

수확시기별 벼의 도정 및 이화학특성

김기종* · 김선림 · 송진 · 손종득 · 황흥구 · 신진철 · 최해춘 · 최영근¹ · 민용규²

*농촌진흥청 작물시험장, ¹전라북도농업기술원, ²충북대학교 식품공학과

(2001년 6월 14일 접수, 2001년 7월 23일 수리)

수확시기가 벼의 도정특성과 이화학특성에 미치는 영향을 알아보고자 중만생 품종인 대안벼의 수확시기별 도정 특성을 조사한 결과, 출수 후 45일째(10월 15일) 수확시 도정율은 75.97%, 백미완전립율은 93.33%로 가장 높았다. 출수 후 35일에 조기 수확하면 단백질함량과 아밀로스함량이 높았다. 따라서 중만생 품종인 대안벼의 수확적기는 도정 및 이화학특성으로 볼 때 출수 후 45~55일이 가장 유리하였다.

Key words: 수확시기, 도정특성, 미질, 대안벼, amylogram특성, 단백질

서론

쌀은 우리나라를 비롯한 동남아시아 여러나라에서 오래 전부터 재배되어온 주요한 식량원이다. 근래 품종개량과 재배기술 개발에 힘입어 1999년 우리나라의 총 미곡생산량은 5,263천톤에 이르렀고, 국민 1인당 연간 소비량은 1970년 136.4 kg 이후 매년 감소하여 2000년에는 93.6 kg으로 줄어 쌀의 자급이 안정 추세에 있다.¹⁾ 쌀의 품질과 생산량은 품종뿐만 아니라 재배환경과도 밀접한 관계가 있으며 수확, 건조, 저장, 도정 등 수확 후 관리도 중요하다. 쌀의 품질과 관련하여 Webb²⁾은 쌀의 품질 5요소를 영양가치, 취반 및 식미, 가공특성, 쌀의 외관 및 도정특성, 시장성으로 구분하였고, 최 등³⁾은 아밀로스, 단백질 및 몇 가지 무기성분 등이 밥맛의 지표로 이용되고 있다고 하였으며, 특히 이들 성분함량은 관능검사의 식미평가치와 높은 상관관계를 나타내고 있다고 하였다. 아밀로그래프 특성은 열에 대한 전문특성을 나타내는 것으로 쌀에 대한 이용은 1954년 Fukuba가 처음으로 측정된 이후 미질검정방법이 개량되어 최근에는 식미특성, 가공적성을 간접적으로 측정하는데 이용되어지고 있다. 아밀로그래프 특성 중 최고점도는 아밀로스함량과 부의 상관성이 있고, breakdown과는 정반대의 상관성이 있으며, 단백질함량은 최고점도, breakdown, setback과 부의 상관성이 있다고 하였다.⁴⁾ 일반적으로 우리나라에서 재배되고 있는 자포니카형 벼 중 식미가 양호한 품종들은 호화온도가 낮고, 최고점도와 breakdown이 높으며 최종점도가 높은 것으로 보고되고 있다.⁵⁾ 벼의 수확적기에 관한 연구로 강 등⁶⁾은 백미의 최대수량개념에서 수확적기를 판정하였으나 다른 연구자들은 수확시 벼의 함수율을 중요한 인자라고 보고하였으며, 백미완전립율을 백미의 품질을 판정할 수 있는 2차적 요인이라고 하였다.⁷⁾ 쌀의 품질 평가 요소 중의 하나인 취반특성에 관한 연구에서는 자포니카형 품종이 통일형 품종에 비해 취반액의 요오드정색도가 높고 용출 고형물이 많으며 그 변이도 크다고 하였으며,⁸⁾ 밥의 조직감 중 경

도는 자포니카형이 통일형 품종보다 높고 응집성은 통일형 품종이 높으며 경도는 단백질함량과 정반대의 상관관을 나타낸다고 하였다.⁹⁾

이상의 연구결과를 기초로 하여 본 연구에서는 대단위 재배 및 농촌 노동력부족, 기상등 수확여건이 다양해짐에 따라 수확시기에 따른 벼의 도정특성과 미질에 미치는 몇가지 요인을 연구하였다.

