

2단계 연마방식 대형 연미기의 개발

Development of Large-Scale Rice Polisher with Double Polishing Stages

정 증 훈*

정회원

J. H. Chung

ABSTRACT

This study was conducted to develop a large-scale rice polisher with double polishing stages for producing clean rice with high quality in rice processing complexes. The performance of the developed rice polisher was evaluated and improved. The results obtained from this study were as followings:

1. A large-scale rice polisher with double polishing stages was developed, which consisted of two polishing chambers(polishing part I and II), two spraying parts, a feeding part, power of 37kW, control panel, etc. Especially, the purpose of polishing part I were to uniformly mix white rice sprayed with water and to remove bran particles from the rice. The roller surface of the polishing part I was coated with chromium.

2. The capacity of the developed rice polisher was 4t/h. The broken rice rate of the polisher was less than 0.2%, compared with about 1% of others.

3. The whiteness increment of the developed polisher was 2.6~3.0%, compared with about 2.3~2.5% of others.

4. The energy consumption of the developed polisher was 0.5 kWh/100kg.

5. The developed polisher was improved with the angle change of screen slot of the polishing chamber I. The broken rice rate was reduced from about 0.5% to about 0.2% as the max. internal pressure of the polishing chamber II decreased by 0.4kg/cm² due to the increase of resistance in the polishing chamber I. The whiteness of the polisher showed more than 38~39.

6. The developed rice polisher showed high performance, compared with other domestic and foreign polishers.

주요용어(Key Words): 연미기(Rice polisher), 2단계 연마(Double polishing stages), 개발(Development), 성능평가(Performance evaluation), 개선(Improvement)

1. 서 론

미곡 가공에 있어서 정미작업은 쌀의 품질에 영향을 주는 중요한 공정으로 도정공장에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 연삭식과 마찰식 정미기를 복합적으로 사용하거나 완패스정미기를 사용하고 있다. 이러한 과정을 거쳐 나온 쌀은 표면에 묻어 있는 미강과 이물질이 완전히 제거되지 못한 상태이다. 이에 계속되는 청결미 생산공정은 도정된 정미를 연미기에 투입하여 백미 표면의 미강, 미분립 혹은 다른 이물질을 제거하는 공정으로서 매우 중요하

다. 이때 사용되는 연미기에는 건식과 습식이 있는데 건식은 부러쉬 등을 사용하며 쌀 표면의 미강과 이물질을 털어주는 형태이나 닦아주는 재료가 많이 소모되어 불편한 점이 있는 반면, 습식은 투입구에서 안개와 같은 소량의 물 입자를 분무하여 백미의 표면을 가수시켜 주는 방식으로 국내에서 주로 사용하고 있다(이 등, 1992). 연미기 내부에서 가수된 백미는 쌀 입자간의 마찰과 강한 흡입 공기의 와류로 표면의 이물질을 완전히 제거함은 물론 광택을 내야 하는데, 아직까지 국내 기계들은 성능조차 제대로 구명되지 않고 사용되고 있다. 연미기에서 자동으로

* 전남대학교 농과대학 농공학과 부교수

쌀에 물을 분무하여 미세미강과 이물질을 제거하며, 공기가 적정속도가 흡입되어 분진, 미강, 마찰열 등을 제거하여 광택이 나고 색미가 발생하지 않도록 해야 하나, 이에 대한 연구가 없어서 미질이 우수한 청결미를 생산하지 못하고 있는 실정이다.

일본은 오래전부터 청결미를 생산하기 위해서 연미기를 개발하여 생산하고 있다. 근래에는 기존의 연미기를 보완하고 습식 연미기 또는 무수세미 제조기 등을 개발하여 종래의 연미기에 비해 미강과 미분립이 잘 제거하여 광택이 높은 청결미를 생산하고 있다. 일본식 습식 연미기는 보통 시간당 약 3톤이며 소요 동력은 40 마력이고, 축 회전수는 약 850~900 rpm 정도이고, 길이는 가공실만 약 1,200mm 정도이다. 습식 연미기의 상부에 있는 호퍼에서 백미가 투입되고 판으로 된 축 속에 물을 분사하는 노즐과 압축 공기를 넣어 줄 수 있는 노즐이 함께 장착되어 있다. 외부에는 콤퓨레샤, 물 필터, 공기 필터 및 유량계가 설치되어 있다(Satake Engineering, 1983). 또한 습식 연미기에는 강한 흡입용 송풍기가 설치되어 미강을 제거할 수 있도록 되어있다. 일제 기계에 비해 국산 습식 연미기는 투입구에 가수장치가 있고 이를 혼합하는 장치가 설치되어 있으나, 가수량이 많고 가수 입자가 크며 가수가 백미에 골고루 되지 않아 쌀이 뭉치는 경향이 있어 청결미를 생산하는데 애로사항이 많다. 특히 출구저항이 품질에 미치는 영향, 적정 가수량, 분무입자 크기, 연미기 내부의 압력 등의 연미기 성능에 대한 연구가 전혀 안된 상태이다.

