

중·소형 연미기의 성능평가 및 성능개선에 관한 연구(Ⅱ)
- 중형 연미기에 대하여 -

Performance Evaluation and Improvement of Medium and
Small Scale Rice Polishers(Ⅱ)
- medium scale rice polisher -

정 종 훈* 권 흥 관**
정희원 정희원
J. H. Chung H. K. Kwon

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the performance of a medium scale rice polisher of 2.5 t/h and to improve its performance for producing the clean rice with high quality. The maximum internal pressure, broken rice ratio, whiteness in the rice polisher were investigated, and the effects of outlet resistance, water spraying rate, shaft revolution speed and rice moisture content on the polishing performance were analyzed to find out proper operating conditions. The conclusions of this study were as follows :

1. In the performance evaluation of the polisher, the broken rice ratio increment of 0.1%, the max. internal pressure of about 11 N/cm², and whiteness increment of 2.2~3.7 resulted at the conditions of 20 PS driving power, 950 rpm, 150 cc/min water spraying rate, 44.1 N·cm outlet resistance and about 15% rice moisture content.
2. Though max. internal pressure and whiteness at the 17% rice moisture content were higher than those at the 15% moisture content under the same operating conditions of the polisher, but the broken rice rate at the 17% moisture content was absolutely low compared with that at 15% moisture content. The water spraying effect to reduce broken rice and to increase whiteness was much significant at the 15% moisture content, not significant at 17% moisture content.
3. The main parameter of the performance was outlet resistance, and low resistance of about 44.1 N·cm was recommended at the polisher.
4. The proper water spraying rate in the polisher was about 150 cc/min.
5. As the shaft revolution speed decreased from 950 rpm and 800 rpm to 650 rpm, the broken rice ratio increased and whiteness decreased.
6. As the driving power of the polisher increased from 20 PS to 30 PS, the max. internal pressure decreased by about 1~2.5 N/cm² and whiteness increased by about 1~2, but the broken rice rate was not changed.
7. The proper operating conditions of the polisher seemed to be the revolution speed of 800-950 rpm, the water spraying rate of about 150 cc/min, the outlet resistance of about 44.1 N·cm and 30 PS driving power.

주요용어(Key Words): 중형연미기(Medium scale rice polisher), 내부압력(Internal pressure), 쉐미율(Broken rice ratio), 백도(Whiteness)

* 전남대학교 농과대학 농공학과 부교수

** 전남대학교 농과대학 농공학과 대학원

1. 서 론

우리 쌀의 국제 경쟁력을 높이고 고품질의 양질미를 생산하기 위해서 현재 전국적으로 미곡종합처리장을 설치하고 있다. 이에 미곡종합처리장에서는 청결미를 생산하기 위해서 도정시설의 필수기계로 연미기를 수입하거나 또는 국내에서 제작하여 설치하고 있다. 그러나 이들 연미기의 성능구멍이 제대로 되지 않은 상태에서 연미기를 통과한 쌀들을 청결미로 규정하여 생산, 시판하고 있다. 이에 사용되고 있는 연미기들의 성능평가와 이들 기계에서 생산되는 쌀들의 품질검사가 절대적으로 요구되며, 이 같은 연구를 기초로 연미기의 성능을 개선시켜 고품질의 쌀을 생산하는 것이 시급한 실정이다.

소형 연미기의 연마실 내부압력, 쇄미율, 백도 등의 연마성능을 분석하였고 문제점을 구명한 바 있다. 소형 연미기는 내부압력이 높아 쇄미율이 높고 그 연마성능이 떨어지는 문제점이 있었다. 그리고 연마시 출구저항이 내부압력과 쇄미율에 영향을 미치는 중요한 변수이었고, 가수가 연마성능을 향상시킴을 알 수 있었다. 이같은 기초 자료를 토대로 현재 많이 사용되고 있는 2.4 t/h의 중형 연미기의 내부압력, 쇄미율, 가수효과, 그리고 회전속도 및 출구저항 등이 연마성능에 미치는 영향에 대해 구체적으로 분석하고자 하였다.

따라서 본 연구의 목적은 고품질의 쌀 생산을 위해 국산 중형 연미기의 구체적 연마성능을 평가하고 문제점을 파악하며, 중형 연미기의 성능을 개선시키기 위해 적정 작동조건들을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료 및 공시기

연미기의 성능평가와 성능개선 실험에 사용된 공시재료로는 전남 영광에서 생산된 97년산 일반계 동진벼로 동일한 정미시설을 거쳐 얻은 백미를 사용하였다. 공시기로는 현재 본 연구기관에 설치되어 있는 국내 A사에서 제작한 중형 연미기(그림 1)를

사용하였다. 본 연구에서 공시기로 사용된 중형 연미기의 특징은 다음과 같으며, 처리능력, 주요부의 치수 및 구조적 특성은 표 1과 같다. 중형 연미기의 처리능력은 2.4 t/h이고, 구동동력은 20 PS 또는 30 PS이다. 연미기 롤러 축의 회전속도는 950 rpm이고

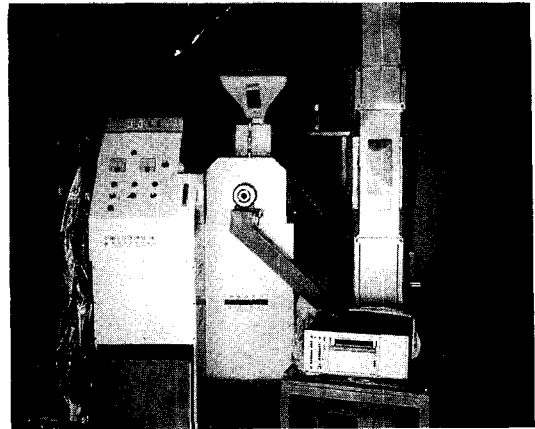


Fig. 1 A rice polisher used in this study.

