

식미에 영향을 미치는 쌀 곡립의 이화학적 특성

윤미라* · 김채은* · 고희종** · 강미영*[†]

*경북대학교 식품영양학과, **서울대학교 식물생산과학부

Physicochemical Properties of Rice Kernels Affected on Palatability

Mi-Ra Yoon*, Chae-Eun Kim*, Hee-Jong Koh**, and Mi-Young Kang*[†]

**Department of Food & Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*

***Department of plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea*

ABSTRACT This study was investigated the relationship between palatability and physicochemical properties of rice kernels from two rice cultivars, including Gopumbyeo and Palgongbyeo. Major fatty acids of rice were oleic (35% in Gopum, 33.2% in Palgong, respectively) and linoleic acids (42.9% in Gopumbyeo, 40.7% in Palgongbyeo, respectively). There were significant differences in composition of amino acids and content of sugar from non-starch polysaccharide between two rice cultivars. However, no difference was found in mineral contents between Gopumbyeo and Palgongbyeo. In Rapid Visco Analyzer examination, pasting temperature and breakdown of Gopumbyeo were lower than those of Palgongbyeo. In X-ray diffraction patterns of starches separated from two rice cultivars, traditional A type and there was no difference in crystalline of rice starch. We could also obtain the results that Gopumbyeo, known to have good eating quality, had higher palatability value than Palgongbyeo.

Keywords : palatability, rice kernels, physicochemical properties

우리나라의 주식작물이면서 농업생산액의 40%를 상회하는 중요한 작물인 쌀(Choi, 2002)은, 세계 무역기구에 의한 쌀 관세화 협정 결과 2005년부터 단계적으로 수입물량을 증가하여 2014년에는 총 소비량의 8%(약 41만톤)를 의무적으로 수입하여야 하며, 수입 물량의 10%(2005년)부터 30%(2014년)를 시장에 방출(Park, 2005)하여야 하기 때문에 우리 쌀시장 및 쌀 산업에 미칠 파급효과에 대한 우려가 큰 상황이다.

쌀시장이 개방된 상황에서 일본과 대만의 대처 상황을 살펴보면, 대만의 경우 2003년 쌀시장이 개방된 이래 미국산, 일본산, 호주산 등이 대만산 쌀보다 고가품으로 인지되어 고급 쌀시장이 외국쌀에 잠식 당하고 있는 실정임에 반해서, 일본의 경우에는 1999년 수입이 개방된 이후 수입쌀들이 저가품으로 취급되고 있으며, 일본에서 생산되는 고품질 쌀들은 오히려 수출하고 있는 실정이다. 이러한 맥락에서 볼 때 우리나라도 시급히 쌀의 고품질화를 통하여 쌀 시장 개방에 대한 대응책을 수립하여야 할 것이다. 쌀 시장이 개방되고 있는 현시점에서 쌀 산업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 쌀의 고품질화(식미)가 이루어져야 한다.

쌀의 식미가 결정되는 데에는 여러 가지 요인(Chae, 2004)이 작용하는데, 지금까지는 주로 완전미 비율을 높임으로써 쌀의 외관 품위를 향상시키고자, 재배법, 수확 후 관리, 상품화 기술, 품질 관리 제도의 향상 등에 집중적인 관심을 기울이고 있었다. 한편, 우리나라의 고품질미 육종은 종래의 교배 및 선발 육종에 한정되어 있기 때문에 품질을 진일보시키는 데에는 한계가 있었다. 우리 쌀의 경쟁력 증진을 위해서는 품질 향상을 위한 다양한 연구가 필요하며 특히 쌀 성분 특성에 대한 기초연구와 더불어 분자유종을 추진하여야 할 것이다. 즉, 쌀의 품질(식미)을 유전자 수준에서 해석함으로써 유전자 변이를 활용하여 품질을 고급화하고, 선발 지표를 개발하는 연구들이 수행되어야 만이 우리 쌀의 국제 경쟁력이 강화될 것이다.