재료 및 방법

실험재료. 본 실험에 사용한 대안벼는 1999년 5월 3일 작물시험장의 포장(수원)에 피종하여 5월 28일 논에 이앙한 후 관행의 방법으로 재배하였다. 이 벼는 8월 30일 출수하였고, 출수 후 35일째인 10월 5일부터 10일 간격으로 10월 25일까지 3회 수확하고 그 후는 7일 간격으로 11월 29일까지 5회, 총 8회에 나누어 수확하였다. 수확된 벼는 15%로 건조하여 두께 0.03 mm의 polyethylene film으로 5 kg씩 밀봉하여 15°C 저온창고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

도정특성. 도정특성 조사를 위하여 실험실용 현미기(T.H.U. 35A, Satake, Japan)로 벼의 왕겨층을 분리한 후 실험실용 정미기(MCM-250, Satake, Japan)를 이용하여 현미의 미강층을 완전히 분리한 10분도로 도정하였다. 제현율은 실험실용 현미기(T.H.U. 35A, Satake, Japan)로 탈부한 후 1.6 mm 줄체로 쳐서 체위에 남은 현미량을 사용한 벼에 대한 백분율로 표시하였고, 현백율은 도정이 끝난 현미를 실험실용 정미기(MCM-250, Satake, Japan)로 도정 후 1.4 mm 그물체로 싸라기를 제거한 후 생산된 백미량을 사용한 현미량에 대한 백분율로 표시하였으며, 도정율은 제현율에 현백율을 곱하여 100분율로 표시하였다. 현미품위 중 정립율은 손상된 낱알인 피해립, 충실하지 않은 분상정립, 착색립, 사미, 미숙립 등을 제외한 현미의 비율로 표시하였으며, 쌀 품위 중 백미 완전립율은 쌀의 모양이 완전한 것과 깨어진 크기가 평균쌀알 길이의 1/2 이상인 쌀로 하였고, 싸라기는 1호체(KSA 5101표준체, 규격 1.70 mm인 그물체) 위에 남아있으면서 깨어진 크기가 평균 쌀알길이의 1/2 이

*연락처

Phone: 82-31-290-6819; Fax: 82-31-290-6894
E-mail: kkj737@rda.go.kr

하인 큰 찌라기와 2호체(KSA 5101표준체, 규격 1.40 mm인 그물체) 위에 남은 잔 찌라기를 합하여 표시하였다.

이화학적 특성 및 기계적 식미치. 아밀로스 함량은 Juliano의 방법¹⁰⁾에 준하여 spectrophotometer(Cary 3E, Varian, Australia)를 이용하여 620 nm에서 측정하였고, 조지방은 A.O.A.C.법¹¹⁾에 의하여, 조단백질은 micro-kjeldahl 법으로 분해 후 증류(Kjeltec 2100 distillation system, Denmark)하여 질소계수 5.95를 곱하여 환산하였으며, 알칼리붕괴도는 처리별로 완전립 6개를 3반복으로 취하여 직경 10 cm의 뚜껑이 있는 유리샤레에 넣고 1.4% KOH용액 10 ml를 주입하여 쌀알을 완전히 잠기게 하고 쌀 입자가 서로 붙지않게 정치하여 30°C incubator에서 24시간 둔 후 쌀 입자의 퍼짐성과 청결성을 정도에 따라 완전립은 1, 형태를 알 수 없게 되었을 때를 7로 하여 미립의 붕괴도를 측정하였다. 기계적 식미치는 분석할 쌀 33 g을 취반용 셀에 넣은후 취반기(MB90A, Toyo, Japan)에서 10분간 취반 후 5분간 뜸을 들이고 味度計(MA90B, Toyo, Japan)에 넣어 식미치를 측정하였다.

Gel-consistency는 Chagampang 등¹²⁾의 방법에 준하여 gel의 흘러간 길이를 측정하였다.

취반특성. 취반특성은 Chikubu 등¹³⁾의 방법에 준하여 백미 8 g을 넣은 취반망(높이 10 cm×직경 4 cm)을 200 ml 툴비이커에 넣고 여기에 물을 160 ml 가하여 자동전기밥솥(EC 3040, 삼성전자, 한국)에 넣고 25분간 취반 후 10분간 뜸을 들이고 나서 취반망을 들어내어 10분간 취반액이 빠지게 한후 가열흡수율, 용적팽창율, 용출고형물, 요오드정색도를 다음과 같이 조사하였다.

$$\text{가열흡수율} = \frac{\text{취반미의 중량}}{\text{사용정미의 중량(8 g)}} \times 100$$

팽창용적 = $\pi r^2 h$ (r = 취반망의 반경, h = 취반미의 높이 : 4곳에서 측정한 평균)

용출고형물: 취반액 10 ml를 평량병에 취하고 105°C에서 18시간 건조후 건조 전후의 증량차를 계산함

취반액의 요오드정색도: 취반액 1 ml를 100 ml 정용 플라스크에 취하고 요오드액 2 ml를 넣어서 반응 시킨후 증류수로 채우고, 2 ml의 요오드용액을 100 ml로 희석한 용액을 표준으로 하여 비색계를 이용 600 nm에서 구하였다.

