

쌀 가공제품을 위한 다양한 쌀의 품질분석

김혜련 · 권영희 · 김재호 · 안병학*
 한국식품연구원 우리술연구센터

Quality Analysis of Diverse Rice Species for Rice Products

Hye-Ryun Kim, Young-Hee Kwon, Jae-Ho Kim, and Byung-Hak Ahn*
 Korean Alcoholic Beverage Research Center, Korea Food Research Institute

Abstract The objective of this study was to analyze proximate composition and physicochemical properties according to different kinds of rice. In total, 20 varieties of rice were used (Domestic-19, Imported-1). The moisture contents ranged from 11.11±0.20 to 3.28±0.03%. The crude protein and crude lipid contents were ranged from 5.04±0.03 to 7.02±0.10% and 0.18±0.01 to 0.73±0.05%, respectively. The mineral contents were Calcium, 3.56±0.11-6.69±0.08 mg/100 g; Sodium, 3.39±0.01-17.43±0.04 mg/100 g; Phosphorus, 64.12±0.88-102.0±0.36 mg/100 g; Zinc, 0.95±0.01-1.75±0.0 mg/100 g; Iron, 0.19±0.0-0.69±0.02 mg/100 g; Magnesium, 9.89±0.47-23.31±0.21 mg/100 g; Potassium, 47.11±3.49-82.19±1.08 mg/100 g; and Manganese, 0.47±0.0-1.14±0.01 mg/100 g. Eighteen kinds of rice exhibited small kernels. Amylose contents ranged from 10.3±1.27 to 19.4±0.15%, while starch value ranged from 70.8±2.67 to 80.1±5.09%. Alkali digestion value was described as 5-6 grade and gel consistency was shown to be 'soft' regardless of the rice kinds.

Keywords: rice, grain quality, amylose, physicochemical property

서 론

쌀은 벼의 씨앗에서 껍질을 벗겨낸 식량으로 우리나라를 비롯한 아시아 지역의 나라들은 대부분 밥의 형태로 섭취하며 주식으로 애용하고 있다. 쌀은 농업소득의 40% 이상을 차지하고 국민 한 사람당 섭취 열량의 약 35%, 단백질 섭취량의 약 20%를 차지할 만큼 우리 농업경제와 국민건강에 미치는 영향이 크다. 2003년 우리나라 쌀 생산량은 6,151천 톤으로 세계 13위였으며 재배면적은 1,016천 ha로 세계 17위였다. 우리나라 내의 생산면적은 전라남도 19만 ha, 충청남도 16만 6천 ha, 전라북도 14만 3천 ha의 순으로 나타났다. 이러한 쌀의 2009년 1인당 소비량은 74 kg으로 전년도에 비하여 감소한 추세를 나타내었다.

현재까지 쌀에 대한 연구로는 쌀의 특성과 취반 후 특성에 관한 연구로 쌀의 물리적 특성과 식미와의 상관(1), 국내 시판 메성 및 찰성 보리쌀의 취반 및 호화특성(2), 수입쌀과 국산쌀(추청벼)의 취반 특성 비교(3), 국내산 쌀과 중국산 전쌀의 품질 비교(4), 일반계 다수계 쌀의 성질 및 밥의 텍스처 특성(5) 등이 보고되었고 양조 후 특성에 관한 연구로 찰벼 품종에 따른 소곡주의 품질 및 기호도 변이(6), 도정도에 따른 찰쌀발효주의 이화학적 특성 및 휘발성 향기성분(7) 연구가 보고되었다. 쌀 자체의 형태적 및 영양적 특성에 관한 연구로 우리나라 쌀의 도정 및 품위

특성(8), 쌀 완전립과 불완전립의 이화학적 특성 비교(9), 올벼쌀의 이화학적 특성(10), 쌀 품종별 백미와 현미의 무기질 및 영양 성분 조성을 비교한 연구(11,12)가 보고되었고 또한 이앙시기, 수확시기, 질소 시비 등 재배조건에 따른 쌀의 특성을 비교한 연구(13), 특정 지역의 연차 간 쌀의 품질 변이에 대한 연구(14) 등 쌀의 품질에 영향을 미치는 조건에 따른 연구가 보고되어 있다.

최근 전자현미경을 이용한 전분구조에 관한 많은 연구(15,16)들이 진행됨에 따라 쌀알의 이화학적, 물리적 특성과 식미치의 상호 관련성에 많은 이해가 이루어지고 있으나 쌀의 품종에 관한 연구는 중만생종인 일품벼를 비롯한 몇 종류에 한정되어 있으며 양조 및 다양한 방면으로 가공이 가능한 쌀에 대하여 취반 및 식미 특성만을 연구하는 내용에 국한되어 있다. 따라서 본 연구에서는 쌀을 이용한 가공품의 제조 시에 도움이 되도록 중만생종을 비롯한 조생종, 중생종의 쌀 19품종으로 그 종류를 다양화하였으며 미국산 수입쌀 1종류를 비교구로 하여 영양성분, 외형 특성 및 호화특성 등 이화학적 특성 분석을 실시하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

시험재료

실험에 사용된 쌀은 농림부에서 전국 재배량 상위 19위까지의 국내산 쌀, 남평(Nampyeong, 중만생종), 동진1호(Dongjin 1, 중만생종), 동진2호(Dongjin 2, 중만생종), 동진찰(Dongjinchal, 중만생종), 삼광(Samkwang, 중만생종), 삼덕(Samduk, 중생종), 새추청(Saechucheng, 중만생종), 수라(Sura, 중생종), 신동진(Sindongjin, 중만생종), 오대(Odae, 조생종), 온누리(Onnuri, 중만생종), 운광(Unkwang, 조생종), 일미(Ilmi, 중만생종), 일품(Ilpum, 중만생종), 주남(Junam, 중만생종), 추청(Chucheong, 중만생종), 호평(Hopy-

*Corresponding author: Byung-Hak Ahn, Korean Alcoholic Beverage Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
 Tel: 82-31-780-9102
 Fax: 82-31-709-9876
 E-mail: bhahn@kfri.re.kr
 Received October 25, 2010; revised January 7, 2011;
 accepted January 26, 2011

cong, 중만생종), 호품(Hopum, 중만생종), 화영(Hwayoung, 중생종) 등 19품종과 수입쌀(Imported, 2008년 미국산)을 포함한 20종의 쌀은 농촌진흥청 작물시험장으로부터 백미로 도정한 시료를 제공받아 사용하였다. 쌀은 수세 후 건조하여 사용하였으며 분쇄시료의 경우 쌀 분쇄기(Cyclotec 1093 Sample Mill, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)을 이용하여 분쇄 후 사용하였다.

