

## 벼 수확후 산물건조, 저장 및 가공방법 일관화 연구

김기종 · 손영구 · 손종록 · 허한순 · 이춘기 · 황흥구 · 민용규\*  
농촌진흥청 작물시험장, \*충북대학교 식품공학과

### Alined Technology of Rice Complex Center consisted of Bulk Drying, Storage and Processing

Ki-Jong Kim, Young-Koo Son, Jong-Rok Son, Han-Soon Hur,  
Choon-Ki Lee, Hung-Goo Hwang and Young-Kyoo Min\*

National Crop Experiment Station, R.D.A., Suwon 441-857, Korea

\*Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

#### Abstract

Although the drying times of paddies were significantly shortened by the application of higher drying temperatures, the 12, 10 and 8 hours were needed for the reduction of moisture contents from 23.5% to 15% at the temperatures of 45, 50 and 55°C, respectively. Milling yields(MY) and head rice rates(HRR) were decreased by increasing of the drying temperature. The MY ratios were 75.50, 75.42 and 75.31% and HRR were 93.28, 92.14 and 91.12% in drying temperature of 40, 50, and 55°C, respectively. In the milling processes of rough rice with the use of a milling machine equipped with both of abrasive and friction types in a body, the reduction rates of bran and the occurrence of broken rice increased with the pressures at outlet or the recycled passing times. In the process for humidified friction whitening of rice, it was found that the optimum addition rate of water for the best quality was the 11.2 liters per tone of white rice.

**Key words :** post-harvest, drying, storage, milling

#### 서론

벼는 우리나라의 주곡작물로 꾸준한 연구개발 결과 밥맛이 좋고 수량성 높은 많은 품종이 개발되어 2000년 현재 113여종이 지역 장려품종으로 선정되어(4) 소비자의 양질미 선호도를 충족시키고 있으며, 쌀 농사는 아직도 우리나라 농가의 주 소득원 중의 하나이다(2). 새로운 품종의 연구와 함께 낱알이 줄어들어 농가일손

부족을 해결하기 위하여 경작의 기계화에 꾸준한 투자를 한 결과 전체 벼농사 과정 중 경운, 정지, 이앙, 방제 및 수확 등은 94~100%의 기계화율을 달성하여 일본, 대만 등과 큰 차이가 없으나 수확후 건조과정의 기계화율은 38%정도로 미미한 형편이다. 일반적으로 벼의 생산량은 품종, 재배환경 등의 요인에 의하여 영향을 받으나 도정 및 밀집특성은 수확후 건조, 저장, 도정 및 유통 등과 밀접한 관계가 있다. 벼를 너무 높은 온도에서 건조하게 되면 동할립의 발생이 많고 도정율이 나빠져서 완전립율이 낮고 싸라기 등이 많이 생겨 상품성이 떨어지게 된다(7).

경작시 노동력의 노령화 및 일손부족을 해결하고 고

Corresponding author : Ki-Jong Kim, National Crop Experiment Station, R.D.A., Suwon 441-857, Korea  
E-mail : kimkj@nces.go.kr

품질 쌀가공을 위하여 '91년 의성 안계 및 당진에 미곡 종합처리장 설치를 시작으로 1999년말 현재는 312개소의 미곡종합처리장과 922개소의 대규모 임도정공장 및 9,569개소의 소규모 임도정공장이 운영중에 있다(3).

미곡종합처리장은 벼의 수확후 건조-저장-도정-유통사업을 자체적으로 수행하고 있고, 작물시험장에서도 '97년에 시간당 2.5ton 처리용량의 연구용 미곡종합처리장을 완공하였다. 따라서 본 연구는 미곡종합처리장의 운전조건을 확립하고, 지역 미곡종합처리장의 운영 및 가공실태조사를 수행한 결과를 정리 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 재 료