밥의 texture 특성. 밥의 texture는 Ebata¹⁴⁾의 방법에 준하여 취반특성 조사가 끝난 시료를 polyethylene 필름으로 싸서 30분간 실온에 둔 후 모양이 완전한 밥알을 texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System, UK)로 Φ 2 mm probe를 사용하여 경도, 저작성, 부착성, 응집성, 점성을 측정하였다.

Amylogram 특성. Amylogram 특성은 rapid visco analyzer(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 백미미분 3 g과 증류수 25 ml를 호화 용기에 넣고 온도를 50°C부터 가열하여 95°C까지 상승시킨 후 다시 50°C까지 냉각시키면서 호화개시온도(G.T.), 최고점도(P), 최저점도(H), 최종점도(C)를 구한 후 breakdown(P-H), setback(C-P), consistency(C-H)를 계산하였다. 그리고 결과에 대한 통계분석은 SAS프로그램(v 6.12)을 이용하여 Duncan's Multiple Range Test, ANOVA 검정을 하였다.

결과 및 고찰

도정특성. 출수 후 35~90일 내에 수확한 벼를 수분 15%로 건조 후 도정특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 제현율은 출수 후 55일째를, 현미정립율은 출수후 45일째를 정점으로 하여 수확시기가 늦어질수록 낮아지는 경향이었고, 1.6 mm 줄체 아래로 나온 미숙립율은 출수 후 시간이 경과할수록 낮아지는 경향이였다. 이것은 출수 후 시간이 경과할수록 등숙에 유리한 조건으로 되기 때문으로 생각되었다. 현백율, 완전미율, 도정율은 출수 후 45일째가 가장 높았는데 이것은 1.4 mm 그물체를

Table 1. Milling characteristics and correlation coefficient between harvesting times

(unit: %)

Harvesting Time ^{a)}	Brown rice			Milled rice			RMRP ^{d)}
	RBR ^{b)}	Perfect brown rice	Immature brown rice	RMRB ^{c)}	Head rice	Broken rice ^{d)}	
35	82.90 ^{e†}	96.92 ^b	0.94 ^a	91.18 ^c	92.86 ^b	1.54 ^g	75.59 ^f
45	83.16 ^b	97.32 ^a	0.83 ^b	91.36 ^a	93.33 ^a	1.04 ^h	75.97 ^a
55	83.21 ^a	96.79 ^c	0.41 ^c	91.28 ^b	90.67 ^c	2.13 ^f	75.95 ^b
62	83.15 ^b	96.25 ^d	0.39 ^d	91.15 ^d	90.67 ^c	2.55 ^d	75.79 ^c
69	83.14 ^{bc}	95.68 ^e	0.37 ^e	91.10 ^e	89.14 ^d	2.64 ^d	75.74 ^d
76	83.13 ^{cd}	95.53 ^f	0.36 ^{ef}	90.95 ^f	88.21 ^f	2.87 ^c	75.61 ^e
83	83.13 ^{cd}	95.42 ^g	0.36 ^{ef}	90.87 ^g	87.78 ^g	3.02 ^b	75.54 ^g
90	83.13 ^{cd}	95.40 ^g	0.35 ^f	90.34 ^h	88.59 ^e	3.25 ^a	75.09 ^h
Correlation Coefficient	0.4447	-0.9294**	-0.8504**	-0.8184*	-0.9332**	0.9306**	-0.6489
LSD (5%)		0.0221	0.0158	0.0194	0.018	0.0226	

^{a)}Days after heading time

^{b)}Recovery of Brown Rice

^{c)}Recovery of Milled Rice from Brown Rice

^{d)}Small broken rice passed through the 1.40 mm opening of sieve

^{e)}Recovery of Milled Rice from Paddy Rice

[†] Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 2. Physicochemical properties and correlation coefficient of milled rice between harvesting time

