 브랜드 쌀을 개발 및 관리 통한 품질

*Corresponding author. E-mail : khshim@sunchon.ac.kr
Phone : 82-61-750-3690, Fax : 82-61-750-3690

고급화를 하고 있다(7). 다양한 쌀 품종이 개발되었으나 쌀은 거의 대부분 밥으로 소비되고 있고, 술, 떡, 쌀과자, 식혜 등과 같이 가공식품의 형태로 소비되는 양은 전체 쌀 생산량의 2~3% 정도로 매우 미미한 수준이다(8).

다양한 쌀 품종들의 적극적인 이용과 쌀 가공식품의 다양화를 위해서는 품종별 연구가 필요하며, 그에 관한 연구로는 쌀 가공식품 개발을 위한 기초자료 확보를 위한 유색미(8,9) 및 특수미(10)에 관한 연구, 아밀로오스 함량에 따른 쌀 품종에 관한 연구(1,3,11) 그리고 쌀 품종간에 특성을 비교한 연구(2,6,12,13) 등이 진행되어 왔다. 그러나 아직까지 다양한 쌀 가공식품에 적합한 품종별 특성에 관한 확립은 미흡한 실정으로 쌀 가공제품의 품질, 다양화 및 원가 등을 개선하기에 어려움이 많은 실정이다.

따라서 새로운 쌀 가공식품의 개발, 품질 및 원가 개선을 위해서는 더욱 다양한 품종별 쌀의 특성을 분석하여 각각의 제품에 적합한 품종을 선별적으로 재배할 수 있도록 권고하여 부가가치를 향상시킬 수 있는 방안을 마련해야 할 것이다. 본 연구에서는 다수계 품종 ‘다산’ 및 ‘큰섬’, 가공용 품종 ‘고아미’ 및 ‘설갱’, 반찰벼 품종 ‘백진주’, 찰벼 품종 ‘한강찰’ 그리고 유색미 품종 ‘흑설’을 건식 제분하여 이화학적 특성을 검토하여 쌀 가공식품의 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 쌀은 전라남도 농업기술원에서 2009년도에 수확한 쌀로 ‘다산’, ‘큰섬’, ‘고아미’, ‘백진주’, ‘설갱’ 및 ‘한강찰’은 백미로 도정된 것을 제공받았고, ‘흑설’은 현미로 제공받았다. 각각의 쌀은 진공포장기(VP-9000, Rollpack Co Ltd, Pyengtaek, Korea)로 진공포장 후 냉동고(F-A243GM, LG, Co Ltd, Seoul, Korea)에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 쌀가루의 제조는 기류식 초미분쇄기(Dream Mill DM-150S, Furukawa, Japan)로 분쇄하여 200 mesh 체를 통과시킨 후 사용하였다.

일반성분 측정

쌀의 일반성분 분석은 AOAC법(14)에 따라 행하였다. 즉, 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법 그리고 조회분은 직접회화법으로 각각 측정하였다.

색도 측정

쌀가루의 색도는 색차계(JC 801S, Tokyo, Japan)를 사용하여 L(백색도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였다.

수분흡수지수 및 수분용해지수 측정

쌀가루의 수분흡수지수(water absorption index, WAI)와 수분용해지수(water solubility index, WSI)는 Anderson 등(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 수분흡수지수는 고아미 쌀가루 3 g과 증류수 30 mL를 원심분리관에 넣고 30분간 진탕 교반한 후 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 상등액을 제외한 침전물의 무게를 평량하여 건조시료 g당 흡수된 수분함량으로 표시하였다.

$$WAI = \frac{\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}}$$

수분용해지수는 수분흡착지수 측정 시 회수한 상등액을 증발접시에 옮긴 후, 건조온도 105°C의 열풍건조기에서 건조시켜 얻어진 고형분의 무게를 건조시료에 대한 백분율로 나타내었다.

$$WSI(\%) = \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant}}{\text{Dry sample wt.}} \times 100$$

아밀로오스 함량 분석

쌀가루의 아밀로오스 함량은 Williams 등(16)의 비색법에 의하여 정량하였다. 쌀가루의 20 mg을 100 mL의 메스플라스크에 취하고, 0.5 N KOH용액 10 mL를 가하여 5분간 저어 시료를 분산시킨 다음 증류수로 100 mL 정용한 다음 10 mL를 취하여 0.1 N HCl 5 mL와 요오드 용액 0.5 mL를 가하고 증류수를 첨가하여 50 mL로 정용한 다음 실온에서 5분 방치한 후 680 nm에서 흡광도를 측정하여 아밀로오스 표준곡선으로부터 아밀로오스 함량을 계산하였다. 아밀로오스 표준곡선은 아밀로오스, 아밀로펙틴을 일정비율로 혼합한 다음, 위의 방법으로 흡광도를 측정하여 작성하였다.