이에 본 연구에서는 밥 맛이 아주 좋다고 알려진 쌀과 밥 맛이 나쁘다고 알려진 쌀들의 이화학적 성분 특성을 분석함으로써 식미와 연관 지워 선발지표 개발을 위한 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-950-6235
(E-mail) mykang@knu.ac.kr <Received October 2, 2006>

재료 및 방법

시 료

쌀 시료는 서울대학교 농업생명과학대학으로부터 제공받은 고품벼와 팔공벼로서 현미 상태로부터 도정기(MC-90A, Japan)를 이용하여 백미(10분도미)로 도정하였다. 백미를 food mixer(CM-MM3900, (주)제이월드)로 분쇄하여 100 mesh로 체쳐서 쌀가루를 제조하였으며, 쌀 곡립으로부터 알칼리 침지법(Yamanoto *et al.*, 1973)에 의하여 쌀 배유 전분을 각각 분리하였다. 쌀을 50 mM LiOH(lithium hydroxide)에 침지 시킨 후 막자사발로 갈아서 isoamylalcohol, acetone, ethylalcohol 처리에 의해 단백질 및 지질 분획을 제거시키고 전분 침전물을 얻었다. 이를 풍건시켜 건조한 후 분쇄하여 데시케이터에 보관하면서 사용하였다.

지방산 분석

쌀가루로부터 클로로포름 : 메탄올(2 : 1, v/v)을 추출용매로 사용하여 Folch *et al.*(1957)의 방법에 의하여 지방산 분획을 추출하였다. 추출한 지방은 Chung(1991)와 Nike *et al.*(2004)의 방법에 따라 methyl ester화 시킨 후, GC-Mass(GC : Hewlett-Packard사의 HP 6890 series, Mass: JMS-700, Japan)를 사용하여 구성 지방산 조성을 분석하였다. 분석 조건으로 column은 DB-225(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), carrier gas는 He을 사용하였고, Injector temperature는 250°C, column temperature는 140°C for 2 min, 140~200°C (5°C/min), 200~220°C(10°C/min), Flow rate는 1 ml/min, injection 양은 1 μl로 하여 분석하였고 지방산 함량은 peak의 면적을 계산하여 상대적인 백분율로 나타내었다.

당 조성 분석

쌀가루로부터 termamyl 등의 효소처리에 의해서 비전분성 다당류를 분리한 후, 다당류를 황산으로 가수분해 시킨 후 gas chromatography에 의해 구성당의 함량 및 성분 조성을 분석하였다. 분석조건은 GC-Mass(GC : Hewlett-Packard사의 HP 6890 series, Mass : JMS-700)로써 column은 DB-225(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), carrier gas는 He을 사용하였다. Injector temperature는 250°C, column temperature는 150°C for 2 min, 150~230°C(4°C/min), 230°C for 10 min, Flow rate는 1 ml/min, injection 양은 1 μl로 하여 분석하였고 성분 당은 internal standard인 allose의 양을 기준으로 하여 peak의 면적을 계산하고 상대적인 백분율로 나타내었다.

식미분석

백미 200 g을 Grain Analyzer(FOSS Infratec 1241)에 투입하여 단백질, 수분, 아밀로즈 함량을 분석하였다. 이들의 함량에 근거하여 식미 반영 점수(식미치)로써 표시하도록 고안된 장치인 TOYO(M90 series, Japan)에 백미 33 g을 취하여 80°C의 더운물에 10분간 취반한 후 상온에서 3분간 뜸 들이기를 한 다음 측정하였다.

아미노산 분석

쌀가루 시료를 PITC(phenylisothiocyanate)로 유도체화 시킨 후, HPLC 로 분석하였다.

무기성분 분석

산 분해시킨 쌀가루를 ICP(OPTIMA 3200 RL)로 분석하였다.