이에 본 연구에서는 이미 연구한 국산 중소형 연미기의 성능평가 자료(정 등, 1998)를 기초로 시간당 3톤 이상을 가공할 수 있는 대형 연미기를 개발하고 그 성능을 평가하여 개선하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 대형 연미기의 구성 및 제작

기존 연미기의 성능을 평가한 자료로 기초로 시간당 3톤 이상의 청결미를 생산할 수 있는 2단계 연마 형태의 대형 연미기를 표 1과 같이 설계하였다. 연미기는 원료투입부, 원료공급 스크루, 제 1 연마부,

제 2 연마부, 제 1 가수부, 제 2 가수부, 출구저항부, 제어부, 동력부, 미강 흡입부, 제 1 연마부 분풍부, 배출 스크루 등으로 구성하였다. 원료투입부는 기어식 모터를 사용해 투입구 개폐정도를 자동으로 조절하여 투입량을 제어하도록 하였다. 제 1 연마부에서는 제 1 가수부에서 가수된 백미를 저압상태에서 균일하게 혼합해 미강을 제거하고, 제 2 연마부에서는 롤러와 미립 및 미립간의 마찰로 광택이 나도록 하였다. 제 1 가수부는 원료투입구에 설치해 원료 투입을 자동으로 감지하여 물을 분사하도록 하였고, 노즐 바로 밑에는 혼합믹서를 설치해 미립을 잘 섞도록 하였다. 제 2 가수부는 제조기의 제 2 연마부 출구 증공축에 물 미립자를 분무하는 공기혼합노즐을 설치하였다. 또한 각 가수부에는 유량계와 압력계를 설치하여 유량과 압력을 측정하도록 하였다. 미강 흡입부에는 연마실의 미강이 잘 제거되도록 5.6 kW의 흡입팬을 설치하였으며 진공압력이 200 mmAq 이상이 되도록 하였다.

나. 연미기의 설계 및 제작

기존 연미기의 성능을 평가한 자료를 기초로 시간당 3톤 이상의 백미를 처리할 수 있는 대형 연미기를 개발하고자 그림 1과 같이 설계하였고 그림 2와 같이 제작하였다.

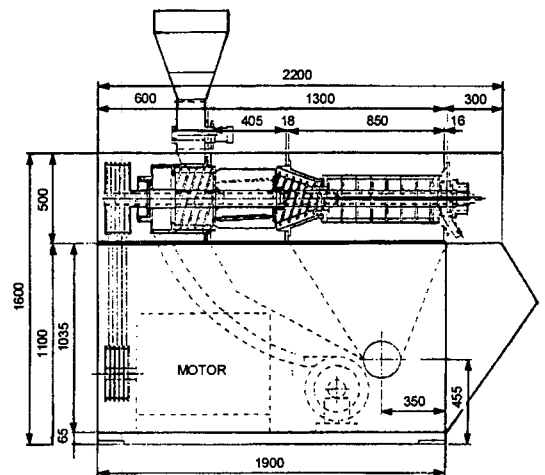


Fig. 1 Structure of large-scale rice polisher with double polishing stages.

Table 1 The specification of the large-scale rice polisher with double polishing stages