X-선 회절도 측정

쌀가루의 결정성은 X-선 회절기(D-MAX-1200, Rigaku Co Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 target: Cu-K α , filter: Ni, voltage: 35KV, current: 15mA, time constant: 1 sec, F.S.R: 1 \times 10³cps 조건으로 회절각도(2 θ) 5~40°까지 회절시켜 비교하였다.

Amylogram에 의한 호화 특성 분석

Micro/Visco/Amylograph (Brabender Measurement & Control System, Duisburg, Germany)를 사용하여 Medcalf와 Gilles(17)의 방법에 따라 측정하였다. 10% 현탁액을 100 mL의 용기에 넣은 다음 30°C에서 10분간 교반한 후, 가열속도 5.0°C/min, 회전속도 250 rpm 조건으로 95°C까지 가열하고 15분간 교반한 후, 5.0°C/min 속도로 50°C까지 냉각하였다. 이와 같이 얻은 amylogram으로부터 호화개시온도, 최고

점도, 최저점도 등 amylogram 특성값을 구하였다. 호화개시 온도는 점도가 10 B.U.(Brabender Units)에 도달한 온도로 나타냈다.

시차열량주사계의 의한 호화 특성 측정

시차열량주사계(Jade DSC, PerkinElmer, Co Ltd, MA, USA)를 이용한 호화엔탈피 분석은 Donovan 등(18)의 방법에 따라 시료의 3.0 mg을 aluminum bath에 취하고 여기에 3배의 증류수를 microsyringe로 가하여 밀봉한 다음 30분간 방치한 후 시차열량주사계(Differential Scanning Calorimetry: DSC)를 사용하여 30°C에서 95°C까지 10°C/min 속도로 가열하여 흡열(endothermic) peak를 얻었다. 이 peak로부터 호화개시온도(onset temperature, To), 호화정점온도(peak temperature, Tp), 호화종료온도(conclusion temperature, Tc) 및 호화엔탈피(gelatinization enthalpy, ΔH)를 구하였다.

통계처리방법

실험결과는 SPSS 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석(ANOVA)으로 통계처리 하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분

품종에 따른 쌀의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분 함량은 15.00~15.10%, 조단백 함량은 6.09~8.21%, 조지방 함량은 0.21~1.02%, 그리고 조회분 함량은 0.37~1.62%이었다. 통일벼 품종인 '큰섬'이 수분 함량에서 가장 낮았으나 시료간에 유의한 차이는 없었다. 유색미 품종인 '흑설'은 조지방 함량에서 가장 낮았고, 조단백 및 조회분 함량은 가장 높았다. 반찰벼 품종인 '백진주'는 조지방 함량이 가장 높았고, 조단백 함량은 가장 낮았다. 조회분 함량에서는 제면용으로 개발한 품종인 '고아미'가 가장 낮았다. 수분 함량과 조지방 함량은 시료간에 유의한 차이가 없었으나 조단백 함량과 조회분 함량은 품종간에 유의한 차이가 있었다. '다산'벼의 조단백 함량은 6.85% 조지방 함량은 0.61%이었고(7), '고아미'의 수분 함량은 11.0%, 조단백 함량은 7.3%, 조지방 함량은 0.3%, 조회분 함량은 0.2%으로 보고되었다(1), '백진주'의 수분 함량은 10.02~10.03%, 조단백 함량은 7.10~7.12%, 조지방 함량은 0.91~1.07%, 조회분 함량은 0.34~0.59%이었고(2,3), '설갱'의 조단백 함량은 6.57~6.34%, 조지방 함량은 0.65~0.89%, 조회분 함량은 0.31~0.55%로 보고되었다(2,3). '한강찰벼'의 수분 함량은 16.20%, 조단백 함량은 7.31~8.06%, 조지방 함량은 1.03%~1.45%, 조회분 함량은 0.52~0.82%로 보고

되었다(19,20). 본 연구에서 사용한 시료와 약간의 차이를 보이는 것은 수확시기, 재배지역, 보관방법, 제분방법 등의 차이로 생각된다.