Table 1 Specification of the medium scale rice polisher used in the study

Items	Values
Capacity (ton/h)	2.4
Driving power (PS)	20
Roller speed (rpm)*	950
Roller shaft length (mm)	1,180
Cylinder length (mm)	740
Screen length (mm)	600
Slot length (mm)	15.0
Slot width (mm)	1.25
Slop gap (mm)	7.00
Slot direction (mm)**	+20°
Number of resistance protrusion	2
Gap between screen and resistance protrusion (mm)	10
Discharge rate of nozzle (cc/min)	190

* : Idling speed.

** : Positive slot direction equals to the direction of rice flow.

(롤러 축 직경 : 11.2 cm, 원주속도 : 5.57 m/sec), 소형 연미기와 마찬가지로 롤러에 높이 약 10 mm의 저항돌기 2개가 설치되어 있다. 연미기 내부의 풍압은 -90 mmAq이고, 마찰 롤러의 돌기와 금망과의 간격은 약 10 mm로 제작되어 있다. 연미기의 롤러 축 길이는 118 cm, 금망의 길이가 60 cm, 슬롯 하나의 길이는 15 mm이고, 폭은 1.25 mm이며, 슬롯 간격은 7 mm, 그리고 슬롯의 각도는 순방향(Δ) 20°, 금망의 형태는 8각형으로 되어 있다. 또한 소형 연미기에서와 마찬가지로 마찰 롤러가 수작업으로 제작되어 롤러 표면이 거칠었으며, 중형 연미기의 가수부에는 190 cc/min 용량의 노즐이 설치되어 있으며, 물의 자동분사장치는 시료 투입구에 설치되어 있고, 25 μm의 여과필터가 물통에 설치되어 있다.

나. 중형 연미기의 성능평가 및 성능 개선

1) 중형연미기의 성능평가

중형 연미기의 구조적 특성이 소형 연미기와 유사한 모형으로서 소형 연미기의 성능평가 결과를 기초로 하여 중형 연미기의 성능평가를 실시하였다.

중형 연미기의 성능평가는 공시기의 기본상태(롤러 축 회전속도 950 rpm, 구동동력 20 PS)에서 가수량과 연마실 출구저항 그리고 시료의 함수율이 쇄미율, 백도, 연마실내의 최대 내부압력에 미치는 영향을 분석하였으며, 처리간의 유의차를 분석하기 위해 Duncan test를 실시하였다. 쇄미율과 백도, 내부압력 측정에 필요한 장비는 제 1보(1998) 소형 연미기에서 사용한 압력센서, 증폭기, 백도계 등의 장치를 이용하였으나, 다만 내부압력의 모니터링을 위해 오실로그래프 대신 디지털 오실로스코프를 사용하였다. 쇄미율의 정의는 앞의 소형 연미기 실험에서와 마찬가지로 온전한 백미의 3/4 이하의 백미를 쇄미로 간주하였으며, 각 처리의 시료 양은 약 100g씩 하여 반복해 시각적으로 분석하였다. 그리고 가수는 시료 투입구 부분에서 분사하였으며, 가수량은 0, 70, 150, 220 cc/min 4수준에서 실험하였다. 출구저항은 분동의 위치를 조절하여 최소저항 및 중간단계의 저항수준인 44.1과 72.5 N·cm 2수준에서 실험하였다. 연

마실 내의 내부압력 측정에 있어 연마실 상·하부와, 입구 및 출구의 압력변화는 중형 연미기가 소형 연미기와 구조적 특성은 같으므로 별도의 실험은 하지 않았다. 공시재료의 함수율은 17%(w.b.)와 15%(w.b.)의 2수준에서 실시하였다.

2) 중형 연미기의 성능개선 실험

중형 연미기의 성능평가 결과, 연마실 내의 높은 내부압력과 출구저항이 높을 경우 과부하에 따른 기계작동 중지 등의 문제점을 개선하기 위해 롤러 축 회전속도와 구동동력을 변화시켜 실험하였다. 롤러 축 회전속도는 950, 800, 650 rpm 3수준, 출구저항은 44.1, 72.5, 117.6 N·cm 3수준, 가수량은 0, 150, 220 cc/min 3수준에서 실험하였다. 그리고 중형 연미기의 구동동력을 20 PS에서 30 PS로 변화시켜 회전속도 800 rpm에서 출구저항 3수준 및 가수량 3수준에서 추가로 실험하였다.