운영중인 미곡종합처리장의 연도 및 지역별 설치현황 등은 농협중앙회 RPC사업단과 농림부 식량관리과 관련 자료를 분석 정리하였고, 운영실태는 강원, 전남북, 경남북의 농협RPC 5개소에 현지 출장을 통하여 운영담당자 면접조사를 실시하였다. 그리고 가공실태는 원료 및 가공단계별 제품을 수집하여 제품의 품위를 조사하였고(5), 현지에서 수집한 원료벼를 작물시험장의 실험실용 현미기(THU 35A, Satake, Japan)와 정미기(MCM-250, Satake, Japan)를 이용하여 백미로 가공하면서 도정특성과 제품품위 조사를 실시하였으며, 건조시험용 재료는 '98년 작물시험장에서 생산된 오대벼 8톤을 순환식 곡물건조기(NCD21, 신흥, 한국)를 이용하여 건조 열풍온도를 45, 50, 55℃ 수준으로 하여 건조하면서 2시간 단위로 전기저항식 곡물 수분측정기(P-3003, Kett, Japan)를 이용하여 곡물의 수분을 측정하였고, 천일 건조는 콘크리트 바닥 위에 0.08mm PE 필름을 두겹으로 깔고 원료벼를 5cm 두께로 하여 건조시키면서 2시간 간격으로 수분측정과 뒤집기를 실시하였다. '97년 수원에서 생산된 화성벼 15톤을 이용하여 연구용 미곡종합처리장 가공기계의 유량과 배출구 압력을 달리하면서 생산된 제품품위를 농산물 검사규격에 준하여 조사하였다. 배출구의 압력측정은 Fig. 1에서와 같이 추의 위치를 1에서부터 10까지 변경하면서 Fig. 2와 같은 방법으로 측정하였다.

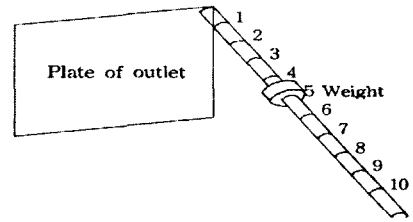


Fig. 1. Schematic diagram of outlet lid

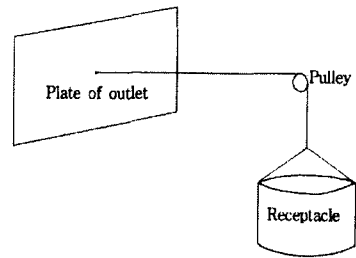


Fig. 2. Schematic diagram to measure in the milling machine of rice the outlet pressure of milling machine

#### 도정특성조사

제현율은 실험실용 현미기(THU 35A, Satake, Japan)와 연구용 미곡종합처리장의 전자동 현미기(MJH-SBA, 명진, 한국)를 이용하여 사용한 원료량에 대한 현미량의 백분율로 표시하였고, 현백율은 실험실용 정미기(MCM-250, Satake, Japan)와 연구용 미곡종합처리장의 연삭식 정미기(DRA-85, 대원, 한국), 원패스 정미기(DSR-25, 대원, 한국)에 현미를 투입하고 10분도로 도정하여 생산된 백미량을 사용한 현미량에 대한 100분율로 표시하였다.

백미의 도정도는 뉴-엠지시약을 처리하여 백미가 보라색으로 발색이 되었을 때를 도정이 완료된 것으로 하였고, 도정율은 제현율에 현백율을 곱하여 100분율로 표시하였다.

#### 청결가공 및 색채선별

정미 가공 후 습식연미기(KB 40G, Satake, Japan)에서 고압의 공기와 물을 분사하여 백미를 청결 가공하면서 가공전·후의 물의 양을 조사하여 소모된 물의 양을 가수량으로 표시하였고, 청결 가공이 완료된 후 색채선별기(SG 40AS, Satake, Japan)에 투입하여 백미유량별 선별능력을 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 미곡종합처리장 보급, 운영 및 가공실태

1991년에 시범 설치된 미곡종합처리장은 매년 시설보급이 늘어나 1999년말 현재는 전국에 312개소가 운영중에 있다. 그중 농협 미곡종합처리장이 193개소, 영농법인이 7개소, 민간이 112개소의 미곡종합처리장을 운영하고 있고(Table 1), '94년 64개소의 보급을 정점으로 하여 최근에는 시설보급이 줄어들고 있는 실정이다(Table 2).

