

2단계 연마방식 대형 청결미제조기의 개발

Development of Large-Scale Rice Polisher with Double Polishing Stage

정종훈*

정회원

J.H.Chung

1. 서론

우리나라의 정미작업은 쌀의 품질에 영향을 주는 중요한 공정으로 도정공장에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 연삭식과 마찰식 정미기를 복합적으로 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 중요하다. 이때 사용되는 연미기에는 건식과 습식이 있는데 건식은 부러쉬 등을 사용하여 쌀 표면의 미강과 이물질을 털어 주는 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(2). 연미기 내부에서 가수된 백미는 쌀 입자간의 마찰과 강한 흡입 공기의 와류로 표면의 이물질의 완전한 제거는 물론 광택을 내야 하는데, 아직까지 국내 기계들은 성능조차 제대로 구명되지 않고 사용되고 있다. 연미기에서 자동으로 쌀에 물을 분무하여 미세미강과 이물질을 제거하며, 공기가 적정 속도로 흡입되어 분진, 미강, 마찰열 등을 제거하여 광택이 나고 쇠미가 발생하지 않도록 해야 하나, 이에 대한 연구개발이 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 3~4톤이며 소요 동력은 40마력이고, 축 회전수는 약 850~900 rpm 정도이고, 길이는 가공실만 약 120 cm 정도이다. 습식 연미기의 상부에 있는 호퍼에서 백미가 투입되고 관으로 된 축 속에 물을 분사하는 노즐과 압축 공기를 넣어 줄 수 있는 노즐이 함께 장착되어 있다. 외부에는 콤프레샤, 물 필터, 공기 필터 및 유량계가 설치되어 있다(4). 또한 습식 연미기 안에는 강한 흡입용 송풍기가 설치되어 이물질을 제거할 수

* 전남대학교 농과대학 농공학과 부교수

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 멍치는 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(3)를 기초로 시간당 3~4톤 이상을 가공할 수 있는 연미기로서, 대형 청결미제조기를 개발하고 그 성능을 평가하며 개선하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 대형 청결미제조기의 구성

기존 연미기의 성능을 평가한 자료를 기초로 시간당 3~4톤 이상의 청결미를 생산할 수 있는 2단계 연마형태의 대형 청결미제조기를 설계하였다. 청결미제조기는 원료투입구, 원료공급 스크루우, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 제 1 가수부, 제 2 가수부, 출구저항부, 제어부, 동력부, 흡입부, 제 1연마부 분풍부, 배출스크루우 등으로 구성하였다. 가수부에는 유량계와 압력계를 설치하고, 미강 흡입부에는 연마실의 미강이 잘 제거되도록 7.5마력의 흡입팬을 설치하였으며 진공압력이 200mmAq 이상이 되도록 하였다.

나. 청결미제조기의 설계 및 제작

기존 연미기의 성능을 평가한 자료를 기초로 시간당 3~4톤 이상의 백미를 처리할 수 있는 대형 청결미제조기를 개발하고자 다음과 같이 설계하였고 그림 1과 같이 제작하였다.

- 1) 청결미제조기 처리용량: 3~4톤/시간 이상, 2) 기계주동력: 50마력, 보조동력: 약10마력
- 3) 기계경사도 및 회전수: 3~5° 및 750 rpm
- 4) 원료공급 스크루 사양 :
 - ① 스크루 길이 : 235mm ② 스크루 피치 : 40mm
 - ③ 스크루 외경 : 185mm ④ 스크루 흡 길이 : 20mm
- 5) 제 1 연마부 사양
 - ① 마찰롤러길이 $L = 333\text{mm}$
 - ② 마찰롤러 직경(외경) $DI = 330\text{mm}$ (마찰부 돌기 10mm포함)
 - ③ 마찰롤러 교반돌기수: 3개, ④ 마찰롤러 교반돌기 기울기 및 높이: 5도, 10mm
 - ⑤ 마찰롤러와 금망과의 간격: 13.5 mm
 - ⑥ 금망형태 및 재질: 스테인레스 원형금망으로 저항철판 3개를 부착함
 - ⑦ 금망슬롯: 순방향 45도(\) 또는 65도 (\), ⑧ 원형금망 직경: 357 mm
 - ⑨ 기능: 저압력 상태에서 가수된 미립표면의 미세 미진을 제거함
- 6) 제 2 연마부 사양
 - ① 마찰롤러 길이: 600 mm ② 마찰롤러 직경: 164 mm
 - ③ 마찰롤러 교반돌기수: 2 ④ 마찰롤러 교반돌기 기울기: 5도
 - ⑤ 마찰롤러 교반돌기와 금망과의 간격: 8 mm ⑥ 금망형태 및 재질: 8각형, 스테인레스
 - ⑦ 금망 직경: 180 mm ⑧ 금망슬롯 방향: 순방향 23도 및 45도(\)