가) 롤러 축 회전속도의 영향

롤러 축 회전속도를 950 rpm과 800 rpm, 그리고 650 rpm에서 실시하였다. 이 때 가수량을 0, 150, 220 cc/min 3수준으로 변화시켰고, 출구저항은 44.1, 72.5, 117.6 N·cm 3수준으로 변화시키며 각각의 조건에서 연마 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

나) 구동동력 변화의 영향

기존 중형 연미기의 구동동력 20 PS에서 출구저항이 커지면 과부하가 발생하는 경우가 있어 구동동력을 30 PS로 변화시켰을 때, 회전속도 800 rpm에서 구동동력 변화가 연마성능에 미치는 영향을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 중형 연미기의 성능평가

1) 최대 내부압력

시료의 함수율 15%에서 출구저항과 가수량이 최대 내부압력에 미치는 영향을 표 2와 그림 2에 나타

내었다. 출구저항에 따른 최대 내부압력의 변화는 유의수준 5%에서 출구저항이 높을수록 최대 내부압력이 높게 나타나 쇄미율이 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 가수함으로써 최대 내부압력을 감소시킬 수 있었는데, 가수량이 70 cc/min과 150

cc/min에서 최대 내부압력이 가장 낮게 나타났다.

시료의 함수율이 17%에서는 출구저항과 가수량이 최대 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과를 표 3과 그림 3에 나타낸 바와 같이, 출구저항에 따른 내부압력의 변화는 유의수준 5%에서 출구저항이 높

Table 2 Effect of water spraying and outlet resistance on the performance of the medium scale rice polisher with 20 PS driving power at 950 rpm and M.C. 15%(w.b.)

Item	Water spraying (cc/min)	Outlet resistance (N · cm)	Whiteness	Broken rice ratio (%)		Max. Internal Pressure (N · cm ²)
				Ave.	Stan. dev.	
Original sample	—	—	34.4	4.3	0.185	—
# 1	0	44.1	36.0	4.5	0.132	11.5
# 2	0	72.5	38.1	4.2	0.203	14
# 3	70	44.1	35.8	4.1	0.392	9
# 4	70	72.5	38.8	4.4	0.312	15
# 5	150	44.1	36.5	3.3	0.050	10
# 6	150	72.5	37.5	4.1	0.062	15
# 7	220	44.1	36.9	3.7	0.361	11.5
# 8	220	72.5	38.2	4.1	0.458	15

Table 3 Effect of water spraying and outlet resistance on the performance of the medium scale rice polisher with 20 PS driving power at 950 rpm and M.C. 17%(w.b.)

Item	Water spraying (cc/min)	Outlet resistance (N · cm)	Broken rice ratio (%)	Whiteness	Max. Internal pressure (N/cm ²)
Original sample	—	—	1.4	36.4	—
# 1	0	44.1	1.4	38.3	15
# 2	0	72.5	1.5	38.8	23
# 3	70	72.5	1.5	37.5	20
# 4	150	44.1	1.4	40.2	14
# 5	150	72.5	1.7	38.6	15
# 6	220	44.1	1.5	37.8	14
# 7	220	72.5	1.5	39.4	22

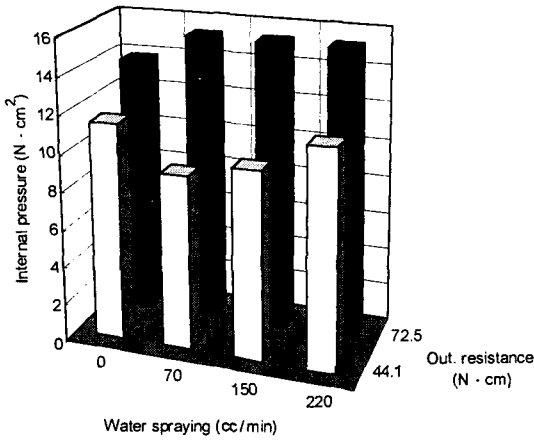


Fig. 2 Effect of the water spraying and outlet resistance on the internal pressure of the rice polisher with 20 PS driving power and 950 rpm at the M.C. 15%, w.b.

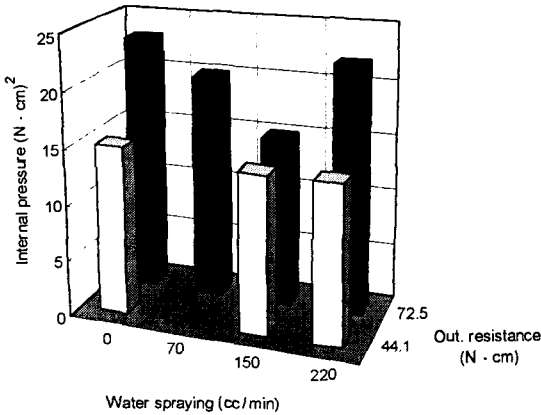


Fig. 3 Effect of the water spraying and outlet resistance on the internal pressure of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power and 950 rpm at the M.C. 17%, w.b.

울수록 최대 내부압력은 높게 나타났다. 그리고 17%의 시료의 경우 동일한 출구저항 44.1 N·cm에서는 가수가 최대 내부압력에 미치는 영향은 거의 없었으나, 출구저항이 72.5 N·cm에서는 최대 내부압력을 낮추는 효과가 있었다. 이 같이 시료의 함수

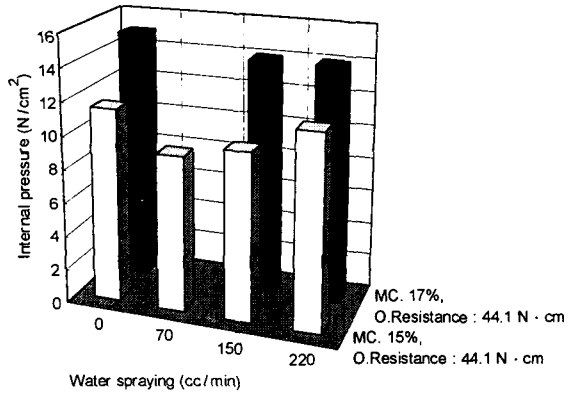


Fig. 4 Effect of the rice moisture and water spraying and outlet resistance 44.1 N·cm on the internal pressure in the middle scale rice polisher with 20 PS driving power.