쌀가루의 호화 특성 측정

신속점도 측정계(Rapid Visco Analyzer, Newport Co., Australia)를 사용하여 쌀가루 호화액의 점도를 측정하여 RVA viscogram으로부터 initial pasting temperature, peak viscosity, trough viscosity, final viscosity를 각각 구하였다. 최고점도에서 최저점도 뺀 값을 breakdown으로 하였으며 점도단위는 RVU(Rapid Visco Unit)로 표시하였다.

쌀 곡립 단면과 전분입자의 형태 관찰

쌀 곡립을 단축방향으로 자른 단면은 주사 전자현미경(Scanning electron microscope, Hitachi S-4200, Japan)을 이용하여 15 kV에서 30배 및 1000배의 배율로 관찰하였고 전분입자는 10000배에서 입자의 형태를 관찰하였다.

전분입자의 X선 회절도 측정

쌀 전분 입자의 결정성과 결정강도는 X선 회절기(Philips, X'pert PW3710, Netherland)를 이용하여 Target : Cu-ka, scanning speed; 0.04° 2θ/s, voltage; 30 kV, current; 20 mA의 조건으로 회절각도(2θ)를 5°부터 40°까지 회절시켜 나타나는 피크의 위치와 세기로써 결정성과 결정 강도를 비교하였다.

결과 및 고찰

식미치 검정

밥의 물리성을 텍스처 분석기로 검정하거나 밥의 윤기로

평가되는 식미검정계를 통하여 어느 정도 간접적인 판단 지표치를 얻을 수 있다. 밥맛이 가장 우수한 쌀의 이화학적 분석치는 단백질 함량은 7% 미만, 수분함량은 15.5~16.5% 범위의 것으로 알려져 있고 일반적으로 밥맛과 연관이 가장 높은 쌀의 구성성분(Choi *et al.*, 1997)으로 단백질과 아밀로오스 함량을 들 수 있다. Fig. 1에 나타내는 바와 같이 단백질 함량은 팔공벼(8.7%)가 고품벼(7.1%)보다 높았으며, 아밀로오스 함량은 고품벼(17%)가 팔공벼(15.6%)보다 1.4% 높게 나타내었다. 쌀의 단백질 함량이 높을수록 밥을 지었을 때 밥이 더욱 딱딱하게 느껴지고 탄력과 점성이 떨어지는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(Choi, 2002). 또한 단백질, 아밀로오스, 수분 함량들로부터 산출해내는 식미치는 고품벼가 84.4로서 높은 수치를 보여 팔공벼와 큰 차이를 보였다.

지방산 조성

쌀에 있어서 지질 성분은 단백질 및 전분과 결합된 형태로 조직의 물성 등에 영향을 미치므로 섭취하는 밥에서는 식감을 결정하는 요인이 된다. 지방산의 조성은 palmitic acid, oleic 및 linoleic acid 등 3종의 지방산이 95% 이상을 차지하고 그 외에는 linolenic acid, stearic acid, myristic

acid 등의 지방산이 0.5~2%의 비율을 차지하고 있다(Kwon *et al.*, 1996). 본 연구에서는 linoleic acid의 경우 고품(42.94%)이 팔공(40.69%)보다 약간 높았으며 oleic acid에서도 고품(35.02%)이 팔공(33.18%)보다 높은 비율을 보였으나 palmitic acid에서는 고품(17.89%)이 팔공(19.94%)보다 낮게 나타내었다. 이는 약간의 차이는 있지만 두 품종 모두에서 linoleic acid, oleic acid가 전체 지방산의 73% 이상을 차지하는 높은 양질의 기름임을 알 수 있었으며 전체 지방산에 대한 불포화지방산의 비율에 있어서도 고품(79.54%)이 팔공(76.09%)보다 3.45% 많았다. 그 외에는 myristic, palmitoleic, stearic, linolenic, arachidic, gadoleic acid의 지방산이 소량 함유되어 있었고 두 품종 거의 비슷한 비율을 나타내었다.

