

찰벼 수확시기 및 건조정도에 따른 찹쌀 외관 품질특성 구명

정응기*[†] · 이춘기* · 최윤희* · 김정태* · 김 석* · 손종록**

*농촌진흥청 작물과학원, **충청남도농업기술원

Identification of Chalkiness Development of Milled Waxy Rice Grains with Harvest Times and the Moisture Contents

Eung-Gi Jeong*[†], Choon-Ki Lee*, Yoon-Hee Choi*, Jung-Tae Kim*, Seok Kim*, and Jong-Rok Son**

*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 441-857

**Chungnam Agricultural Research & Extension Services, Daejeon, 340-861

ABSTRACT Variation of chalkiness expression in milled waxy rice with the moisture contents of grains was investigated using instrument and naked eye evaluation methods. To find out any effects of varieties and harvesting times on the chalkiness development, rice grains of seven waxy varieties harvested at early, optimal and late times were tested after being sun-dried to have three different moisture contents of about 13.0~14.5%, 14.5~16.0% and above 16.0%. The moisture contents of rice grains were distributed in the ranges of about 13.0% to 17.5% with the drying intensity right after harvesting. Although there were some genetical variations in whiteness and degree of transparency of milled rice grains among varieties at the same condition, chalkiness was most significantly affected by the changes of moisture content in all waxy varieties and harvesting times. At the moisture content less than 13.5%, all varieties exhibited waxy unique chalkiness, and at the moisture ranges between 13.5% and 14.0% the chalkiness was more or less affected by harvesting time and varieties. At the moisture content ranges between 14.0% and 16.0%, chalkiness gradually disappeared as with the increase of moisture content. However the degrees of chalkiness loses were strongly depended on individual kernels by showing as if the number of non-waxy rice kernels would be increasing in waxy rice grains with the moisture content increase. At the moisture content above about 16.0%, all waxy kernels lost their unique chalkiness, and showed non-waxy rice appearance.

Keywords : waxy rice, chalkiness, grain quality, moisture content

쌀 전분은 아밀로펙틴과 아밀로스로 구성되어 있다. 멍쌀 전분의 경우 7~33%의 아밀로스를 함유하고 찹쌀 전분의 경우도 0.8~1.3% 범위의 아밀로스를 함유하고 있다. 특히 찹쌀에서 아밀로스는 전분립 중심부에 위치하는 것으로 보고되어 있다(Juliano, 1982).

찰벼 배유는 불투명한 유백색을 보이는데, 조직화학적으로 볼 때 찰벼의 전분립은 멍쌀에서와 같이 복합전분립을 이루고, 복부를 제외하고 밀집 정렬되어 있다(Del Rosario *et al.*, 1968; Evers & Juliano, 1976). 찹쌀의 전분립은 멍쌀의 전분립과 크기는 비슷하지만 밀도가 낮아서 전분립 사이에 공기로 채워진 빈 공간이 멍쌀보다 더 많다(Reyes *et al.*, 1965). Scanning electron microscopy 시험에서 Evers & Juliano(1976)는 찹쌀은 개별 전분립의 표면에 가는 구멍(micropore)과 복합전분립의 외표면에서 멍쌀전분에 없는 움푹한 곳(hollow)이 있음을 발견하였고, Utsunomiya *et al.*(1975)도 개별 전분립의 중심부에 1개의 작은 동공이 있음을 보고하였다.

찰쌀과 멍쌀간에 왕겨중량과 영과(caryopsis) 크기가 비슷하였음에도 불구하고 정조 비중이 멍쌀보다 떨어진다는 보고를 하였다(Sugawara, 1968; Takeda *et al.*, 1975). 찰벼 isogenic line을 이용한 보다 구체적인 시험에서 Takeda(1980, 1981)는 성숙한 찹쌀의 영과는 대응하는 멍쌀 보다 건물중이 6~10% 가볍고, 수분함량은 4~5% 더 높음을 관찰하였다. 상대습도 75% 이상에서 찰벼는 메벼보다 높은 평형수분함량을 가지며(Juliano, 1964), 물에 담갔을 때 평형수분함량도 찰벼가 가장 높고 고아밀로스 벼가 가장 낮게 나타난다. 멍쌀의 경우에서도 정상적인 것보다는 분상질미가 물에 담갔을 때 평형수분함량이 높게 나타나는 것으로 보고되