일반성분 분석

수분, 단백질, 지방, 회분, 조섬유, 탄수화물 등은 AOAC방법(17)에 따라 분석하였다. 무기질 분석 방법은 다음과 같다. 분쇄한 시료 1-2 g을 예비 탄화시킨 후 450-600°C의 온도에서 여러 시간 가열하여 백색·회백색의 회분이 얻어질 때까지 회화한다. 이 회분을 방냉 후 주의하여 물로 적신 후 묽은 질산용액 약 3 mL를 가해 열판에서 완전 증발 건조시킨다. 이 건조물에 묽은 염산용액 약 10 mL를 가해 3시간 동안 방치시킨 후 3차 증류수를 이용하여 50 mL 메스플라스크에 정용하고 무회분여과지로 여과하여 시험용액으로 한다. 제조한 시험용액을 유도결합플라즈마 원자발광분광법(inductively coupled plasma atomic emission spectrometry)에 따라 플라즈마에 주입하여 각각의 스펙트럼선 강도를 측정하고 시험용액 중 원소의 농도가 정량범위를 벗어나면 시료를 희석하여 측정하였다. 각 원소의 측정 파장은 Ca 393.366 nm, Na 589.592 nm, P 213.618 nm, Zn 213.856 nm, Fe 238.204 nm, Mg 279.079 nm, K 766.490 nm 그리고 Mn 259.373 nm이었다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였다.

형태검정

시료의 외형 특성은 약 22 g의 쌀을 외형품위측정기(1625 Servitec Grain Inspector, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 측정하였으며 이물, 싸라기, 분상질립 등의 비정상립을 제외한 정립 1000립을 수작업으로 선별하여 1000립 중량을 3회 반복하여 측정하였다.

이화학적 특성

쌀의 아밀로스함량은 곡물성분분석기(Infratec 1241, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)를 사용하여 RI205045 백미모드에서 300 g의 시료 사용하여 측정하였다. 알칼리 붕괴도는 균일한 시료 6립을 15 mL 시험관에 넣고 1.4% KOH용액 10 mL을 넣은 후 30°C 항온기에서 24시간 정치한 후 붕괴도(퍼짐도, 투명도)를 조사하여 1(부풀지 않고 그대로 있음)-7(형태를 알 수 없게 퍼져서 투명화됨)등급으로 나누어 판단하였다(18). 호응집성은 분쇄한 시료 100 mg과 95% ethanol에 0.025% thymol blue를 섞은 용액 0.2 mL를 가하여 교반하고 여기에 0.2 N KOH 용액 2 mL를 넣고 다시 교반하여 수욕조에서 끓인 후 실온에서 5분간 방치, 얼음 수조에서 20분간 냉각하였다. 겔이 교란되지 않도록 하여 모눈종이 위에서 1시간 정치하여 시험관 바닥에서 겔이 흘러간 길이를 측정하였다. 이때 흘러간 길이를 측정하여 연합(61-100 mm), 중간(41-60 mm), 균음(26-40 mm)으로 분류하였다(19).

전분가는 분쇄한 시료 1 g에 물 300 mL과 농염산 15 mL을 넣고 autoclave로 100°C에서 2-3시간 증자한 후, 찬물로 냉각시킨 후 20% NaOH를 사용해서 pH 4.3-4.5 사이에 오도록 정확히 조정 후 총 500 mL로 정용하였다. 이렇게 전처리한 시료를 Dinitrosalicylic acid Method에 따라 UV/VIS spectrophotometer(Diod-Array) HP 8453(Hewlett Packard, USA)을 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하고 표준물질 glucose(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 농도별로 제조 후 정량하여 시료 g당 전분가를 산출하였다(20). 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였다.

호화 특성

호화특성은 고속진분분석기(Rapid Visco Analyser, Newport Scientific Pty. Ltd., Narrabeen, NSW, Australia)를 이용하여 최고점도, breakdown(최고점도-최저점도)과 setback(최종점도-최저점도)을 3회 반복하여 측정하였다. 호화조건은 초기온도를 50°C로 1분간 유지한 후 분당 11.25°C로 가온하여 95°C까지 올린 후 2분 30초간 유지하고, 분당 12.86°C로 감온하여 50°C까지 내린 후 1분 30초간 유지하였다.

통계처리

실험 분석 결과에 대한 통계처리는 SAS(Statistical Analysis Systems) for Windows 7.2를 이용하여 분산분석(Analysis of Variance)과 Fisher's Least Significant Difference(LSD) test를 실시하였다.

결과 및 고찰

쌀의 일반성분 분석

쌀의 일반성분 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 신동진과 수라가 13.00% 이상으로 유의적인 차이가 있게 높게 나타났고 조지방의 함량은 0.18±0.01-0.73±0.05%로 품종에 따라 차이가 크게 나타나 삼광과 신동진 품종이 0.18±0.01%로 유의적으로 가장 낮았고 삼덕 품종이 0.73±0.05%로 가장 높게 나타났다(p<0.05). 단백질 함량은 남평과 동진찰이 7.00±0.09%이상의 높은 값을 보였고 호평 품종이 5.22±0.06%로 유의적으로 가장 낮았으며 회분은 0.26±0.02-0.44±0.00% 사이의 값을 나타내었다(p<0.05). 조섬유의 함량은 중만생종 중 하나인 남평 품종이 0.46±0.02%로 유의적인 차이가 있게 가장 높은 값을 보였으며 그 외의 19종의 품종은 0.33% 이하의 값을 나타내었고 주남 품종이 0.23±0.02%로 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다(p<0.05). 탄수화물 함량은 삼광 품종이 82.16±0.16%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며 남평, 신동진, 동진찰, 동진1호 및 수라의 5품종이 80.00% 이하로 낮은 값을 보였다(p<0.05).