당 함량 및 조성

고품벼와 팔공벼의 비전분 다당류의 성분을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 비전분 다당류는 rhamnose, fucose, ribose, arabinose, xylose, allose 순으로 분리되었으며, 주요당은 glucose로서 전체의 약 92%를 구성하고 있었다. 대부분을 차지하는 glucose와 galactose를 제외하고 internal standard인 allose를 기준으로 볼 때 5탄당인 arabinose와

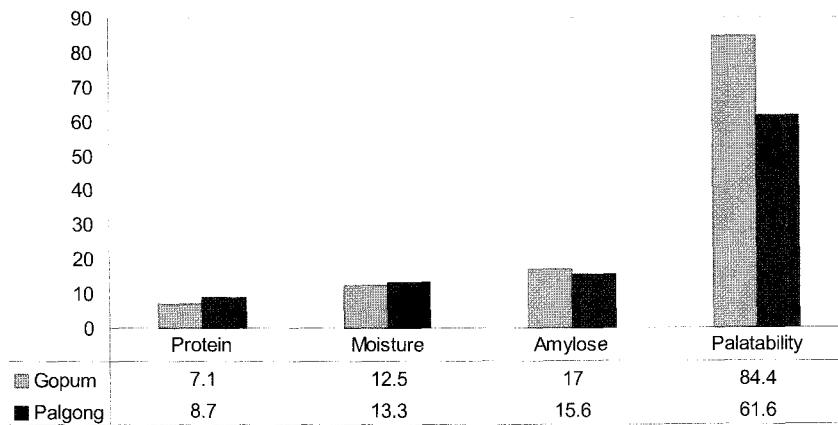


Fig. 1. Physicochemical properties of milled rice and palatability (Toyo value).

Table 1. Fatty acid composition of total lipids in milled rice varieties.

(unit : %)

Variety	Fatty acid composition [†]								
	C14 : 0	C16 : 0	C16 : 1	C18 : 0	C18 : 1	C18 : 2	C18 : 3	C20 : 0	C20 : 1
Gopum	0.39	17.89	0.19	1.79	35.02	42.94	1.18	0.37	0.21
Palgong	0.79	19.94	0.16	2.74	33.18	40.69	1.69	0.44	0.37

[†]fatty acids are expressed as the number of carbons : number of double bonds

xylose는 고품벼가 각각 11.46%와 1.79%였으며 팔공벼는 각각 4.16%, 1.63%였다. 그 밖의 비전분 다당류인 rhamnose가 고품벼, 팔공벼 각각 4.68%, 2.63%, fucose는 각각 9.07%, 3.31%였으며 ribose는 각각 1.94%, 0.24%를 차지하고 있었다.

아미노산 조성

쌀은 밀이나 옥수수에 비해 lysine, tryptophan, valine, arginine 등의 아미노산 조성이 우수하다(최해춘, 1997). 품종별 쌀에 함유된 구성 아미노산 조성비(mol%)는 aspartic acid, glutamic acid 등이 높게 나타났으며 고품은 Asp(18.92%) > Glu(18.59%) > Lys(9.99%) > Phe(8.92%) 순위로 높았고 팔공은 Glu(16.71%) > Asp(12.72%) > Asn(11.15%) > Lys(10.26%) 순위였다. 특히 aspartic acid은 고품이 팔공보다 6.2%, glutamic acid는 1.88% 높게 나타났다. 총 아미노산에 대한 필수아미노산 비율은 팔공(28.42%)이 고품(26.55%)보다 1.87% 높은 비율을 보였으며 필수아미노산 중 쌀의 제 1제한요소인 lysine의 조성비는 거의 비슷한 비율을 나타내었다.

미량원소 함량

K, Ca, Mg 미량원소 함량을 분석한 결과 품종 간의 차이

는 없었으며 K은 약 0.1%, Ca은 0.01%, Mg은 0.05% 나타내었다.

신속 점도계에 의한 쌀가루의 호화 특성

신속점도계를 이용하여 쌀가루의 호화 특성의 결과(Table 5)는 다음과 같다. 품종간의 차이가 나타났으며 호화개시온

Table 3. Amino acid composition in milled rice varieties.