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6646
(E-mail) egjeong@rda.go.kr <Received October 2, 2007>

어 있다(Antonio & Juliano, 1973). 이러한 결과들은 전분립의 분자구조학적 특성과 높은 연관이 있다. 최근의 연구결과에서 전분립의 기본 골격은 아밀로펙틴에 의해 이루어져 있고 아밀로펙틴의 기본 구조는 cluster model로 긴 사슬이 배열되어 있는 결정성 부분과 분지된 부분인 무정형으로 되어 있으며 사슬길이의 크기나 분지정도는 품종에 따라 다른 것으로 알려져 있는데(Woo *et al.*, 1985), 찰쌀 전분에서도 이화학적 특성의 품종간 변이가 품종별로 긴 쇄장의 미세구조상에 차이와 관련 있다고 보고되어 있다(Sung *et al.*, 2000). 아밀로스는 아밀로펙틴 골격으로 이루어진 전분립의 무결정형 부위에 수놓은 것처럼 독립된 구조물로 존재할 것으로 주장되고 있는데(Jane *et al.*, 1992; French, 1984), 찰 전분의 경우 분상질을 띠는 것은 아밀로스가 충전 될 부위가 빈 공간으로 존재함으로써 이 부위가 물로 채워질 경우 멍쌀과 같은 반투명상태를 보이다가 건조시 이 부위의 수분을 우선적으로 소실하여 빈 공간상태로 되어 빛을 산란함으로써 특유의 유백색을 띠는 것으로 해석할 수가 있을 것이다.

벼를 수확한 직후 수분이 많이 있을 때에는 멍쌀과 찰쌀이 잘 구분이 나지 않는다. 찰쌀의 유백색은 소비자가 찰쌀을 구입 할 때 육안으로 판단 할 수 있는 외관품질의 간접 지표이다. 본 시험은 소비자가 원하는 고품질 찰쌀을 생산하기 위하여 찰쌀의 품종별 도정특성과 찰쌀 특유의 유백색을 나타내는 적정 수분을 품종별로 검토하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

공시재료는 숙기가 서로 다른 우리나라에서 육성된 7개 찰벼품종을 수확시기별로 도정 특성과 수분함량에 따른 찰쌀 외관품질특성을 조사하였다. 공시재료는 2006년도 4월 25일에 파종하고 5월 25일에 재식밀도 30×15 cm로 기계이

양 하였다. 시비량은 질소-인산-가리를 11-4.5-5.7 kg/10a 사용하였으며, 인산과 가리질 비료는 전량 기비로 사용하였고 질소질 비료는 기비를 70% 분얼비를 30%로 분시 하였다. 기타 재배법이나 병충해 방제는 작물과학원의 벼 표준 재배법에 준하였다. 성숙기 특성에 따라 적정 수확기를 기점으로 조기와 만기로 구분하여 품종별 3시기로 수확하였다 (Table 1). 시료채취 즉시 수분측정기(PB-3160 Kett, Japan)로 수분을 측정하고 음지에서 건조하면서 13.0~14.5%, 15.0~16.0%, 16.0% 이상으로 구분하여 도정시료를 조제하였다. 건조된 정조는 현미기(ST-50 Yanmer, Japan)와 백미기(RAT2, 쌍용)를 사용하여 10분도로 도정하였다. 완전미율 등 외관상 쌀 품위는 RN-500(kett, Japan)으로 각 시기별, 수분함량별, 3반복으로 조사하였다. 도정된 시료는 Colormeter(Color JS 555, Color Techno System Co. Japan)를 이용하여 쌀알의 투명도, 백도, 색차 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