Table 1. The number of Rice Processing Complex and rice cultivating area in each province

	Total	Metro-politan	Kyung-gi	Kang-won	Chung-buk	Chung-nam	Cheon-buk	Cheon-nam	Kyung-buk	Kyung-nam
Total	312	12	37	13	27	53	47	63	34	26
NACF	193	7	28	10	16	36	29	35	17	15
FC	7	-	-	-	-	-	3	1	-	3
Individual	112	5	9	3	11	17	15	27	17	8
PFA (×1000ha)	1,061	52	123	47	60	175	154	207	138	105

\* N.A.C.F : National Agricultural Cooperative Federation  
 F.C : Farmers cooperation  
 P.F.A : Paddy Field Area('98)

Table 2. The number of RPC set up by year

	Total	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99
NACF	193	2	30	31	45	22	17	18	27	1
FC	7	-	-	-	-	-	1	1	5	-
Individual	112	-	-	19	19	19	14	15	18	8
Total	312	2	30	50	64	41	32	34	50	9

\* N.A.C.F., F.C. : Same as Table 1.

국내에서 운영되고 있는 미곡종합처리장의 평균가공능력은 건조 3,499ton/년, 저장 2,532ton/년, 도정 9,176ton/년이었다(1).

'98년 각도별 벼 재배면적은 전남이 207천ha(국내 벼 재배면적의 19.5%)로 가장 넓고, 충남이 175천ha, 전북 154천ha, 경북 138천ha의 순 이었으며, 미곡종합처리장의 보급도 같은 경향이였다. 그러나 벼 재배가 많은 전북 김제의 경우 농협, 영농조합 및 일반사업자의 미곡종합처리장이 10여개소가 설치되어 경영측면에서 경합이 일어나고 있는 것으로 조사되었다.

강원도, 전라남북도, 경상남북도 5개 지역 농협RPC의 운영 및 가공실태 조사결과 '98년의 원료곡 및 물벼의 수매 실적은 Table 3과 같다.

Table 3. Purchased paddy rice at each RPC in 1998 (unit : paddy ton)

Region	Amount of Purchased Paddy Rice			Wet Paddy Rice		
	Total	RPC purchasing	Purchased from Government	Total	Purchased from Government	RPC purchasing
Chonbuk	7,650	2,600	5,050	3,069	1,453	1,616
Chonnam	8,650	2,345	6,305	2,720	1,840	880
Kangwon	12,386	4,168	8,200	3,785	1,285	2,500
Kyungbuk	18,277	13,845	4,432	2,895	1,345	1,550
Gyeongnam	9,455	5,235	4,220	4,668	1,721	2,947

1998년의 원료곡 확보는 경북의 경우 18,277ton으로 전북 등에 비하여 2.4배정도가 많았으나, 전북의 경우는 7,650톤으로 농협표준 처리능력인 도정 6,000톤을 27%정도 넘어서는 것으로 경영측면에서 타지역 미곡종합처리장에 비하여 경쟁력이 뒤떨어지는 현상이 발생하였다(8).

전체 원료곡 매입중 자체 매입비율을 보면 경북의 경우 농가로부터 자체매입이 76%이었고, 농협중앙회 및 정부로부터의 공매곡은 24%정도이었으나 전북 및 전남의 경우는 농가벼 자체 매입이 각각 34%, 27%인 반면 공매곡은 66%와 73%로 대부분 건조처리가 끝난 공매곡을 확보하여 가공하고 있는 실정이었다.

농가의 일손부족 및 건조기 보급율이 낮아 물벼수매를 희망하는 농가수가 늘어남에 따라 지역 미곡종합처리장에서의 물벼 수매량은 매년 늘어나고 있는 추세이다. 1998년 조사지역RPC의 물벼 수매실적을 살펴보면 경남지역 RPC의 경우는 전체 원료곡중 약 50%인 4,668톤의 물벼를 수매하였고, 나머지 1,721톤(37%)은 차액수매를 통하여 확보하였다. 현지출장 조사에 의하면 경남의 경우는 산물형 콤바인의 보급이 높고 물벼수매제도에 대한 농민의 의식과 호응도가 높았으며, 연속식 건조기 1대와 순환식 곡물건조기 3대 등으로 타지역에 비하여 건조능력이 높았기 때문이었다. 그러나 원료곡 확보량이 조사지역중 가장 많았던 경북의 경우는 물벼수매량이 전체의 15.6%인 2,895톤으로 타지역에 비하여 낮았는데 이는 벼농사가 지역의 주작목 이었고 오래 전부터 농업기반이 정비되었으며, 건조기 등의 보급율이 높아서 벼 재배농가에서 자체적으로 건조후 수매에 응하기 때문이었던 것으로 생각되었다.