Amino acid	(unit : MOL %)	
	Gopum	Palgong
Aspartic acid	18.92	12.72
Glutamic acid	18.59	16.71
Asparagine	8.79	11.15
Serine	4.39	6.22
Glutamine	5.51	2.69
Glycine	4.21	5.77
Histidine	1.39	1.73
Arginine	2.02	3.36
Threonine	1.01	1.47
Alanine	6.74	9.19
Proline	2.61	2.90
Tyrosine	0.87	0.87
Valine	1.42	1.46
Methionine	0.69	0.85
Cystine	0.78	0.00
Isoleucine	0.97	0.73
Leucine	1.32	1.15
Phenylalanine	8.92	9.69
Tryptophan	0.84	1.08
Lysine	9.99	10.26
Total	100.00	100.00
T.E.A.A	26.55	28.42

Table 2. Sugar content of non-starch polysaccharide in varieties.

Variety	Sugar	Area (%)
Gopum (TNSP)	Rhamnose	4.68
	Fucose	9.07
	Ribose	1.94
	Arabinose	11.46
	Xylose	1.79
	Allose (Internal standard)	71.07
Palgong (TNSP)	Rhamnose	2.63
	Fucose	3.31
	Ribose	0.24
	Arabinose	4.16
	Xylose	1.63
	Allose (Internal standard)	88.03

Table 4. Mineral contents of milled rice varieties.

Variety	(unit : %)		
	K	Ca	Mg
Gopum	0.10	0.01	0.05
Palgong	0.11	0.01	0.05

Table 5. Pasting properties of rice flours by rapid visco-analyzer.

Variety	Pasting Temp. (°C)	Pasting Time (min)	Viscosity (RVU) [†]			
			Peak	Trough	Final	Breakdown
Gopum	69.80	2.67	2703.00	1756.00	2821.00	947.00
Palgong	72.80	2.93	2622.00	1638.00	2724.00	984.00

[†]Rapid Visco Unit

도는 고품(69.8°C)이 팔공(72.8°C)보다 낮았다. 이는 호화에 있어 쌀의 거의 80%를 차지하는 전분이 가장 관계가 깊으므로 전분의 양이나 농도 차이에 기인하는 것으로 보인다. 또한 고품의 Breakdown값이 팔공보다 낮은 것으로 보아 고품은 가열 호화되어 팽윤된 후에도 입자가 붕괴되지 않고 어느 정도 입자의 형태를 유지할 수 있음을 유추할 수 있다.

배유전분 입자 형태

쌀을 가로로 절단하여 단면을 30배, 1000배로 확대하여 관찰한 결과(Fig. 2, 3) 모양은 약간 신장된 타원형이었으며 전분, 단백질 등 여러 배유세포들이 밀착되어 공간 없이 빈틈없는 덩어리를 이루고 있었다. 전분립의 틈새에는 주로

단백질 입자로 채워져 있었으며 팔공 전분립이 고품보다 더 작고 촘촘히 밀착되어 전분립의 주변을 둘러싸고 있는 단백질의 양이 더 많음을 알 수 있다.

전분은 쌀 건조중량의 약 90% 이상을 차지하고 있으며 amylopectin과 amylose가 선상으로 배열되어 있으며 종자가 수정된 후 성숙과정에서 배유세포는 amyloplast를 형성하여 다양한 크기와 모양의 전분입자를 가지게 된다(Kim *et al.*, 1996). 고배율(×10000)의 주사전자현미경상에서 전분들은 단독 또는 복합 전분입자의 형태로 모양은 다각형의 형태를 하였으며 그 크기는 다양하였으나 대체로 직경이 약 3.5~4 μm로 나타났다. 고품전분은 팔공전분보다 다각형의 모양이 더 선명하고 균질하고 매끄러운 형태를 보였다.