Item	Specification
Capacity	more than 3 t/h
Dimension	2200(L)×750(W)×1600(H) (A intake hopper is not included)
Main Power	37kW, 220V, 3∅
Fan	Suction fan : 5.6kW, 220V, 3∅, Blowing fan : 0.75kW, 220V, 3∅
Water Pump	0.37kW, 220V, 3∅
Compressor	1.5kW, 220V, 3∅
Revolution	750 RPM
Intake Hopper	Intake gate is controlled by an air cylinder. Feed rate is adjusted by a geared motor.
Feed Screw	Capacity : 10t/h, Pitch : 30mm, Outside diameter : 330mm, Inside diameter : 280mm
Spray Part I	Water Nozzle Max. Capacity : 630 cc/min (10 gal/h), A mixer is installed.
Polishing Part I	Friction roller is coated by chromium plating. Friction roller length : L = 333 mm, Roller outside diameter : $\varnothing = 330$ mm, Roller Speed : 777 m/min, Number of prominent resistance part of roller : 3 Slope, height, width of prominent resistance part : 5°, 10mm, 12mm Clearance between screen and prominent resistance part : 13.5mm Dimension of air discharging area on the roller : 230 × 7, Screen type : Stainless round screen with 3 resistance plates Direction and angle of screen slot : 45° in the low resistance direction (∧) Screen diameter : $\varnothing = 357$ mm, Resistance plate dimension : 285 × 30 × 3 t Function : This mixes rice sprayed with water and removes fine bran from milled rice.
Polishing Part II	Roller type : friction Roller length : L = 600mm, Diameter : $\varnothing = 164$ mm, Speed : 386 m/min, Number and angle of prominent resistance parts : 2 and 5° Clearance between screen and prominent resistance parts : 8mm, Screen type : Octagon, Slot direction: 45° in the low resistance direction (∧)
Spray Part II	An air mix nozzle with 5 holes is installed in the center of exit axis, Water particle size : less than 30 μ m. Air pressure 4 kg/cm ² , Water pressure 10 kg/cm ²
Discharge Part	A discharge auger with brush is installed.
Control Part	Control panel for main power, fan, discharge auger, intake feeder and gate, water pump, etc.
Measurement Instruments	Pressure sensor, Amplifier, Oscillograph, Oscilloscope, Flow meter, Watt meter, Tachometer, Ampere meter, Voltmeter

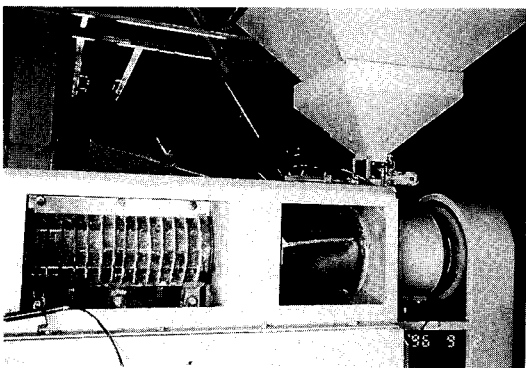


Fig. 2 The developed rice polisher.

다. 연미기의 성능평가 및 성능개선

개발된 연미기의 성능을 평가하기 위해 동일 정미 시스템에서 도정된 백미를 시료로 사용하였다. 시료의 품종은 '96년산 동진벼를 사용하였으며, 함수율은 15% 수준과 18% 수준으로 하였다. 가수정도, 금망형태, 출구저항 등의 주 요인들을 고려하여 성능 실험을 실시함으로써 제 1 연마부와 제 2 연마부의 내부압력 그리고 함수율, 백도, 쇄미율, 동할율 등의 미질변화를 각 처리별로 분석하였다. 연마실내의 최대 내부압력을 측정하기 위해 연마실 금망에 스트레인 게이지형 압력센서(50AB/HP, 3.5kg/cm²)를 설치

하였고 그 신호를 증폭기(Thom EMI Datatech LTD, SE 1054)로 증폭하여 디지털 오실로스코프로 최대 내부압력을 측정하였다(정중훈 등, 1998). 시작기의 축 회전수는 650 rpm, 750 rpm, 850 rpm 세 수준의 예비실험에서 650 rpm은 처리량이 낮고, 850 rpm에서는 쇄미증가율이 높아 750 rpm으로 고정하였다. 시작기의 톨러축 회전수는 타코미터로 (G Cussoms, p4743)로 측정하였으며, 청결미의 백도는 Kett C-300의 백도계로 측정하였다. 가수부의 노즐에서 분사되는 물 미립자의 평균 크기는 감수저를 이용한 영상 처리시스템으로 분석하였다(정중훈 등, 1998).