#### 연구용 미곡종합처리장에서의 건조 및 가공

1998년 수원에서 수확된 화성벼를 이용하여 연구용 미곡종합처리장의 순환식 곡물건조기 온도를 달리하면

서 건조시험을 실시한 결과는 Fig. 3과 같다.

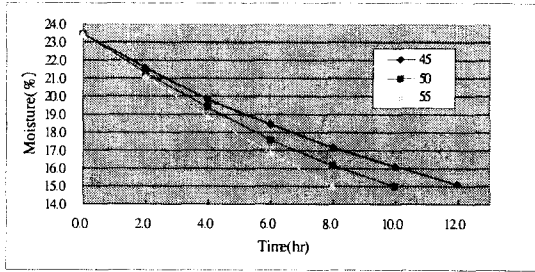


Fig. 3. Drying curves of paddy rice with the hot air temperatures

순환식 곡물건조기의 열풍온도가 높을수록 건조소요 시간은 단축됨을 알 수 있었는데, 수분 23.5%인 원료물벼를 열풍온도 45°C로 하여 건조시는 12시간후에 벼의 수분이 15% 도달하였고, 50°C 및 55°C로 열풍온도가 높아짐에 따라 건조완료까지 총소요시간은 2시간 정도씩 단축이 되었다. 건조열풍온도별 수분감모율을 보면 건조열풍온도 45°C때 2시간후 1.9%, 4시간후 1.8%, 6시간후 1.3%, 8시간후 1.3%, 10시간후 1.1%, 12시간후는 1.0% 정도로 건조후반기로 갈수록 수분의 감모율이 낮아졌는데, 이러한 이유는 곡물의 열풍건조는 감을건조를 따르기 때문이었다. 건조기 열풍온도를 달리한 모든 처리구에서 건조 후반부로 갈수록 건조율이 떨어짐을 알 수 있었는데 이는 이 등(7)의 연구결과와 일치하였다.

건조온도에 따른 원료벼의 도정특성 및 백미품위를 조사한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Effect of drying temperature on milling recovery and milled rice grade. (unit : %)

Drying temperature (°C)	Recovery			Number of cracked Kernels			Milled rice grade	
	RBR <sup>a)</sup>	RMRB <sup>b)</sup>	RMRP <sup>c)</sup>	1	2	3	Head rice	Broken rice
45	82.75	91.33	75.58	2	1	-	93.28	3.33
50	82.73	91.16	75.42	3	1	-	92.14	4.45
55	82.72	91.04	75.31	4	2	-	91.12	5.42

a) Recovery of Brown Rice  
 b) Recovery of Milled Rice from Brown rice  
 c) Recovery of Milled Rice from Paddy rice

건조열풍온도가 45°C에서 50°C로 높아짐에 따라 제현율은 0.02% 감소하였으나, 55°C때는 0.01% 감소하였고, 현백율은 45°C의 91.33%보다 50°C에서는 0.17%, 55°C에

서는 0.29%가 감소하였다. 이러한 결과 도정율은 45°C의 75.58%보다 50°C, 55°C에서 각각 75.42% 및 75.31%로 0.16% 및 0.27%가 감소하여 건조온도가 높아질수록 도정율이 낮아지는 경향이였다.

또한 건조열풍온도가 높아질수록 동할림율중 1절, 2절의 비율이 모두 증가하여 45, 50 및 55°C때 각각 3, 4, 6%의 동할림이 발생하였고, 백미완전립율도 건조온도 45°C일 때 93.28%이었던 것이 50, 55°C로 건조 온도가 높아짐에 따라 1.14, 2.16%가 감소하였으며 찌라기의 발생율은 각각 3.33, 4.45, 5.42%로 증가하였다.

