

일반 쌀과 다수확 쌀의 물리화학적 특성 비교

허창기 · 심기훈¹ · 김용두^{2,*}

(재)임실치즈과학연구소, ¹순천대학교 조리과학과, ²순천대학교 식품공학과

Comparison of Physicochemical Properties between Conventional and High-Yielding Rice Varieties

Chang Ki Huh, Ki Hoon Shim¹, and Young Doo Kim^{2,*}

Imsil Research Institute of Cheese Science

¹Department of Food & Cooking Science, Suncheon National University

²Department of Food Science and Technology, Suncheon National University

Abstract This study investigated the physicochemical properties of rice flours from conventional and high-yielding rice varieties in order to enhance usability processing of high-yielding rice varieties. Moisture content was not remarkably different among rice flours by cultivar. The highest content of total free sugars was detected in *Hopum* rice. Apparent amylose content of *Anda* was higher than that of other rice varieties. The total amount of amino acids was highest in *Anda* rice among the rice cultivars. Contents of vitamin B₁ in *Hanarum* were highest among the rice cultivars. Initial pasting temperature was lowest in *Anda* rice (60.10°C). *Hanarum* rice showed the lowest setback values among the rice flours. Therefore, *Anda* and *Hanarum* rice cultivars were suggesting the possibility of a processed rice food source.

Keywords: rice cultivar, conventional rice, high-yielding rice, physicochemical properties

서 론

우리나라 국민 1인당 쌀 소비량은 식생활 변화에 따라 지속적으로 감소하고 있고, 2000년 1인당 쌀 소비량이 93.6 kg에서 지속적으로 감소되어 2005년 85.7 kg, 2009년 74.3 kg, 2013년에 67.3 kg 정도의 낮은 소비량을 보이고 있는 상황이다(1,2). 이러한 문제점들의 해결과 소비 증대 및 소비 창출을 위해서 현재 정부에서는 쌀 식품 고급화를 위한 맞춤형 품종개발 및 가공 적성 연구 전략으로 '쌀밥용 품종의 품질 향상, 가공 및 기능성 품종의 특성 다양화와 복합화, 다양한 쌀 가공 상품 개발을 통한 경쟁력 및 수요 확대'로 의견이 모아지고 있다. 쌀의 가공 적성은 쌀의 품종, 저장기간 동안의 품질 변화 등에 따라서 달라지는데(3,4) 국내 생산 쌀의 가공 적성에 대한 평가를 통한 데이터베이스의 구축이 필요하나 이에 대한 정보가 미미한 수준이다. 또한 쌀을 활용한 식품의 주요 소재 및 첨가 소재의 발굴이 중요한데(5,6) 이에 대한 국내 연구는 전무한 실정이다. 고품질 쌀가공품 개발을 위한 가공용 품종은 가능한 원료곡을 싼값으로 제공할 수 있어야 하고, 용도별 가공 적성을 갖추면서 다수확이며 병충해 등 복합 내재해성이 강한 품종이어야 하므로(1) 통일계 다수성 품종

에 대한 쌀 가공품 제조 활용에 필요한 기초자료 구축이 필요할 것으로 판단된다. 쌀의 이화학적 특성과 가공 적성과의 상관관계 분석 보고 중 가공 사용량이 많은 제빵산업에 활용될 경우 아밀로오스 함량이 20-25% (w/w) 범위 에서 발효가스(CO₂)를 보유하면서 부피가 크고 부드러운 조직감을 가지며, 아밀로오스 함량이 높은 쌀가루에서 물 결합 능력이 높아 호화 시 가열 과정에서 열 전달을 용이하게 하여 겔이 잘 만들어 진다고 보고하였다(7). 주류용으로는 수분흡수 및 발효가 용이한 연질미가 유리하며, 화학적 특성으로는 전분가가 높고, 단백질, 지방 및 회분 함량이 낮은 품종이 좋으며, 가공 특성으로서 고도 도정을 하여도 쉐미율이 낮은 품종이 좋다고 보고되어 있다(8).

본 실험에 사용한 쌀 품종별 특성은 다음과 같다. 일반쌀 계열인 일미벼는 밀양 96호, 밀양 95호, 동진벼 등을 인공 교배시켜 육성한 밥맛이 매우 좋은 특성을 가지고(9), 호평벼는 히포메보레, 화진벼를 인공 교배시켜 육성한 품종으로 아밀로스 함량 및 단백질 함량이 낮으며 밥맛이 매우 좋다고 보고된바 있다(10). 호평벼는 밀양 165호와 익산 438호를 교배시켜 육성한 품종으로 밥맛이 최고 품질 수준의 중만생종으로 보고되어 있다(9). 다수확 쌀 계열인 한아름벼는 통일형 초다수성 품종으로 쌀알은 맑고 투명한 편이며, 아밀로스 함량이 낮다고 보고 되어 있고(11), 안다벼는 통일형 초다수성 품종으로 백미의 투명도가 맑고 심복백이 적어 품위가 뛰어난 가공용 품종으로 개발된 품종이다(11,12). 따라서 본 연구는 다수확 품종의 가공 이용성 증진을 위해 식미가 좋은 일반계통과 식미는 다소 떨어지지만 다수확 품종인 통일계통을 시료로 하여 일반성분, 영양성분 비교 분석 및 물리적 특성 비교를 통해 다수확 쌀을 가공식품의 원료로 활용하기 위한 기초자료 제시를 목적으로 하였다.

*Corresponding author: Young Doo Kim, Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

Tel: 82-61-750-3256

Fax: 82-61-750-3208

E-mail: kyd4218@sunchon.ac.kr

Received December 23, 2015; revised February 5, 2016;

accepted February 19, 2016

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 쌀(*Oryza sativa* L.)의 품종은 2009년 재배된 쌀로 멥쌀 일반계통인 일미벼, 호평벼, 호품벼(Jeonnam, Korea)와 멥쌀 통일계통인 한아름벼, 안다벼(Gwangju, Korea)의 5종은 96%로 도정된 쌀을 제공 받았고, 인디카 계통인 태국산 쌀은 2009년 수입쌀(Gwangju, Korea)을 제공 받아 총 6종을 저장온도 13°C 및 상대습도 ±70%에서 보관하면서 사용하였다.

