

무세미 조제시스템 개발

Development of the Processing System for Clean Washed Rice

최희석*	박희만*	정성근*	홍성기*	금동혁**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
H.S.Choi	H.M.Park	S.G.Jeong	S.G.Hong	D.H.Keum

1. 서론

국민 1인당 쌀 소비량은 '90년 119.6kg 이었으나, '02년 87.0kg으로 급격히 감소하는 추세를 보이고 있다. 이는 국민 소득수준의 향상과 식품소비구조의 변화에 따른 것으로 쌀의 소비확대를 위해서는 이제 소비자의 욕구를 충족하는 고품질의 쌀을 공급해야 할 시점에 와 있다. 현재 유통되고 있는 일반 백미의 경우 소비자가 밥을 짓기 위해서는 쌀을 씻어야 하는 번거로움 뿐만아니라 쌀 중량의 약 15배의 물이 소요되고, 또한 이때 발생된 쌀 뜨물이 수질오염의 원인이 되기 때문에 무세미가공 및 보급 필요성이 점차 높아지고 있다.

무세미 가공분야의 선진국인 일본의 경우 '92년부터 습식 무세미조제기가 실용화되기 시작하여 현재 사다께 등 6개사에서 기계장치를 생산보급 하고 있으며, 무세미의 유통도 일반화 되어가고 있는 추세이다.

국내의 경우 무세미조제기는 근래에서야 습식 무세미 조제설비가 국산화되어 보급초기 단계 있으나 무세미의 안정적 가공 및 보급을 위해서는 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 특히 습식의 경우 쌀이 물에 접촉하는 시간이 길 경우 품질저하의 우려가 크고, 쌀 중량의 1.4배에 해당하는 물이 가공과정에 필요하기 때문에 물 사용량을 억제할 수 있는 가공기술의 개발 필요성이 커지고 있다.

따라서 본 연구에서는 물사용량을 최소화하기 위해 연마 및 공기세척, 정전기를 이용한 세척, 미세가수세척부 시험결과를 기초로 무세미 가공조제시스템 개발에 필요한 설계 자료를 얻고, 나아가 무세미 조제시스템을 개발하고자 하였으며, 본 연구는 2002년도 하계학술대회에서 발표한 쌀의 청결가공시스템 개발 과제의 후속 보완 연구내용이다.

2. 재료 및 방법

가. 시험장치 제작

시작기는 탁도를 더 낮추기 위해 청결가공시스템(2002)의 마지막 공정인 습공기크리닝부를 미세가수세척부로 대체 보완하여 공기크리닝부, 정전기크리닝부, 미세가수세척부 나누어 점진적으로 무세미를 가공할 수 있도록 재구성 하였다.

세부구조는 그림1에서 보는 바와같이 공급구에 원료 백미를 투입하면 금망과 브러시로 구성된 연마 및 공기크리닝부를 거치면서 거친 쌀겨를 제거하게 되는데, 이 과정에서 마

* 농촌진흥청 농업기계화연구소, ** 성균관대학교 생명공학부

찰에 의해 정전기가 발생되어 미세 찰겨의 제거를 방해하게 된다. 따라서 다음 단계에서 정전기크리닝부를 통과할 때 송풍형 제전기에 의해 정전기를 중화하여 부착력을 약화시켜 미세찰겨를 제거한 다음 마지막 단계에서 미세가수세척장치에 의해 마무리 세척되도록 구성되어 있다.

