건식 연미기 개발

Development of Dry-type Rice Polisher

최희석* 이선호* 노대현* 전희환**
정회원 정회원 정회원
H.S.Choi S.H.Lee D.H.No H.H.Jeon

1. 서 론

도정시설의 정미공정에서 생산된 쌀의 표면에는 미세쌀겨와 이물질이 잔류하기 때문에 미세쌀겨 및 이물질제거는 물론 연마를 통한 보기 좋고 깨끗한 고품질의 쌀을 가공하기 위하여 국내의 경우 습식연미기가 주로 사용되고 있다.

하지만 습식 연미기의 경우 과다 가수 및 불균일 가수에 따른 쌀 품질저하 우려, 겨울철 가수장치의 동파우려 및 금망 외벽부에 미강 고착에 의한 성능 저하 등의 문제가 있어 이의 개선이 요구되고 있다. 특히 근래에는 식미 등을 고려하여 비교적 높은 함수율에서 가공이 이루어지고 있는 추세로 가수를 할 경우 쌀이 뭉치는 현상이 발생되어 건식 연미기의 필요성이 증대되고 있는 실정이다.

국내 연구에서 습식연미기의 연마실 내부압력은 가수할 경우에 비해 가수를 하지 않을 때 약 4.9~9.8N/㎠이 증가하지만, 쇄미의 발생율은 출구저항 1.4~5.4kg/㎠에서 가수의 경우 0.7~4.4%로 높은 반면에 가수를 하지 않았을 때 0.3~1.6%로 낮아지는 것으로 보고되어 건식 연미가 쇄미율이 감소하여 유리할 것으로 보고되었고, 최근 일본의 경우에도 습식의 문제점을 보완하기 위한 방안으로 건식연미기의 필요성을 제시하고 있으며, 그 한 방법으로 특수한 브러시를 이용한 건식연미기가 보급 단계에 있지만 건식의 경우 가공온도가 다소 높아지기 때문에 정미된 쌀을 템퍼링 빈에서 냉각한 다음 가공하여야 한다고 보고하고 있다.

따라서 본연구에서는 물을 사용하지 않고도 도정시 백미에 부착된 미세쌀겨를 제거하고 연마하여, 고품질의 쌀을 생산할 수 있는 건식연미기를 개발하고, 그 성능평가를 실시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 건식 연미기 제작

건식연미기의 구조는 기존의 수평마찰식 습식연미기와 달리 입형으로 그림 2-1에서 보는바와 같이 원료를 투입하면 밑에서 위로 이송되어 연마부의 1차 금망에서 비교적 굵은 쌀겨 및 이물질이 제거되고, 슬롯이 미설치된 연마판에 의해 쌀의 표면을 매끄럽게 연마한 다음,

* 농촌진흥청 농업기계화연구소
** 주식회사 고려엔지니어링

최종적으로 2차 금망과 브러시에 의해 미세 쌀겨를 제거토록 고안 제작하였다. 이때 공기가 회전로터의 안쪽에서 금망 밖같쪽으로 흡인되어 가공과정에서 발생된 미세 쌀겨 및 이물질을 싸이클론에 의해 집진되도록하였으며, 동력은 연마부 삼상 220V, 40kW, 흡인부 삼상 220V, 7.5kW를 사용하였다.

이밖에 적정 금망형태 및 브러시 형태 구명시험을 위하여 착탈이 용이한 구조로 제작하였으며, 시작기는 각 요인별로 구명된 결과에 따라 최종 구성하였다.