율이 17% 일 때에는 가수의 효과가 출구저항에 따라 다르게 나타나지만, 15%의 시료에 비해 최대 내부압력에 미치는 가수의 효과가 적게 나타남을 알 수 있었다.

동일한 출구저항 44.1 N·cm에서 시료의 함수율과 가수량이 최대 내부압력에 미치는 영향을 그림 4에 나타내었다. 시료의 함수율이 최대 내부압력에 미치는 영향을 보면 함수율 17% 일 때가 15% 일 때보다 4~8 N/cm² 높게 나타났는데, 이는 함수율이 높을 때 미립의 비중량이 커지고 미립간의 점성이 높아져 연마실내의 최대 내부압력이 높아진 것으로 사료된다. 최대 내부압력은 함수율 17%와 15%의 두 시료 모두에서 가수량이 150 cc/min 일 때 낮게 나타났는데, 이는 가수가 미립간에 윤활 역할을 하여 연마실 내부압력을 감소시키기 때문으로 생각되었다. 그리고 출구저항이 커지면 최대 내부압력도 증가하여 쇄미율도 증가하는 경향을 보였다.

2) 쇄미율

시료의 함수율 15%에서 출구저항과 가수량이 쇄미율에 미치는 영향을 분석한 결과 그림 5에 나타난 바와 같이 출구저항에 따른 쇄미율 변화는 유의수준

5%에서 출구저항이 낮을수록 썬미율이 감소하는 것으로 나타났으며, 가수량에 의한 영향은 유의수준 5%에서 150 cc/min에서의 썬미율이 다른 처리에 비해 낮게 나타나, 적정 수준으로 가수하는 것이 썬미율을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 출구저항과 가수량을 복합적으로 고려하였을 때, 가수량 150 cc/min, 출구저항 44.1 N·cm에서 낮은 썬미율과 썬미증가율을 보여주었다.

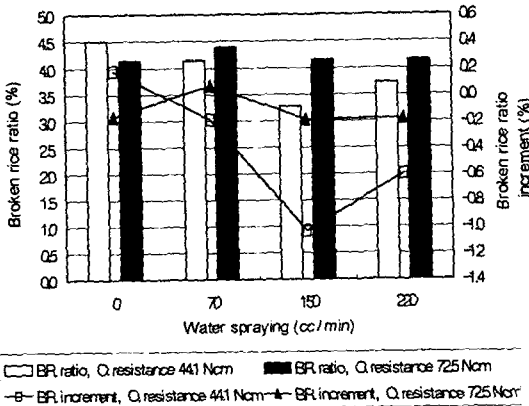


Fig. 5 Effect of the water spraying and outlet resistance on the broken rice of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power and 950 rpm at the M.C. 15%, w.b.

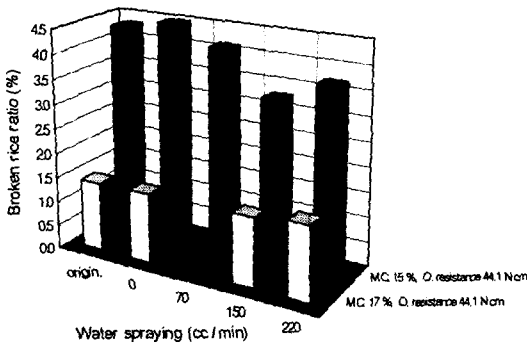


Fig. 6 Effect of the rice moisture and water spraying and outlet resistance 44.1N·cm on the broken rice of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power.

시료의 함수율을 17%에서의 출구저항과 가수량이 썬미율에 미치는 영향을 분석한 결과, 출구저항이 44.1 N·cm, 가수량이 0과 150 cc/min에서 다른 처리에 비해 낮은 썬미율과 썬미증가율을 보였으나 그 차이는 크지 않았다. 함수율이 다른 두 시료에서 가수량이 썬미율에 미치는 영향을 비교한 결과 그림 6에 나타난 바와 같이 시료의 함수율이 17% 일 때가 15% 일 때보다 초기 시료에서부터 아주 낮은 썬미율을 보이고 있었으며, 썬미율은 가수량에 거의 영향을 받지 않았다. 그러나 15%의 시료는 가수량 150 cc/min에서 썬미율이 가장 낮게 나타나 15%의 시료에서는 가수효과가 큰 것으로 판단되었다.