쌀 품종에 따른 무기질 함량을 분석한 결과(Table 2), 8종의 무기질 중 인과 칼륨의 함량이 각각 64.12±0.88-102.0±0.36 mg/100 g, 47.11±3.49-82.19±1.08 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 조생종인 운광과 오대, 중생종인 화영, 삼덕 그리고 수라와 새추청, 남평을 비롯한 중만생종 8품종의 경우 인의 함량이 가장 높았고 다음으로 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 칼슘, 아연, 망간, 철 함량 순으로 나타났다. 온누리, 동진1호 그리고 수입쌀 또한 인의 함량이 가장 높았고 다음으로 칼륨이 높았으나 나트륨이 마그네슘보다 높게 나타났고 나머지 성분은 칼슘, 아연, 망간, 철 함량 순으로 동일하였으며 호평, 주남 그리고 추청 품종은 인, 칼륨, 마그네슘 함량 순 다음으로 칼슘함량이 나트륨보다 높게 나타났고 나머지 성분은 아연, 망간, 철 함량 순으로 동일하게 나타났다. 반면에 중만생종 중 최고품질에 속하는 삼광 품종은 칼륨 함량이 81.27±0.99 mg/100 g으로 가장 높게 나타났고 다음으로 인이 73.09±0.4 mg/100 g으로 높은 함량으로 나타났다. Choe 등(12)은 백미의 경우 무기질 함량은 칼륨이 가장 많고 다음으로 인, 마그네슘, 칼슘, 나트륨, 아연, 철 함량 순이라고 보고하였으며 식품성분표(21)에 의하면 백미의 경우 인의 함량이 가장 많고 다음으로 칼륨, 나트륨, 칼슘, 철 함량 순으로 표기되어 있어 쌀에 가장 많이 함유된 무기질로 인과 칼륨인 결과가 본 실험과 동일하게 나타났다.

칼륨과 인 다음으로 주성분으로 나타난 마그네슘은 삼덕 품종

Table 1. Proximate composition of rice varieties

(% , w/w)

Rice varieties	Moisture****	Crude lipid****	Crude protein****	Ash****	Fiber****	Carbohydrate****
Nampyeong	12.19±0.01 ^{de}	0.22±0.01 ^{ij}	7.00±0.09 ^a	0.40±0.03 ^{abc}	0.46±0.02 ^a	79.73±0.16 ^{ij}
Dongjin 1	12.44±0.07 ^b	0.30±0.02 ^{fgh}	6.90±0.09 ^b	0.37±0.04 ^{bcd}	0.28±0.01 ^g	79.71±0.23 ^j
Dongjin 2	11.80±0.08 ^{fgh}	0.37±0.01 ^d	6.57±0.09 ^{cd}	0.40±0.01 ^{abc}	0.26±0.01 ⁱ	80.60±0.20 ^g
Dongjinchal	12.55±0.05 ^b	0.47±0.02 ^c	7.02±0.10 ^a	0.32±0.01 ^{def}	0.24±0.00 ^k	79.40±0.18 ^k
Samkwang	12.01±0.09 ^{bef}	0.18±0.01 ^j	5.04±0.03 ^l	0.30±0.01 ^{fg}	0.31±0.02 ^d	82.16±0.16 ^a
Samduk	12.22±0.06 ^{cd}	0.73±0.05 ^a	6.29±0.00 ^{ef}	0.44±0.00 ^a	0.30±0.01 ^e	80.02±0.12 ^{hi}
Saechucheng	12.54±0.07 ^b	0.34±0.03 ^{def}	5.38±0.04 ^{jk}	0.33±0.01 ^{def}	0.30±0.00 ^e	81.11±0.15 ^{ef}
Sura	13.27±0.14 ^a	0.30±0.02 ^{fgh}	6.08±0.02 ^g	0.35±0.04 ^{cdef}	0.29±0.01 ^f	79.71±0.23 ^j
Sindongjin	13.28±0.03 ^a	0.18±0.01 ^j	5.80±0.08 ^{hi}	0.37±0.03 ^{bcd}	0.27±0.01 ^h	80.10±0.16 ^h
Odae	11.97±0.11 ^{efg}	0.38±0.02 ^d	5.67±0.13 ⁱ	0.36±0.01 ^{bcd}	0.24±0.00 ^k	81.38±0.27 ^{de}
Onnuri	11.76±0.07 ^{bhi}	0.31±0.03 ^{efg}	6.67±0.15 ^c	0.30±0.03 ^{fg}	0.33±0.02 ^b	80.63±0.30 ^g
Unkwang	11.25±0.11 ^k	0.31±0.01 ^{efg}	5.74±0.10 ^{hi}	0.35±0.02 ^{cdef}	0.26±0.01 ⁱ	82.09±0.25 ^a
Ilmi	11.50±0.17 ^j	0.31±0.02 ^{efg}	6.72±0.03 ^{bc}	0.30±0.02 ^{fg}	0.26±0.01 ⁱ	80.91±0.25 ^{fg}
Ilpum	11.63±0.13 ^{hij}	0.27±0.01 ^{gh}	5.86±0.09 ^h	0.35±0.04 ^{cdef}	0.32±0.00 ^c	81.57±0.27 ^{cd}
Junam	11.54±0.08 ^{ij}	0.66±0.03 ^b	5.46±0.01 ^j	0.39±0.01 ^{abc}	0.23±0.02 ^l	81.72±0.15 ^{bc}
Chucheong	12.42±0.17 ^{bc}	0.26±0.01 ^{hi}	5.75±0.16 ^{hi}	0.30±0.00 ^{fg}	0.28±0.02 ^g	80.99±0.36 ^f
Hopyeong	11.95±0.05 ^{fg}	0.31±0.03 ^{efg}	5.22±0.06 ^{kl}	0.37±0.03 ^{bcd}	0.28±0.01 ^g	81.87±0.18 ^{ab}
Hopum	12.48±0.17 ^b	0.38±0.02 ^d	6.45±0.04 ^{de}	0.41±0.03 ^{ab}	0.29±0.02 ^f	79.99±0.28 ^{hij}
Hwayoung	11.11±0.20 ^k	0.47±0.02 ^c	6.23±0.08 ^{fg}	0.36±0.03 ^{bcd}	0.25±0.00 ^j	81.58±0.33 ^{bcd}
Imported (USA)	11.86±0.05 ^{fgh}	0.35±0.02 ^{de}	6.09±0.12 ^g	0.26±0.02 ^g	0.31±0.01 ^d	81.13±0.22 ^{ef}

Mean±SD of 3 replications

**** $p < 0.0001$ ^{a-l}Means with different letters vertical the line are significantly different at 5% level by Fisher's LSD test.