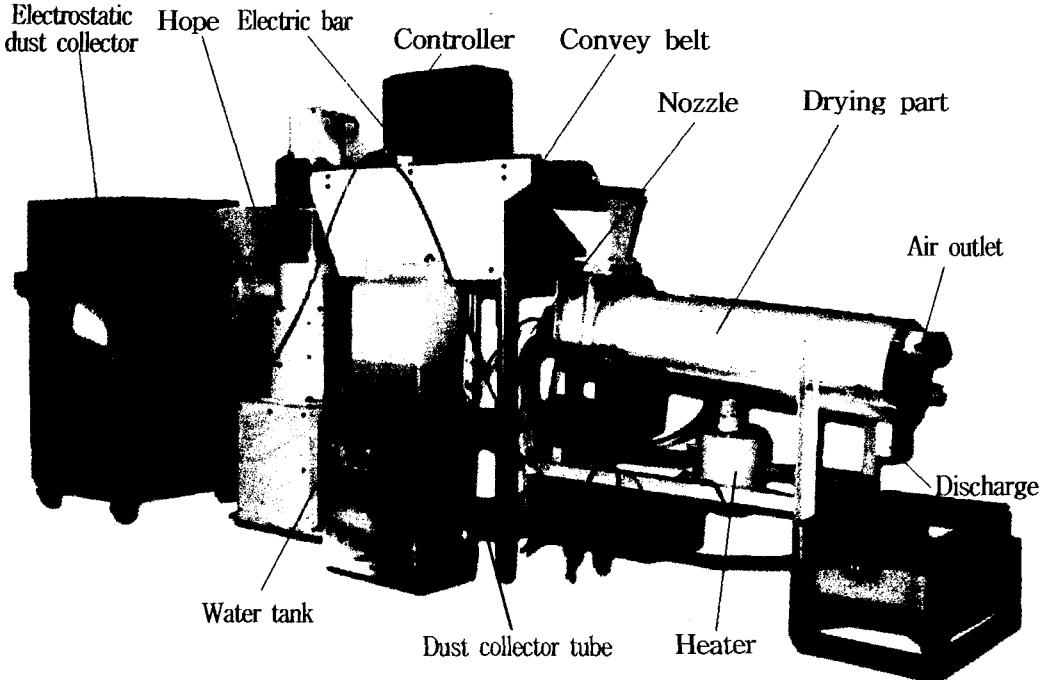


Fig. 1 Schematic diagram of prototype

Table 1 Specification of prototype

Items		Specification
Cleaning method		Brush, Static electricity and Moist air
Total size (L×W×H)		3,185×405×1,515mm
Grinding and air cleaning part	Size	750×405×1,515mm
	Grinder(Φ×H)	270×340mm
	Brush(L×W×H)	300×50×25mm, Nap length 7mm
	Golden mesh(Φ×H)	200×300mm, octagonal shape
	Motor	3P, 220V, 11kW
Static electricity cleaning part	Static eliminator(L×W×H)	400×20×30mm
	Static elimination method	Corona discharge(AC 7kV, 3mA)
	Static elimination time	< 1.0 second
	Motor	3P, 220V, 1.5kW
Mist water adding and dryer	Size(L×W×H)	270×250mm
	Water adding method	Mist nozzle
	Drying method	Centrifugal type
	Motor	3P, 220V, 0.4kW
	Heater	1P, 220V, 2kW

나. 공시재료

본 실험에 사용된 공시재료는 2001~2002년 농업기계화연구소 답작포장에서 생산된 일 품벼이며, 작물시험장 및 농협RPC에서 정미공정까지 가공한 후 본시험에 사용하였다. 공시 재료의 물성은 표 2에서 보는바와 같다.

Table 2 Physical properties of white rice used in test

Variety	Moisture content (% , w.b.)	Thousand grain weight(g)	Whiteness	Rice quality (%)				Total
				Head rice recovery	broken rice ratio	white belly rice	Colored rice	
ILFUM (2001)	14.20	19.47	36.97	93.40	5.23	1.20	0.17	100
ILFUM (2002)	15.60	19.20	36.80	91.67	5.30	3.31	0.72	100

다. 실험방법

- (1) 백도 : 광전백도계(Kett-300, 일본)를 사용하여 시료당 10회 측정 평균값을 사용하였으며, 착색립과 분상질립 등을 제거한 완전립을 측정하였다.
- (2) 탁도 : 용출액을 만들기 위해 완전립 시료 20g과 증류수 200ml를 정확히 비이커에 넣은후 진탕기(S-31, 일본)를 이용 10분동안 교반한 다음 용출액을 채취 10배로 희석하여 탁도계(TR-705, 일본)로 측정하였다.
- (3) 천립중 : 완전립만을 골라 정밀저울을 이용 측정하였다.
- (4) 품위 : 곡물입자측정기(Kett RN-500, 일본)를 이용 3반복 측정하였다.
- (5) 정전기 : 정전기 대전전위 측정기(SSD-M2)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 미세가수 세척부 가수량별 탁도변화