도정수율은 정조에서 도정되어 쌀이 되어 나오는 비율로서 도정율은 정조수량과 함께 쌀 수량을 결정하는 요인이다. 공시된 품종 중에서 수확시기에 따른 찰벼 품종별 도정수율 특성을 조사한 결과 도정수율이 높았던 품종은 해평찰벼와 보석찰벼였으나 진부찰벼, 상주찰벼 및 동진찰벼는 낮은 경향을 보였다. 찰벼의 수확시기에 따른 도정수율의 특성은 품종특성에 따른 적기수확보다 5일정도 후에 수확하는 것이 도정수율이 높은 경향이었고 수확적기보다 5일 빠른 조기 수확은 낮게 조사 되었다(Fig. 1). 일반적으로 메벼에서는 적기에 수확하는 것이 도정수율이 높다고 보고(Kim *et al.*, 2001)하였으나 본시험 결과 찰벼는 수확 적기보다 5일정도 지난 후에 수확 하는 것이 도정수율 측면에서 유리한 결과를 보였다. 보석찰벼와 해평찰벼의 도정수율은 공시

Table 1. Heading date and harvesting time of waxy rice cultivars.

Cultivars	Heading date (mm/dd)	Harvesting time (DHA) [†]			Maturing
		1st	2nd	3rd	
Jinbuchalbyeo	7.26	42	47	51	early variety
Sangjuchalbyeo	8.02	(43)	48	(54)	"
Hwaseonchalbyeo	8.07	44	49	53	medium variety
Boseokchalbyeo	8.10	(46)	50	(55)	"
Sinseonchalbyeo	8.11	(44)	49	(53)	"
Dongjinchalbyeo	8.15	50	55	62	late variety
Baegjinjubyeo	8.20	(50)	57	(61)	"

[†]DHA: days after heading

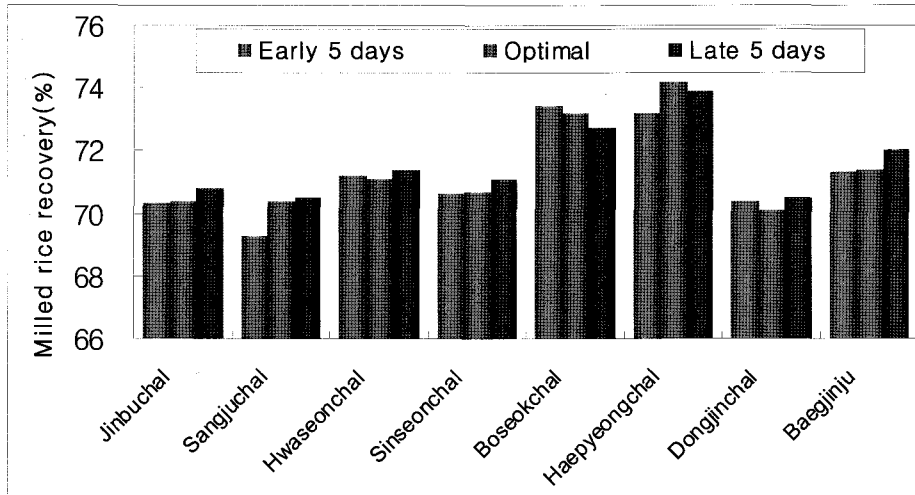


Fig. 1. Milled rice yield based on rough rice weight in waxy rice cultivars at different harvesting times. OPT: Optimum harvesting time in each waxy rice cultivar.

된 품종간에 수확 시기보다 품종간의 차이가 더 크게 조사되어 찰벼 품종의 유전적인 고유특성의 영향이 큰 것으로 판단되므로 지역특성에 적당한 품종을 선택해서 재배하는 것이 중요하다.

도정 작업이 완료되면 주 산물로서는 쌀이 생기고 부산물로서는 왕겨, 미강, 찌라기 등이 발생한다. 쉼미는 도정된 백미를 1.4 mm 체로 쳐서 체를 통과한 작은 찌라기를 말하며 큰찌라기는 그물눈 1.7 mm 체로 쳐서 체위에 남아있는 찌라기로서 그 길이가 완전한 낱알 평균길이의 3/4미만인 깨진 낱알을 말한다. 쉼미나 큰찌라기가 많으면 완전한 쌀의 양이 상대적으로 적어진다.