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

구 분	사 양
처 리 용 량	3-4톤/시간 이상
치수 L×W×H	2200×750×1600 (투입구 미포함)
주 동 력 송 양 수 기	50HP, 220V, 3Ø 흡입팬 : 7.5HP, 220V, 3Ø, 제 1연마부 분풍팬 : 1HP, 220V, 3Ø 0.5HP, 220V, 3Ø
콰 펌 프 레 서	2HP, 220V, 3Ø
표준회전수	750 RPM
원료투입부	공기실린더로 자동개폐, 기어모터로 투입량 조절
원료공급스크루우	최대용량 10톤/시간, 피치 30mm, 외경 330 mm, 내경 280 mm
제1 가수부	노즐 최대용량 630 cc/min (10 gal/h), 혼합 믹서 설치함.
제1 연마부	마찰롤러 특수제작, 롤러표면 크롬 도금 부식방지, 마찰롤러 길이 L=333 mm, 마찰롤러 외경 Ø=330 mm, 원주속도 777 m/min, 마찰롤러 교반돌기수 3개, 마찰롤러 교반돌기 기울기, 높이, 폭 : 5도, 10 mm, 12 mm 돌기와 금망과의 간격 : 13.5 mm, 롤러표면 분풍구 크기: 230 × 7, 금망형태 : 스테인레스 원형금망에 저항철판 3개 부착함, 금망슬롯 방향 및 각도 : 순방향 45도 (표준) 또는 65도 원형금망직경 : Ø=357 mm, 저항철판 크기: 285 × 30 × 3 t 제 1 연마부 기능: 저압력 상태에서 회전하면서 미립표면 미장제거
제2 연마부	마찰롤러 주물제작, 롤러표면의 마찰성 때문에 열처리 불필요 마찰롤러 길이 L=600mm, 외경 Ø=164mm, 원주속도 386 m/min, 교반돌기수 : 2개, 교반돌기 기울기 : 5도, 교반돌기와 금망과의 간격 : 8mm, 금망형태 : 8각형, 스테인레스, 금망슬롯방향 : 순방향 45도 (\)
제2 가수부	제 2 연마부 배출부 중공축에 공기혼합노즐 설치, 분두에 구멍 6개, 물 미립자 30 µm 이하, 공기압 4 kg/cm ² , 수압 10 kg/cm ²
배 출 부	브러쉬가 부착된 배출오거를 설치
제 어 부	기계의 주동력, 흡입팬, 배출오거, 원료투입구 개폐장치, 가수펌프 등의 장치를 제어하는 제어반 설치
계 측 부	압력센서, 증폭기, 오실로그래프, 오실로스코프, 유량계, 전력계, 압력계, 타코미터, 전류계, 전압계 등 설치

7) 제 1 가수부

- ① 원료투입구에 10 gal/h 분무노즐 1개 설치
- ② 노즐아래에 믹서(mixer) 설치 ③ 제 1 및 제 2 가수부를 위해 펌프 설치

8) 제 2 가수부

- ① 제 2 연마부의 배출부 끝인 중공축에 공기혼합노즐을 설치함.
- ② 물 미립자를 30 µm이하로 하여 제 2 연마부에 분사함.

9) 배출부

배출부에 브러쉬가 달린 배출오거를 설치해 최종적으로 미장을 털어내도록 설계함.

10) 스크루 원료처리량의 예측 :

$$Q_{\max} = 60 \cdot n \cdot \phi \cdot p \cdot \frac{r \cdot \pi}{4} (D_s^2 - d^2)$$

n : 회전수, ϕ : 스크루 충만율(0.45), p : 스크루 피치(m), 순피치
r : 산물밀도, D_s : 스크루 외경(m), d : 스크루 내경(m)

$$Q_{\max} = (60) \cdot (700) \cdot (0.45) \cdot (0.03) \cdot (0.8) \cdot \left(\frac{3.14}{4}\right) \cdot (0.33^2 - 0.28^2) = 10.7 \text{ ton/h}$$

* 참고 :회전수가 750rpm이면 $Q_{\max} = 10.7 \text{ ton/h}$,

11) 제어부

- ① 기계의 주동력, 흡입팬, 배출오거, 투입부, 가수펌프부, 등의 제어장치를 설치함.