Table 2. Mineral contents of rice varieties

(mg/100 g)

Rice varieties	Ca****	Na****	P****	Zn****	Fe****	Mg****	K****	Mn****
Nampyeong	4.80±0.37 ^{ef}	9.55±0.15 ^{ef}	80.06±3.53 ^e	1.08±0.00 ^k	0.22±0.00 ⁱ	9.89±0.47 ^m	47.11±3.49 ^j	0.48±0.01 ^m
Dongjin 1	5.07±0.28 ^{de}	17.43±0.04 ^a	90.69±1.09 ^b	1.01±0.02 ^l	0.37±0.00 ^c	14.05±0.47 ⁱ	59.05±3.56 ^{hi}	0.51±0.01 ^{lm}
Dongjin 2	4.26±0.06 ^{hi}	10.47±1.28 ^d	88.39±1.09 ^{bc}	1.25±0.0 ^j	0.31±0.02 ^{ef}	15.60±0.28 ^g	63.70±3.42 ^{efgh}	0.55±0.01 ^k
Dongjinchal	5.49±0.12 ^c	7.65±0.79 ^h	71.45±2.44 ^{fg}	1.69±0.01 ^b	0.26±0.00 ^{gh}	18.23±0.04 ^d	64.60±0.82 ^{efgh}	0.47±0.0 ^m
Samkwang	3.56±0.11 ^k	5.68±0.11 ⁱ	73.09±0.4 ^f	1.22±0.00 ^j	0.33±0.00 ^{de}	10.89±0.05 ^l	81.27±0.99 ^{ab}	1.14±0.01 ^a
Samduk	6.69±0.08 ^a	10.51±0.10 ^d	102.0±0.36 ^a	1.30±0.00 ^h	0.41±0.01 ^b	23.31±0.21 ^a	76.89±4.77 ^{abc}	0.99±0.02 ^c
Saechucheng	4.61±0.03 ^{fg}	7.56±0.04 ^h	80.86±1.8 ^c	1.49±0.02 ^d	0.41±0.00 ^b	14.84±0.02 ^h	73.31±2.69 ^{bcd}	0.88±0.05 ^{de}
Sura	5.54±0.03 ^c	8.69±0.43 ^{fg}	85.67±1.47 ^{cd}	1.41±0.01 ^f	0.29±0.03 ^{fg}	17.09±0.26 ^c	68.23±9.02 ^{defg}	0.89±0.01 ^d
Sindongjin	3.82±0.23 ^{jk}	4.90±0.06 ^{ij}	64.12±0.88 ^h	1.44±0.00 ^c	0.19±0.00 ^j	10.09±0.12 ^m	51.93±1.97 ^{ij}	0.60±0.00 ^j
Odae	5.15±0.07 ^d	8.73±0.53 ^{fg}	88.66±1.6 ^{bc}	1.64±0.01 ^c	0.35±0.00 ^{cd}	21.11±0.15 ^c	69.21±6.80 ^{def}	0.85±0.00 ^{ef}
Onnuri	4.27±0.03 ^{hi}	15.32±0.09 ^b	80.08±0.47 ^e	1.09±0.02 ^k	0.26±0.00 ^{gh}	11.17±0.43 ^{kl}	51.65±2.48 ^{ij}	0.52±0.01 ^{lk}
Unkwang	6.30±0.06 ^b	7.91±0.13 ^{gh}	81.87±1.56 ^c	1.36±0.01 ^g	0.22±0.02 ^{ij}	16.42±0.25 ^f	60.15±1.42 ^{ghi}	0.82±0.02 ^g
Ilmi	5.54±0.20 ^c	8.69±0.67 ^{fg}	69.60±1.58 ^g	1.27±0.01 ⁱ	0.42±0.03 ^b	11.11±0.07 ^{kl}	61.30±2.45 ^{fgh}	0.48±0.00 ^m
Ilpum	4.08±0.22 ^{ij}	4.38±0.03 ^{jk}	83.10±2.07 ^{de}	1.75±0.00 ^a	0.25±0.00 ^{hi}	17.35±0.07 ^c	75.69±0.39 ^{abcd}	1.05±0.00 ^b
Junam	4.62±0.03 ^{fg}	3.53±0.16 ^{kl}	101.75±2.0 ^a	1.69±0.01 ^b	0.40±0.00 ^b	22.45±0.07 ^b	82.19±1.08 ^a	0.99±0.02 ^c
Chucheong	4.59±0.13 ^{fgh}	4.55±0.03 ^j	72.96±0.43 ^f	1.40±0.03 ^f	0.43±0.01 ^b	14.13±0.03 ⁱ	70.52±0.8 ^{cde}	0.86±0.00 ^{ef}
Hopyeong	3.64±0.25 ^k	3.39±0.01 ^l	72.38±0.95 ^{fg}	1.30±0.01 ^h	0.29±0.01 ^{fg}	13.54±0.09 ^j	58.74±1.10 ^{hi}	0.74±0.00 ^h
Hopum	4.41±0.07 ^{ghi}	9.79±0.72 ^c	90.52±0.88 ^b	1.41±0.00 ^f	0.35±0.04 ^{cd}	16.21±0.17 ^f	59.39±6.07 ^{hi}	0.65±0.02 ⁱ
Hwayoung	4.82±0.15 ^{def}	11.55±0.55 ^c	91.03±0.29 ^b	1.71±0.00 ^b	0.69±0.02 ^a	16.97±0.08 ^c	70.01±3.74 ^{cd}	0.87±0.01 ^{def}
Imported (USA)	4.17±0.07 ⁱ	11.67±0.18 ^c	69.43±0.75 ^g	0.95±0.01 ^m	0.29±0.00 ^{fg}	11.34±0.11 ^k	62.34±7.61 ^{efgh}	0.86±0.01 ^{def}

Mean±SD of 3 replications

**** $p < 0.0001$ ^{a-m}Means with different letters vertical the line are significantly different at 5% level by Fisher's LSD test.

이 23.31±0.21 mg/100 g으로 유의적으로 가장 높게 나타났고 남평 품종이 9.89±0.47 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였으며 나트륨은 동진찰 품종이 17.43±0.04 mg/100 g으로 가장 높게 나타났고 주남 품종이 3.53±0.16 mg/100 g으로 유의적으로 가장 낮게

나타났다($p < 0.05$). 나머지 무기질 성분 중 칼슘은 3.56±0.11-6.69±0.08 mg/100 g, 아연은 0.95±0.01-1.75±0.0 mg/100 g, 망간은 0.47±0.0-1.14±0.01 mg/100 g 그리고 가장 적은 무기질 성분으로 철이 0.19±0.0-0.69±0.02 mg/100 g 함량으로 조사되었다.