수확시기에 따른 쉼미율과 큰찌라기율의 상관은 쉼미율이 증가 할수록 큰찌라기율이 증가 하는 경향을 보였다. 적기수확 5일후 시료에서는 쉼미율이 증가하여도 큰찌라기율의 증가폭은 아주 적었으나, 5일 조기수확한 시료는 쉼미율

이 증가하면서 큰쌀리기율도 증가하는 것으로 조사되었다 ($R^2 = 0.88^{**}$). 따라서 쉼미나 찌라기가 적은 양질의 찰쌀을 생산하기 위해 메벼에서 권장되는 적기수확 일자보다는 약간 늦게 수확 하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 정조의 수분함량이 13%, 15%, 16%에 따라서 쉼미율과 큰찌라기율의 관계는 모든 조건에서 쉼미율이 증가 할수록 큰찌라기율이 증가하였고, 특히 13%수분에서 큰찌라기율의 증가폭이 높게 나타났고, 15%와 16%수분에서는 쉼미율 증가에 따른 큰찌라기율의 차이를 보이지 않았다(Fig. 2).

도정된 찰쌀의 백도는 찰쌀 품질의 외관상 특성으로 소비자가 양질의 찰쌀을 판단하는 하나의 지표이다. Table 2에서는 수확시기별 건조 수분 함량에 따른 찰쌀의 백도를 조사하였다. 찰쌀의 백도는 수확 시기에 따라 적기수확, 조기(-5일), 만기(+5일) 수확에 따른 차이는 크지 않았으나, 수분함량에 따른 백도의 차이는 크게 조사 되었다. Reyes *et*

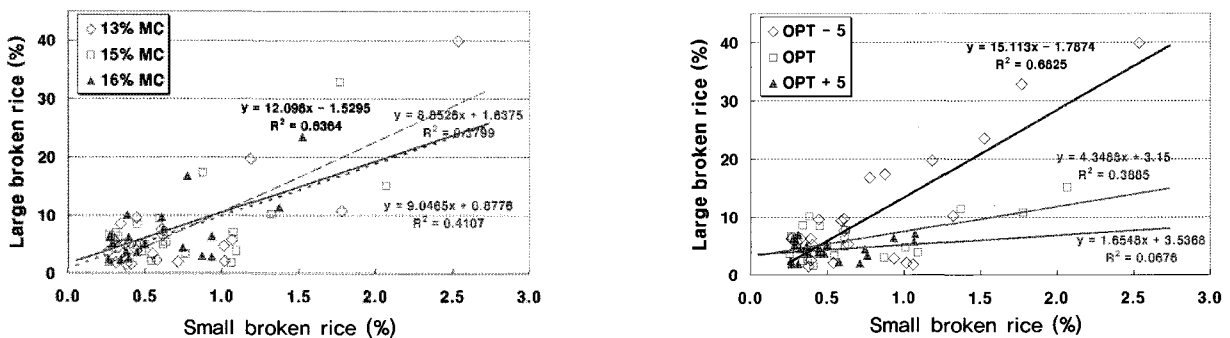


Fig. 2. Correlation between broken ratio and the big broken bit rate of waxy rice by moisture content and harvesting time.

Table 2. Whiteness of waxy rice by dry water content with harvesting time.

Harvesting [‡]	Whiteness of moisture content [†]		
	13%	15%	16%
Optimal stage - 5days	49.0±2.4	38.2±1.8	36.3±1.2
Optimal stage	48.3±2.0	43.9±4.4	37.1±2.7
Optimal stage + 5days	48.9±2.1	41.4±4.4	36.5±4.0

[†]Whiteness: average of tested 6 waxy rice varieties

[‡]Early maturing variety: 47~48 days, Medium maturing variety: 49~50 days, Late maturing variety: 55~57 day

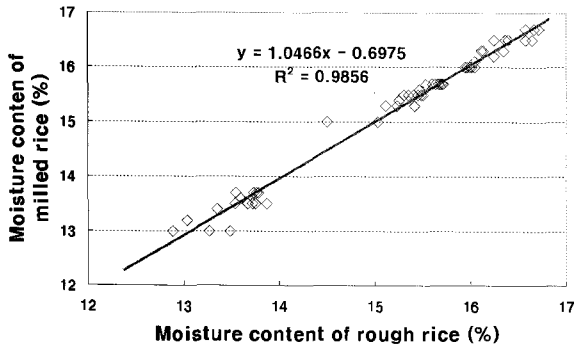


Fig. 3. Correlation between moisture content of rough rice and immediately after milled rice of waxy varieties.