이러한 현상은 순환식 곡물건조기의 건조온도가 높아짐에 따라 건조속도가 빨라짐으로 벼 내부와 표면부의 수분차이가 크게 되고 금간쌀의 발생이 많아져 가공중 미립이 쉽게 부서지므로 찌라기의 발생이 많아지게 되고 도정율이 떨어지며 제품중의 완전립율이 감소한 것으로 생각되었으며, 이 등(6)의 연구결과에서 보다는 동할림율과 찌라기율은 다소 낮았고 백미완전립율은 2.01~2.94%가 높았다.

연구용 미곡종합처리장에서 가공시설 최적화를 위하여 연삭식 정미기 및 one-pass정미기(연삭+마찰복합형) 조합에 따른 가공수율 및 찌라기 발생을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Milling recovery and broken rice ratio by combination of milling machine.

Milling time	Combination of milling machine	Electric consumption (Kw/ton)	Milling recovery (%)	Broken rice (%)
2	A(★)+OP(▲▲▲)	2.98	91.98	2.44
	A(★)+OP(▲▲▲)	3.49	92.75	1.46
3	A(★)+A(★)+OP(▲▲▲)	3.78	91.48	2.71
	A(★)+A(★)+OP(▲)	4.14	92.93	1.38
4	A(★)+A(★)+OP(▲▲)	4.34	90.95	3.75
	A(★)+A(★)+OP(▲)+OP(▲)	5.11	90.98	3.60

\* A : Abrasive type milling machine.  
 · Out-let pressure of milling machine : ★ : 21.88g/cm<sup>2</sup>, ★★ : 27.58g/cm<sup>2</sup>  
 OP : One-pass(Abrasive+Friction) milling machine  
 · Out-let pressure of milling machine : ▲ : 8.46g/cm<sup>2</sup>, ▲▲ : 12.58g/cm<sup>2</sup>, ▲▲▲ : 16.6g/cm<sup>2</sup>

정미기 배출구 압력을 21.88g/cm<sup>2</sup>로 한 연삭식 정미기와 배출구 압력을 16.6g/cm<sup>2</sup>로 조절한 One-pass(연삭+마찰복합식)정미기 조합으로 가공하였을때 도정율은 92.75%이었고, 이때 소요전력은 3.49Kw/ton이었으며 찌라기율은 1.46%이었다. 그러나 연삭식 정미기와 One-pass

(연삭+마찰복합식)정미기의 배출구 압력을 각각 27.58g/cm<sup>2</sup>, 16.6g/cm<sup>2</sup>로 하여 도정을 하였을때 도정율은 0.87%가 감소한 반면 싸라기율은 0.98% 증가하였고, 소비전력은 0.51Kw/ton 감소하였다.

연삭식 정미기 2회 가공과 One-pass(연삭+마찰복합)정미기 1회 가공 등 3회 가공시 1차 연삭식 정미기 배출구 압력을 각각 21.88g/cm<sup>2</sup>, 21.88g/cm<sup>2</sup>, 16.6g/cm<sup>2</sup>, 2차 연삭식 정미기 배출구 압력을 각각 21.88g/cm<sup>2</sup>, 21.88g/cm<sup>2</sup>, 8.46g/cm<sup>2</sup>로 하고 One-pass(연삭+마찰복합) 정미기의 배출구 압력을 각각 21.88g/cm<sup>2</sup>, 21.58g/cm<sup>2</sup>, 12.58g/cm<sup>2</sup>로 하여 도정시 총 소비전력은 각각 3.78, 4.14, 4.34Kw/ton이었고 도정율은 91.48, 92.93, 90.95%이었으며, 싸라기율은 각각 2.71, 1.38, 3.75%이었다. 그리고 연삭 2회, One-pass(연삭+마찰복합)정미기 2회로 한 4연좌 가공시는 도정율이 90.98%이었고, 싸라기율은 3.60%이었다.

이상의 도정을 및 싸라기율을 기초로한 연구용 미곡종합처리장의 최적 정미기 도정조건은 연삭식 정미기 배출구 압력이 21.88g/cm<sup>2</sup>, One-pass(연삭+마찰복합)정미기 배출구 압력이 16.6g/cm<sup>2</sup> 이었고, 배출구 압력을 달리한 정미기 조합에 따라 소요전력, 도정율, 싸라기율 등이 달라짐을 알 수 있었다. 백미가공이 완료된 후 백미 외부의 미강을 제거하여 상품성을 높이기 위한 청결미 가공은 고압의 공기와 물을 정미기 내부로 분사하여 백미 외부의 미강을 순간적으로 분리함으로써 쌀의 수분함량에 영향을 미치지 않고 선택을 향상시키는 효과가 있다.