그리고 개발된 연미기의 성능을 평가한 후, 제 1 연마부의 금망 각도를 순방향 45°에서 미립흐름에 대해 저항이 큰 역방향으로 하여 연마성능을 개선시키는 실험을 실시하였다. 또한 개발된 연미기를 기존 국산 및 외제 연미기와 성능과 기능 측면에서 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 연미기의 특징

연미기는 그림 1과 같이 본체, 투입부, 가수부, 혼합부, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 배출부, 동력부, 제어반 등으로 구성되었다. 주 특징으로 기존 연미기의 1단계 방식과 달리 2단계 연마를 거치면서 미강을 더 잘 제거하고 광택이 나도록 하였다. 연미기의 제 1 연마부에서는 가수된 백미를 균일하게 잘 섞고, 쌀 표면에 붙어있는 미세 미강들이 저압상태에서 팬의 흡입과 금망에 붙어 있는 저항철판의 마찰에 의해 털어내도록 하였다. 또한 마찰롤러는 가수에 따른 부식 방지와 톨러와의 마찰을 줄이기 위해 크롬 도금을 하였다. 제 2 연마부에서는 30 μm 이하의 아주 미세한 물 미립자를 공기혼합노즐로 분사시키면서 제 1 연마부에서 제거되지 않은 미세미강을 마찰로 제거해 광택이 나도록 하였다. 예비실험에서 제 1 연마부의 금망각도를 65°로 한 금망을 설치하여 실험을 하였으나 제 1 연마부에서 제대로 연마가 되지 않아 제 1 연마부의 금망의 각도가 순방향(저항이 적은 배출방향 : \) 45°인 금망으로 교체하였으며, 또한 이 금망에 마찰효과를 높이기 위해서 저항

철판 3개를 설치하여 제작하였다. 제 2 연마부에는 기존 연미기처럼 금망각도가 순방향(\) 23°인 금망을 고정 설치하여 시료가 적은 저항을 받으면서 연마실에서 잘 배출하도록 하였다.

나. 연미기의 성능

개발한 연미기의 성능을 평가하고 적정 작업조건을 구명하고자 여러 처리조건에서 성능실험을 실시해 표 2와 같은 결과를 얻었다. 처리전 원시료인 백미의 함수율은 15.7%(w.b.), 백도는 36.7, 쇄미율(정상립 길이의 3/4 이하되는 쇄미의 비율)이 약 4%, 동할율이 21.2%, 천립중이 19.8g이었다. 처리 #1과 같이 출구저항을 작게 하고(두 개의 추 위치 0 상태), 제 1 연마부의 투입구쪽의 가수부에서 약 150 cc/min, 제 2 연마부의 배출구 축쪽에서 가수량을 약 130 cc/min로 하여 실험을 한 결과, 백도는 36.7에서 38.8로 증가하였으며, 쇄미율은 4.0%에서 4.1%로, 동할율은 21.2%에서 21.8%로 각각 증가하였으며, 천립중의 무게는 19.81g에서 19.15g으로 감소하였고, 제 1 연마부의 내부압력은 0.1kg/cm², 제 2 연마부의 내부압력은 1.2kg/cm²를 나타내었다. 이처럼 처리 #1에서 원시료에 비해 쇄미율과 동할율은 약간 증가 하였으며, 천립중의 변화는 시료에 비해 약 3% 감소하였으나 천립중의 표준편차 때문에 정확하게 강중 제거율은 알 수 없었다. 이같은 결과는 국산 기존 연미기를 통과하면 쇄미율이 약 1~2% 증가하고 동할율이 약 10% 증가하는 결과에 비해 상대적으로 낮아 성능이 우수함을 보여 주었다.

처리 #2에서는 처리 #1에 비해 원료 투입량만 약간 약 10% 증가시켜 실험을 한 결과, 백도는 비슷하였고 쇄미율과 동할율은 증가하였으며 천립중은 약 2% 감소하였다. 처리 #3은 다른 조건은 처리 #2와 같이고 출구저항의 추 2개의 위치를 중간으로 하여 출구저항을 높인 후 실험하였는데, 그 결과 백도는 39.6으로 증가하였으나 쇄미율과 동할율이 매우 증가하였으며 제 2 연마부의 내부압력도 정미기의 마찰실 압력처럼 높게 나타나 처리 #3은 좋은 조건이 못되었다. 처리 #4와 처리 #5에서는 처리 #2와 같은 조건에서 원료 투입량만 30% 증가시켜 제 2 연마부의 연마실 내부압력을 증가시켰으나, 쇄미율이 내