쌀가루 제조

쌀가루는 건식제분법(13)으로 제조하였다. 백미로 도정한 멥쌀 일반계 3종, 멥쌀 통일계 2종 및 태국산 쌀 각각 1 kg(dry matter basis)씩을 기류식 초미분쇄기(Dream Mill DM-150S, Furukawa, Tokyo, Japan)를 이용하여 입자 크기를 40 µm 정도로 분쇄하고, 200 mesh 표준망체에 통과시켜 -18°C에서 냉동 보관하면서 사용하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC 법(14)에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법으로 측정하여 구하였고, 조회분은 직접 회화법으로 측정하였다. 조단백질의 함량은 Kjeldahl 법으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였으며, 조지방의 함량은 Soxhlet 추출법으로 구하였다.

아밀로오스 함량 분석

아밀로오스 함량은 Williams 등(15)의 비색법에 의하여 정량하였다. 즉, 시료 20 mg을 100 mL의 매스플라스크에 취하고, 0.5 N KOH 용액 10 mL를 가하여 5분간 저어 시료를 분산시킨 다음 증류수 100 mL로 희석시킨 후 10 mL를 취하여 0.1 N HCl 5 mL와 요오드 용액(AJAX Chemicals Co., Auburn, Australia) 0.5 mL를 가하고 증류수를 첨가하여 50 mL로 정용하고, 실온에서 5분 방치한 후 680 nm에서 흡광도를 측정(HP8453, Hewlett Packard Co., Waldbronn, Germany)하여 아밀로오스 표준곡선으로부터 아밀로오스 함량을 계산하였다. 아밀로오스 표준곡선은 Montgomery and Senti 방법(16)으로 분리한 아밀로오스, 아밀로펙틴을 일정비율로 혼합한 다음, 위의 방법으로 흡광도를 측정하여 작성하였다.

유리당 분석

유리당은 Wilson 등(17)의 방법에 따라 분석하였다. 즉 시료를 일정량 취해 여과(Whatman No. 2, Toyo Roshi Kaishi Ltd., Tokyo, Japan)하여 Sep-pak C₁₈ cartridge (Sep-pak C₁₈ cartridge, Waters Associates Co., Milford, MA, USA)로 정제시킨 다음 0.45 µm membrane filter (0.45 µm membrane filter, Millipore Co., Bilerica, MA, USA)로 여과한 여액을 HPLC (Waters M510, Waters Associates Co.)를 이용하여 분석하였다. 컬럼은 Carbohydrate column (ID 4.6×250 mm, Grace Co., Deerfield, IL, USA)를 사용하였으며, 컬럼 온도는 30°C, 이동상은 acetonitrile (Fisher Scientific Korea Ltd. Seoul, Korea)-water (75:25, v/v), 유속은 1.0 mL/min, 시료주입량은 30 µL의 조건으로 ELSD 2000ES detector (ELSD 2000ES detector, Alltech Co., Vienna, VA, USA)에서 검출하였다.

구성 아미노산 분석

구성 아미노산 분석은 Daniel and Steven(18)의 방법에 따라 분해 및 유도체화 과정을 거친 후 HPLC (Waters associates M 411,

Waters Co.)로 분석하였다. 쌀가루 1 g을 시험관에 넣고 6 N HCl 10 mL를 가한 후 110°C에서 24시간 가수분해 시켜서 얻은 분해액을 원심분리하고, 상등액을 50°C에서 농축하여 염산과 물을 완전히 제거한 후, 20 mM HCl (pH 2.2)을 사용하여 5 mL로 정용한 다음 0.45 µm membrane filter (Millipore Co.)로 여과하고 여액을 취하여 AccQ-Tag 시약을 사용하여 유도체화 시킨 후 HPLC (Waters associates M 411, Waters Co.)로 분석하였고, 컬럼은 AccQ-Tag™ (ID 3.9×150 mm, Waters Co.)를 사용하였으며 컬럼 온도는 37°C, 완충용액은 A: AccQ-Tag Eluent A (acetate-phosphate buffer), B: AccQ-Tag Eluent B (60% acetonitrile), 유속은 1.0 mL/min, 검출기는 UV 486 detector 248 nm (Waters Co.)를 사용하여 분석하였다. 표준 아미노산 혼합액(Asp., Ser., Glu., Gly., His., Arg., Thr., Ala., Pro., Tyr., Cys., Val., Met., Lys., Iso., Leu., Phe.)은 Amino Acid Standard (Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

Vitamin B₁ 분석

Vitamin B₁의 분석은 Vidal-Valverde 등(19)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 2 g에 HPLC분석에 사용되는 이동상(methanol: 10 mM NaH₂PO₄ (pH 5.5)=35:65 (v/v)) 50 mL를 첨가하여 초음파추출기(Branson Co Ltd, 3210R-DTH, Danbury, CT, USA)로 20분간 추출하고, 60°C에서 30분간 가온하여 시험용액을 조제한 후 HPLC (Waters M510, Waters Co.)로 분석하였고, 컬럼은 µ-Bondapak C₁₈ (ID 4.2×250 mm, Waters Co.)를 사용하였으며, 이동상은 methanol: 10 mM NaH₂PO₄ (pH 5.5)=35:65 (v/v), 유속은 1.0 mL/min, 검출기는 diode array detector 254 nm (1100 Series, Agilent Co., Frankfurt, Germany)를 사용하였다.

Vitamin B₂ 분석

쌀가루 1 g에 0.3 M HCl 30 mL를 가하여 autoclave (Astell Hearson Ltd., AAJ052, London, England)넣고 121°C에서 15분간 산분해 하였다. 여기에 2 M sodium acetate 용액을 가하여 pH 5-5.4로 조정 후 15% taka-diestase (Sigma-Aldrich Co.) 5 mL를 넣고 45°C에서 3시간 반응시켰다. 이를 Whatman No. 40 filter paper (Toyo Roshi Kaishi Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 100 mL로 정용하고 0.45 µm membrane filter (Millipore Co.)로 여과하여 시험 용액으로 하였으며, 분석 조건은 vitamin B₁ 과 같다.