al.(1965)은 찰쌀의 전분립은 멍쌀보다 밀도가 낮아서 전분립 사이에 공기로 채워진 빈 공간이 많다는 보고를 하였다. 이 공간에 수분이 채워져 있다가 건조하면서 빈 공간상태로 되어 빛에 의한 난반사로 배유부분이 뽀얗게 되어 백도가 높아지는 것으로 추정된다. 따라서 찰쌀의 백도는 수분함량에 따라 차이가 있으므로 수확 후 건조가 중요한 것으로 판단된다.

Table 2에서와 같이 찰쌀 고유특성인 배유 투명도는 수분에 절대적인 영향을 받는다는 결과를 얻었다. 일반적으로

벼에서의 수분 측정은 정조에서 실시하고 있다. 정조와 쌀에서 수분의 상관은 고도의 정의 상관($R^2 = 0.985^{**}$)을 나타냈다(Fig. 3). 따라서 벼의 건조 후에 수분의 측정은 정조에서 건조하며 측정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

정조의 수분함량에 따른 찰쌀의 외관 품위는 찰벼의 품종에 따라 13.0~13.7%까지 찰쌀 고유의 외관을 나타내고 있으나 15%수분은 찰쌀외관에 멍쌀이 섞여있는 정도의 배유 투명색을 나타내고 있었고, 16%수분에서는 멍쌀외관에 찰쌀이 일부 섞여있는 배유외관을 보여 수분함량에 따라 배유의 백도는 높아지고 투명도는 낮아지며 정백도는 높아지는 결과를 얻었다(Table 3, Fig. 4). 품종에 따라서 백도가 높았던 품종은 진부찰벼였으며, 투명도가 낮았던 품종은 상주찰벼와 화선찰벼였다. 정백도는 진부찰벼가 높았고 해평찰벼가 낮게 조사 되었다. 따라서 찰벼 배유에 나타나는 배유의 유백색에서 외관상 상품성이 양호해 보이는 품종은 진부찰벼, 상주찰벼, 화선찰벼인 것으로 판단된다. Sung et al.(2000)은 찰쌀전분의 이화학적 특성의 품종간 차이는 품종별로 긴 쇠장과 짧은 쇠장의 미세구조상에 차이가 있다고 보고하였다. 본 시험에서의 배유의 투명색 특성이 품종간에 다르게 나타나는 것은 전분의 미세구조상의 빈 공간의 특성차이로 배유의 백도, 투명도, 정백도가 다르게 나타나는 것으로 추측된다.

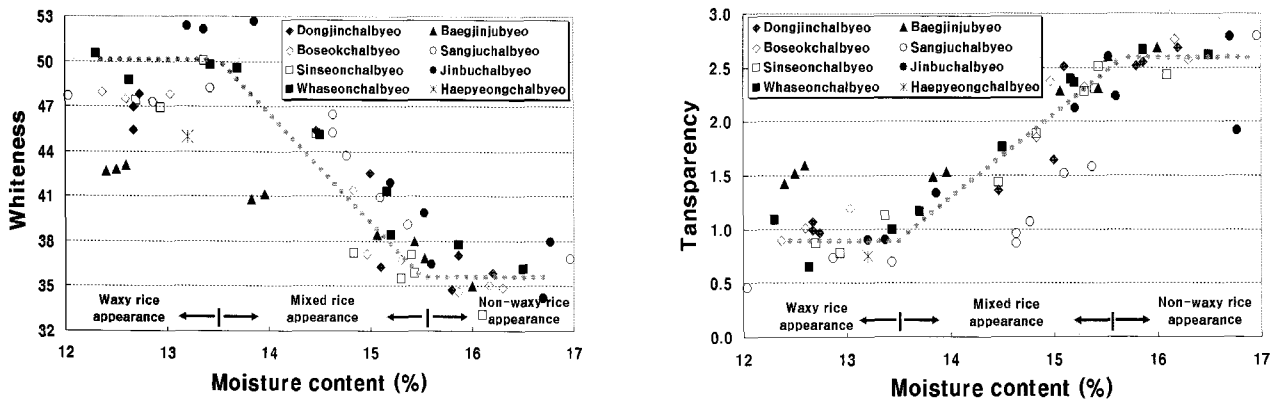


Fig. 4. Change of whiteness and transparency of waxy rice grains by moisture content.