3) 백도

시료의 함수율을 15%에서의 출구저항과 가수량이 백도에 미치는 영향을 그림 7에 나타내었다. 출구저항에 따른 백도의 변화는 유의수준 5%에서 출구저항이 높을수록 백도가 높게 나타났다. 가수량의 변화에 따른 백도의 증가는 출구저항이 44.1 N·cm로 낮을 때 가수량 150 cc/min에서 가장 크게 나타났고, 출구저항이 중간단계인 72.5 N·cm에서는 가수량 200 cc/min에서 높게 나타났다. 그러나 출구저항이 높을 때는 낮을 때에 비해 가수효과가 크지 않았다. 출구저항과 가수량을 복합적으로 고려한 백도의

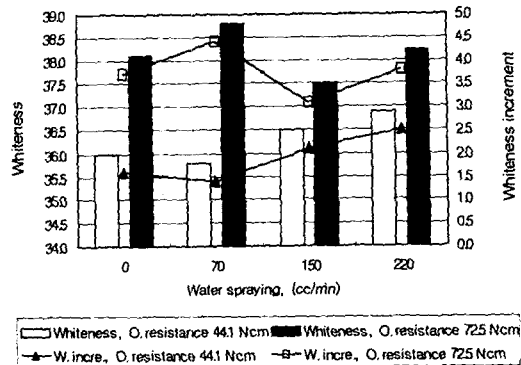


Fig. 7 Effect of the water spraying and outlet resistance on the whiteness of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power and 950 rpm at the M.C. 15%, w.b.

변화는 출구저항 44.1 N·cm, 가수량 150 cc/min에서 다른 처리에 비해 높은 백도와 백도증가율이 높은 것으로 나타났다.

시료의 함수율 17%에서의 출구저항과 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과, 출구저항이 44.1 N·cm로 낮을 때에는 가수함에 따라 백도가 점차 증가하는 경향을 보였으나, 출구저항 72.5 N·cm 수준에서는 가수량 70 cc/min에서 백도가 높게 나타났다. 그리고 출구저항 72.5 N·cm, 가수량 70 cc/min에서 다른 처리에 비해 높은 백도와 백도증가율을 나타내었다. 함수율이 다른 두 시료에서 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과, 시료의 함수율이 15% 일 때 출구저항 44.1 N·cm에서, 가수량 150과 220 cc/min에서 높은 백도를 나타냈고, 시료의 함수율이 17%일 경우에는 출구저항 44.1 N·cm에서 가수량 150 cc/min에서 가장 높게 나타났다. 함수율 17%의 시료가 15%의 시료보다 같은 조건에서 백도가 약 2~3 정도 더 높게 나타났다. 이는 시료의 함수율이 17% 일 때에는 가수하는 것과 같이 쌀 표면에 묻어있는 미세 미강이 잘 제거되기 때문인 것으로 사료되었다.

위의 결과를 종합해 보면 중형 연미기의 구동동력이 20 PS, 축 회전속도가 950 rpm 일 때 가수량 150 cc/min, 출구저항 44.1 N·cm에서 쇄미율(쇄미증가율 약 0.1%) 및 백도증가율(백도 약 2.2~3.7 증가) 측면에서 연마효과가 좋게 나타났다. 내부압력도 낮은 출구저항인 44.1 N·cm에서 약 11 N/cm²를 나타내 소형 연미기의 내부 압력보다도 약 5 N/cm² 정도 낮게 나타났다. 그러나 출구저항을 약 117.6 N·cm 수준으로 높이거나 가수량이 많으면 쌀이 멍쳐 과부하 현상이 일어나므로 이 때는 구동동력을 높여야 할 것으로 사료되었다.

나. 중형 연미기의 성능 개선

1) 축 회전속도에 따른 연마 성능

가) 롤러 축 회전속도 800 rpm 일 때 연마 성능의 변화

롤러 축 회전속도를 800 rpm으로 하여 중형 연미기의 성능을 분석한 결과는 표 4와 같았다. 회전속도가 800 rpm 일 때 출구저항과 가수량이 내부압력

Table 4 Effect of water spraying and outlet resistance on the performance of the medium scale rice polisher with 20 PS driving power at 800 rpm and M.C. 15%(w.b.)

Item	Water spraying (cc/min)	Outlet resistance (N·cm)	Broken rice ratio (%)		Whiteness	Max. Internal pressure (N/cm ²)
			Ave.	Stan. dev.		
Original sample	-	-	3.7	0.691	39.4	-
# 1	0	44.1	3.3	0.394	40.2	10
# 2	0	72.5	3.6	0.520	40.4	15
# 3	0	117.6	2.7	0.233	40.2	18
# 4	150	44.1	3.1	0.462	39.9	11
# 5	150	72.5	3.2	0.820	41.0	15
# 6	150	117.6	3.7	0.598	40.5	18
# 7	220	44.1	3.8	0.455	39.8	11
# 8	220	72.5	2.7	0.190	37.8	17
# 9	220	117.6	3.4	0.242	39.8	18

에 미치는 영향은 분석한 결과, 유의수준 5%에서 출구저항이 증가함에 따라 내부압력이 증가하였다. 그리고 가수량 증가에 따른 내부압력의 변화는 회전속도 950 rpm에서는 내부압력이 감소하였으나, 800 rpm에서는 별 차이가 없었다.

출구저항과 가수량이 쉐미율에 미치는 영향을 보면 그림 8에서 나타난 바와 같이 출구저항 3수준에 따라 가수량이 쉐미증가율에 미치는 영향이 각각 다르게 나타났다. 축 회전속도 800 rpm에서 출구저항이 44.1 N·cm로 낮을 경우에는 가수량 150 cc/min에서 쉐미율이 가장 낮았으며, 출구저항이 72.5 N·cm에서는 가수량 220 cc/min에서 쉐미율이 가장 낮았고, 출구저항이 높은 117.6 N·cm에서는 가수량이 안한 경우보다 쉐미율이 높게 나타났다. 이처럼 가수의 효과도 출구저항의 영향을 받는 것으로 나타났으나 일반적으로 출구저항을 낮게 하여 가수량 150 cc/min에서 연마하면 쉐미율을 줄일 수 있을 것으로 사료되었다.