수분흡수지수와 수분용해지수

Anderson(20)의 방법을 변형하여 수분흡수지수(water absorption index, WAI)와 수분용해지수(water solubility index, WSI)를 측정하였다. 수분흡수지수는 각 시료 1 g과 증류수 20 mL를 원심분리 튜브에 투입하여 30°C로 30분간 진탕교반한 후 원심분리기(HA-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Ltd, Incheon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하였다. 상등액을 제외한 침전물의 무게를 평량하여 건조시료 g당 흡수된 수분량으로 표시하였다.

WAI (g/g)

$$= \frac{\text{Hydrated sample weight (g, w.b)} - \text{Dry sample weight (g, w.b)}}{\text{Dry sample weight (g, w.b)}}$$

수분용해지수는 수분흡수지수 측정 시 회수한 상등액을 증발 접시에 옮긴 후, 건조온도 105°C의 열풍건조기(FO-660M, Jeitech Co., Ltd, Seoul, Korea)에서 건조시켜 얻어진 고형분의 무게를 건조시료에 대한 백분율로 나타내었다.

$$\text{WSI (\%)} = \frac{\text{Dry solid weight (g, d.b.) recovered by evaporating the supernatant}}{\text{Dry sample (g, d.b.)}} \times 100$$

팽윤력 및 용해도 측정

팽윤력 및 용해도는 Schoch and Maywald(21) 및 Walter 등(22)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.5 g (d.b.)을 100 mL의 원심분리관에 넣고 증류수 40 mL로 잘 분산시킨 후, 50°C에서 1°C/min으로 95°C까지 온도를 상승시키면서 가열 교반하였고 각 온도에서 30분 유지한 후, 3,000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 상등액은 미리 무게를 측정된 증발접시에 옮겨 항온수조(WBC 1510A, Jeiotech Co., Ltd)에서 증발시키고, 105°C 건조기(Jeiotech Co., Ltd)에서 항량이 될 때까지 건조하여 증발접시에 남아있는 전분의 무게(A)와 원심분리(Hamil Science Industrial Co., Ltd.) 후 침전된 전분의 무게(B)로부터 다음 식에 의하여 용해도와 팽윤력을 구하였다.

$$\text{Solubility (\%)} = \frac{A \times 100}{\text{Sample weight (d.b.)}}$$

$$\text{Swelling power} = \frac{B \times 100}{\text{Sample weight (d.b.)} \times (100 - \% \text{ Solubility})}$$

Amylograph에 의한 호화도 측정

Micro/Visco/Amylograph (Brabender Measurement & Control System, Duisburg Germany)를 사용하여 Medcalf와 Gilles(23)에 따라 측정하였다. 10% 시료 현탁액을 100 mL의 bowl에 넣은 다음 30°C에서 10분간 교반한 후, 가열속도 5°C/min, 회전속도 250 rpm 조건으로 95°C까지 가열하고 15분간 교반한 후, 5°C/min 속도로 50°C까지 냉각하였다. 이와 같이 얻은 amylogram으로부터 페이스팅온도, 최고점도, 냉각점도 등 amylogram 특성값을 구하였다. 페이스팅온도는 점도가 10 B.U. (Brander Units)에 도달한 온도로 나타냈다.

통계처리 방법

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 SPSS program (version 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 실험군 간의 유의성은 일원배치분산분석(one-way ANOVA)와 던컨시험(Duncan's multiple range test)을 실시하여 $p < 0.05$ 유의수준에서 다중 비교하였다.

결과 및 고찰

일반성분

국내산 멥쌀 일반계, 통일계 및 태국산 인디카종의 일반 성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분 함량은 일미벼에서 6.91%로 가장 높았고, 한아름벼가 6.23%로 가장 낮았으며 품종에 따른 유의적 차이는 없었다($p > 0.05$). 조단백 함량은 안다벼에서 7.47%로 가장 높았고, 호평벼가 5.18%로 가장 낮았으며, 시료간에 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 조지방 함량은 호평벼에서 0.93%로 가장 높았고, 인디카벼가 0.28%로 가장 낮았으며, 시료간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 조회분 함량은 안다벼에서 0.56%로 가장 높았고, 인디카벼가 0.36%로 가장 낮으나 품종에 따른 유의적 차이는 없었다($p > 0.05$). Kyoum 등(24)의 국내 주요 쌀 품종별 연구에서 수분 함량은 10.70-15.88%, 조단백 함량은 5.03-7.73%, 조지방 함량은 0.45-1.33% 그리고 조회분 함량은 0.31-0.91%로 보고하였다. 그 중에 일미벼의 수분함량은 13.06%, 조단백 함량은 5.03%, 조지방 함량은 0.82% 그리고 조회분 함량은 0.48%이었다. Mun 등(25)은 나주에서 재배된 쌀인 남평벼, 동진 1호 벼 및 일미벼에 대한 일반성분 분석에서 수분 함량은 13.45-13.98%, 조단백 함량은 6.74-7.72%, 조지방 함량은 0.67-0.79% 그리고 조회분 함량은 0.33-0.41%로 보고하였다. 본 연구에서의 일반성분 분석 결과와 차이가 나타난 것은 품종, 재배지역, 재배시기 등에 따른 차이로 생각되고, 수분 함량의 차이가 큰 것은 본 연구는 쌀가루를 사용하여 분석을 하였고, 연구에 사용한 쌀가루를 제조하기 위해 사용된 기기의 특성 중 하나로 쌀가루를 제조하는 과정에서 풍력을 이용하여 마쇄하기 때문에 마쇄되는 과정에서 수분이 증발한 것으로 생각된다.