Table 1. Proximate composition of diverse rice species

Samples	(Unit: %)			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Dasan	15.10±0.12	6.33±0.20 ^{sd1)}	0.59±0.16	0.44±0.02 ^c
Keunseom	15.00±0.27	6.95±6.14 ^{bcd}	0.83±0.22	0.48±0.02 ^c
Goami	15.10±0.07	7.11±0.56 ^{bc}	0.61±0.08	0.37±0.19 ^c
Baekjinju	15.10±0.79	6.09±0.69 ^d	1.02±0.05	0.73±0.22 ^b
Seolgaeng	15.05±0.10	6.81±0.68 ^{bcd}	0.53±0.03	0.43±0.01 ^c
Hangangchal	15.06±0.16	7.43±0.09 ^{ab}	0.77±0.03	0.51±0.03 ^c
Heukseol	15.06±0.33	8.21±0.34 ^a	0.21±0.01	1.62±0.09 ^a

All values are mean±SD.

¹⁾Mean±SD with different superscript within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

색 도

품종에 따른 쌀가루의 색도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. L값은 통일벼 품종인 '다산'이 96.47로 가장 높았고, 유색미 품종인 '흑설'이 64.55로 가장 낮았다($p < 0.001$). a값은 유색미 품종인 '흑설'이 5.03으로 가장 높았고, 반찰벼 품종인 '백진주'가 -0.50으로 가장 낮았다($p < 0.001$). 황색도인 b값은 반찰벼 품종인 '백진주'가 3.36으로 가장 높았고, 유색미 품종인 '흑설'이 1.10으로 가장 낮았다($p < 0.001$). 유색미인 '흑설'을 제외한 품종의 L값은 95.77~96.47, a값은 -0.50~0.24, 그리고 b값은 2.40~3.36으로 나타났다. Kum와 Lee(13)의 연구에서 7가지 백미 품종(수원조, 수원232, BG276-5, IR44, IR41999-139, 수원230, 용주벼)의 L값은 86.7~89.8, a값은 0.1~0.4, 그리고 b값은 6.1~8.0으로 본 연구 결과와 다소 차이가 있었는데, 이는 쌀의 품종, 생산지역, 시비조건 및 제분방법 등의 차이로 생각된다. Ha 등(9)의 유색미 품종(수원425, 수원415, 미곡, 길림흑미, 상해향혈아, 흑진주)의 L값은 60.56~70.52, a값은 2.48~3.50, b값은 1.12~3.54로 본 연구의 유색미 품종인 '흑설'의 L값은

Table 2. Hunter's color value of diverse rice species flours

Samples	L	a	b
Dasan	96.47±0.18 ^{a1)}	-0.47±0.06 ^c	2.55±0.04 ^d
Keunseom	95.96±0.24 ^{bc}	-0.42±0.06 ^c	2.43±0.11 ^{de}
Goami	96.45±0.24 ^a	-0.45±0.08 ^c	2.40±0.16 ^c
Baekjinju	96.09±0.14 ^b	-0.50±0.15 ^c	3.36±0.12 ^a
Seolgaeng	96.13±0.23 ^b	-0.40±0.08 ^c	3.20±0.10 ^b
Hangangchal	95.77±0.18 ^c	-0.24±0.14 ^b	2.91±0.12 ^c
Heukseol	64.55±0.21 ^d	5.03±0.16 ^a	1.10±0.05 ^f

All values are mean±SD.

¹⁾Mean±SD with different superscript within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

64.55, a값은 5.03, 그리고 b값은 1.10으로 약간의 차이가 있었다. 이는 흑미의 품종에 따른 안토시아닌계 색소의 함량 차이로 생각된다.

수분흡수지수 및 수분용해지수

품종에 따른 쌀가루의 수분흡수지수 및 수분용해지수를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 수분흡수지수는 일반적으로 전분입자의 수분흡수능력을 나타내는 지표로서 결합되는 물은 전분입자의 무정형부분에 침투하거나 전분입자 표면에 흡착하여 가공 적성에 영향을 미친다(13,21). 본 연구의 수분흡수지수는 제면용 품종인 ‘고아미’가 1.45로 가장 높았고, 유색미인 ‘흑설’이 0.95로 가장 낮았다($p<0.001$). 통일벼 품종인 ‘다산’과 ‘큰섬’은 각각 1.27와 1.28이었고, 가공용 품종인 ‘설갱’은 1.07, 반찰벼 품종인 ‘백진주’는 1.38, 찰벼 품종인 ‘한강찰’은 1.40으로 나타났다. Chang 등(22)의 연구에서 수분흡수지수는 찰벼 품종이 멥쌀인 ‘일품’벼에 비해서 높았고, 유색미 품종도 찰벼 품종들의 수준 또는 그 이상으로 수분흡수성이 좋았다고 하여 본 연구결과와 차이가 있었다. 이와 같은 차이는 시료 제조방법 및 제분방법에 의한 차이로 Chang 등(22)의 연구는 쌀을 하루밤 침지, 증자 후, 60°C에서 건조하여 볶은 쌀가루를 60 mesh로 하여 시료로 사용하였고, 본 연구는 쌀을 기류식 초미분쇄기를 이용하여 200 mesh로 하여 시료로 사용하였기 때문으로 생각된다. 수분용해지수는 찰벼 품종인 ‘한강찰’이 9.16%로 가장 높았고, 가공용 품종인 ‘설갱’이 2.95로 가장 낮았다 ($p<0.001$). ‘한강찰’ 다음으로 수분흡수지수가 높은 품종은 백진주(6.04%), 흑설(4.51%), 큰섬(4.51%), 고아미(3.07%), 다산(3.55%)으로 나타났다($p<0.001$).