마무리 세척공정인 미세가수세척부의 적정가공조건을 찾아내기 위해 원통스크린의 회전수와 가수량별로 쌀의 탁도를 조사하였다. 그 결과 가수량의 경우 423cc/kg 이상에서 목표 탁도 50ppm이하를 충족하였으며, 원통스크린의 회전수는 413rpm에서 원심력에 의해 쌀이 스크린내벽에 부착되어 이송이 곤란하였고, 302rpm에서는 원심력에 의해 다소 진행에 장애가 있었으나, 탁도는 만족할만한 수준이었다. 한편 미세가수 세척장치의 적정 가공조건은 탁도 측면에서 볼 때 원통스크린의 회전수는 108, 205rpm, 가수량은 423, 521cc/kg 범위가 가장 좋은 것으로 나타났다(표3). 따라서 당초 연마 및 공기크리닝부, 정전기크리닝부, 습공기크리닝부로 구성되어있던 시작기의 습공기크리닝부를 미세가수 세척부로 대체할 경우 무세미 가공에 유리할 것으로 판단되었다.

Table 3 Turbidity according to the added water quantity and the rotation speed of cylindrical screen

Rotation speed(rpm)	Raw Materials	Turbidity according to the added water quantity(ppm)				LSD(5%)
		215 cc/kg	336	423	521	
108 (1.12)	66.33	58.33	52.33	48.67	47.33	3.01
205 (2.13)	66.00	58.00	52.67	47.33	47.67	3.55
302 (3.14)	65.67	57.00	53.33	48.33	48.00	3.15
413 (4.30)	-	-				
LSD (5%)	-	NS	NS	NS	NS	

- Raw materials were grinded and cleaned by air and static electricity.
- The added water quantity was estimated by the output rice quantity.
- () : The circumferential speed of drum(m/sec)

나. 무세미조제 성능 및 가공품위

시작기를 연마 및 공기크리닝부, 정전기크리닝부, 미세가수 세척부로 재구성 한 다음 공급량별 무세미 조제성능 및 품위를 분석한 결과, 공급량 800, 1,000kg/hr에서 무세미 판단의 척도가 되는 탁도가 47.33~48.00ppm으로 무세미의 판단기준인 50ppm이하를 충족하였다. 또한 백도는 가공후 크게 향상되었으나 공급량별로는 차이가 없었으며, 쇠립률, 함수율, 수율의 경우에도 공급량간에 유의차가 없었다.

따라서 적정 탁도를 확보하면서도 공급량을 최대한 늘릴수 있는 1,000kg/hr를 적정 공급량으로 결정하였다. 이때 탁도는 가공전 97.33ppm에서 가공후 최대 48.00ppm으로 낮아졌으며, 백도는 가공전 36.80에서 42.80으로 향상되었다. 또 쇠립률은 가공전 5.30%에서 7.37%로 다소 증가하였으며, 함수율은 가공전 15.60%에서 15.80%로 약 0.2%가 증가 하였으며, 이것은 정 등(1999)에 의하면 습식연미기의 경우에도 0.1~0.2% 정도가 증가한다고 보고하고 있다(표 4).

Table 4 The working performance according to the input rice quantity

Input rice quantity (kg/hr)	Turbidity (ppm)	Whiteness	Broken rice ratio (%)	Water content (%w.b.)	Rice recovery (%)	Electric energy consumption (kW/hr)
Raw material	97.33	36.80	5.30	15.60	100.00	-
800	47.33	42.77	7.43	15.83	94.70	13.44
1,000	48.00	42.80	7.37	15.80	95.57	13.78
1,200	48.67	42.70	6.97	15.87	95.07	14.10
1,400	50.33	42.77	6.87	16.10	96.00	14.21
LSD(5%)	2.74	0.11	0.76	0.42	2.70	-

- Working pressure : 0.68kg/cm²(grinding and air cleaning), 0.22kg/cm²(moist air cleaning)
- Added water quantity : 430cc/kg
- Cleaning order : Grinding and air cleaning, static electricity cleaning, twice mist water cleaning

다. 가공단계별 쌀 품위

시작기의 가공단계별로 쌀 가공품위를 알아보기 위해 앞서 미세가수세척부의 적정 가공조건으로 구명된 쌀의 공급량과 가수량을 각각 1,000kg/hr, 430cc/kg로 설정하여 무세미를 가공하였을 때 각 가공단계별 쌀품위를 살펴보면, 탁도의 경우 연마 및 공기크리닝부에서 22.67ppm, 정전기 크리닝부에서 8.33ppm, 미세가수세척부에서 17.34 ppm이 감소되는 효과가 있었으며, 특히 정전기 크리닝부의 탁도감소 효과는 다른 두공정에 비해 작지만 제거가 쉽지않은 미세한 쌀겨들을 제거하여 탁도를 개선을 시켰기 때문에 미세가수세척장치에서 가수량을 적게 사용하는데 기여한 것으로 판단된다.