Table 3. Comparison of appearances quality of waxy rice by moisture content in rough rice.

Cultivar	Moisture content (%)		Whiteness	Transparency	Chalkiness	Appearance of milled waxy rice
	Rough rice	Milled rice				
Jinbucharbyeo	13.7	13.4	52.1	0.9	144	waxy rice
	15.7	15.6	36.5	2.2	75	waxy+nonwaxy
	16.5	16.7	34.2	2.8	69	nonwaxy+waxy
Sangjuchalbyeo	13.6	12.9	47.3	0.7	122	waxy rice
	15.3	14.6	45.2	0.9	113	waxy+nonwaxy
	16.0	15.4	39.1	1.6	84	nonwaxy+waxy
Hwaseonchalbyeo	13.0	12.6	48.8	0.7	128	waxy rice
	15.0	13.7	49.6	1.2	133	waxy+nonwaxy
	16.0	15.2	41.3	2.4	98	nonwaxy+waxy
Boseokchalbyeo	13.0	12.6	47.5	1.0	124	waxy rice
	15.5	14.8	41.4	1.9	96	waxy+nonwaxy
	16.5	16.3	34.9	2.6	70	nonwaxy+waxy
Sinseonchalbyeo	13.5	12.7	47.4	0.9	123	waxy rice
	15.6	14.5	45.2	1.4	113	waxy+nonwaxy
	16.1	15.4	35.9	2.5	75	nonwaxy+waxy
Heapyeongchalbyeo	13.7	13.2	45.0	0.8	112	waxy rice
Dongjinchalbyeo	13.7	12.7	47.0	1.1	123	waxy rice
	15.5	14.5	45.4	1.4	114	waxy+nonwaxy
	16.5	15.9	37.0	2.6	80	nonwaxy+waxy
Baegjinjubyeo	13.7	12.6	43.1	1.6	104	waxy rice
	15.0	14.0	41.1	1.5	95	waxy+nonwaxy
	16.5	16.0	35.0	2.7	72	nonwaxy+waxy

Table 4. Whiteness and transparency of waxy rice by dry moisture content in milled rice.

Moisture content (%)	Whiteness	Transparency	Appearance of milled waxy rice
12.6±0.3	47.7±1.2 ^a	0.89±0.21 ^a	waxy rice
13.4±0.2	50.0±2.6 ^a	0.98±0.22 ^a	waxy rice
14.7±0.2	42.9±3.4 ^b	1.52±0.47 ^b	waxy+nonwaxy
15.4±0.3	37.7±2.3 ^c	2.32±0.34 ^c	nonwaxy+waxy
16.5±0.3	35.5±1.5 ^c	2.57±0.29 ^c	nonwaxy rice

*Column, values with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$

찰벼의 건조 수분 함량에 따른 찰쌀의 외관을 조사하기 위하여 도정 후 찰쌀의 백도와 투명도를 조사한 결과 수분 함량이 낮을수록 백도는 높아지고 투명도는 낮아지는 경향을 보였다(Table 4). 찰쌀의 백도는 수분함량 13.4%정도에서 가장 높게 나타났고, 그보다 더 낮은 12.6%에서는 오히려 백도가 다시 낮아졌다. 투명도는 수분함량이 낮아질수록 낮게 조사되었다. 그러나 정조의 건조는 연료, 시간, 노력 등이 소요되고 도정시의 과건에 의한 찌라기 발생 등을 고려해야 할 것이다. 따라서 찰쌀의 외관을 육안으로 판정하여 찰쌀 배유가 투명한 특성을 보이는 critical point는 13.5% 정도가 적당한 것으로 판단된다.