Table 3. Water absorption index and water solubility index of diverse rice species flours

Samples	Water absorption index (g/g)	Water solubility index (%)
Dasan	1.27±0.17 ^{c1}	3.55±0.12 ^d
Keunseom	1.28±0.19 ^c	4.51±0.43 ^c
Goami	1.45±0.1 ^a	3.07±0.05 ^c
Baekjinju	1.38±0.16 ^b	6.04±0.09 ^b
Seolgaeng	1.07±0.01 ^d	2.95±0.08 ^e
Hangangchal	1.40±0.01 ^b	9.16±0.18 ^a
Heukseol	0.95±0.01 ^e	4.51±0.09 ^c

All values are mean±SD.
¹⁾Mean±SD with different superscript within a column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

아밀로오스 함량

품종에 따른 쌀가루의 아밀로오스 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 찰벼 품종인 ‘한강찰’이 0.84%로 가장 낮았고, 반찰벼 품종인 ‘백진주’가 9.16%, 유색미 품종인 ‘흑설’

이 15.52%, 통일벼 품종인 ‘큰섬’이 18.06%, 가공용 품종인 ‘설갱’이 19.24%, 통일벼 품종인 ‘다산’이 19.39% 그리고 제면용으로 개발된 품종인 ‘고아미’가 26.42%의 순으로 높았다($p<0.001$). Kim 등(4)과 Song 등(5)의 연구에서 ‘고아미’의 아밀로오스 함량은 26.7%로 보고되었고, Choi와 Shin(1)의 연구에서도 ‘고아미’는 29.37%, ‘고아미 2호’는 36.15%, 태국산 쌀은 27.81%로 보고되어 본 연구결과와 유사하였다. ‘백진주’의 아밀로오스 함량은 Choi(3)의 연구에서 9.12%로 본 연구결과와 유사하였지만, Kang 등(2)의 연구에서는 6.43%로 다소 낮았다. ‘설갱’의 아밀로오스 함량은 Kang 등(2)의 연구에서는 17.23%이었고, Choi(3)의 연구에서 ‘설갱’은 19.38%이었다. 통일벼 품종인 ‘큰섬’ 및 ‘다산’은 Kum 등(11)의 연구에서의 ‘용주’벼 17.5%, ‘수원 230호’ 21.3% 및 ‘추청’벼 20.1% 등과 유사하였다.

Table 4. Amylose content of diverse rice species flours

Samples	Amylose content (%)
Dasan	19.39±0.82 ^{bl}
Keunseom	18.06±0.33 ^c
Goami	26.42±0.43 ^a
Baekjinju	9.16±0.27 ^e
Seolgaeng	19.24±0.16 ^b
Hangangchal	0.84±0.27 ^f
Heukseol	15.52±0.54 ^d

All values are mean±SD.
¹⁾Mean±SD with different superscript within a column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

X-선 회절도

품종에 따른 쌀가루의 X-선 회절도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. X-선 회절도는 일반적으로 전분입자의 결정형태와 결정화도를 비교하는데 이용하는 방법으로 전분입자의 경우에는 peak의 형태로부터 A, B, C, V 도형으로 구분된다 (2). 통일벼 품종인 ‘다산’과 ‘큰섬’의 회절각도(2θ)는 각각 15.30°, 17.03°, 18.18°, 23.11°와 15.12°, 16.96°, 17.86°, 23.11°에서 강한 peak이었고, 제면용으로 개발된 품종인 ‘고아미’의 회절각도(2θ)는 15.00°, 17.01°, 17.71° 및 23.14°에서 강한 peak이었으며, 가공용 품종인 ‘설갱’의 회절각도(2θ)는 15.39°, 17.04°, 18.11° 및 23.01°에서 강한 peak이었다. 반찰벼 품종인 ‘백진주’의 회절각도(2θ)는 15.30°, 16.94°, 18.09° 및 23.23°에서 강한 peak이었고, 찰벼 품종인 ‘한강찰’의 회절각도(2θ)는 15.05°, 16.82°, 17.78° 및 23.24°에서 강한 peak이었으며, 유색미 품종인 ‘흑설’의 회절각도(2θ)는 15.29°, 16.89°, 18.11° 및 23.07°에서 강한 peak이었다. 모든 시료는 A 도형의 특징인 3b, 4a, 4b, 6a에서 peak를 보였다. Pham 등(23)의 연구에서 아밀로오스 함량이 37.5%인 밀가루 전분은 C 도형의 형태이었고, 아밀로오스 함량이