Harvesting Time ^{a)}	Crude Fat (%d.b.)	Crude Protein (%d.b.)	Amylose (%d.b.)	A.D.V. ^{b)}	M.P. ^{c)}	Gel-Consistency (mm)
35	0.70b [†]	6.38 ^b	16.1 ^a	3 ^b	67.4 ^e	73 ^a
45	0.71 ^a	5.09 ^b	16.0 ^b	4 ^a	78.1 ^a	63 ^c
55	0.70 ^b	6.20 ^c	15.9 ^c	4 ^a	64.9 ^b	56 ^d
62	0.70 ^b	5.99 ^d	16.1 ^a	5 ^a	66.6 ^f	54 ^{ef}
69	0.70 ^b	6.45 ^a	16.0 ^b	5 ^a	66.1 ^g	54 ^{ef}
76	0.71 ^a	5.97 ^e	16.0 ^b	5 ^a	70.1 ^c	55 ^e
83	0.70 ^b	5.32 ^f	16.0 ^b	5 ^a	69.1 ^d	66 ^b
90	0.69 ^e	5.25 ^g	15.9 ^c	5 ^a	70.4 ^b	62 ^e
Correlation Coefficient	-0.556**	-0.231	-0.723**	0.652**	-0.171	-0.421*
LSD(5%)	0.01		0.1224	0.7066		1.1173

^{a)}Days after heading time

^{b)}A.D.V: Alkali digestion value

Score 3: Kernel swollen and chalky, Collar in complete or narrow

Score 4: Kernel swollen and center cottony, Collar complete wide

Score 5: Kernel split or segmented and center cottony, Collar complete wide

^{c)}Mechanical Palatability

[†] Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

통과한 쌀라기율이 가장 낮았기 때문이었다. Govindaswami와 Ghohh¹⁵⁾에 의하면 개화 후 27~39일 경에 수분함량 18~23%의 벼를 수확하였을 때 너무 일찍 수확하면 청사미 혹은 실정조 등의 미숙립이 많았다고 하였는데 본 시험에서도 조기 수확시에는 미숙립 발생이 많았고, 수확이 늦어지게 되면 포장상태에서 건습이 반복되어 과건으로 동할립 발생도 많았다. 수확시기와 도정특성과의 관계를 보면 완전미율과 미숙립과는 음의 유의상관을, 쌀라기와는 정의 유의상관을 나타내었다.

일반성분 및 기계적 식미치. 수확시기별 쌀의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 수확시기에 따른 조지방함량 차이는 0.69~ 0.71%로서 미미하였고, 조단백질은 5.09~6.45%로서 수확시기에 따라 일정한 경향을 찾을 수가 없었는데, 이것은 등숙시상과 관련이 컸을 것으로 생각되었다. 일반적으로는 벼의 수확시기가 늦어질수록 단백질함량이 감소하는 것으로 보고되고 있다.¹⁶⁾ 그리고 한 등¹⁷⁾은 자포니카형 벼가 인디카형 벼에 비하여 단백질 함량이 낮다고 하였고, 최 등⁸⁾은 쌀 속의 단백질 함량이 높으면 식미가 불량해진다고 보고하였다.

식미를 예측할 수 있는 중요한 특성으로 알려져 있는 아밀로스함량은 수확시기별로 15.9~16.1%로 미미한 차이를 보였는데 우리나라나 일본에서 생산되고 있는 자포니카형 쌀은 대부분이 아밀로스 함량이 20% 미만이기 때문에 아밀로스 함량과 식미와는 직접적인 관계가 분명하지 않고, 아밀로스 함량이 비슷한 경우 식미가 차이가 나는 것은 밥알의 texture 또는 쌀전분의 물리성 차이 때문이라는 보고¹⁸⁾가 있다. 최 등³⁾은 관능검정결과 종합적인 밥맛과 아밀로스 함량과는 정의 상관($r=0.827^{**}$)이 있음을 보고하였다. 그러나 본 실험결과 아밀로스 함량과 기계적인 식미치와는 상관이 없었다. 최¹⁹⁾는 5월 10일 파종하여 출수 후 30일부터 50일 사이에 수확하였던 벼에서 출수 후 45일까지는 아밀로스 함량이 증가하다가 45일 이후는 감소하였다고 보고하였는데 본 실험결과 출수 후 45일째 이후 수확시 아밀로스 함량이 감소하는 경향이 일치하였

고, 수확시기와 아밀로스 함량간에는 음의 상관($r=-0.723^{**}$)을 나타내었다.