Table 3. Physicochemical properties and 1000 grains weight of rice varieties

Rice varieties	Physicochemical properties (%)					1000 grains weight (g)**
	Head****	Broken****	Chalky****	Colored	Damaged****	
Nampyeong	89.4±0.57 ^{abcd}	0.63±0.23 ^{ij}	9.73±0.42 ^{fighi}	0.03±0.01	0.13±0.06 ^{de}	19.2±0.13 ^{fg}
Dongjin 1	75.9±1.24 ^{fg}	1.17±0.14 ^{fighi}	22.77±1.39 ^{de}	0.03±0.06	0.17±0.06 ^{de}	18.9±0.15 ^{sh}
Dongjin 2	86.3±2.31 ^{abcde}	4.4±0.30 ^c	9.2±2.03 ^{ghi}	-	0.1±0.1 ^e	20.7±0.43 ^{de}
Dongjinchal	1.07±0.49 ^k	0.07±0.06 ^j	98.8±0.51 ^a	-	0.07±0.06 ^e	19.5±0.34 ^f
Samkwang	92.8±1.57 ^{ab}	2.03±0.45 ^{efg}	4.57±1.2 ^{hi}	-	0.53±0.21 ^{ab}	20.3±0.15 ^e
Samduk	81.8±1.91 ^{cdef}	16.03±0.5 ^a	1.8±0.25 ^{hi}	0.03±0.01	0.3±0.26 ^{bcd}	18.6±0.28 ^{hi}
Saechucheng	95.4±0.72 ^a	1.73±0.38 ^{figh}	2.7±0.36 ^{hi}	-	0.13±0.06 ^{de}	19.2±0.31 ^{fg}
Sura	79.23±1.04 ^{def}	1.03±0.49 ^{ghij}	19.4±1.09 ^{ef}	-	0.3±0.12 ^{bcd}	20.6±0.33 ^{de}
Sindongjin	32.37±2.20 ^j	1.0±0.3 ^{hij}	65.4±2.15 ^b	-	0.13±0.06 ^{de}	24.2±0.99 ^a
Odae	47.2±0.35 ⁱ	7.53±0.95 ^b	45.3±0.26 ^c	-	0.5±0.2 ^{ab}	23.1±0.40 ^b
Onnuri	89.5±0.61 ^{abcd}	1.4±0.30 ^{fighi}	8.9±0.30 ^{ghi}	-	0.2±0.01 ^{de}	18.8±0.24 ^{sh}
Unkwang	56.9±4.10 ⁱ	7.83±0.85 ^b	31.57±1.70 ^d	-	0.3±0.1 ^{bcd}	20.6±0.30 ^{de}
Ilmi	89.0±0.53 ^{abcde}	4.2±0.35 ^c	6.57±0.25 ^{hi}	-	0.17±0.15 ^{de}	18.2±0.07 ⁱ
Ilpum	66.0±2.29 ^{gh}	3.03±0.67 ^{de}	30.37±1.72 ^d	0.07±0.06	0.6±0.2 ^a	20.4±0.21 ^e
Junam	92.3±0.86 ^{ab}	3.8±0.69 ^{cd}	3.73±0.38 ^{hi}	-	0.13±0.06 ^{de}	21.2±0.12 ^e
Chucheong	90.2±1.18 ^{abc}	3.83±0.51 ^{cd}	5.63±1.06 ^{hi}	0.07±0.06	0.23±0.12 ^{cde}	18.8±0.64 ^{sh}
Hopyeong	92.8±0.23 ^{ab}	0.83±0.31 ^{hij}	6.1±0.26 ^{hi}	-	0.23±0.12 ^{cde}	19.6±0.06 ^f
Hopum	79.07±8.09 ^{fef}	2.97±0.3 ^{de}	17.87±0.79 ^{efg}	-	0.13±0.01 ^{de}	20.9±0.36 ^{cd}
Hwayoung	96.5±0.55 ^a	2.13±0.58 ^{ef}	1.13±0.21 ⁱ	-	0.23±0.15 ^{cde}	21.1±0.16 ^e
Imported (USA)	84.5±0.96 ^{bcd}	3.4±0.87 ^{cd}	11.6±0.26 ^{figh}	-	0.47±0.29 ^{abc}	21.2±0.36 ^e

Mean±SD of 3 replications

p*<0.01, *p*<0.001, *****p*<0.0001

^{a-i}Means with different letters vertical the line are significantly different at 5% level by Fisher's LSD test.

Table 4. Amylose contents, alkali digestion value, gel consistency and starch value of rice varieties

Rice varieties	Amylose content (%)****	Alkali digestion value***	Gel consistency (mm)****	Starch value (% dry basis)
Nampyeong	17.6±0.06 ^{figh}	5.0±0.00 ^e	71.0±1.00 ^{figh}	74.1±2.02
Dongjin 1	18.1±0.06 ^{defgh}	5.3±0.58 ^{bc}	79.0±5.57 ^{def}	74.1±1.64
Dongjin 2	19.4±0.15 ^a	6.0±0.00 ^a	74.3±3.51 ^{efg}	71.6±8.83
Dongjinchal	10.3±1.27 ⁱ	6.0±0.00 ^a	100±0.00 ^a	70.8±2.67
Samkwang	17.5±0.25 ^{gh}	6.0±0.00 ^a	75.0±7.00 ^{efg}	77.9±0.22
Samduk	17.7±0.47 ^{figh}	5.0±0.00 ^e	75.0±3.89 ^{efg}	75.3±5.48
Saechucheng	18.5±0.12 ^{bcd}	5.0±0.00 ^e	79.3±5.03 ^{de}	77.4±4.13
Sura	18.4±1.37 ^{cdefg}	5.7±0.58 ^{ab}	70.7±4.04 ^{gh}	73.4±1.95
Sindongjin	18.1±0.82 ^{defgh}	6.0±0.00 ^a	80.0±5.00 ^{cde}	71.1±1.88
Odae	18.7±0.06 ^{abcde}	6.0±0.00 ^a	75.0±6.00 ^{efg}	73.4±2.87
Onnuri	19.3±0.17 ^{ab}	5.7±0.58 ^{ab}	73.0±2.00 ^{efg}	77.0±4.63
Unkwang	17.7±0.17 ^{figh}	6.0±0.00 ^a	90.0±5.00 ^b	80.1±5.09
Ilmi	17.3±0.25 ^h	5.3±0.58 ^{bc}	75.7±4.04 ^{efg}	76.0±6.54
Ilpum	17.5±0.44 ^{gh}	6.0±0.00 ^a	63.0±7.0 ^h	79.2±11.73
Junam	19.2±0.26 ^{abc}	5.7±0.58 ^{ab}	84.0±4.00 ^{bcd}	73.3±2.12
Chucheong	19.1±0.32 ^{abc}	5.0±0.00 ^e	77.3±9.29 ^{defg}	74.1±1.85
Hopyeong	17.3±0.23 ^h	6.0±0.00 ^a	76.7±4.16 ^{defg}	76.1±1.81
Hopum	18.9±0.40 ^{abcd}	5.0±0.00 ^e	78.3±7.77 ^{defg}	72.5±4.75
Hwayoung	17.7±0.12 ^{figh}	6.0±0.00 ^a	88.0±1.00 ^{bc}	75.4±5.48
Imported (USA)	17.9±0.55 ^{efgh}	5.0±0.00 ^e	99.7±0.58 ^a	75.4±2.69

Mean±SD of 3 replications

****p*<0.001, *****p*<0.0001

^{a-c}Means with different letters vertical the line are significantly different at 5% level by Fisher's LSD test.