출구저항과 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과를 그림 9에 나타내었다. 일반적으로 출구저항이 높은 상태에서 가수하면 백도는 약간 증가하나, 회전속도 800 rpm에서는 출구저항과 가수효과가 미비하였다. 그리고 오히려 가수량이 220 cc/min으

로 많으면 백도가 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 출구저항과 가수가 복합적으로 작용하였을 때 출구저항 72.5 N·cm, 가수량 150 cc/min에서 다른 처리에 비해 백도증가율이 약간 높게 나타났다.

나) 롤러 축 회전속도 650 rpm 일 때 연마 성능의 변화

롤러 축 회전속도가 650 rpm으로 하였을 때 연마 성능에 미치는 영향을 표 5에 나타내었다. 출구저항과 가수가 내부압력에 미치는 영향을 보면 출구저항이 증가함에 따라 내부압력이 증가하지만, 가수에 의한 영향은 없는 것으로 나타나 출구저항이 내부압력에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

출구저항에 따른 쉐미율 변화는 유의수준 1% 수준에서 출구저항이 44.1 N·cm 일 때가 다른 출구저항보다 낮게 나타났으며, 가수량에 의한 쉐미율 변화는 유의수준 5%에서 차이를 볼 수 없었다. 출구저항과 가수가 복합적으로 작용하였을 때 출구저항이 44.1 N·cm이고 가수량이 150 cc/min 일 때 다른 처리에 비해 낮은 쉐미증가율을 나타냈다.

출구저항에 따른 백도의 변화는 뚜렷하지 않았으며, 출구저항이 44.1 N·cm 일 때 가수량에 따라 백도가 오히려 감소하여 롤러 축 회전속도를 낮추었을

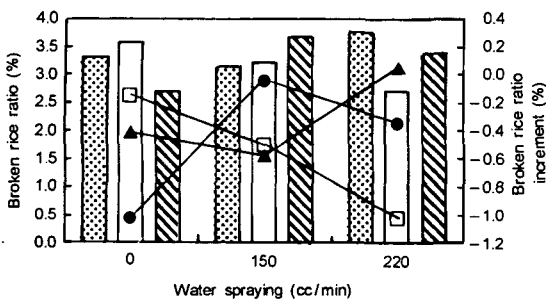


Fig. 8 Effect of water spraying and outlet resistance on the broken rice of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power and 800 rpm roller speed.

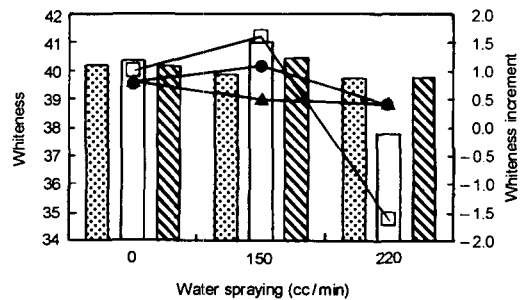


Fig. 9 Effect of water spraying and outlet resistance on the whiteness of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power and 800 rpm roller speed.

Table 5 Effect of water spraying and outlet resistance on the performance of the medium scale rice polisher with 20 PS driving power at 650 rpm and M.C. 15%(w.b.)

Item	Water spraying (cc/min)	Outlet resistance (N·cm)	Broken rice ratio (%)		Whiteness	Max. Internal pressure (N/cm ²)
			Ave.	Stan. dev.		
Original sample	—	—	3.02		38.9	—
# 1	0	44.1	3.2	0.589	40.3	9
# 2	0	72.5	3.8	0.112	39.7	12
# 3	0	117.6	3.8	0.090	39.7	15
# 4	150	44.1	3.1	0.266	39.0	11
# 5	150	72.5	3.4	0.425	39.5	11
# 6	150	117.6	3.4	0.326	40.0	16
# 7	220	44.1	3.3	0.173	38.4	8
# 8	220	72.5	3.4	0.221	39.8	12
# 9	220	117.6	3.8	0.210	40.7	22

때에는 가수의 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

다) 축 회전속도가 연마성능에 미치는 영향

출구저항이 44.1 N·cm 일 때 축 회전속도가 950 rpm에서는 최대 내부압력이 약 9~11 N/cm², 800 rpm에서는 최대 내부압력이 약 10~11 N/cm² 으로 950 rpm에서의 최대 내부압력과 비슷하게 나타났으나, 650 rpm에서는 최대 내부압력이 약 8~9 N/cm² 로 약간 감소하였다. 이는 롤러 축 회전속도의 감소에 따라 내부압력이 약간 감소하지만 출구저항의 영향에 비해 작게 나타나 출구저항이 최대 내부압력 변화의 절대인자로 사료되었다.

축 회전속도가 썬미율에 미치는 영향을 보면, 출구저항이 44.1 N·cm 일 때 그림 10에 나타난 바와 같이 축 회전속도가 950, 800 rpm에 비해 650 rpm에서는 썬미증가율이 높게 나타났다. 또한 가수량이 썬미율에 미치는 영향을 보면 가수량이 150 cc/min 일 때 모든 축 회전속도에서 썬미증가율이 가장 낮게 나타났다. 이와 같은 실험 결과로 축 회전속도 950과 800 rpm, 그리고 가수량 150 cc/min에서 가공할 때 썬미가 가장 적게 발생하는 것으로 나타났다.