적 요

1. 수확시기에 따른 도정수율은 메벼의 적기수확시기보다 5일정도 늦게 수확하는 것이 높았으며 품종에 따라서는 보석찰벼와 해평찰벼가 도정수율이 높았다.
2. 찰쌀의 특징인 불투명한 유백색은 수분함량 14.0%이상부터 점차 소실되기 시작하여 15.0%대에 마치 멍쌀이 섞인 것처럼 보이다가 16.0%이상에 도달될 경우는 거의 대부분이 멍쌀과 같은 외관을 나타냈다.
3. 수분 증가에 따른 찰쌀의 유백색 소실은 조기에 수확된 벼에서 더 민감하게 나타나기 때문에 가능한 수확시기를

적기 이후로 정하는 것이 건조효율이나 찰쌀 수율 측면에서 더 유리하다고 판단된다.

4. 찰쌀 고유의 유백색 발현을 최대로 하기 위해서는 찰벼 건조수분의 critical point은 13.5%이하였다.

인용문헌

- Antonio, A. A. and B. O. Juliano. 1973. Amylose content and puffed volume of parboiled rice. *J. Food Sci.* 38 : 915-916.
- Del Rosario, A. R., V. P. Briones, A. J. Vidal, and B. O. Juliano. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. *Cereal Chem.* 42 : 225-235.
- Evers, A. D. and B. O. Juliano. 1976. Varietal differences in surface ultrastructure of endosperm cells and starch granules of rice. *Stärke* 28 : 160-166.
- French, D. 1984. Organization of starch granules. In: R. L. Whistler, J. N. BeMiller, and E. F. Paschall, Editors, *Starch: Chemistry and Technology*, Academic Press, Orlando, pp. 183-247.
- Jane, J., A. Xu, M. Radosavljevic, and P. A. Seib. 1992. Location of amylose in normal starch granules. I. Susceptibility of amylose and amylopectin to cross-linking reagents. *Cereal Chem.* 69 : 405-409.
- Juliano, B. O. 1964. Hygroscopic equilibria of rough rice. *Cereal Chem.* 41 : 191-197.
- Juliano, B. O. 1982. Properties of rice starch in relation to varietal difference in processing characteristics of rice grain. *J. Japan. Soc. Starch Sci.* 29 : 305-317.
- Kim, K. J., Y. K. Son, S. Jin, S. L. Kim, J. R. Son, and Y. K. Min. 2001. Physico-chemical and milling characteristics of paddy rice at different harvesting times. *Korean J. Crop Sci.* 47(S1) : pp. 146-147.
- Reyes, A. C., E. L. Albano, V. P. Briones, and B. O. Juliano. 1965. Varietal differences in physicochemical properties of rice starch and its fractions. *J. Agri. Food Chem.* 13(5) : 438-442.
- Sugawara, T. 1968. Thremmatological investigations on the chemical constitution of starch in cereal grains. II. The effect of the wx factor on amylopectin reserves in the mature endosperm. *Gakujutsu Hokoku Utsunomiya Daigaku Nogakubu* 7(2) : 97-105.
- Sung, Y. M., H. C. Choi, and M. Y. Kang. 2000. Physicochemical properties of starch granules from thirteen glutinous rice varieties. *Korean J. Breed* 32(3) : 226-232.
- Takeda, K., R. Nakayama, and K. Saito. 1975. Unvalanced growth in floral gumes and caryopsis in rice. IV. Influence of waxy character in gain size, Japan. *J. Breed.* 25 : 87-92 (In Japanese).
- Takeda, K. 1980. Grain filling process in waxy (glutinous) and nonwaxy isogenic lines of rice. *Japan. J. Breed.* 30 : 329-334 (In Japanese).
- Takeda, K. 1981. Response of grain filling to ripening conditions in waxy (glutinous) and non-waxy isogenic lines and their F1 hybrid of rice. *Japan. J. Breed.* 31 : 1-8 (In Japanese).
- Utsunomiya, H., M. Yamagata, and Y. Doi. 1975. Scanning electron microscopy of the endosperm of cereal crops. IV. Starch cell layer of imperfect grain of rice (non-glutinous) and glutinous rice. *Yamaguti Daigaku Nogakubu Gakujutsu Hokoku* 26 : 19-44.
- Woo, J. W., G. S. Yoon, M. H. Heu, and H. S. Kim. 1985. Comparison of Some Properties on Six Kinds of Waxy Starches. *J. Korean Appl. Biol. Chem.* 28(3) : 137-141.