- ② 가수량을 조절하고 유량속도를 측정하기 위해서 유량계를 설치하였고 전력소모량을 측정하기 위해 전력계를 설치함.
- ③ 원료 투입량에 따른 부하정도를 알기 위해 전류계 설치함.

다. 청결미제조기의 성능평가 및 성능개선

개발된 청결미제조기의 성능을 평가하기 위해 가수정도, 금망형태, 출구저항 등의 주요인들을 고려하여 성능실험을 실시함으로써 제1연마부의 내부압력, 제 2 연마부의 내부압력, 함수율, 백도, 쇄미율, 동할율 등의 미질을 분석하였다. 연마실내의 내부압력은 금망에 압력센서를 설치하고 그 신호를 증폭하여 오실로스코프로 그 압력을 측정하였다. 개발된 청결미제조기의 성능을 평가한 후, 제 1 연마부의 금망 각도를 역방향으로 하여 연마성능을 개선시키는 실험을 실시하였다. 그리고 개발된 청결미제조기를 기존 국산 연미기 및 외제 연미기와 성능 및 기능 측면에서 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 청결미제조기의 특징

청결미제조기는 그림 1과 같이 본체, 투입부, 가수부, 혼합부, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 배출부, 동력부, 제어반 등으로 구성되었다. 즉 쌀의 연마는 2단계를 거치면서 이루어지도록 하였다. 청결미제조기의 제 1 연마부에서는 가수된 백미의 표면에 붙어있는 미세 미강들이 저압상태에서 팬의 흡입과 금망에 붙어 있는 저항철편의 마찰에 의해 떨어지도록 하였다.

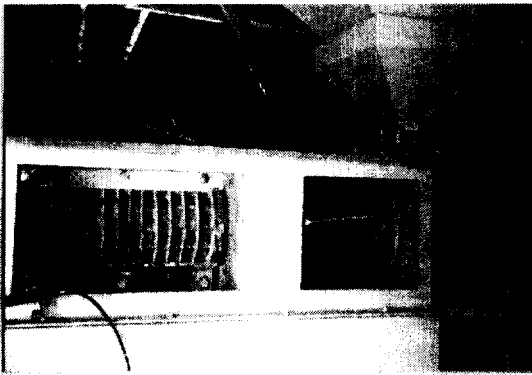


Fig. 1 The developed rice polisher

제 2 연마부에서는 아주 미세한 물미립자를 공기혼합노즐로 분사시키면서 제 1 연마부에서 제거되지 않은 미세미강을 마찰로 제거하도록 하였다. 예비실험에서 제 1 연마부의 금망각도를 65도로 한 금망을 설치하여 실험을 하였으나 제 1 연마부에서 제대로 연마가 되지 않아 제 1 연마부의 금망의 각도가 순방향 45도인 금망으로 교체하였으며, 또한 이 금망에 마찰효과를 높이기 위해서 저항철편 3개를 설치하여 제작하였다.

제 2 연마부에는 금망각도가 순방향(\\) 23도인 금망을 고정 설치하여 시료가 어느 정도 저항을 받으면서 연마실에서 잘 배출되도록 제작하였다. 기존 연미기에서도 보통 금망의 각도가 23.5도로 되어 있다.

나. 청결미제조기의 성능평가

96년산 동진벼의 백미를 시료로하여 청결미제조기의 성능을 평가하고 개선하고자 여러 처리조건에서 성능실험을 실시한 결과, 표 2와 같은 결과들을 얻었다. 표 2와 같이 먼저 시