37.5%보다 낮은 35.6% 및 1.0%의 밀가루 전분은 A 도형이었으며, 아밀로펙틴의 함량이 높은 전분일수록 peak가 강하게 나타났다. 본 연구결과에서도 아밀로펙틴 함량이 높은 품종인 ‘백진주’와 ‘한강찰’의 peak가 다른 품종과 비교하여 높은 형태로 유사하였다. ‘한강찰’과 ‘백진주’는 결정성을 나타내는 peak가 컸으며, 아밀로오스 함량이 높은 고아미의 경우 peak가 완만했다.

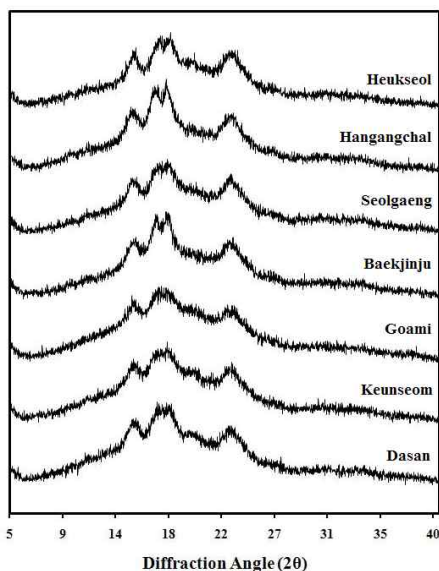


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of diverse rice species flours.

Amylogram에 의한 호화

아밀로그래프에 의한 호화 양상은 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전달력에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정된다(24). 품종에 따른 쌀가루의 아밀로그래프에 의한 호화 양상을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 호화개시온도는 58.00~69.93°C이었고, 유색미 품종인 ‘흑설’이 가장 높았으며 찰벼 품종인

‘한강찰’이 가장 낮았다($p<0.001$). 찰벼 품종인 ‘한강찰’의 초기호화온도는 58.00°C, 반찰벼 품종인 ‘백진주’는 61.67°C로써 이와 같이 찰벼 품종의 초기호화온도가 낮은 것은 아밀로펙틴의 분지정도와 상관관계가 있는 것으로 분지도가 높을수록 초기호화온도가 낮게 나타난다는 보고(25)와 유사한 결과를 보였다. 최고점도는 통일벼 품종인 ‘다산’에서 619.33 B.U로 가장 높았고, 유색미 품종인 ‘흑설’이 177.00 B.U로 가장 낮았다($p<0.001$). 최고점도시 온도는 69.73~91.43°C로 찰벼 품종인 ‘한강찰’이 가장 낮았고, 제면용으로 개발된 품종인 ‘고아미’가 가장 높았다($p<0.001$). 95°C에서 15분간 유지한 후 측정된 점도는 86.67~265.67 B.U로 유색미 품종인 ‘흑설’이 가장 낮았고, 통일벼 품종인 ‘다산’이 가장 높았다($p<0.001$). 50°C로 냉각한 냉각점도는 193.67~496.67 B.U로 최저점도와 마찬가지로 유색미 품종인 ‘흑설’이 가장 낮았고, ‘고아미’가 가장 높았다($p<0.001$). 최고점도와 최저점도의 차이인 강하점도(breakdown)은 아밀로오스 함량과 음의 상관관계를 가지며 호화 중 열, 전단에 대한 저항성과 높은 상관을 보이는데(1,26), 유색미 품종인 ‘흑설’이 90.33 B.U로 가장 낮았고, 유색미를 제외한 백미 품종에서는 아밀로오스 함량이 높은 ‘고아미’가 103.33 B.U로 가장 낮았다($p<0.001$). 냉각점도와 최저점도의 차이인 치반점도(setback)은 쌀가루의 노화안정성을 간접적으로 보여주는 것으로 유색미 품종인 ‘흑설’이 106.00 B.U로 가장 낮았고, 그 다음으로 ‘한강찰’이 119.67 B.U, ‘백진주’가 158.00 B.U, ‘큰섬’이 211.33 B.U, ‘다산’이 216.00 B.U, ‘설갱’이 233.33 B.U, 그리고 ‘고아미’가 283.67 B.U의 순으로 높았다($p<0.001$). 유색미 품종인 ‘흑설’이 노화의 안정성에 대한 부분에서 가장 안정적인 것으로 나타났고, 그 다음으로 찰벼 품종인 ‘한강찰’, 반찰벼 품종인 ‘백진주’의 순으로 나타났다. 최종점도가 높은 값을 나타내는 것은 전분의 결정화가 일어나기 쉽다는 것으로 노화성이 높다는 것을 나타낸다고 하였는데(27), 이는 치반점도(setback)에서도 ‘고아미’가 가장 높은 값을 나타낸 것과 일치하였다. 최종점도, 치반점도(setback)는 아밀