아밀로오스 함량

품종에 따른 쌀가루의 아밀로오스 함량은 Table 1과 같다. 일미벼 16.61%, 호평벼 18.54%, 호품벼 20.33%, 한아름벼 22.50%, 안다벼 24.67% 및 인디카벼 22.58%로 안다벼와 한아름벼의 아밀로오스 함량이 높았고, 일미벼의 아밀로오스 함량이 가장 낮았으며, 품종간에 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 아밀로오스 함량은 쌀의 전체 구성성분 중 약 80%를 차지하여 쌀의 식미와 가공 특성에 가장 큰 영향을 미치며, 미질을 나타내는 중요한 척도의 하나로서 전분 현탁액의 투광도와 유의한 정적 상관관계를 나타내는 것으로 보고되고 있는데(26,27), Kum 등(26)의 연구에 의하면 계화벼, 추청벼, 동진벼, 오대벼 및 일품벼 등 5가지 품종에 대한 아밀로오스 함량은 17.5-18.2%이었고, Kum과 Kee(28)는 수

Table 1. Proximate composition and amylose content of rice flour by various cultivars (%)

Samples ¹⁾	Proximate composition				Amylose content
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	
IM	6.91±0.1	5.22±0.83 ^{b2)}	0.84±0.14 ^{ab}	0.54±0.02 ^a	16.61±1.19 ^c
HP	6.45±0.24	5.18±1.27 ^b	0.93±0.09 ^a	0.47±0.03 ^b	18.54±2.02 ^c
HPU	6.40±0.12	6.20±0.78 ^{ab}	0.70±0.19 ^{abc}	0.38±0.06 ^c	20.33±3.79 ^{bc}
HAR	6.23±0.57	6.63±0.71 ^{ab}	0.57±0.36 ^{bcd}	0.52±0.17 ^{ab}	22.50±1.90 ^{ab}
AD	6.40±0.84	7.47±0.43 ^a	0.37±0.03 ^{cd}	0.56±0.08 ^a	24.67±0.74 ^a
IDC	6.56±0.32	6.53±0.31 ^{ab}	0.28±0.02 ^d	0.36±0.02 ^c	22.58±1.28 ^{ab}

¹⁾IM: Ilmi rice, HP: Hopyung rice, HPU: Hopum rice, HAR: Hanarum rice, AD: Anda rice, IDC: Indica rice
Each value is expressed as mean±standard deviation, n=3.

²⁾Means±SD with different superscript within the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

원조, 수원 232, BG 276-5, IR 44, IR 41999-139, 수원 230 및 용주벼 등 7가지 품종에 대한 아밀로오스 함량이 17.17-27.07%로, Kum과 Lee(28)는 용주벼, 수원 230, 수원 232 및 5가지 품종에 대한 아밀로오스 함량이 17.5-28.7%로 나타나 본 연구결과와 유사하였다. Han(7)은 아밀로오스 함량이 20-25% (w/w) 범위에서 CO₂를 보유하면서 부피가 크고 부드러운 조직감을 가지는 빵이 만들어 지고, 아밀로오스 함량이 높은 쌀가루에서 물 결합능력이 높아 호화 시 가열 과정에서 열전달을 용이하게 하여 겔이 잘 만들어 진다고 보고하였다. 안다벼와 한아름벼의 아밀로오스 함량은 24.67%와 22.50%의 함량을 보여 제빵 적성에 부합할 것으로 판단된다.

유리당 함량

품종별 쌀의 유리당 함량을 분석한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 품종별 총유리당 함량은 멥쌀 일반계통인 호품벼가 656.51 mg%로 가장 높았고, 다음으로는 멥쌀 동일계통인 안다벼가 535.79 mg%로 높았으며, 인디카 품종이 157.31 mg%로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). Kang(29)은 품종별 쌀가루의 유리당 함량 분석에서 국내에서 주로 재배되는 자포니카 품종이 인디카 품종보다 유리당 함량이 높았다고 보고하였고, 본 연구에서

도 자포니카 품종이 인디카 품종보다 높은 함량을 보여 일치하는 경향을 보였다. 종류별 유리당은 sucrose, glucose, maltose 및 fructose 총 4종의 유리당이 검출되었고, 그 중 sucrose 함량이 모든 시료구에서 가장 높았고, glucose, maltose, fructose 순이었다.

구성 아미노산 함량

품종별 쌀의 구성 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 품종에 따른 총 아미노산 함량은 동일계통인 안다벼가 7,295.64 mg%로 시료구 중 가장 높았고, 다음으로는 한아름벼와 인디카계통인 태국쌀이 6,165.56 mg%와 5,936.24 mg%이었다. 이러한 결과는 Choe 등(30)의 쌀 품종별 아미노산 분석 결과 백미의 총 아미노산 함량이 6.2-9.1%의 함량 이었다는 보고와 유사한 결과를 보였다. 종류별 아미노산 조성 비율은 glutamic acid가 1,463.56-2,323.23 mg%로 총 아미노산에서 약 30% 비율을 차지하여 주요 아미노산으로 확인 되었으며, aspartic acid와 arginine 또한 586.32-758.35 mg%와 586.44-850.18 mg%로 함량이 많았다. Kang(29)과 Choe 등(30)은 쌀 품종별 아미노산 분석결과 glutamic acid의 함량이 가장 높았다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 확인하였다.

Table 2. The contents of free sugars in rice flour by various cultivars (mg%)

Components	IM ¹⁾	HP	HPU	HAR	AD	IDC
Fructose	5.34±0.09 ^{2b)}	6.94±0.38 ^c	10.18±0.15 ^a	6.19±0.05 ^d	7.33±0.33 ^b	0.68±0.11 ^c
Glucose	51.14±1.38 ^c	42.86±3.50 ^c	168.45±0.31 ^b	171.66±6.64 ^b	191.70±11.62 ^a	1.00±0.28 ^d
Sucrose	354.65±8.2 ^a	300.66±11.58 ^c	324.25±10.98 ^b	186.40±13.13 ^c	234.08±18.04 ^d	91.20±11.54 ^f
Maltose	42.86±3.02 ^d	14.55±3.57 ^e	153.63±9.49 ^a	18.30±2.53 ^e	102.68±17.54 ^b	64.43±1.96 ^c
Total free sugars	453.99	365.01	656.51	382.55	535.79	157.31

¹⁾Symbols are referred to Table 1.