알칼리붕괴도는 미립의 호화온도와 함께 품종 및 재배환경에 따라 큰 차이가 있는 특성임에도 이들 특성과 식미와의 관계가 아직까지 확실하게 밝혀지지 않고 있다. 알칼리붕괴 정도를 본 결과 출수 후 55일째 수확한 벼는 투명화 현상이 시작되고 퍼짐 현상도 보였으며, 출수 후 62일 이후 수확한 벼는 심한 퍼짐을 보였고, 수확시기와 알칼리 붕괴도 사이에는 정의 상관($r=0.652^{**}$)을 나타내었다. 쌀을 취반하고 나서 측정된 기계적인 식미치는 출수 후 45일째 수확한 쌀이 78.1로 가장 높았으나 수확시기에 따른 일정한 경향은 볼 수 없었다. 호화용집성은 밥알의 유연성을 간접적으로 측정할 수 있다. 아밀로스 함량이 25% 이상인 품종에서는 호화용집성의 차이가 뚜렷하지만 우리나라에서 주로 생산되는 자포니카형 쌀은 아밀로스 함량이 18~20%정도로 인디카형에 비하여 낮고, 출수 후 35일에서 76일 까지는 호화용집성이 낮아져서 미질에 나쁜 방향으로 작용되는 것으로 나타났다. 출수 후 35일째부터 69일째까지는 시간이 지날수록 호화용집성은 감소하는 경향이었으나 출수 후 76일째 이후에는 다시 높아졌다. 그리고 수확시기와 호화용집성(gel-consistency)은 음의 상관($r=-0.421^*$)을 나타내었다.

취반특성. 취반 특성은 쌀의 특성뿐만 아니라 밥을 짓는 기구, 밥 짓기 전의 물에 불리는 시간 등의 방법이 나라마다 서로 다르기 때문에 차이가 크다. 쌀의 취반특성은 식미특성과도 밀접한 관계가 있으며²⁰⁾ 쌀의 수분함량, 쌀알의 크기 등 물리적인 특성뿐만 아니라 아밀로스 함량, 알칼리붕괴도, gel consistency 및 전분의 호화온도 등에 의하여 결정되어진다¹⁸⁾ 고 하였다. 수확시기별 쌀의 취반특성은 Table 3과 같다. Duncan 다중범위 검정결과 가열흡수율, 팽창용적, 용출고형물, 취반액의 pH, 요오드 정색도 모두 유의적인 차이가 있었다. 가열흡수율은 출수 후 35일째에 수확한 쌀은 352.83%로 높았고, 출수 후 기간이 경과할수록 낮아져 출수 후 90일째에는 289.66%이

Table 3. Cooking characteristics and correlation coefficient of milled rice between harvesting times

Harvesting Time ^{a)}	W.U.R. ^{b)} (%)	Expanded volume (%)	T.S.R.L. ^{c)} (g/10 ml)	pH	B.V. ^{d)}
35	352.83 ^{a†}	348.27 ^c	0.193 ^c	6.00 ^g	0.10 ^b
45	346.69 ^b	334.11 ^g	0.171 ^f	6.11 ^f	0.07 ^d
55	317.46 ^d	363.17 ^b	0.239 ^a	6.25 ^d	0.06 ^e
62	315.91 ^e	363.54 ^a	0.226 ^b	6.27 ^c	0.06 ^f
69	296.02 ^g	355.91 ^c	0.185 ^d	6.39 ^a	0.08 ^c
76	311.15 ^f	353.44 ^d	0.150 ^g	6.36 ^b	0.06 ^e
83	318.06 ^c	354.31 ^d	0.184 ^e	6.16 ^e	0.43 ^a
90	289.66 ^h	344.70 ^f	0.119 ^h	6.39 ^a	0.11 ^b
Correlation Coefficient	-0.830**	0.280	-0.447*	0.710**	0.023
LSD(5%)	0.0132		0.0011	0.01	

^{a)}Days after heading time^{b)}Water Uptake Ratio^{c)}Total Solid in Residual Liquid^{d)}Intensity of Starch Iodine Blue Value of Residual Liquid Measuring Iodine Blue Value: Spectrophotometer at 600 nm

† Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 4. Texture characteristics and correlation coefficient of cooked rice between harvesting times