Table 2 Results of performance tests of the developed rice polisher

Item	M.C. (% w.b.)	Whiteness (%)	Broken Rice Rate (%)	Crack Rate (%)	1000 Kernel Weight (gr)	Max. Internal Pressure (kg/cm ²)		Remarks
						Polishing Part I	Polishing Part II	
Origin Sample #1	15.7 (0.2)	36.7 (0.2)	4.0 (0.5)	21.2 (3.9)	19.8 (0.3)	-	-	DongGin variety harvested in 1996. Sample #1 not treated.
Treatment #1	15.4 (0.2)	38.8 (0.4)	4.1 (0.2)	21.8 (7.5)	19.2 (0.2)	0.1	1.2	Exit resistance : 3.2 kg · cm. Water is sprayed at intake hopper and discharge exit axis.
Treat. #2	15.9 (0.1)	38.7 (0.2)	4.3 (0.6)	22.5 (6.2)	19.4 (0.2)	0.2	1.2	Exit resistance : 3.2 kg · cm. Sprayed at intake hopper and discharge exit axis.
Treat. #3	15.8 (0.1)	39.6 (0.2)	5.5 (0.3)	28.0 (8.5)	19.9 (0.2)	0.4	2.0	Exit resistance : 5.0 kg · cm. Sprayed at discharge exit axis.
Treat. #4	15.4 (0.2)	39.6 (0.3)	4.3 (0.7)	26.3 (8.2)	19.5 (0.1)	0.4	1.8	Exit resistance : 3.2 kg · cm. Sprayed at intake hopper and discharge exit axis.
Treat. #5	15.5 (0.2)	39.8 (0.2)	6.1 (0.9)	21.4 (0.7)	19.7 (0.2)	0.4	2.2	Exit resistance : 3.2 kg · cm. Feed rate increase by 30% compared with treatment #4
Treat. #6	14.5 (0.2)	40.0 (0.2)	4.4	-	19.4	0.4	1.5	Exit resistance : 3.2 kg · cm. Sprayed at discharge exit axis
Treat #7	14.5	39.3	4.0	-	19.5	0.4	1.3	Exit resistance : 2.0 kg · cm. Sprayed at intake hopper and discharge exit axis.
Sample #2	18.1	36.8	1.3 (0.1)	4.7 (0.4)	-	-	-	DongGin variety in 1996. Moisture content : 18%(w.b.)
Treat. #8	18.2	40.0	1.3 (0.1)	7.3 (0.5)	-	0.2	0.8	Exit resistance : 2.0 kg · cm. Sprayed at intake hopper.
Treat. #9	18.1	39.8	1.4 (0.1)	6.6 (0.5)	-	0.2	0.9	Exit resistance : 2.0 kg · cm. Sprayed at intake hopper and discharge exit axis.

Note : 1) () : standard deviation.

2) The above values are average through 3~5 replications.

부압력에 비례하여 증가하였다. 따라서 성능향상을 위해서는 출구저항을 줄이고 투입량을 약 3.5톤/시간으로 조절하여 제 2 연마부의 내부압력을 줄이는 것이 필요하였다. 또한 가수량도 줄이고 미립화환 상태에서 가수하는 것이 필요하였다. 처리 #6에서는 처리 #5에 비해 원료 투입량을 줄여 2 연마부의 내부압력을 감소시킴에 따라 쉐미율도 줄일 수 있었다. 처리 #7에서는 출구저항을 2kg · cm로 매우 줄여 제 2 연마부의 내부압력은 1.3kg/cm² 수준으로 감소하였고, 쉐미증가율은 약 0.1%, 백도는 39.3을 나타내 다른 처리 조건에 비해 가장 성능이 우수하였다. 또한 소모동력도 0.5 kWh/100kg으로 낮게 나타나 개발된 연미기의 성능이 매우 우수함을 알 수 있었다.

처리 #1에서 처리 #7까지는 시료의 함수율이 약 15% 수준이었으나, 처리 #8과 처리 #9에서는 함수율이 약 18%(w.b.)인 시료를 사용하였고, 출구저항도 2kg · cm로 낮게 한 결과 내부압력은 0.8~0.9kg/cm²에 분포하였고 쉐미율 증가율도 0.1% 내외로 낮게 나타나 성능이 우수하게 나타났다.

다. 연미기의 성능 개선

개발된 연미기의 제 2 연마실에서 내부압력이 높아 이를 감소시켜 성능을 개선시키고자, 제 1 연마실 금망의 슬롯각도를 저항이 적은 순방향 45도(°)에서 저항이 큰 역방향 45(°)도로 변환시켰으며, 연마

시 가수량과 출구저항을 적절히 조절하면서 적정조건을 찾고자 하였다. 이 같이 금망의 슬롯각도를 순방향에서 역방향으로 바꾼 이유는 제 1 연마실에서 금망의 저항을 높여 연마효과를 높이고 체재시간을 늘려줌으로써 제 2 연마실에서의 부하를 줄여 내부압력을 감소시키고 연마효과를 높이기 위해서 시도하였다.