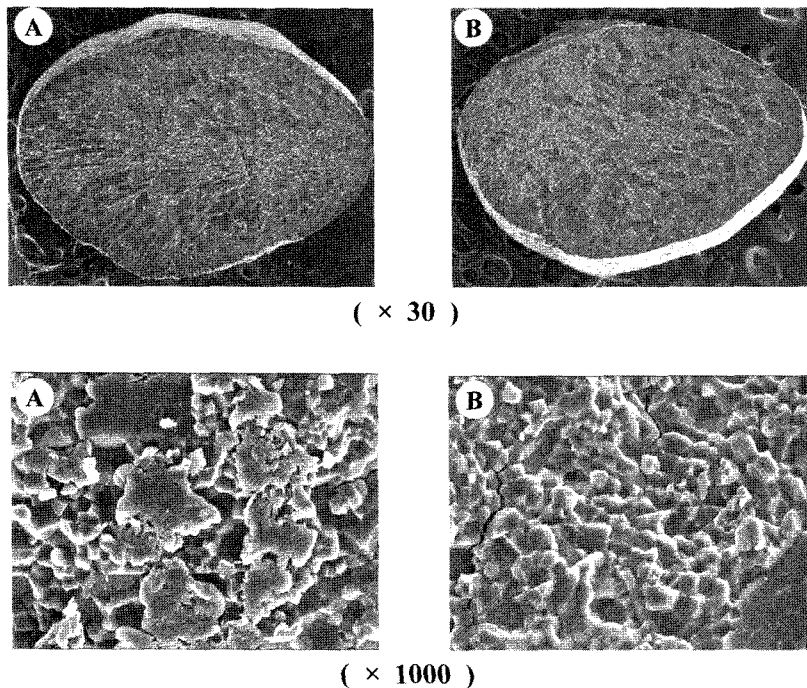


Fig. 2. Scanning electron micrographs of cross-sectioning grains (×30, ×1000).
A : Gopum, B : Palgong

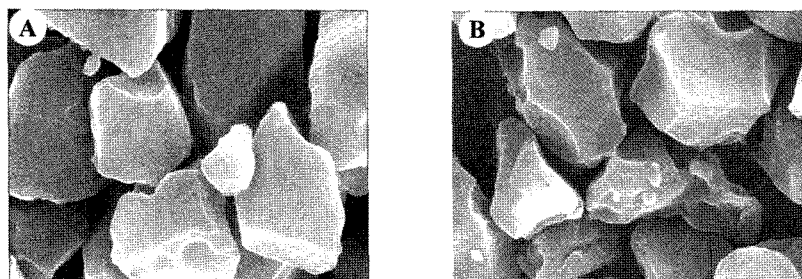


Fig. 3. Scanning electron micrographs of cross-sectioning starches (×10000).
A : Gopum, B : Palgong

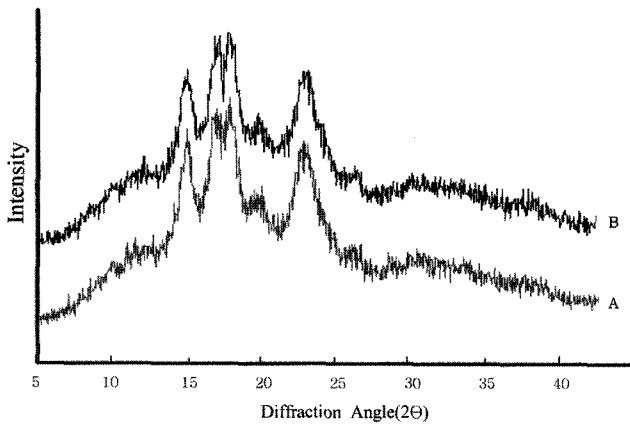


Fig. 4. X-ray diffractograms of rice starches.
A : Gopum, B : Palgong

X-선 회절도

X선 회절도의 pattern은 전분의 결정화도를 나타내는 지표이며 각 품종 전분 입자의 X-선 회절도에 의한 결정성 및 결정강도를 Fig. 4에 나타내었다. Peak가 날카로울수록 결정화도가 크다는 것을 의미하며 고품, 팔공 품종 모두 피크가 회절각도(2θ) 15~16°, 17~18°, 22~23° 근처에서 나타나는 전형적인 A형이었다. Ong & Blanshard(1995)은 결정강도는 피크를 포함하는 면적비와 높은 상관관계를 보여준다고 보고하였는데, 두 전분의 결정강도의 차이는 크지 않음을 알 수 있었다.