Harvesting Time ^{a)}	Springiness	Cohesiveness	Adhesiveness	Hardness	Chewiness
35	0.421 ^{h†}	0.164 ^h	-5.196 ^a	43.088 ^f	3.348 ^h
45	0.518 ^f	0.192 ^f	-9.005 ^f	66.394 ^a	11.980 ^a
55	0.542 ^e	0.210 ^d	-7.199 ^c	60.057 ^c	9.071 ^b
62	0.551 ^c	0.215 ^c	-8.651 ^e	65.363 ^a	8.778 ^c
69	0.629 ^a	0.232 ^a	-10.381 ^g	63.213 ^b	8.599 ^d
76	0.547 ^d	0.227 ^b	-11.186 ^h	56.644 ^d	8.136 ^e
83	0.499 ^g	0.186 ^g	-7.213 ^d	50.688 ^e	6.707 ^g
90	0.557 ^b	0.206 ^c	-6.332 ^b	61.238 ^c	7.871 ^f
Correlation Coefficient	0.568**	-0.383	-0.358	0.196	0.010
LSD(5%)	0.0039				

^{a)}Days after heading time

† Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

었으며, 출수 후 기간이 경과할수록 낮아지는 경향이였다. 수확시기와 가열흡수율은 음의 상관($r = -0.830^{**}$)을 나타내었다.

팽창용적은 출수 후 62일째 363.54%로 가장 높았고, 출수 후 45일째가 334.11%로 가장 낮았다. 최¹⁹⁾는 벼알의 충실도가 높아지면 팽창율이 낮아진다고 하였는데 본 실험결과 수확시기가 늦어질수록 팽창용적이 줄어든 것은 충실도가 높아졌기 때문으로 생각되었다. 밥을 지으면 대부분의 쌀은 쌀알 전체의 부피가 늘어나게 되는데 자포니카 품종 쌀은 인디카 품종 중 단립종 쌀에 비하여 길이로 더 잘 늘어나는 특성을 가지고 있다고 알려져 있다.¹⁸⁾

용출고형물은 쌀의 아밀로스 함량 및 알칼리붕괴도와 관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 팽창용적과 가열흡수율이 높은 쌀 중에 식미가 좋은 쌀이 많이 포함되어 있었다고²¹⁾ 하였으나 본 실험 결과에서는 기계적 식미치가 비교적 높았던 출수 후 45일째 수확한 쌀의 용출고형물은 0.171 g/10 ml이었다.

기계적 식미치가 비교적 높았던 출수 후 35일째 및 45일째 쌀의 취반액의 pH가 상대적으로 낮았고, 출수 후 69일째 및 90일째 쌀로 지은 밥의 취반액의 pH가 가장 높았으며, 출수 후 일수가 경과할수록 높은 값을 나타내었는데 이는 본 실험기간 동안 잦은 강우에 의한 것으로 생각되었다. 수확시기와 취반액

의 pH사이에는 정의 상관($r = 0.710^{**}$)을 나타내었다.

요오드정색도 값은 취반액 중에 용출된 전분의 양을 나타내는 것으로서, 출수 후 83일째 수확한 경우 가장 높은 0.43이었고, 출수 후 55일째, 62일째 및 76일째 수확한 쌀은 0.06으로 가장 낮았으나, 전반적으로 수확시기가 늦어질수록 증가하는 경향이었고, 수확시기와 요오드 정색도와는 상관이 없었다.

밥의 texture 특성. 수확시기별 밥의 texture 특성은 Table 4와 같다. Texturo-meter는 쌀밥의 texture 변화를 기록하는 장치로서 밥알의 경도, 호응집성, 탄력성, 점성, 부착성 등을 알 수가 있다. Okabe²²⁾의 보고에 의하면 밥알의 점성/경도 비율과 식미와는 밀접한 관계가 있었다고 하였다. 다중 범위 검정 결과 탄력성, 응집성, 부착성, 경도, 저작성 모두 유의적인 차이가 있었다. 탄력성은 수확시기 간에는 유의한 차이가 있지만 경향은 찾을 수가 없었다. 응집성은 출수 후 69일째가 가장 높은 0.232였고 출수 후 35일째가 가장 낮은 0.164였다. 부착성은 출수 후 35일째 수확하였을 때가 가장 높았고, 출수 후 76일째가 가장 낮았으며, 출수 후 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향이였다. 그리고 밥의 질감을 나타내는 경도는 출수 후 45일째가 가장 높았고, 출수 후 기간이 경과할수록 감소하였으며, 저작성 또한 출수 후 45일째가 가장 높았고 출수 후 시간

Table 5. Amylogram characteristics and correlation coefficient between harvesting times (unit: R.V.U.)