료인 백미의 함수율, 백도, 쇤미율, 동할율, 그리고 천립중을 조사하였다. 시료인 백미의 함수율은 15.7%, 백도는 36.7, 쇤미율(정상립 길이의 3/4 이하되는 쇤미의 비율)이 약 4%, 동할율이 21.2%, 천립중이 19.8g이었다. 처리 #1과 같이 출구저항을 작게 하고(두개의 추위치 0상태), 제 1 연마부의 투입구쪽의 가수부에서 약 150 cc/min, 제 2 연마부의 배출구쪽에서 가수량을 약 130 cc/min로하여 실험을 한 결과, 백도는 36.7에서 38.8로 증가하였으며, 쇤미율은 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 0.1 kg/cm², 제 2 연마부의 내부압력은 1.2 kg/cm²를 나타내었다. 이처럼 처리 #1에서 원시료에 비해 쇤미율과 동할율은 약간 증가하였으며, 천립중의 변화는 시료에 비해 약 3% 감소하였으나 천립중의 표준편차 때문에 정확하게 얼마만큼 강층이 더 제거되었다고 말할 순 없지만 대략적으로 제거되는 정도를 알 수 있었다. 이같은 결과는 국산 기준 연미기를 통과하면 쇤미율이 약 2% 증가하고 동할율이 약 10% 증가하는 결과에 비해 상대적으로 우수한 결과를 보였다.

Table 2 Results of performance tests of the developed rice polisher

구분	함수율 (%)	백도 (%)	쇤미율 (%)	동할율 (%)	천립중 (gr)	내부압력(kg/cm ²)		비 고
						1연마부	2연마부	
시료 1 (백미)	15.7 (0.2)	36.7 (0.2)	4.0 (0.5)	21.2 (3.9)	19.8 (0.3)	.	.	96년산 햅쌀(동진벼)
처리 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	출구 추저항 모멘트 3.2 kg·cm (소), 투입구 및 출구중공축에서 가수함, 투입량 소
처리 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	출구 추저항 3.2 kg·cm (소), 투입구 및 출구중공축에서 가수함
처리 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	출구 추저항 5.0 kg·cm (중), 출구중공축에서만 가수함
처리 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	출구 추저항 3.2 kg·cm (소), 2곳에서 가수함
처리 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	출구 추저항 3.2 kg·cm (소), 처리 4에 비해 투입량 30%증가
처리 6	14.5 (0.2)	40.0 (0.2)	4.4	.	19.4	0.4	1.5	출구 추저항 3.2 kg·cm (소), 출구중공축에서만 가수함
처리 7	14.5	39.3	4.0	.	19.5	0.4	1.3	출구 추저항 2.0 kg·cm (최소) 투입구 및 출구중공축에서 가수함,
시료 2 (백미)	18.1	36.8	1.3 (0.1)	4.7 (0.4)	.	.	.	96년산 18% 동진벼품종
처리 8	18.2	40.0	1.3 (0.1)	7.3 (0.5)	.	0.2	0.8	출구 추저항 2.0 kg·cm (최소) 투입구에서만 가수함,
처리 9	18.1	39.8	1.4 (0.1)	6.6 (0.5)	.	0.2	0.9	출구 추저항 2.0 kg·cm (최소) 투입구 및 출구중공축에서 가수함,

참고: 1) () 숫자는 표준 편차임

2) 위의 값들은 3-5회 반복에 대한 평균치임

처리 #2에서는 투입량만 처리 #1에 비해 약간 증가시켜 실험을 한 결과, 백도는 비슷하였고 쇤미율과 동할율은 증가하였으며 천립중은 약 2% 감소하였다. 처리 #3은 다른 조건은 처리 #2와 같이하고 출구저항의 추 2개의 위치를 중간으로하여 출구저항을 높인 후 실험하였는데, 그 결과 백도는 39.6으로 증가하였으나 쇤미율과 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 증가시켜 제 2 연마부의 연마실 내부압력을 증가시켰으나, 쇄미율이 내부압력에 비례하여 증가하였다. 따라서 성능향상을 위해 앞으로 출구저항을 줄이고 투입량을 적절히 조절하여 제 2 연마부의 내부압력을 줄이고, 가수량 또한 줄이고 미립화한 상태에서 가수하는 것이 필요하였다. 처리 #6에서는 처리 #5에 비해 원료 투입량을 줄여 2 연마부의 내부압력을 감소시킴에 따라 쇄미율도 줄일 수 있었다. 처리 #7에서는 출구저항을 2 kg·cm로 매우 줄여 제 2 연마부의 내부압력을 1.3 kg/cm² 감소시킴으로써 쇄미증가율이 0.1%내외로 감소하였다.

처리 #1에서 처리#7까지는 시료의 함수율이 약 15% 수준이었으나, 처리 #8과 처리 #9에서는 함수율이 약 18% 인 시료를 사용하였고, 출구저항도 2 kg·cm로 낮게한 결과 내부압력은 0.8~0.9 kg/cm²에 분포하였고 쇄미율 증가율도 0.1%내외로 낮게 나타났다.