쌀의 형태검정

쌀의 형태학적 특성을 파악하기 위하여 외형 특성과 친립중을 측정하였다. 쌀의 외형 특성을 분석한 결과(Table 3) 정상적인 쌀

의 3/4 이상의 형태를 가진 쌀을 일컫는 완전립은 삼광, 새추청, 호평, 주남, 추청, 화영, 동진1호 그리고 수라 품종이 90.0% 이상의 값을 보였으며 완전한 낱알 평균길이의 3/4 미만의 깨진 낱

Table 5. Pasting characteristics of rice varieties by rapid visco analyzer (RVA)

Rice varieties	Pasting temp (°C)****	Viscosity (cp)			
		Peak****	Final Visc****	Breakdown****	Setback****
Nampyeong	73.0±0.67 ^{de}	2529.5±19.09 ^{fg}	3053±46.67 ^{cd}	895.0±118.79 ^e	1418.5±53.03 ^{ef}
Dongjin 1	86.6±0.00 ^a	2369.5±30.41 ^h	2677.5±67.18 ^h	985±26.87 ^{cdef}	1293±9.90 ^{ij}
Dongjin 2	71.0±0.07 ^e	2509±19.80 ^{fg}	2820±33.94 ^e	1032±18.38 ^{cde}	1343±4.24 ^h
Dongjinchal	70.2±0.07 ^e	995.5±47.38 ^l	754±16.97 ^j	442±31.11 ^h	200.5±0.71 ^l
Samkwang	71.8±0.04 ^e	2905±12.73 ^b	2991±39.6 ^{def}	1344.5±13.44 ^a	1430.5±13.44 ^{de}
Samduk	83.3±0.07 ^{ab}	2136.5±4.95 ⁱ	2440±26.87 ⁱ	975±14.14 ^{efg}	1278.5±7.78 ^j
Saechucheng	78.7±8.73 ^{bcd}	2543.5±12.02 ^f	3060.5±7.78 ^{cd}	1055.5±21.92 ^{cde}	1572.5±2.12 ^a
Sura	71.1±0.00 ^e	2485±18.38 ^e	2783±36.06 ^e	1253.5±61.52 ^{ab}	1329±2.83 ^h
Sindongjin	72.6±0.04 ^e	2784.5±13.44 ^d	2690.5±30.41 ^h	1329.5±10.61 ^a	1235.5±6.36 ^k
Odae	71.1±0.25 ^e	2621.5±26.16 ^e	3007.5±3.54 ^{def}	1078.5±28.99 ^{cd}	1464.5±6.36 ^c
Onnuri	71.0±0.11 ^e	2497±25.46 ^{fg}	2991.5±14.85 ^{def}	911.5±0.71 ^{fg}	1406±11.31 ^{ef}
Unkwang	73.0±0.67 ^{de}	2846±9.90 ^c	3213±89.10 ^b	1028.5±68.59 ^{cde}	1395.5±10.61 ^{fg}
Ilmi	73.1±0.67 ^{de}	2641.5±28.99 ^e	2851±1.41 ^g	1092±19.80 ^c	1301.5±7.78 ^{ij}
Ilpum	71.8±0.11 ^e	2643±38.18 ^e	3112±15.56 ^e	1062.5±55.86 ^{cde}	1531.5±2.12 ^b
Junam	71.0±0.00 ^e	2632±39.6 ^e	2941.5±79.90 ^f	1061.5±44.55 ^{cde}	1371±4.24 ^g
Chucheong	85.7±0.07 ^a	2492.5±7.78 ^{fg}	2953.5±54.45 ^{ef}	1007±59.40 ^{cdef}	1468±2.73 ^c
Hopyeong	71.0±0.04 ^e	3053±16.97 ^a	3298.5±21.92 ^a	1206.5±9.19 ^b	1452±14.14 ^{cd}
Hopum	79.5±9.72 ^{bc}	2365.5±86.97 ^h	2630.5±9.19 ^h	977.5±55.86 ^{efg}	1242.5±21.92 ^k
Hwayoung	73.9±0.57 ^{cde}	2926±15.56 ^b	3036±35.36 ^{cde}	1323.5±21.92 ^a	1433.5±2.12 ^{de}
Imported (USA)	75.1±0.04 ^{cde}	2953±22.63 ^b	3015.5±36.06 ^{def}	1253.5±61.52 ^{ab}	1316±2.83 ^{hi}

Mean±SD of 3 replications

**** $p < 0.0001$ ^{a-l}Means with different letters vertical the line are significantly different at 5% level by Fisher's LSD test.

알인 싸라기는 삼덕 품종이 16.03±0.5%으로 유의적으로 가장 높게 나타났고 조생종인 운광과 오대 품종도 각각 7.83±0.85, 7.53±0.95%로 높게 나타났다($p < 0.05$).

체적의 1/2 이상이 분상질 상태인 낱알을 일컫는 분상질립은 완전립의 비율이 가장 적었던 동진찰 품종이 98.8±0.51%로 유의적인 차이가 있게 가장 높은 값을 보였으며 그 외에 일품, 신동진, 운광 그리고 오대 등 완전립의 비율이 70%가 되지 않는 품종들의 분상질립이 30.37±1.7-65.4±2.15%로 높게 나타났다($p < 0.05$).

열에 의하여 변색되거나 손상된 낱알인 열손립은 남평, 동진1호, 삼덕, 일품 그리고 새추청 품종에서만 0.03-0.07±0.06%로 나타났다. 피해립(오염된 립, 병해립, 충해립, 발아립, 생리장해립, 적조 및 흑조가 낱알 길이의 1/4 이상 부착된 립)은 일품, 삼광, 오대 품종과 수입쌀에서 각각 0.6±0.2, 0.53±0.21, 0.5±0.2, 0.47±0.29%로 유의적으로 높게 나타났으며 그 외 16품종의 쌀에서는 0.3% 이하로 낮은 값을 보였다($p < 0.05$).