Harvesting Time ^{a)}	G.T. ^{b)} (°C)	P.V. ^{c)} (P)	M.V. ^{d)} (H)	F.V. ^{e)} (C)	Set-back (C-P)	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)
35	71.4 ^{c†}	228 ^c	107 ^d	200 ^f	-28 ^g	121 ^b	93 ^{ef}
45	70.4 ^f	237 ^b	123 ^a	226 ^a	-11 ^e	114 ^c	103 ^a
55	71.7 ^b	203 ^f	103 ^f	194 ^g	-9 ^d	100 ^g	91 ^f
62	71.7 ^b	215 ^e	111 ^c	209 ^d	-6 ^b	104 ^f	98 ^{cd}
69	70.9 ^d	227 ^c	119 ^b	219 ^c	-8 ^c	108 ^e	100 ^c
76	72.6 ^a	196 ^g	99 ^g	192 ^h	-4 ^g	97 ^h	93 ^c
83	70.7 ^e	217 ^d	106 ^e	203 ^c	-14 ^f	111 ^d	97 ^d
90	70.0 ^g	265 ^a	119 ^b	220 ^b	-45 ^h	146 ^a	101 ^b
Correlation coefficient	-0.056	0.081	-0.037	0.055	-0.059	0.109	0.275

^{a)}Days after heading time

^{b)}G.T.: Initial Gelatinization Temperature

^{c)}P.V.: Peak Viscosity

^{d)}M.V.: Minimum Viscosity

^{e)}F.V.: Final Viscosity

[†] Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

이 경과할수록 낮아지는 경향이였다.

Amylogram 특성분석. 수확시기별 벼의 아밀로그래프 특성은 Table 5와 같다. 호화개시 온도는 70.0~72.6°C 범위였는데 출수 후 90일이 70.0°C로 가장 낮았고, 출수 후 76일이 가장 높았으며, 최고 점도는 출수 후 76일이 가장 낮은 196 RVU이었고 출수 후 90일이 가장 높았다. 최저 점도는 출수 후 76일이 가장 낮은 99 RVU이었으나 출수 후 45일은 가장 높은 123 RVU였다. 그리고 냉각시 최종점도는 출수 후 76일이 가장 낮은 192 RVU인 반면 출수후 45일은 226 RVU로 가장 높았다. 식미 및 밥의 노화와 관련이 높은 것으로 알려진 setback은 출수 후 76일이 가장 적었고, 출수 후 90일이 가장 높았으며 breakdown은 출수 후 90일이 가장 높은 146 RVU였고, 출수 후 76일이 97 RVU로 가장 낮았으며, consistency는 출수 후 45일이 가장 높은 103 RVU였고 출수 후 55일이 가장 낮은 91 RVU였다. 수확시기와 아밀로그래프 특성간에는 상관이 없었다.

이상의 결과를 종합하면 수확시기가 늦어질수록 제현율과 현백율이 낮아지고 이에 따라 도정율도 낮아졌으며, 기계적인 식미치도 낮아지는 경향이였다. 수확시기는 백미 완전립율과 음의 상관($r = -0.933^{**}$)을, 찌라기율과 정의상관($r = 0.930^{**}$)을 나타내었다.

감사의 글

본 논문은 1999년 농촌진흥청 대형공동과제 “수확후 작업생력화기술연구”의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Agriculture & Forestry Statistical Yearbook 2000. (2000) Crop Production. Ministry of Agriculture & Forestry. pp. 96-97.
2. Webb, B. D. (1985) Criteria of rice quality in the United States. In *Rice; Chemistry and Technology*. AACC. pp. 403-442.
3. Choi, H. O., Bae, S. H., Park, R. K., Lee, J. H. and Choi, S.