축 회전속도와 가수량이 백도에 미치는 영향을 분

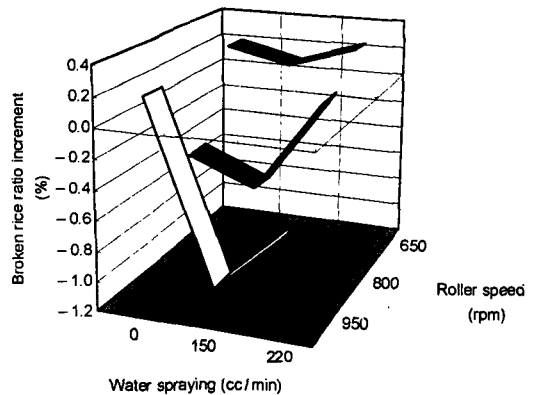


Fig. 10 Effect of roller speed and water spraying on the broken rice of the middle scale rice polisher with 20 PS driving power at outlet resistance 44.1 N·cm.

석한 결과, 롤러 축 회전속도가 낮아짐에 따라, 백도 증가율이 감소하며, 950과 800 rpm에서는 가수함에 따라 백도증가율이 약간 증가하나 가수효과는 크지 않았다. 650 rpm에서는 가수함에 따라 백도증가율이 오히려 감소하였다. 이 같은 실험 결과를 종합해 볼

때 롤러 축 회전속도가 800 rpm 일 때 기존의 연미기의 950 rpm에서의 쇄미율과 백도의 증감에 별 차이를 보이지 않아 원주속도 증감에 따른 충격력 감소 차원에서 롤러 축 회전속도를 950 rpm에서 800 rpm으로 낮추는 것도 괜찮을 것으로 사료되었다. 그러나 회전속도를 줄이면 처리량이 감소하므로 이를 고려하여 축 회전속도를 800~950 rpm으로 하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

2) 구동 동력의 영향

중형연미기의 구동 동력이 20 PS 일 때 출구저항이 매우 높거나 가수량이 많을 때 발생하는 과부하 현상을 개선하기 위해 구동 동력을 30 PS로 변화시켜 출구저항 3수준과 가수량 3수준, 그리고 롤러 축 회전속도 800 rpm에서 연마성능에 미치는 영향을 분석한 결과는 표 6과 같았다. 구동 동력 30 PS에서 출구저항과 가수량이 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과, 유의수준 5%에서 출구저항이 증가하면 내부압력도 증가하며, 가수량이 약 220 cc/min에서의 내부압력이 가장 높게 나타났다. 출구저항과 가

수량이 쇄미율에 미치는 영향을 분석한 결과 그림 11에 나타난 바와 같이 유의수준 1% 수준에서 출구저항이 증가함에 따라 쇄미율이 증가하고 가수량이 약 150 cc/min 일 때 가장 낮은 쇄미율을 보였으며 쇄미증가율도 낮게 나타났다.

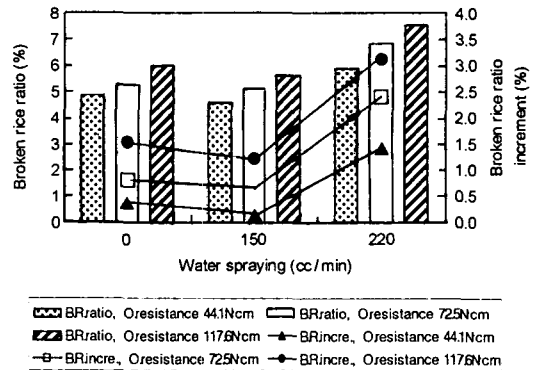


Fig. 11 Effect of water spraying and outlet resistance on the broken rice of the middle scale polisher with 30 PS driving power at 800 rpm roller speed.

Table 6 Effect of water spraying and outlet resistance of the performance of the middle scale rice polisher with 30 PS driving power at 800 rpm

Water spraying (cc/min)	Outlet resistance (N · cm)	Max. Internal pressure (N/cm ²)	Whiteness		Broken rice ratio (%)	
			Ave.	Stan. dev.	Ave.	Stan. dev.
Original Sample	—	—	36.9	0.170	4.5	0.403
0	44.1	8	37.4	0.216	4.9	0.392
	72.5	13	37.6	0.216	5.3	0.604
	117.6	14	37.7	0.170	6.0	0.951
150	44.1	9	38.1	0.124	4.6	0.473
	72.5	12	38.4	0.047	5.1	0.208
	117.6	13	39.0	0.262	5.7	0.598
220	44.1	10	39.1	0.047	5.9	0.667
	72.5	13	39.3	0.170	6.9	0.479
	117.6	16	39.7	0.262	7.6	0.908

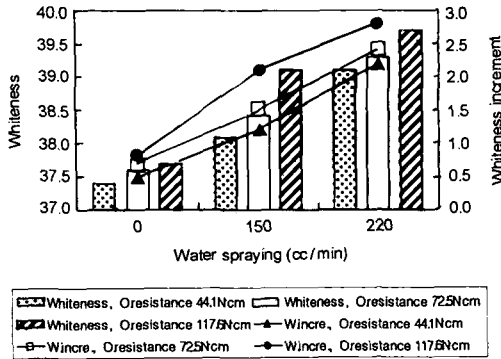


Fig. 12 Effect of water spraying and outlet resistance on the whiteness of the middle scale polisher with 30 PS driving power at 800 rpm roller speed.