표 3은 개발된 연미기에서 금망을 교체한 후 백미함수율이 약 15%인 시료를 가지고 가수량 및 출구저항에 따라 백도와 색미율의 변화를 실험한 결과이

다. 그 결과 제 1 연마실의 내부압력은 약 0.2kg/cm² 정도 증가하였으나, 제 2 연마실의 내부압력을 약 0.4kg/cm² 정도 낮추면서 고압이 형성되는 제 2 연마실에서 주로 발생하는 색미 발생율을 약 0.5% 이하에서 0.2% 이하로 감소시킬 수 있었다. 이때 백도도 38~39 이상을 나타내며 광택이 낮으나 가수량이 300 cc/min 이상이 되면 백도는 감소하는 경향을 보였다. 또한 출구저항을 1.5kg·cm에서 2.3kg·cm로 증가하더라도 색미율과 백도에는 별 영향을 미치지 않았다. 그림 3과 4와 같이, 출구저항 1.5kg·cm에서

Table 3 Results of performance tests of the improved rice polisher in case that the screen slot angle of the polishing Part I is 45° (I) in the inverse direction

Item	Treatment Type	Water Spray Rate (cc/min)	Whiteness	M.C. (%)	Broken Rice Rate (%)						
					Repli. #1	Repli. #2	Repli. #3	Repli. #4	Repli. #5	Mean	Standard Deviation
Treat. #1	No Treat	0	39.3	14.1	2.40	3.10	2.52	2.59	2.76	2.67	0.27
	Treat (A)	200	39.9	14.7	2.96	2.98	2.97	2.89	2.72	2.90	0.11
Treat. #2	No Treat	0	38.5	14.5	2.79	2.26	2.43	2.85	2.62	2.59	0.25
	Treat (A)	250	39.1	14.7	2.44	2.20	2.39	2.90	2.55	2.50	0.26
Treat. #3	No Treat	0	32.5	14.9	2.62	3.02	2.55	2.50	2.82	2.70	0.22
	Treat (A)	300	38.2	15.1	2.53	2.48	2.74	2.49	2.52	2.55	0.11
	Treat (A)	350	36.9	15.3	3.15	2.55	2.23	2.48	2.66	2.61	0.34
Treat. #4	No Treat	0	34.6	15.0	2.63	2.55	2.42	2.50	2.86	2.60	0.17
	Treat (B)	200	37.3	15.3	2.37	2.77	2.44	2.85	2.66	2.62	0.21
	Treat (B)	250	36.8	15.1	2.46	2.25	2.80	2.70	2.39	2.52	0.23
Treat. #5	No Treat	0	34.7	15.0	2.61	2.22	2.55	2.40	2.71	2.50	0.19
	Treat (B)	300	37.7	15.0	2.35	2.32	2.44	2.89	3.25	2.65	0.41
	Treat (B)	350	37.4	14.9	2.68	2.58	2.67	2.81	2.98	2.74	0.16

Note : Treat A : exit resistance of 1.5kg · cm, Treat B : exit resistance of 2.3kg · cm.

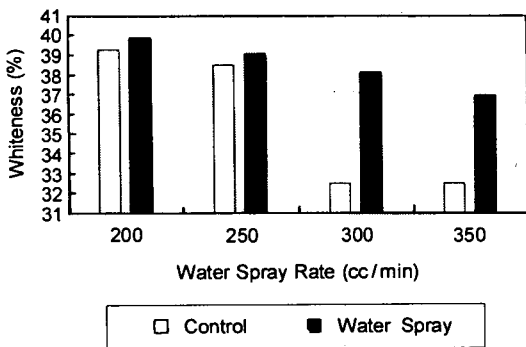


Fig. 3 Effect of water spray rate on the rice whiteness with the exit resistance of 1.5kg · cm.

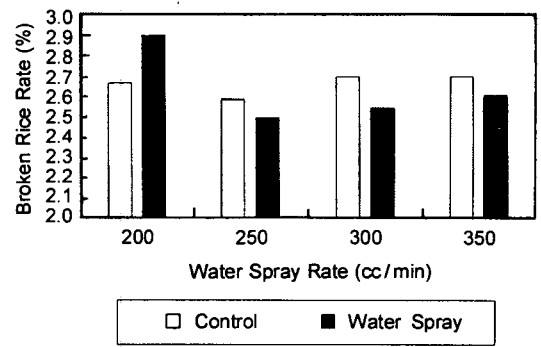


Fig. 4 Effect of water spray rate on the broken rice rate with the exit resistance of 1.5kg · cm.