다. 청결미제조기의 성능개선

개발된 청결미제조기의 성능개선을 위해서 제 1 연마실의 금망의 슬롯각도를 저항이 적은 순방향 45도(\\)에서 저항이 큰 역방향 45도(/)도로 변화시켰으며, 연마시 가수량과 출구저항을 적절히 조절하면서 적정조건을 찾고자 하였다. 이같이 금망의 슬롯각도를 순방향에서 역방향으로 바꾼 이유는 제 1 연마실에서 금망의 저항을 높여 연마효과를 높이고 체제시간을 늘려줌으로써 제 2 연마실에서의 부하를 줄여 내부압력을 감소시키고 연마효과를 높이기 위해서 시도하였다.

Table 3 Results of performance tests of the improved rice polisher
(제 1연마실의 금망의 슬롯각도가 역방향 45° (/)일경우)

처리	처리여부	가수량 (cc/min)	백도	함수율 (%)	쇄 미 율 (%)						
					1차	2차	3차	4차	5차	평균	편차
처리1	처리전	0	39.3	14.1	2.40	3.10	2.52	2.59	2.76	2.67	0.27
	처리(A)	200	39.9	14.7	2.96	2.98	2.97	2.89	2.72	2.90	0.11
처리2	처리전	0	38.5	14.5	2.79	2.26	2.43	2.85	2.62	2.59	0.25
	처리(A)	250	39.1	14.7	2.44	2.20	2.39	2.90	2.55	2.50	0.26
처리3	처리전	0	32.5	14.9	2.62	3.02	2.55	2.50	2.82	2.70	0.22
	처리(A)	300	38.2	15.1	2.53	2.48	2.74	2.49	2.52	2.55	0.11
	처리(A)	350	36.9	15.3	3.15	2.55	2.23	2.48	2.66	2.61	0.34
처리4	처리전	0	34.6	15.0	2.63	2.55	2.42	2.50	2.86	2.60	0.17
	처리(B)	200	37.3	15.3	2.37	2.77	2.44	2.85	2.66	2.62	0.21
	처리(B)	250	36.8	15.1	2.46	2.25	2.80	2.70	2.39	2.52	0.23
처리5	처리전	0	34.7	15.0	2.61	2.22	2.55	2.40	2.71	2.50	0.19
	처리(B)	300	37.7	15.0	2.35	2.32	2.44	2.89	3.25	2.65	0.41
	처리(B)	350	37.4	14.9	2.68	2.58	2.67	2.81	2.98	2.74	0.16

(참고) A: 출구저항이 1.5 kg·cm, B: 출구저항이 2.3 kg·cm임

표 3은 개발된 청결미제조기에서 금망을 교체한 후 가수량 및 출구저항에 따라 백도와 쇄미율의 변화를 실험한 결과이다. 그 결과 제 1 연마실의 내부압력은 약 0.2 kg/cm² 정도 증

가하였으나, 제 2 연마실의 내부압력을 약 0.4 kg/cm² 정도 낮추면서 고압이 형성되는 제 2 연마실에서 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 1.5 kg·cm에서 2.3 kg·cm로 증가하더라도 쉐미율과 백도에는 별 영향을 미치지 않았다. 출구저항 1.5 kg·cm에서 가수량 300 cc/min일 때 백도의 상승효과가 컸고, 쉐미율의 감소효과도 컸다. 그리고 출구저항 2.3 kg·cm에서도 300 cc/min에서 백도의 상승효과가 컸고, 쉐미율은 가수량 250 cc/min에서 상대적으로 낮게 나타났다.

라. 국내외 청결미제조기의 성능비교

표 4는 국내외 청결미제조기의 사양 및 성능을 비교한 것이다. 본 연구에서 개발된 청결미제조기는 시간당 4톤까지 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 연미기는 가수시 미립화하여 적정량을 가수하고 저압력에서 2단계로 연마하기 때문에 쉐미율도 줄이고 백도도 높일 수 있어서 깨끗한 고품질의 청결미를 생산할 수 있었다.