Each value is expressed as mean±standard deviation, $n=3$.

²⁾Means±SD with different superscript within the same row are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 3. The contents of total amino acids in rice flour by various cultivars (mg%)

Components	IM ¹⁾	HP	HPU	HAR	AD	IDC
Aspartic acid	610.60±2.04 ^{c2)}	586.32±4.58 ^f	685.14±6.40 ^d	713.63±5.51 ^b	758.35±6.29 ^a	694.63±3.99 ^c
Serine	107.53±1.83 ^c	96.34±2.97 ^d	106.46±2.11 ^c	189.55±2.10 ^b	213.75±2.39 ^a	188.62±3.55 ^b
Glutamic acid	1,554.09±8.71 ^c	1,463.56±6.67 ^f	1,732.74±5.19 ^c	1,892.36±8.49 ^b	2,323.23±5.85 ^a	1,639.56±5.79 ^d
Glycine	202.18±1.52 ^d	189.13±1.97 ^e	220.07±2.48 ^c	261.28±2.46 ^b	320.45±1.67 ^a	323.62±3.94 ^a
Histidine	90.31±1.84 ^d	93.23±1.48 ^d	113.86±2.02 ^c	123.50±1.56 ^b	191.97±2.29 ^a	188.38±3.52 ^a
Arginine	607.91±3.17 ^e	586.44±10.34 ^f	683.12±0.96 ^c	795.64±1.47 ^b	850.18±5.15 ^a	658.27±4.43 ^d
Threonine	98.89±2.76 ^c	89.65±1.07 ^f	131.44±1.95 ^d	156.23±1.90 ^c	182.02±5.96 ^a	165.22±1.82 ^b
Alanine	309.10±2.61 ^c	321.81±4.00 ^d	494.14±5.46 ^c	564.25±2.68 ^b	624.43±5.55 ^a	560.26±4.47 ^b
Proline	83.80±4.01 ^c	80.93±1.49 ^c	92.12±2.04 ^b	92.36±1.37 ^b	123.87±1.91 ^a	80.49±1.35 ^c
Tyrosine	80.24±1.46 ^c	67.49±2.12 ^d	86.71±1.64 ^b	84.63±0.70 ^b	123.09±3.62 ^a	86.52±2.15 ^b
Cystine	92.15±2.16 ^c	89.56±1.33 ^f	103.70±1.44 ^d	124.62±1.16 ^b	163.88±1.11 ^a	116.85±0.70 ^c
Valine	123.46±0.75 ^d	136.24±1.19 ^c	136.35±1.64 ^c	153.84±0.59 ^b	195.57±0.79 ^a	154.62±1.29 ^b
Methionine	50.18±0.94 ^d	32.69±0.29 ^c	79.60±0.71 ^c	97.88±1.04 ^a	93.85±0.71 ^b	92.05±1.08 ^b
Lysine	132.03±1.35 ^f	146.23±1.04 ^c	153.04±0.70 ^d	163.89±0.74 ^c	202.32±0.90 ^a	195.16±1.30 ^b
Isoleucine	160.73±1.67 ^f	189.32±1.78 ^c	209.93±1.75 ^d	222.64±3.32 ^c	236.17±1.55 ^b	264.56±3.17 ^a
Leucine	342.22±2.51 ^d	336.36±3.28 ^{cd}	351.55±1.96 ^b	329.96±3.15 ^d	481.63±5.06 ^a	334.88±4.07 ^c
Phenylalanine	165.46±1.13 ^d	198.56±1.54 ^b	195.71±2.02 ^{bc}	199.30±2.01 ^b	210.88±2.47 ^a	192.55±1.70 ^c
TAA ³⁾	4,810.88	4,703.86	5,575.68	6,165.56	7,295.64	5,936.24

¹⁾Symbols are referred to Table 1.

Each value is expressed as mean±standard deviation, $n=3$.

²⁾Means±SD with different superscript within the same row are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾Total amino acids.

Table 4. The contents of vitamin B₁ and vitamin B₂ in rice flour by various cultivars (mg%)

Sample ¹⁾	Vitamin B ₁	Vitamin B ₂
IM	0.43±0.03 ^{b(2)}	0.02±0.01 ^b
HP	0.32±0.01 ^d	-
HPU	0.38±0.01 ^c	0.04±0.01 ^a
HAR	0.51±0.03 ^a	-
AD	0.42±0.01 ^b	-
IDC	0.23±0.03 ^e	-

¹⁾Symbols are referred to Table 1.
 Each value is expressed as mean±standard deviation, n=3.
²⁾Means±SD with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Vitamin B₁ 및 B₂ 함량

품종별 쌀의 vitamin B₁ 및 B₂ 함량을 분석한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 품종별 vitamin B₁ 함량은 한아름벼 품종이 0.51 mg%로 가장 높았고, 다음으로 일미벼 및 안다벼가 0.43 mg% 및 0.42 mg% 높았으며, 인디카 품종이 0.23 mg%로 가장 낮은 함량을 보였다. Vitamin B₂는 호품벼 및 일미벼 품종에서만 검출되었고, 함량은 0.04 mg% 및 0.02 mg%로 소량이었다. Choe 등(30)은 쌀 품종별 영양성분 비교에서 vitamin B₁ 함량은 0.20-0.52 mg%이었고, vitamin B₂는 0.02-0.04 mg%로 보고하여 본 연구에서의 vitamin 분석 결과와 유사하였다. 또한 국내산 쌀 품종의 vitamin 함량이 태국산 인디카 품종에 비해 높은 것을 확인하였다.