이때 가공후 최종쌀의 탁도는 48.33ppm으로 가공전에 비해 크게 개선되어 씻지않고도 밥을 지을수 있는 무세미 가공이 가능하였다. 또 백도의 경우 가공전 36.73에서 42.47로 향상되었지만, 설택률은 가공후 1.85%정도 증가하여 무세미 가공에 따른 다소간의 손상이 발생되는 것으로 나타났다(표 5).

Table 5 Rice quality after each cleaning process

Items	Raw material	Rice quality after each cleaning process			LSD(5%)
		Grinding & air	Static electricity	Mist water	
Turbidity(ppm)	96.67	74.00	65.67	48.33	3.65
Whiteness	36.73	38.07	37.97	42.47	0.11
Broken rice ratio(%)	5.25	5.90	5.83	7.10	0.36

- Working pressure : 0.68kg/cm²(grinding and air cleaning), 0.22kg/cm²(moist air cleaning)
- Added water quantity : 430cc/kg
- Rice supply : 1,000kg/hr

4. 결론 및 요약

본 연구는 연마 및 공기크리닝, 정전기크리닝, 미세가수세척 특성 등을 구명하여 무세미조제시스템을 개발하고자 한 것이며, 본 발표내용은 미세가수세척 특성과 시작기를 재구성했을 때의 성능 및 쌀 품위시험 결과로서 요약하면 다음과 같다.

가. 미세가수세척부의 적정 가공조건은 탁도측면에서 볼 때 원통스크린의 회전수는 108, 205rpm, 가수량은 423, 521cc/kg 범위가 가장 좋은 것으로 나타났다.

나. 시작기를 연마 및 공기크리닝부, 정전기크리닝부, 미세가수 세척부로 재구성했을 때 적정 탁도를 확보하면서도 공급량을 최대한 늘릴수 있는 처리성능은 1,000kg/hr이 적정한 것으로 나타났다.

다. 이때 탁도는 가공전 97.33ppm에서 가공후 최대 48.00ppm으로 낮아졌고, 백도는 가공전

36.80에서 42.80으로 향상되어 씻지않고도 밥을 지을수 있는 무세미 가공이 가능하였다. 또한 쇄립률은 가공전 5.30%에서 7.37%로 다소 증가하였으며, 함수율은 가공전 15.60%에서 15.80%로 약 0.2%가 증가하였다.

라. 가공공정별 탁도의 경우 연마 및 공기크리닝부에서 22.67ppm, 정전기 크리닝부에서 8.33ppm, 미세가수세척부에서 17.34ppm이 감소되는 효과가 있었으며, 특히 정전기 크리닝부의 탁도 감소효과는 다른 두 공정에 비해 작지만 제거가 쉽지않은 미세한 쌀겨들을 제거하여 탁도를 낮추었기 때문에 미세가수세척장치에서 가수량을 적게 사용하는데 기여한 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 권기현. 2001. 씻어나온 쌀 제조기계 개발 및 품질평가. 성균관대학교대학원 석사학위논문 : 1-62
2. 김용진. 1995. 새로운 집진기술 동향. 한국대기보전학회지 11(3) : 221-231
3. 양현모. 1994. 입자의 크기에 따른 정전 집진기내의 입자 궤적의 변화 가시화. 한국과학기술원 석사학위논문 : 5-13
4. 장동일, 한우석, 김동철, 이상호. 2000. 씻지 않는 쌀의 가공설비 개발. 한국농업기계학회 2000년 동계학술대회 논문집 5(1) : 357-362
5. 정종훈. 1999. 2단계 연마방식 대형 청결미제조기의 개발. 1999년 동계학술대회 논문집 4(1) : 428-435
6. 向井敏彦. 1998. 精米施設における新技術. 日本農業機械學會誌 60(1) : 160-163.
7. 佐竹利彦. 1990. 近代 精米技術に関する研究. 東京大學校出版社. 148-155.