Table 4 Performance comparison between the developed rice polisher and others

구 분	국산 연미기	외제 연미기	청결미 제조기(시작기)
처리 용 량	1.6 / 3 ton/h	3 ton/h	4 ton/h
설 치 동 력(HP)	20 / 50 HP	40 HP	50 HP
실 소모동력 (HP)	●	●	0.5 kWh/100kg(27HP/ 4 ton)
롤러회전수(RPM)	950 / 650 RPM	850 RPM	750 RPM
연마실길이 (mm)	600 mm	1200 mm	1000 mm
금망슬롯 방향	순방향 23도(/)	역방향 23 도(\)	역방향 45도 (제1 연마부) 순방향 23도 (제2 연마부)
교반돌기와 금망과의 간격	10 mm	●	13.5 mm (제 1 연마부) 8 mm (제 2 연마부)
최대 내부압력	0.8~3.1 kg/cm ²	●	0.8~2.5 kg/cm ²
추천적정 내부압력	1.5 kg/cm ² 이하	●	1.5 kg/cm ² 이하
가수입자 크기(μm)	90 μm 이상	30 μm 이하	80 μm (제 1 가수부) 30 μm 이하 (제 2 가수부)
수분증가율	0.1 ~ 0.2 %	0.1 % 이하	0.1 % 이하
백 도	2.3~2.4 % 증가	약 2.5 % 증가	약 2.6 ~ 3.0 % 증가
쉐미 발생율	1.0 ~ 2.0 %	1 % 이하	0.2 % 이하
동할을 발생율	약 10 % 이상	●	약 5 % 이하
특 징	내부압력 높음 가수량 많음 쉐미율 높음 동할율 높음 강층제거량 많음	롤러축가공도 높음 가수미립자 작음 강층제거량 많음 가공시간이 길음	2단계 연마방식 저압력 연마 적정 가수량 분사 대용량 처리 백도가 높음

4. 요약 및 결론

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

1) 2단계 연마식 청결미제조기를 (4톤/시간) 설계 및 제작하여 개발하였다. 청결미제조기는 투입부, 제 1 가수부, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 출구부, 제 2가수부, 동력부, 제어부, 흡입부 등으로 구성되었다. 청결미제조기의 주동력은 50 HP이었고, 흡입팬은 7.5 HP, 롤러축의 표준회전수는 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 청결미제조기는 시간당 4톤까지 가공할 수 있는 대형 연미기로서 2단계의 연마과정을 갖는 것이 특징이다. 본 연미기의 성능으로 타 연미기의 1%~2%의 쇄미발생율에 비해 쇄미발생율이 0.2% 이하로 매우 낮게 나타났으며, 백도의 증가율도 약 2.6%~3.0%로 나타나 다른 연미기의 백도증가율 2.3%~2.5%에 비해 높게 나타났다. 특히 본 연미기는 가수시 미립화하여 적정량을 가수하고 저압력에서 2단계로 연마하기 때문에 쇄미율도 줄이고 백도도 높일 수 있어서 깨끗한 고품질의 청결미를 생산할 수 있었고, 소모동력도 0.5 kWh/100kg으로 낮게 나타나 개발된 청결미제조기의 성능이 매우 우수함을 알 수 있었다.

3) 개발된 청결미제조기에서 금망의 슬롯각도를 수정한 후 가수량 및 출구저항에 따라 백도와 쇄미율의 변화를 실험한 결과, 제 1 연마실의 내부압력은 약 0.2 kg/cm² 정도 증가하였으나, 제 2 연마실의 내부압력을 약 0.4 kg/cm² 정도 낮추면서 고압이 형성되는 제 2 연마실에서 주로 발생하는 쇄미 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 1.5 kg·cm에서 2.3 kg·cm로 증가하더라도 쇄미율과 백도에는 별 영향을 미치지 않았다. 그리고, 출구저항 1.5 kg·cm에서 가수량 300 cc/min일 때 백도의 상승효과가 컸고, 쇄미율의 감소효과도 컸다. 그리고 출구저항 2.3 kg·cm에서도 300 cc/min에서 백도의 상승효과가 컸고, 쇄미율은 가수량 250 cc/min에서 상대적으로 낮게 나타났다.

5. 참고문헌

1. 고학균 외 6인, 1990. 농산가공기계학, 향문사
2. 이병영 외 3인, 1992. 습식연미 도정특성에 관한 연구. 한국농화학지 35(6), p475~478.
3. 정중훈 외 1인, 1998. 중소형 연미기의 성능평가 및 성능개선에 관한 연구(I, II). 한국농업기계학회지 제 23권 3호(I) 및 5호(II).
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.