수분흡수지수와 수분용해지수

품종에 따른 쌀가루의 수분흡수지수(WAI)와 수분용해지수(WSI)의 결과는 Table 5와 같다. WAI는 일미벼 및 인디카벼에서 1.43으로 가장 높았고, 호품벼가 1.22로 가장 낮았으며, 품종간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05). Choi 등(31)의 연구에서 통일벼 품종인 다산벼와 큰섬벼의 수분흡수지수는 1.25와 1.28이었고, 가공용 품종인 설강벼는 1.07로 본 연구에서의 통일벼 품종인 안다벼

Table 5. Water absorption index and water solubility index of rice flour by various cultivars

Samples ¹⁾	Water absorption index (g/g)	Water solubility index (%)
IM	1.43±0.04 ^{a(2)}	6.03±0.50 ^a
HP	1.35±0.04 ^c	3.77±0.03 ^c
HPU	1.22±0.00 ^d	3.26±0.03 ^d
HAR	1.40±0.02 ^{bc}	4.04±0.14 ^c
AD	1.41±0.00 ^b	4.77±0.05 ^b
IDC	1.43±0.02 ^a	5.04±0.20 ^b

¹⁾Symbols are referred to Table 1.
 Each value is expressed as mean±standard deviation, n=3.
²⁾Means±SD with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

및 한아름벼가 1.40 및 1.41로 높게 나타났다. WSI는 일미벼에서 6.03%으로 가장 높았고, 호품벼가 3.26%로 가장 낮았다. 통일벼 품종인 안다벼 및 한아름벼는 4.04%와 4.77%로 Choi 등(31)의 연구에서 품종별 WSI 값을 분석한 결과 유색미인 흑설벼의 WSI 값이 4.51%라고 보고하여 유사한 결과를 보였다.

팽윤력 및 용해도

품종에 따른 쌀가루의 팽윤력 및 용해도는 Fig. 1과 같다. 쌀가루의 팽윤력은 온도가 상승할수록 모든 시료에서 증가하는 경향을 보였다. 일미벼, 호평벼, 호품벼, 한아름벼 및 안다벼는 80°C와 85°C 사이에서 급격하게 증가하였으며, 인디카벼는 70°C와 75°C 사이에서 급격하게 증가하였다. 50°C부터 70°C까지는 일미벼의 팽윤력이 높았고, 팽윤이 시작되는 70°C에서 85°C까지는 시료간에 차이가 없었으며, 85°C 이후에는 한아름벼의 팽윤력이 비교적 낮았다. 모든 품종의 쌀가루는 75°C와 80°C 사이에서 급격하게 증가하는 경향을 보였고, 전반적으로 일미벼의 용해도가 높았다. 75°C까지는 호품에서 용해도가 가장 낮았고, 80°C 이후에는 한아름에서 용해도가 낮은 경향을 보였다. 전분을 물과 함께 가열하면 전분입자가 팽윤되고 구성성분이 용출되는데 온도 및

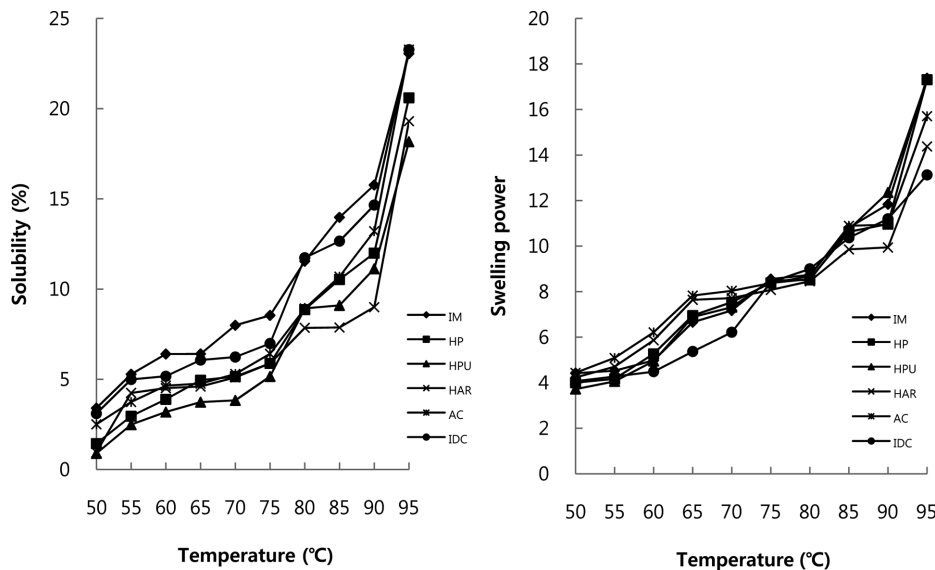


Fig. 1. Swelling power and solubility of rice flour by various cultivars. IM: Ilmi rice, HP: Hopyung rice, HPU: Hopum rice, HAR: Hanarum rice, AD: Anda rice, IDC: Indica rice

Table 6. Pasting viscosity characteristics of rice flour by various cultivars

Samples ¹⁾	Initial pasting temp. (°C)	Maximum viscosity (BU)	Viscosity at 95°C after 15 min (BU)	Viscosity at 50°C (BU)	Breakdown (BU)	Setback (BU)
IM	65.23±0.15 ^{d2)}	450.00±8.19 ^b	206.00±9.16 ^d	431.67±10.97 ^d	244.00±3.60 ^c	225.67±3.78 ^b
HP	66.53±0.32 ^c	604.67±14.47 ^a	252.00±10.58 ^c	487.67±9.29 ^c	352.67±10.26 ^a	235.67±9.29 ^b
HPU	67.57±0.06 ^b	615.67±17.21 ^a	261.00±9.00 ^c	488.33±3.21 ^c	354.67±25.97 ^a	227.33±6.11 ^b
HAR	65.33±0.81 ^d	602.23±15.28 ^a	304.33±4.04 ^b	506.00±2.64 ^b	298.00±11.53 ^b	201.67±4.72 ^c
AD	60.10±0.79 ^c	480.00±25.06 ^b	251.33±7.02 ^c	484.33±6.65 ^c	228.67±22.48 ^c	233.00±1.00 ^b
IDC	74.03±0.67 ^a	455.33±11.15 ^b	339.33±21.55 ^a	726.33±10.26 ^a	116.00±18.33 ^d	387.00±11.36 ^a

¹⁾Symbols are referred to Table 1.