일반적으로 백미의 외형품질인자는 비정상립이 포함된 현미를 도정하여 백미를 가공할 경우 큰 영향을 미친다. 현미 중 미숙립은 도정과정에서 대부분 분상질립이 되거나 일부는 싸라기로 가공되며, 피해립과 열손립은 도정과정에서 대부분 피해립 또는 열손립으로 가공된다. Won 등(4)은 일품의 완전립이 96.1%이며 싸라기가 0.6%라고 보고한바 있는데 본 연구의 결과와 다른 이유로는 같은 품종이라도 도정 전 달랐던 현미의 상태와 도정 과정이 영향을 미친 것으로 사료된다.

각 품종별 1000립의 무게 측정 결과 신동진과 오대 품종만이 24.2±0.99, 23.1±0.4 g으로 중립으로 분류되었으며 그 외 18품종은 모두 소립으로 분류되었다($p < 0.05$).

쌀의 이화학적 특성

아밀로즈 함량은 식미/취반특성을 결정하는 가장 중요한 요소

이며(22) 재배지역, 등숙온도, 일장, 출수기 등에 의해 영향을 받는다(23). 측정 결과 중만생종으로 일반지역에서 재배하는 고품질 품종인 동진2호, 온누리, 주남 그리고 추청 쌀이 19.1±0.32% 이상으로 유의적으로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$).

쌀의 호화온도를 간접적으로 측정할 수 있는 알칼리 붕괴도는 품종 간 차이를 쉽게 구별할 수 있어 현재 육종 프로그램에서 실용적으로 사용되고 있다. 호화온도가 70°C 이하로 낮으면 KOH 하에서 미립이 완전히 풀어지며 70-74°C로 중간인 것은 일부만 풀어지며 74°C 이상으로 높은 것은 KOH에 받는 영향이 적다. RVA에 따른 호화특성 실험(Table 5)에서 74°C 이상의 높은 호화온도를 보인 동진1호, 삼덕, 새추청, 추청, 호품 그리고 수입쌀의 알칼리 붕괴도는 7단계의 기준 중 5단계로 '심하게 갈라져 꽤 넓은 퍼짐도 보이고 투명화 현상 시작'의 상태를 보였으며 그 외 호화온도가 중간인 신동진을 포함한 나머지 품종과 70.2±0.07°C로 가장 낮은 온도인 동진찰 품종은 6단계로 '완전히 퍼지고 외곽은 거의 투명화 됨'의 상태를 나타내었다. 그러나 전체적인 측정 결과 품종에 따른 차이는 미미한 것으로 나타났다.

쌀을 호화 시킨 뒤 냉각하여 노화정도를 관찰한 호응집성은 쌀의 점성을 나타내는 특성으로 조직감을 평가하는데 이용된다. Gel의 흘러간 길이가 61-100 mm인 쌀은 연(soft), 41-60 mm는 중(medium) 그리고 26-40 mm는 경(hard)으로 표시하여 조직감을 구분하며 지질 함량, 단백질 함량, 아밀로즈 함량 등에 의해 영향을 받는다(24). 특히 연으로 분석된 쌀이 양질인 것으로 알려져 있다(25). Gel의 흘러간 길이 측정 결과 동진찰 품종과 수입쌀이 각각 100과 99.7±0.58 mm로 가장 멀리 흘러 매우 연하게 나타나 양질의 상태임을 알 수 있었고 일품 품종이 63±7.0 mm로 가장 적게 흘러 노화의 진행이 빠름을 알 수 있었다. 그러나 20품종의 쌀 모두 63±7.0-100±0.0 mm 사이의 값을 나타내어 '연함(soft)'

으로 분류되었다($p<0.05$).

전분가는 시료 100 g 중 존재하는 전분의 g수로 시료 중의 당류, dextrin, 전분을 환산하여 포함한다. 전분의 양이 많다는 것은 당(當) 성분을 많이 만들어 내는 것을 의미하며 양조 시 이는 알코올 수율과 직접적으로 연결이 된다. 20품종 쌀의 전분가 분석 결과 전체적으로 70.8±2.67% 이상의 값을 나타내었으며 시료마다 차이가 나타나는 이유는 각 시료별로 도정의 방법과 정도 차이에서 기인한 것으로 사료된다. 전분가는 조생종인 윤광 품종이 80.1±5.09%로 가장 높았고 다음으로 일품이 79.2±11.73%로 높게 나타났으며 동진찰 품종이 70.8±2.67%로 가장 적게 나타났다.

호화특성

RVA(Rapid Visco Analyzer)에 의한 품종에 따른 쌀가루의 호화 특성은 Table 5와 같다. 호화개시온도는 가열시 전분입자가 호화(gelatinization)되는데 필요한 온도로 삼광, 동진찰 그리고 동진2호 등 13품종의 쌀이 70.2±0.07-73.1±0.67로써 그 외의 7종에 비하여 호화가 용이할 것으로 사료되며, 수입쌀의 호화개시온도는 75.1±0.04로 Song 등(26)이 보고한 미국산 수입쌀의 호화 개시온도(70.5)보다 다소 높은 결과를 보였다. 최고점도는 호평 품종이 3053±16.97 cp로 유의적인 차이가 있게 가장 높게 나타났으며 다음으로 수입쌀이 953±22.3 cp로 높았고 동진찰 품종이 995.5±47.38 cp로 가장 낮게 조사되었다($p<0.05$).

최종점도는 가열이 중지되고 cooling이 되는 단계에서 일어나는 과정이며 이때 특히 아밀로스와 같은 전분분자들이 다시 재결합하여 점도가 증가한다(27). 호평, 윤광 외 6개 품종이 3000 cp 이상으로 높게 나타났고 그 중에 수입쌀도 포함되었으며 최고점도와 마찬가지로 중만생종 중 특수미 품종인 동진찰이 745.5±16.97 cp로 유의적으로 가장 낮게 나타났다($p<0.05$).

호화 중 전분의 열과 전달력에 대한 저항의 척도인 강화점도(breakdown)는 중만생종인 삼광과 신동진 품종 그리고 중생종인 화영벼에서 1323.5±21.92 cp 이상으로 유의적인 차이가 있게 높게 나타났으며 냉각 후의 최종 점도와 최고점도의 차로 후퇴, 노화의 특성을 나타내는 취반점도(setback) 값은 새추청, 일품 외 7개 품종이 1406±11.31 cp 이상의 값을 나타내었고 동진찰 품종은 200.5±0.71 cp로 20품종 중 가장 낮은 값을 보였다($p<0.05$).