Table 5. Amylogram properties of diverse rice species flours

Samples	Dasan	Keunseom	Goami	Baekjinju	Seolgaeng	Hanfgangchal	Heukseol
Initial pasting temp.(°C)	67.07±0.15 ^{bl}	65.87±0.06 ^c	65.53±0.21 ^c	61.67±0.12 ^d	65.77±0.40 ^c	58.00±0.46 ^e	69.93±1.55 ^a
Maximum viscosity (B.U.) : P	619.33±18.88 ^a	563.67±22.30 ^{bc}	313.33±15.04 ^e	586.67±21.39 ^b	537.33±20.43 ^{cd}	531.33±7.57 ^d	177.00±6.25 ^f
Temp. at maximum viscosity (°C)	88.40±0.36 ^b	86.73±0.47 ^c	91.43±0.55 ^a	71.90±0.30 ^d	87.40±0.89 ^c	69.73±0.47 ^e	86.63±0.31 ^c
Viscosity at 95°C(B.U.)	435.67±14.36 ^a	394.33±31.90 ^b	289.67±11.93 ^e	262.33±6.66 ^d	382.33±3.51 ^b	306.33±7.37 ^c	123.00±4.36 ^e
Viscosity at 95°C after 15min. (B.U.) : H	265.67±6.10 ^a	245.33±4.93 ^{bc}	210.00±5.57 ^d	193.00±5.00 ^e	239.33±4.93 ^c	253.33±5.69 ^b	86.67±2.52 ^f
Viscosity at 50°C(B.U.) : C	486.00±4.36 ^{ab}	459.33±8.51 ^c	496.67±16.62 ^a	353.00±8.19 ^e	475.67±6.43 ^c	376.00±4.36 ^d	193.67±4.16 ^f
Breakdown : P-H	353.33±13.80 ^b	318.33±18.15 ^c	103.33±9.50 ^e	392.67±16.07 ^a	298.33±19.14 ^{cd}	278.00±4.58 ^d	90.33±3.79 ^e
Setback : C-H	216.00±2.65 ^c	211.33±4.93 ^c	283.67±10.41 ^a	158.00±3.00 ^d	233.33±1.16 ^b	119.67±5.03 ^e	106.00±1.73 ^f

All values are mean±SD.

¹⁾Mean±SD with different superscript within a column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

로오스 함량과 높은 정의 상관성이 있다는 보고와 유사하였다 (26). 반면에 ‘백진주’는 강하점도(breakdown)가 높고 치반점도(setback)가 낮아 상대적으로 노화가 느려 취반미의 물리성 증진 및 기타 가공조건에 효과적일 것으로 예상된다.