출구저항과 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과 그림 12에 나타난 바와 같이 출구저항에 따라 백도는 증가하였으며, 가수에 따른 백도의 변화는 유의수준 5%에서 가수량이 증가함에 따라 백도가 증가하였다. 출구저항과 가수량의 복합적인 영향을 보면 유의수준 5% 수준에서 다른 처리에 비해 출구저항이 최고인 117.6 N·cm, 가수량 220 cc/min에서 백도와 백도 증가율이 가장 높게 나타났다.

중형 연미기의 구동 동력을 20 PS에서 30 PS로 변환했을 때 내부압력은 약 1~2.5 N/cm² 정도 줄일 수 있었고, 쇠미증가율은 약 0.5% 정도 증가하였으나, 처리별 표준편차가 약 0.5% 이어서 쇠미율이 증가한 것은 아니었다. 구동 동력이 30 PS일 경우에 20 PS 일 때보다도 백도 증가율이 약 1~2 정도 높게 나타났으며, 가수효과도 뚜렷하게 나타났다(그림 13). 그리고 구동 동력을 높임에 따라 연마성능의 저하없이 과부하 현상을 줄일 수 있었다.

4. 결 론

현재 국내에서 제작되어 도정공장 등에서 사용되고 있는 중형 연미기의 성능을 평가하고 성능을 개선시킨 연구 결과는 다음과 같았다.

1. 중형 연미기를 성능평가한 결과, 구동 동력이

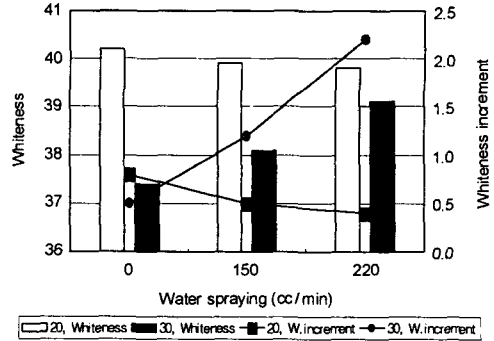


Fig. 13 Effect of water spraying and driving power on the whiteness of the middle scale polisher at roller speed 800 rpm and outlet resistance 44.1 N·cm.

20 PS, 정격 회전속도가 950 rpm 일 때 가수량 150 cc/min, 출구저항 44.1 N·cm, 쌀 함수율 약 15%에서 쇠미증가율 약 0.1% 및 백도 증가는 약 2.2~3.7 으로서 연마효과가 좋게 나타났으며, 내부압력도 낮은 출구저항인 44.1 N·cm에서 약 11 N/cm²를 나타내 소형연미기의 내부 압력보다도 약 5 N/cm² 정도 낮게 나타났다.

2. 중형 연미기에서 시료의 함수율이 17% 일 때, 15%에 비해 최대 내부압력은 약 4~8 N/cm² 높고, 백도 증가율은 약 2 이상 높게 나타났다. 그리고 함수율 17%의 시료에서는 쇠미율이 약 1.5%로 함수율 15%의 쇠미율 약 4%에 비해 절대적으로 낮게 나타났다. 함수율 17%인 시료에서는 가수효과가 없어 쇠미율 변화가 없었으나, 15%인 시료에서는 가수가 쇠미율에 영향을 주어 150 cc/min의 가수량에서 쇠미율을 감소시킬 수 있었다.

3. 중형 연미기에서 출구저항은 약 44.1 N·cm 정도가 가공 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

4. 중형 연미기에서 가수량 150 cc/min로 가공하는 것이 백도가 쇠미율도 낮게 나타나 연마 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

5. 중형 연미기에서 롤러 축 회전속도가 낮을수록 연마실 최대 내부압력은 낮았으나, 백도가 감소하여

바람직한 축 회전속도는 800~950 rpm이라 사료되었다.

6. 중형 연미기에서 구동 동력을 20 PS에서 30 PS로 높일 경우, 최대 내부압력이 약 1~2.5 N/cm² 정도 감소하고 백도는 증가하였으며 쉐미율 변화는 없었다. 또한 출구저항이 높거나 시료의 수분이 높을 때 작동중지의 과부하 현상을 방지하기 위해 중형 연미기의 구동 동력은 30 PS로 사용하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

7. 공시기로 사용된 본 중형 연미기의 쉐미율, 백도, 최대 내부압력, 처리능력 등을 고려할 때 바람직한 작동조건은 구동 동력 30 PS, 회전속도 800~950 rpm, 가수량 150 cc/min, 출구저항 44.1 N·cm(최소) 수준이었고, 쌀 함수율은 15% 보다 17%가 양호한 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

1. 고태균 외 6인. 1990. 농산가공기계학, 향문사.
2. 이병영 외 3인. 1992. 습식 연미 도정특성에 관한 연구. 한국농화학지 35(6):475~478.
3. 정중훈 외 2인. 1998. 중·소형 연미기의 성능평가 및 성능개선에 관한 연구(I) - 소형 연미기에 대하여 -, 한국농업기계학회지 23(3):245~252.
4. Chung, C. J. 1983. Final Report of Post-Production Rice System, College of Agriculture, Seoul National University.
5. Extension and Training Center, Satake Engineering Co. 1983. Group training courses in rice processing.
6. Ritsuya Yamashita. 1993. New Technology in Grain Postharvesting. LAE No. 93-02, Kin-Ki University. Published by Farm Machinery Industrial Research Corporation.