Table 6. Effect of wet-polishing to milled rice.

Added water ratio (%)	0.90	1.00	1.12	1.30
Market ability	5	7	9	×

\* Score : 1 : worst 3 : bad 5 : ordinary 7 : good 9 : best × : Stopped the polishing machine because of rice bran adhered.

백미가공후 백미외부에 붙어있는 미강을 제거한 최상의 제품으로 가공하기 위한 가수량은 Table 6에서와 같이 1.12%이었으나 1.3% 가하였을 때에는 백미외부에서 분리되어 나온 미강이 늘어붙어 가공기계의 가동이 정지되었다. 따라서 최상의 백미를 가공하는 한계가수량이 구명되었다.

## 요 약

벼의 수확후 관리기술을 확립하기 위하여 전국의 미

곡종합처리장 보급실태와 지역 미곡종합처리장의 운영 및 가공실태를 조사하고, 연구용 미곡종합처리장의 운전조건 확립을 위해 도정특성 및 제품품질 등을 조사 분석한 결과 '99년말 현재 전국에 312개소의 미곡종합처리장이 보급되었는데 이중 193개소(61.8%)가 농협 RPC이고, 112개소(35.9%)가 민간 RPC이었으며 영농조합법인이 운영중인 RPC는 7개소이었다.

지역별로 벼 재배면적이 가장 많은 전남이 63개소로 가장 많았고, 그 다음이 충남, 전북, 경기 등의 순이었다. 지역 RPC 5개소를 조사한 결과 원료곡 확보 및 가공량은 경북의 RPC가 가장 많은 18,277톤/98년이었으며, 전북의 RPC는 7,650톤/98년으로 가장 적었다. 전체 원료곡중 물벼 수매량은 경남의 RPC의 경우 약 50%인 4,668톤/98년이었던 반면 원료 확보 및 가공량이 가장 많았던 경북의 RPC의 경우는 2,895톤/98년으로 전체 원료곡중 15.6%이었다. 순환식 곡물건조기로 물벼 건조시 건조열풍온도가 45, 50, 55℃로 올라갈수록 건조소요 시간은 단축되었으나, 건조후 백미가공시 동할립의 발생이 많았던 관계로 백미완전립율, 도정율은 낮아지고 싸라기는 많이 발생하여 상품성이 떨어지는 현상이 나타났다. 연구용 미곡종합처리장의 정미기 배출구 압력 별 정미기 조합을 달리한 경우 연삭식 정미기 배출구 압력을 21.88g/cm<sup>2</sup>, 연삭과 마찰 복합식 정미기 배출구 압력을 16.6g/cm<sup>2</sup>로 하였을 때 도정율이 높았고, 싸라기율은 낮았다. 백미가공후 상품성을 높이기 위하여 청결가공을 한 결과 가수량을 1.12%로 하였을 때 최상의 제품을 생산할 수 있었고, 1.3%로 하였을 때는 미강이 눌러 붙음으로 청결미 가공이 어렵게 되었다.

## 참고문헌

1. 김기중 (2000) 곡물저장세미나 자료. 작물시험장, 24-49
2. 농림업 주요통계 (1999) 농림부, 232-233
3. 농림업 주요통계 (1999) 농림부, 269
4. 2000농작물 직무육성 신품종선정위원회 결과(2000). 농촌진흥청, 629-636
5. 농산물검사수첩(2000) 국립농산물품질관리원, 89-93
6. 이병영, 손종록, 김영배, 윤인화, 한판주 (1989) 미곡의 수분함량별 도정특성에 관한 연구. 농시논문집, 31, 1-4

7. 이병영, 손종록, 김영배, 윤인화 (1991) 미곡의 건조 적정온도에 관한 연구. 한국농화학회지, 34, 258-261
8. 현의송 (1996) 미곡유통과 미곡종합처리장의 실태 및 과제. 한국쌀연구회, 153-192

---

(접수 2001년 4월 4일)