시차열량주사계에 의한 호화

품종에 따른 쌀가루의 시차열량주사계에 의한 호화엔탈피 측정 결과는 Table 6과 같다. 호화개시온도는 59.03~66.84°C로 유색미 품종인 ‘흑설’이 가장 높았다($p < 0.001$). 호화정점온도는 66.70~72.82°C이었고, 호화종료온도는 74.06~78.66°C로 호화개시온도와 마찬가지로 유색미 품종인 ‘흑설’이 가장 높았다($p < 0.001$). 호화엔탈피는 ‘흑설’이 7.59 J/g으로 가장 낮았고, 그 다음으로 ‘고아미’가 8.93 J/g, ‘큰섬’이 9.31 J/g, ‘다산’이 9.52 J/g, ‘백진주’가 9.61 J/g, ‘한강찰’이 10.75 J/g, 그리고 ‘설갱’이 11.36 J/g의 순으로 높았다. Choi(10)의 연구에서 유색미 품종중에서 ‘흑진주’, ‘적진주’, ‘조생흑찰’의 호화엔탈피는 6.45~9.39 J/g으로 같은 유색미 품종이라 하여도 품종에 따라 호화엔탈피에 차이가 있는 것으로 나타났다. 호화엔탈피는 전분을 구성하는 분자 구조 간 결합력과 결정성을 나타내는 것으로 아밀로오스가 높은 품종이 낮은 품종보다 분자 구조간 결합력과 결정성이 약한 것으로 알려져 있다(3). 따라서 ‘고아미’의 낮은 호화엔탈피는 높은 아밀로오스 함량과 관련이 있는 것으로 전분 구조의 결정성이 낮고, 아밀로오스 함량이 낮게 측정된 찰벼 품종인 ‘한강찰’과 반찰벼인 ‘백진주’가 높은 호화엔탈피를 보인 것이 일치하였다.

종(백진주), 찰벼 1품종(한강찰), 유색미 1품종(흑설) 등 총 7가지 품종을 건식 제분하여 200 mesh한 쌀가루의 이화학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 쌀 곡립의 일반성분 분석에서 수분 함량은 15.00~15.10%, 조단백 함량은 6.09~8.21%, 조지방 함량은 0.21~1.02%, 그리고 조회분 함량은 0.37~1.62%이었다. 품종에 따른 쌀가루의 색도에서 L값은 ‘다산’이 96.47로 가장 높았고, a값은 ‘흑설’이 5.03으로 가장 높았으며, b값은 ‘백진주’가 3.36으로 가장 높았다. 품종에 따른 쌀가루의 수분흡수지수는 ‘고아미’가 1.45로 가장 높았고, 수분용해지수는 ‘한강찰’이 9.16%로 가장 높았다. 아밀로오스 함량은 ‘한강찰’ 0.84%, ‘백진주’ 9.16%, ‘흑설’ 15.52%, ‘큰섬’ 18.06%, ‘설갱’ 19.24%, ‘다산’ 19.39% 및 ‘고아미’ 26.42%이었다. 품종에 따른 쌀가루의 X-선 회절도를 측정한 결과, 시료 모두 A 도형의 특징인 3b, 4a, 4b, 6a에서 peak 형태를 보였다. 아밀로펙틴 함량이 높은 ‘한강찰’과 ‘백진주’는 peak의 회절강도가 높아 결정성이 높았으며, 아밀로오스 함량이 높은 ‘고아미’의 경우 peak의 회절강도가 약간 낮았다. 품종에 따른 쌀가루의 아밀로그래프에 의한 호화 양상을 측정한 결과, 호화개시온도는 58.00~69.93°C이었고, 최고점도는 ‘다산’이 가장 높았고, ‘흑설’이 가장 낮았다. 강하점도는 ‘흑설’이 가장 낮았고, ‘흑설’을 제외한 백미 품종에서는 ‘고아미’가 가장 낮았다. 치반점도는 ‘흑설’이 가장 낮았고, ‘고아미’가 가장 높았다. DSC에 의한 호화엔탈피 측정 결과, 호화개시온도는 59.03~66.84°C, 호화정점온도는 66.70~72.82°C, 호화종료온도는 74.06~78.66°C이었다. 호화엔탈피는 ‘흑설’이 7.59 J/g으로 가장 낮았고, ‘설갱’이 11.36 J/g으로 가장 높았다.

Table 6. Differential Scanning Calorimeter (DSC) thermal properties of diverse rice species flours

Samples	Onset temperature (°C)	Peak temperature (°C)	End temperature (°C)	ΔH (J/g)
Dasan	64.09±0.49 ^{bi}	70.39±0.19 ^c	75.73±0.41 ^d	9.52±0.71 ^{bc}
Keunseom	63.27±0.21 ^c	70.33±0.09 ^{di}	75.82±0.02 ^d	9.31±0.19 ^c
Goami	59.03±0.69 ^e	66.70±0.30 ^f	74.06±0.19 ^e	8.93±0.97 ^c
Baekjinju	63.39±0.07 ^c	71.22±0.18 ^b	78.09±0.15 ^b	9.61±0.69 ^{bc}
Seolgaeng	64.04±0.19 ^b	69.88±0.26 ^{bc}	75.88±0.24 ^d	11.36±0.36 ^d
Hangangchal	62.52±0.08 ^d	69.78±0.32 ^e	76.50±0.21 ^c	10.75±0.80 ^{ab}
Heukseol	66.84±0.28 ^a	72.82±0.40 ^a	78.66±0.32 ^a	7.59±0.84 ^d