Each value is expressed as mean±standard deviation, n=3.

²⁾Means±SD with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

전분의 종류에 영향을 받는다. 팽윤력은 전분이 수화되는 능력을 측정하는 것으로 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 성질을 가지며 전분의 팽윤성질은 입자내 미셀구조의 강도와 성질에 큰 영향을 받는다고 보고되고 있다(32). 쌀가루의 용해도에서도 팽윤력과 마찬가지로 온도가 상승할수록 모든 시료에서 증가하는 경향을 보였다. 이처럼 모든 품종에서 용해도가 증가하였는데, 이는 쌀가루를 만드는 과정에서 전분립의 손상에 의한 손상전분 함량의 증가, 전분립 결정구조의 파괴 등에 의해 수분 침투가 용이해졌기 때문으로 생각 되었는데 이러한 결과는 Kim과 Ahn(33)의 보고와 비슷하였다. 팽윤력과 용해도가 급격하게 증가하는 현상은 온도의 증가에 따라 전분입자 내부의 결합력이 점진적으로 이완되는 것으로 생각된다(28).

Amylograph에 의한 호화도

품종에 따른 쌀가루의 amylograph에 의한 호화 특성은 Table 6과 같다. 페이스팅온도는 amylose 함량 및 무정형 부분에서의 분자간 회합정도 등이 영향을 미치며 전분입자의 내부구조가 치밀할수록 가열시 느리게 팽윤되어 높은 페이스팅온도를 갖는다고 하였다(30). 본 연구에서 페이스팅온도는 인디카벼가 74.03°C로 가장 높았고, 안다벼는 60.10°C로 가장 낮아 품종간에 유의적인 차이가 있었다(p<0.05). Kim과 Ahn(33)의 연구에서 인디카 품종인 IR 36은 80.0°C, 일반계 품종인 추정벼는 76.3°C, 다수계 품종인 조생통일벼는 75.8°C로 나타났고, Mun 등(23)의 연구에서 전남 나주지역에서 재배된 남평벼는 72.2°C, 동진1호벼는 73.3°C, 일미벼는 69.8°C로 본 연구보다 페이스팅온도가 높았으며, 본 연구에서 사용한 시료의 결정구조가 치밀하지 못하고 분자간 회합정도도 작은 것으로 볼 수 있다. 최고점도(P)는 호품벼가 615.67 BU로 가장 높았고, 일미벼는 450.00 BU로 가장 낮았으며, 호평벼 및 한아름벼는 각각 604.67 BU와 602.23 BU로 호품벼와 비교해 유의적인 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 최고점도는 전분입자의 팽윤 정도와 팽윤된 전분입자의 열전단에 대한 저항도, 가열 중 입자로부터 용출된 가용성 전분의 존재, 팽윤된 입자끼리의 상호작용 또는 응집성 등에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다(26). 95°C에서 15분간 유지했을 때 점도(H)는 인디카벼에서 339.33 BU로 가장 높았고, 일미벼는 206.00 BU로 가장 낮았다. 95°C에서 15분 유지 후 50°C로 냉각했을 때 점도(C)는 인디카벼에서 726.33 BU로 가장 높았고, 일미벼가 431.67 BU로 가장 낮았다. 최고점도와 95°C에서 15분간 유지했을 때 점도 차이인 붕괴점도는 팽윤된 전분입자나 쌀가루 입자가 전단력에 저항하는 정도를 나타내는 특성치로, 호품벼가 354.67 BU로 가장 높았고,

인디카벼는 116.00 BU로 가장 낮았다. 최고점도와 붕괴점도는 점도의 관계를 가지는 것으로, 본 연구의 최고점도에서 호품벼가 가장 높은 것으로 나타나 유사한 결과를 보였다(26). Setback은 노화의 정도를 나타내며 값이 클수록 노화되기 쉽다. 본 연구에서는 인디카벼가 387.00 BU로 가장 높았고, 한아름벼는 201.67 BU로 가장 낮은 것으로 나타나 인디카벼가 가장 노화 경향이 큰 것으로 나타났으며, 한아름벼는 쌀가루 페이스트의 노화가 가장 지연되는 품종으로 나타났다.

요 약

본 연구는 다수확 품종 쌀의 가공 이용성 증진을 위해 식미가 좋은 일반계통과 식미는 다소 떨어지지만 다수확 품종인 통일계통을 시료로 하여 일반성분, 영양성분 비교 분석 및 품질특성을 비교한 결과는 다음과 같다. 쌀 품종별 수분함량은 6.23-6.91%로 유의적 차이를 보이지 않았고, 조단백질 함량은 안다벼가 8.13%로 높았으며, 조회분 함량은 일미벼, 한아름 및 안다벼가 0.52-0.55%로 높았다. 조지방 함량은 일미벼가 1.24%로 가장 높았다. amylose 함량은 안다벼가 24.67%로 가장 높았고, 일미벼는 16.61%로 가장 낮았다. 유리당 함량은 호품벼가 656.51 mg%로 가장 높았고, 아미노산은 안다벼가 7,295.64 mg%로 시료구 중 가장 높았다. 품종별 vitamin B₁ 함량은 한아름벼 품종이 0.51 mg%로 가장 높았고, vitamin B₂ 는 호품벼와 일미벼 품종에서만 소량 검출되었다. 품종에 따른 쌀가루의 수분흡수지수는 일미벼와 인디카벼가 1.73으로 가장 높았고, 호품벼는 1.22로 가장 낮았다. 수분용해지수는 일미벼가 6.03%으로 가장 높았고, 호품벼는 3.26%로 가장 낮았다. 쌀가루의 팽윤력은 일미벼, 호평벼, 호품벼, 한아름벼 및 안다벼는 80°C와 85°C 사이에서 급격하게 증가하는 경향을 보였으며, 인디카벼는 70°C와 75°C 사이에서 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 용해도는 75°C와 80°C 사이에서 급격하게 증가하는 경향을 보였고, 전반적으로 일미벼의 용해도가 높은 것으로 나타났다. Amylograph에 의한 호화 특성조사 결과 인디카벼가 387.00 BU로 가장 높았고, 한아름벼는 201.67 BU로 가장 낮은 것으로 나타나 인디카벼가 가장 노화 경향이 큰 것으로 나타났으며, 한아름벼는 쌀가루 페이스트의 노화가 가장 지연되는 품종으로 나타났다. 따라서 다수확 품종인 안다벼와 한아름벼는 아밀로오스 함량이 높아 제빵 적성에 부합할 것으로 판단된다. 또한 아미노산과 vitamin B₁ 함량이 높았고, 노화특성에서 한아름벼가 페이스트의 노화가 지연 되는 품종으로 확인되어 가공용도로의 충분한 활용 가치가 있을 것으로 판단된다.