가수량 300 cc/min일 때 백도의 상승효과가 컸고, 쇤미율의 감소효과도 컸다. 그리고 그림 5와 6에서

와 같이 출구저항 2.3kg·cm에서도 300 cc/min에서 백도의 상승효과가 컸으나, 쇤미율은 가수량 250 cc

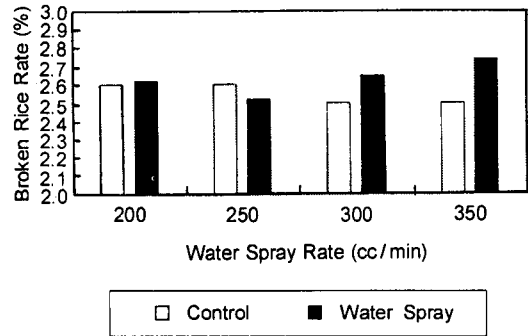
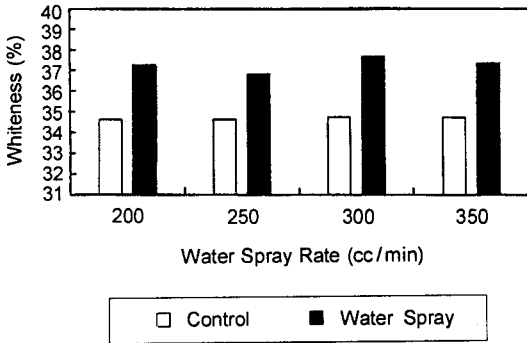


Fig. 5 Effect of water spray rate on the broken rice rate with the exit resistance of 2.3kg·cm.

Fig. 6 Effect of water spray rate on the broken rice rate with the exit resistance of 2.3kg·cm.

Table 4 Performance comparison between the developed rice polisher and others

Item	Domestic Polishers	Foreign Polisher	Developed Polisher
Capacity	1.6 t/h / 3t/h	3 t/h	more than 3.5 t/h
Power (kW)	15 kW / 37 kW	30 kW	37 kW
Energy Consumption	·	·	0.5 kWh/100kg
Shaft Revolution	950RPM / 650RPM	850 RPM	750 RPM
Chamber Length	600 mm	1,200 mm	1,000 mm
Slot Direction	in low resistance direction(/), 23°	high resistance direction(reverse direction, \) 23°	low r.d. 45° (/) (Poli. Part I) high r.d. 23° (\) (Poli. Part II)
Clearance between screen and prominent resistance part	10 mm	·	13.5 mm (Polishing Part I) 8 mm (Polishing Part II)
Max. Internal Pressure	0.8~3.1 kg/cm ²	·	0.8~2.5 kg/cm ²
Sprayed Water Particle Size (μm)	more than 90 μm	less than 30 μm	80 μm (Spray Part I) less than 30 μm (Spray Part II)
Moisture Increment	0.1~0.2 %	less than 0.1 %	less than 0.1 %
Whiteness Increment	2.3~2.4 %	about 2.5 %	about 2.6~3.0 %
Broken Rice Rate	1.0~2.0 %	less than 1 %	less than 0.2 %
Crack Rate	about 10 %	·	about less than 5 %
Characteristics	1) high internal pressure 2) large sprayed water 3) high broken rice rate 4) high crack rate	1) fine sprayed water particle 2) long polishing time 3) low broken rice rate 4) shaft milled excellently	1) two stage polishing 2) low internal pressure 3) fine sprayed water particle 4) low broken rice rate 5) high whiteness 6) high capacity

/min에서 상대적으로 가장 낮게 나타났다. 이 같은 결과를 종합해 볼 때 가수량 약 250~300 cc/min에서 쌀의 백도도 높고 쉐미증가율도 가장 낮게 나타남을 알 수 있었다.

라. 국내외 연미기의 성능 비교

표 4는 국내외 연미기의 사양 및 성능을 비교한 것이다. 본 연구에서 개발된 연미기는 시간당 약 3톤이상 가공할 수 있는 대형 연미기로서 2단계의 연마과정을 갖는 것이 특징이다. 본 시작기는 타 연미기의 1%~2%의 쉐미발생율에 비해 쉐미발생율이 0.2% 이하로 낮게 나타났으며, 백도의 증가율도 약 2.6%~3.0%로 나타나 다른 연미기의 백도증가율 2.3%~2.5%에 비해 높게 나타났다. 특히 본 시작기는 가수시 미립화하여 적정량을 가수하고 저압력에서 2단계로 연마하기 때문에 쉐미율도 줄이고 백도도 높일 수 있어서 깨끗한 고품질의 청결미를 생산할 수 있었다.