All values are mean±SD.
¹⁾Mean±SD with different superscript within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

요 약

가공식품 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 다수계 2품종(다산, 큰섬), 가공용 2품종(고아미, 설갱), 반찰벼 1품

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 및 전남농업기술원의 연구비 지원으로 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Choi SY, Shin MS (2009) Properties of Rice flours prepared from domestic high amylose rices. Korean J Food Sci Technol, 41, 16-20
2. Kang HJ, Seo HS, Hwang IK (2004) Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from Ilpumbyeo. Korean J Food Sci Technol, 36, 879-884
3. Choi I (2010) Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 1313-1319

4. Kim JS, Kim SB, Kim TY (2006) Noodle making characteristics of goami rice composite flours. Korean J Community Living Sci, 17, 61-68
5. Song YC, Lim SJ, Lee JS, Kim HY, Yeo US, Park NB, Kwak DY, Kang JR, Yang SJ, Hwang HG, Oh BG, Moon HP, Lim MS (2008) A new high amylose rice variety "Goamibyeo". J Breed Sci, 40, 447-451
6. Jang SM, Kim KH, Kang MY (2001) Varietal difference in processing and sensory characteristics of "Misutkaru" in rice. Korean J Breed, 33, 73-79
7. Song YE, Cho SH, Kwon YR, Choi DC (2008) Quality of jeonbuk-originated brand rice compared with other domestic brands and imported market rice. Korean J Crop Sci, 53, 347-352
8. Kim EO, Oh JH, Lee KT, Im JG, Kim SS, Suh HS, Choi SW (2008) Chemical compositions and antioxidant activity of the colored rice cultivars. Korean J Food Preserv, 15, 118-124
9. Ha TY, Park SH, Lee CH, Lee SH (1999) Chemical composition of pigmented rice varieties. Korean J Food Sci Technol, 31, 336-341
10. Choi I (2010) Fatty acids, amino acid and thermal properties of specialty rice cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 1405-1409
11. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Lee C (1996) Retrogradation behavior of rice starches differing in amylose content and gel consistency. Korean J Food Sci Technol, 28, 1052-1058
12. Kim HR, Kwon YH, Kim JH, Ahn BH (2011) Quality analysis of diverse rice species for rice products. Korean J Food Sci Technol, 43, 142-148
13. Kum JS, Lee HY (1999) The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. Korean J Food Sci Technol, 31, 1542-1548
14. A.O.A.C (1984) Official methods Analysis 14th ed. Associations of official analytical chemists. Washington DC, p 31-47
15. Anderson RA (1982) Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. Cereal Chem, 59, 265-269
16. Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I (1970) A rapid colorimetric procedure for estimation the amylose content of starches and flours. Cereal Chem, 47, 411-420
17. Medcalf DG, Gilles KA (1966) Effect of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starches. Starch, 18, 101-105
18. Donovan JW, Lorenz K, Kulp K (1983) Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. Cereal Chem, 60, 381-387
19. Jang MS, Kim SK, Kim BN (1989) Kinetic studies on hydration of olchal and hangangchalbyeo waxy rices. Korean J Food Sci Technol, 21, 313-319
20. Kang MY, Choi YH, Choi HC (1997) Comparison of characteristics relevant to rice bread processing between brown and milled rice. Korean J Soc Food Sci, 13, 64-69
21. Chaing PY, Yeh AI (2002) Effect of soaking on wet-milling of rice. J Cereal Sci, 35, 85-94
22. Chang SM, Kim CK, Kang MY (2001) Varietal difference in processing and sensory characteristics of "Misutkaru" in rice. Korean J Breed, 33, 73-79
23. Pham VH, Tomoko M, Naofumi M (2007) Study on physicochemical characteristics of waxy and high-amylose wheat starches in comparison with normal wheat starch. Starch, 59, 125-131
24. Dexter JE, Matsuo RR (1978) The effect of gluten protein fractions on spaghetti dough rheology and spaghetti-making quality. Cereal Chem, 55, 44-57
25. Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY (2007) Quality and pasting properties of traditional Olbyeossal. Korean J Food Preserv, 14, 276-280
26. Mun SH, Kim JG, Shin MS (2004) Cooking properties of rices produced in Naju. Korean J Human Ecology, 7, 11-19
27. Han SH, Choi EJ, Oh MS (2000) A comparative study on cooking qualities of imported and domestic rices (Chuchung byeo). Korean J Soc Food Sci, 16, 91-97

(접수 2012년 2월 21일 수정 2012년 7월 13일 채택 2012년 7월 20일)