적 요

식미 선별지표 개발을 위한 기초적인 자료를 제공하고자 밥 맛이 아주 좋다고 알려진 쌀과 밥 맛이 나쁘다고 알려진 쌀들의 이화학적 성분 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 식미검정계를 통하여 단백질, 아밀로오스, 수분 함량들로부터 산출한 식미치는 고품벼가 84.4로서 높은 수치를 나타내어 팔공벼(61.6)와 큰 차이를 보였다.
2. 두 품종 모두에서 전체 지방산의 73%이상을 차지하는 oleic acid, linoleic acid가 고품이 팔공보다 높은 비율을 나타내었다.
3. 비전분 다당류는 rhamnose, fucose, ribose, arabinose, xylose, allose 순으로 분리되었으며 internal standard인 allose를 기준으로 볼 때 두품종간 구성에 차이를 나타내었다.
4. 구성아미노산 조성비는 aspartic acid, glutamic acid 등이 높게 나타났으며 무기성분의 구성에는 차이가 없었다.
5. 신속점도계를 이용한 호화 특성에서 호화개시온도는

고품(69.8℃)이 팔공(72.8℃)보다 낮았다.

6. SEM을 이용하여 관찰한 전분입자는 다각형이었으며 고품이 팔공보다 형태가 더 선명하고 균질함을 보였으며 X-선 회절도에 의한 전분 결정강도의 차이는 크지 않음을 알 수 있었다.

인용문헌

최해춘. 1997. 쌀을 알자. 신구출판사. pp. 114-116.
 Chae, J. C. 2004. Present Situation, Research and Prospect of Rice Quality and Bioactivity in Korea. Food Science and Industry. 37(2) : 47-54.
 Choi, H. C., H. C. Hong, and B. H. Nahm. 1997. Physicochemical and Structural Characteristics of Grain Associated with Palatability in Japonica Rice. Korean J. Breeding. 29(1) : 15-27.
 Choi, H. C. 2002. Current Status and Perspectives in Varietal Improvement of Rice Cultivars for High-Quality and Value-Added Products. Korean J. Crop Sci. 47(S) : 15-32.
 Chung, O. K. 1991. Cereal lipids. In: Lorenz, K. J. and K. Kulp (Eds.). Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker. New York. 497-553.
 Folch, J., M. Lees, and G. H. Slonastanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 226 : 497-509.
 Kim, S. K., B. S. Chang, and S. J. Lee. 1996. Ultrastructure of compound starch granules and protein bodies of starchy endosperm cell in rice. Agricultural Chemistry and Biotechnology. 39(5) : 379-383.
 Kwon, K. S., H. K. Kim, and M. S. Ahn. 1996. Comparative Studies on the Lipid Content and Neutral Lipid Composition in Japonica and Indica Rice Bran Oils. Korean J. Food Sci. Technol. 28(2) : 207-211.
 Nike, L., D. Adrien, L. D. Dominique, M. Eric, L. Yvan, and M. Marc. 2004. The oleate/palmitate ratio allows the distinction between wholemeals of spelt (Triticum spelta L.) and winter wheat (T. aestivum L.). Journal of Cereal Science. 39 : 413-415.
 Ong, M. H. and J. M. V. Blanshard. 1995. The significance of starch polymorphism in commercially produced parboiled rice. Starch/Stärke. 47(1) : 7-13.
 Park, M. 2005. Korea's Counter-Strategy on WTO/DDA Rice Negotiation and delayed Tariffication. The Journal of Korea Research Society for Customs. 6(1) : 189-191.
 Yamamoto, K., S. Sawada, and T. Onkai. 1973. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 20 : 99-104.