- J. (1974) Studies on rice quality-relationship between amylose content and palatability in Rice-RDA. *J. Crop Sci.* **16**, 41-45.
4. Yanase, H., Ohtsubo, K., Hashimoto, K., Sato, H. and Teranishi, T. (1984) Correlation between protein contents of brown rice and textural parameters of cooked rice and cooking quality of rice. *Natl. Food Res. Inst.* **45**, 118-122.
5. Kwon, Y. W., Lee, E. W. and Lee, B. W. (1990) Climate, soil and cultural technology of the areas producing high quality rice in Korea-With emphasis on the difference between Ichon and other regions-RDA. *J. Crop Sci.* **33**, 291-303:
6. Kang, W. S., Lee, J. H. and Chung, C. J. (1977) Determination of optimum timing of paddy harvesting based on grain loss and milling quality. *J. Korean Soc. Agric. Machinery* **2**, 55-80.
7. Lee, J. H., Kang, W. S. and Chung, C. J. (1978) Study on the optimum harvesting timing for different operational systems of rice. *J. Korean Soc. Agric. Machinery* **3**, 88-99.
8. Choi, H. C., Ji, J. H. and Lee, J. S. (1990) Research of rice quality improvement. *Annual report of N.C.E.S.* 365-393.
9. Lee, B. Y., Yoon, I. H., Tetsuya, I., Ikuji, K. and Tetsujiro, O. (1989) Cooking quality and texture of japonica-indica breeding type and japonica type. *Korean rice. Korean J. Food Sci. Technol.* **21**, 613-618.
10. Juliano, B. O. (1985) Criteria and tests for rice grain qualities. In *Rice: Chemistry and Technology*. AACC. pp. 443-524.
11. A.O.A.C. (1995) In *Official methods of analysis of A.O.A.C. International*. (16th ed.) Ch. 32, 17.
12. Chagampang, G. B., Peres, C. M. and Juliano, B. O. (1973) A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.* **24**, 1589-1594.
13. Chikubu, S. (1975) Quality of rice in Southeast Asia. In *Asia Assoc. Jpn. Agric. Sci. Univ. Tokyo press. Tokyo.* 537
14. Ebata, M. (1978) Studies on diagnosis of rice grains by photometric method. VI. Estimation of milling degree and quality evaluation of milled rice. *Nippon Sakumotsu Gamkkai kigi* **47**, 400.
15. Govindaswami, S. and Ghohh, A. K. (1968) Assessment of losses of paddy and rice during harvesting, drying, threshing,

- cleaning, storage and processing. IRC/AE/WP 29, FAO, Rome.
16. Mitsuo, K. and Yanatori, S. (1968) Studies on the influence of culture conditions to rice quality, especially amount of protein content in rice kernel. *Jap. J. Crop Sci.* **37**, 32-36.
 17. Han, C. Y., Won, J. L. and Choi, K. T. (1972) Variation of protein content of rice mutants cultivated under different nitrogen fertilization levels. *Korean J. Breeding* **4**, 23-28.
 18. Juliano, B. O. (1979) The chemical basis of rice grain quality. In *Chemical aspects of rice grain quality*. IRRI, pp. 69-90.
 19. Choi, Y. G. (1996) Varietal and environmental variation of grain density and quality characteristics of rice grain differed in grain density. A thesis for the degree of Doctor. Chonbuk National University.
 20. Moon, H. P. and Hur, M. H. (1975) Basic studies for the breeding of high protein rice. V. Effect of planting and harvesting date on the amylose and protein content in rice grain. *J. Korean Soc. Crop. Sci.* **19**, 14-20.
 21. Suzuki, H. (1979) Amylography and alkali viscography of rice. In *Chemical aspects of rice grain quality*. IRRI, pp. 261-282, 327-342
 22. Okabe, M. (1979) Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality, *J. Texture Studies* **10**, 131-152.

Physicochemical and Milling Characteristics of Paddy Rice with the Harvesting Times

Ki-Jong Kim*, Sun-Lim Kim, Jin Song, Jong-Rok Son, Hung-Goo Hwang, Jin-Chul Shin, Hae-Choon Choi, Young-Keun Choi¹ and Young-Koo Min² (*National Crop Experiment Station, Suwon 441-857, Korea; ¹Jeollabuk-do Agricultural-Research & Extension Services, Iksan 570-140, Korea; ²Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*)

Abstract: To investigate the effects of harvesting times on physicochemical and milling properties of rice, milling tests were performed applying laboratory milling systems. Milling and head rice yields were highest in rice harvested at the 45 days after heading at 76.49 and 94.43%, respectively. Milled rice grain harvested 45 days after heading showed the highest minimum viscosity, as shown in the amylogram curves, as well as the lowest consistency viscosity. Protein and amylose contents were highest in rice harvested at 35 days after heading, whereas the instrumental taste score was highest 45 days after heading.

Key words: harvesting time, milling characteristics, rice quality, amylogram characteristics, protein

*Corresponding author