요 약

쌀 가공제품을 위한 다양한 쌀의 품질분석을 위해 국내산 쌀 19품종과 수입쌀 1종의 일반성분과 형태검정, 이화학적 특성 및 호화특성을 분석하였다. 수분함량은 11.11±0.20-13.28±0.03%였으며 단백질과 지방 함량은 각각 5.04±0.03-7.02±0.10, 0.18±0.01-0.73±0.05%였다. 무기질 함량은 칼슘이 3.56±0.11-6.69±0.08 mg/100 g, 나트륨이 3.39±0.01-17.43±0.04 mg/100 g, 인이 64.12±0.88-102.0±0.36 mg/100 g, 아연이 0.95±0.01-1.75±0.0 mg/100 g, 철이 0.19±0.0-0.69±0.02 mg/100 g, 마그네슘이 9.89±0.47-23.31±0.21 mg/100 g, 칼륨이 47.11±3.49-82.19±1.08 mg/100 g 그리고 망간이 0.47±0.0-1.14±0.01 mg/100 g의 함량을 보였다. 20품종 중 18품종의 크기가 소립이었으며 아밀로즈 함량은 10.3±1.27-19.4±0.15%였고 전분가는 70.8±2.67-80.1±5.09%를 나타내었다. 알칼리 붕괴도는 5-6등급의 상태였고 호응집성의 측정 결과 gel은 63.0±7.0-100±0.0 mm 사이로 흘러 ‘연함’을 나타내 양질의 상태를 보였다.

문 헌

1. Kim YD, Ha UG, Song YC, Cho JH, Yang EI, Lee JK. Palatability evaluation and physical characteristics of cooked rice. Korean J. Crop Sci. 50: 24-28 (2005)
2. Lee MJ, Kim YK, Seo JW, Kim JG, Kim HS. Cooking and pasting characteristics of non-waxy and waxy pearled barley products from Korea. Korean J. Food Preserv. 16: 661-668 (2009)
3. Han SH, Choi EJ, Oh MS. A comparative study on cooking qualities of imported and domestic rices. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 91-97 (2000)
4. Won JG, Ahn DJ, Kim SJ, Park SD, Choi KB, Lee SC, Son JK. Comparison of grain quality between chinese parboiled and domestic rice. Korean J. Crop Sci. 50: 19-23 (2005)
5. Hong YH, Ahn HS, Lee SK, Jun SK. Relationship of properties of rice texture of Japonica and Indica cooked rice. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 59-62 (1988)
6. Chun AR, Kim DJ, Yoon MR, Oh SK, Hong HC, Choi IS, Woo KS, Kim KJ, Ju SC. Variation in quality and preference of *sogokju* (Korean traditional rice wine) from waxy rice varieties. Korean J. Crop Sci. 55: 177-186 (2010)
7. Kim HR, Lee AR, Kwon YH, Lee HJ, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. Physicochemical characteristics and volatile compounds of glutinous rice wines depending on the milling degrees. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 75-81 (2010)
8. Kim YB, Hah DM, Kim CS. Milling characteristics and qualities of Korean rice. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 199-205 (1990)
9. Kwak YM, Yoon MR, Sohn JK, Kang MY. Differences in physicochemical characteristics between head and incomplete rice grains. Korean J. Crop Sci. 51: 639-644 (2006)
10. Lee MK, Park JS, Na HS. Physicochemical properties of ‘Olbyossal’. Korean J. Food Preserv. 17: 208-213 (2010)
11. Kim MS, Yang HR, Jeong YH. Mineral contents of brown and milled rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 443-446 (2004)
12. Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. Comparison of nutritional composition in Korean rices. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 885-892 (2002)
13. Hwang HR, Kim KH, Lee J, Chung CT, Lee JC, Choi JJ, Chun JP, Yook HS. Comparison of mineral contents of three rice varieties under different culture practices. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 721-726 (2009)
14. Won JG, Lee SH, Choi JS, Park SG, Ahn DJ, Park SD, Son JK. Yearly variation of rice quality in Gyeongbuk province, Korean J. Crop Sci. 50: 69-76 (2005)
15. Kang HJ, Hwang IK, Kim KS, Choi HC. Comparative structure and physicochemical properties of Ilpumbyo, a high quality Japonica rice, and its mutant, ‘Suweon 464’. J. Agr. Food Chem. 51: 6598-6603 (2003)
16. Kim KS, Kang HJ, Hwang IK, Hwang HG, Kim TY, Choi HC. Comparative ultrastructure of Ilpumbyo, a high quality japonica rice, and its mutant, Suweon 464. J. Agr. Food Chem. 52: 3876-3883 (2004)
17. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 14th ed. Method 930.15, 990.03, 945.16, 978.10. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA(1984)
18. Choi HC. A Guide to Rice Breeding. Rural Development Administration, National Institute of Crop Science, Seoul, Korea. pp. 293-295 (2006)
19. Choi HC. A Guide to Rice Breeding. Rural Development Administration, National Institute of Crop Science, Seoul, Korea. pp. 300-301 (2006)
20. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428 (1959)
21. NRRDI. R.D.A. Food Composition Table. 7th revision. National Rural Resources Development Institute, Seoul, Korea. pp. 44-45 (2006)
22. Bao JS, Sun M, Corke H. Analysis of genetic behavior of some starch properties in india rice (*Oryzasativa L.*): Thermal properties, gel texture, swelling volume. Theor. Appl. Genet. 104: 408-

- 413 (2002)
23. Heu MH, Moon HP. Basic studies for the breeding of high protein rice IV. Effect of short-day and high-temperature treatment on the amylose and crude protein content of rice. *Korean J. Crop Sci.* 14: 129-133 (1974)
24. Juliano BO. *Rice Chemistry and Quality*. Philippine Rice Research Institute (PhilRice), Los Banos, Philippines. pp. 215-220 (2003)
25. Perez CM, Juliano BO. Indicators of eating quality for non-waxy rices. *Food Chem.* 4: 185-195 (1979)
26. Song YE, Cho SH, Kwon YR, Choi DC. Quality of jeonbuk-originated brand rice compared with other domestic brands and imported market rice. *Korean J. Crop Sci.* 53: 347-352 (2008)
27. *Applications Manual for the Rapid Visco TM Analyser*. Newport Scientific Pty., Ltd., Warriewood, Australia. pp. 13-15 (1998)