4. 요약 및 결론

미곡종합처리장 및 대형 도정공장에 설치할 대형 연미기를 개발한 후, 이 시작기에 대한 성능 평가 및 개선 실험을 실시하였다. 본 연구 결과는 다음과 같다.

1) 2단계 연마식 연미기를 (3t/h 이상) 설계 및 제작하여 개발하였다. 연미기는 투입부, 제 1 가수부, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 출구부, 제 2 가수부, 동력부, 제어부, 미강흡입부 등으로 구성되었다. 연미기의 주동력은 37 kW이었고, 흡입팬은 5.6 kW, 롤러축의 표준 회전수는 750 rpm이었다. 제 1 연마부에서는 거친 입자들을 털어내고 가수된 원료들을 골고루 잘 섞도록 하였으며, 롤러는 표면의 부식방지를 위해 크롬으로 도금하였다. 제 2 연마부는 미세 입자들을 제거하는 기능을 하면서 최대한의 광택을 내도록 하였고, 마찰롤러는 주물로 제작하였다.

2) 개발된 연미기는 시간당 3톤이상 가공할 수 있는 대형 연미기로서 2단계의 연마과정을 갖는 것이 특징이다. 본 시작기는 타 연미기의 1%~2%의 쉐미발생율에 비해 쉐미발생율이 0.2% 이하로 매우 낮

게 나타났으며, 백도의 증가율도 약 2.6%~3.0%로 나타나 다른 연미기의 백도증가율 2.3%~2.5%에 비해 높게 나타났다. 특히 본 시작기는 가수시 미립화하여 적정량(250~300 cc/min)을 가수하고 저압력에서 2단계로 연마하기 때문에 쉐미율도 줄이고 백도도 높일 수 있어서 깨끗한 고품질의 청결미를 생산할 수 있었고, 소모동력도 0.5 kWh/100kg으로 낮게 나타나 개발된 연미기의 성능이 매우 우수함을 알 수 있었다.

3) 개발된 연미기에서 금망의 슬롯각도를 수정한 후 가수량 및 출구저항에 따라 백도와 쉐미율의 변화를 실험한 결과, 제 1 연마실의 내부압력은 약 0.2 kg/cm² 정도 증가하였으나, 제 2 연마실의 내부압력을 약 0.4kg/cm² 정도 낮추면서 고압이 형성되는 제 2연마실에서 주로 발생하는 쉐미 발생율을 약 0.5% 이하에서 0.2% 이하로 감소시킬 수 있었다. 이때 백도도 38~39 이상을 나타내며 광택이 낮으나 가수량이 300 cc/min 이상이 되면 백도는 감소하는 경향을 보였다. 또한 출구저항을 1.5kg·cm에서 2.3kg·cm로 증가하더라도 쉐미율과 백도에는 별 영향을 미치지 않았다. 그리고, 출구저항 1.5kg·cm에서 가수량 300 cc/min일 때 백도의 상승효과가 컸고, 쉐미율의 감소효과도 컸다. 그리고 출구저항 2.3kg·cm에서도 300 cc/min에서 백도의 상승효과가 컸고, 쉐미율은 가수량 250 cc/min에서 상대적으로 낮게 나타났다. 이 같은 결과를 종합해 볼 때 가수량이 약 250~300 cc/min에서 쌀의 백도도 높고 쉐미증가율도 가장 낮게 나타남을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 고학균 외 6인. 1990. 농산가공기계학. 향문사.
2. 이병영 외 3인. 1992. 습식연미 도정특성에 관한 연구. 한국농화학지 35(6):475-478.
3. 정중훈 외 1인. 1998. 중소형 연미기의 성능평가 및 성능개선에 관한 연구(I, II). 한국농업기계학회지 23(3):245-252, 23(5):445-456.
4. Extension and Training Center, Satake Engineering Co., 1983. Group training courses in rice processing.
5. Ritsuya Yamashita. 1993. New Technology in Grain Postharvesting. LAE No. 93-02, KinKi University. Pub. by Farm Machinery Industrial Research Corporation.