References

- Won YJ, Oh SK. Development of process using technology and rice varieties for aseptic-packaged cooked rice. *Food Sci. Ind.* 47: 71-79 (2014)
- Lee NY, Ha KY. Quality characteristics of frozen cookie dough using rice flour of super yield Korean rice varieties. *Korean J. Food Preserv.* 22: 63-69 (2015)
- Han HM, Cho JH, Koh BK. Effect of grinding method on flour quality in different rice cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1596-1602 (2012)
- Shin PG, Chang AC, Hong SC, Lee KS, Lee KH, Lee YB. Changes of rice storage proteins affected by dry and storage temperature. *Korean J. Environ. Agric.* 27: 456-459 (2008)
- Shin DS, Kim HY, Hong HC, Oh SG, Yoo SM. The effects on the quality of *Teokbokki teok* by different types cultivars of rice. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 271-277 (2014)
- Kwon YM, Lee JS. A study on the quality characteristics of fish cakes containing rice flour. *Korean J. Hum. Ecol.* 22: 189-200 (2013)
- Han HM. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread and development of the method for evaluating the rice flour bread-making potential. PhD thesis, Keimyung University, Daegu, Korea (2014)
- Kim TY. Status and Development of Korea Wine Industry. p. 95. In: Symposium of the Expand Strategy for Rice Processed Products. May 14, Agricultural Research & Extension Services, Naju, Korea. Jeonnam Agricultural Research & Extension Services. Naju, Korea (2010)
- Lim SJ, Hwang HG, Yang SJ, Oh BG, Yeo US, Park NB, Kim HY, Yi GH, Jun BT, Kim SC. Information (brief introduction of newly released crop cultivars in 1996): High eating quality and medium-late maturing rice variety with resistance to diseases and lodging "Ilmibyeo". *Korean J. breed. Sci.* 28: 481 (1996)
- RDA. ('01-'05) Major Agricultural Crops Variety Explanation. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. pp. 2-55 (2006)
- Lee DH, Lee YS, Cho CH, Seo JS, Park IT, Kim HD, Lim JW. Brewing and fermenting characteristics of *makgeolli* produced from high-yielding rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 714-720 (2013)
- Huh CK, Lee JW, Kim YD. Fermentation and quality characteristics of *yakju* according to different rice varieties. *Korean J. Food Preserv.* 19: 925-932 (2012)
- Choi BK, Kum JS, Lee HY, Park JD. Quality characteristics of rice cake (*backsulki*) according to milling type and particle size. *Korean J. Food Preserv.* 12: 230-234 (2005)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Method 777,780,788. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1990)
- Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. Rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.* 47: 411-421 (1970)
- Montgomery EM, Senti FR. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polym. Sci. A1.* 28: 1-9 (1958)
- Wilson AM, Work TM, Bushway AA, Bushway RJ. HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potatoes. *J. Food Sci.* 46: 300-301 (1981)
- Strydom DJ, Cohen SA. Sensitive analysis of cystine/cysteine using 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) derivatives. *Tech. Prot. Chem.* 4: 299 (1993)
- Vidal-Valverde C, Prodanov M, Sierra I. Natural fermentation of lentils: Influence of time, temperature and flour concentration on the kinetics of thiamin, riboflavin and niacin. *Eur. Food Res. Technol.* 205: 464-469 (1997)
- Anderson RA. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.* 59: 265-271 (1982)
- Schoch TJ, Maywald EC. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.* 45: 564-573 (1968)
- Walter WM, Truong VD, Wiesenborn DP, Carvajal P. Rheological and physiological properties of starches from moist-type and dry-type sweet potatoes. *J. Agr. Food Chem.* 48: 2937-2942 (2000)
- Medcalf DG, Gilles KA. Effect of lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starch. *Starch* 18: 101-105 (1966)
- Kyoun OY, Oh HS, Kim HJ, Lee JH, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Kim MR. Analyses of nutrients and antinutrients of rice cultivars. *Korean J. Food Cook. Sci.* 22: 949-956 (2006)
- Mun SH, Kim JG, Shin MS. Cooking properties of rices produced in Naju. *Korean J. Hum. Ecol.* 7: 11-19 (2004)
- Kum JS, Lee CH, Baek KH, Lee SH, Lee HY. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 365-369 (1995)
- Kum JS. Effects of amylose content on quality of rice bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 590-595 (1998)
- 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)
- Kang HJ. Varietal differences in physicochemical properties and ultrastructure of rice and their relationship with gelatinization and retrogradation characteristics. Seoul National University. MS thesis, Seoul, Korea (2004)
- Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. Comparison of nutritional composition in Korea rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 885-892 (2002)
- Choi OJ, Kim YD, Shim JH, Noh MH, Shim KH. Physicochemical properties of diverse rice species. *Korean J. Food Preserv.* 19: 532-538 (2012)
- Lee MK, Kim JO, Shin MS. Properties of nonwaxy rice flours with different soaking time and particle sizes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 268-275 (2004)
- Kim YK, Ahn SY. The effect of cellulase treatment on the physicochemical properties of rice and the texture of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 720-729 (1996)