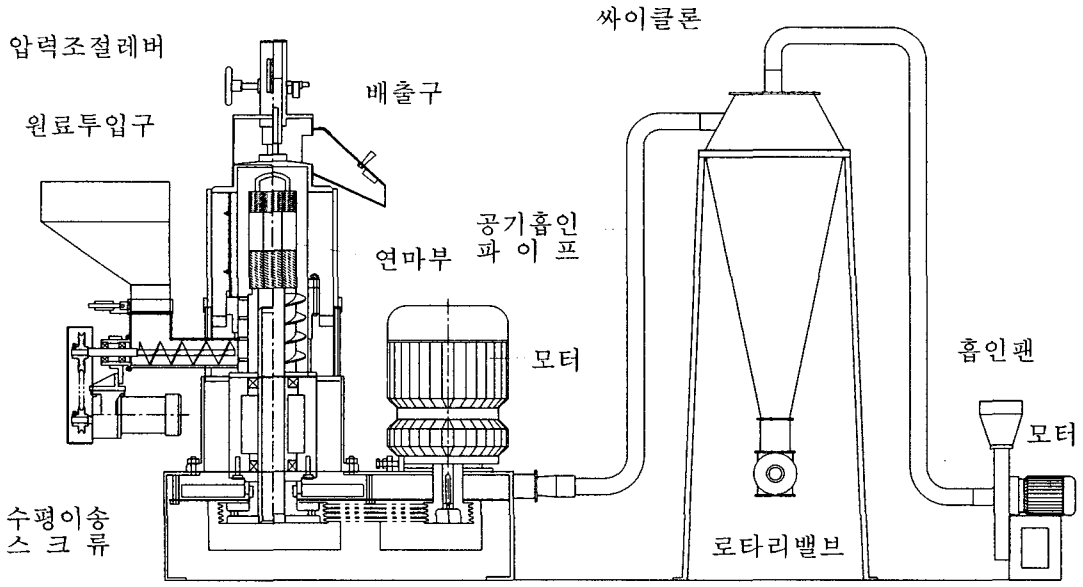

Fig. 2-1 Schematic diagram of dry-type rice polisher

나. 공시재료

금망형태 구명시험에 사용된 공시재료는 '98년 경기도 평택에서 생산된 추청벼 3톤을 정미공정 까지만 통과시켜 10분도로 가공하여 실험에 사용하였으며, 미강제거 흡인압력 및 브러시형태 구명시험, 성능시험은 '99년 농업기계화연구소에서 포장에서 생산된 일품벼 및 대안벼 5톤을 작물시험장 RPC에서 10분도까지 가공하여 실험에 사용하였다.

다. 실험방법

(1) 설계 조건 구명시험

건식 연미를 위한 금망의 적정형태를 구명코자 금망의 슬롯각도를 6수준(순방향 20, 30, 40° , 역방향 20, 30, 40°), 슬롯배열을 3수준 (면당 8줄 48칸, 8줄36칸)으로 하여 연미실 최대압력은 예비시험에서 적정압력으로 구명된 1.0kg/㎠으로 고정한 후 가공실험을 실시하여 쌀의 연마특성을 조사하였으며, 미강제거 흡인압력 구명시험은 흡인압력을 50~210 mmAq에서 4수준으로 변화시키며 쌀의 가공 품위를 조사하였다.

(2) 쌀 품위조사

(가) 백도측정 : 광전백도계(Kett-300, 일본)를 사용하여 시료당 10회 측정 평균값을 사용하였으며, 착색립과 분상질립 등을 제거한 완전립을 측정하였다.

(나) 탁도 및 용출고형물량 측정 : 용출액을 만들기 위해 완전립 시료 20g과 증류수 200㎖ 정확히 비이커에 넣고 교반기를 이용 30분동안 교반한 다음 용출액 50㎖를 채취 10배 희석한 다음 탁도계(TR-705, 일본)를 이용 탁도를 측정하였다. 또 용출고형물량은 용출액 30㎖를 채취 전기오븐을 이용 80℃에서 18시간, 105℃에서 4시간 건조한후 측정하였다.

(다) 천립중 : 완전립만을 골라 정밀저울을 이용 측정하였다.

(라) 쇄립율 : 곡물입자측정기(Kett RN-500, 일본)를 이용 3반복 측정하였다.

(마) 반사율 : 근적외선 분광광도계(Model 6500, 미국)를 이용 가시광선 영역대인 400~700nm에서의 흡광도를 측정 각 조건별로 상대비교 하였다.

(바) 소요동력 : Power meter(YOKOGAWA-2433, 일본)를 사용하여 측정하여 소요동력을 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 적정 금망형태 구명시험

연미부에서 쌀이 이송되면서 가공될 때 회전로터가 약 850rpm의 고속으로 회전하기 때문에 쌀이 나선형으로 이송되며 가공 되는데 이때 쌀이 슬롯의 어느 방향으로 접촉하느냐에 따라 가공정도가 달라지기 때문에 슬롯의 각도를 순·역방향으로 각각 20, 30, 40° , 슬롯의 배열을 면당8줄 48칸, 면당 8줄 36칸(L/4 슬롯을 미설치)으로 하여 각각의 조건별로 실험을

실시한 후 시료를 채취하여 쌀의 품위를 조사한 결과, 그림3-1에서 보는 바와 같이 천립중을 살펴보면 슬롯방향이 대체적으로 순방향에 비해 역방향인 경우 쌀이 더 깍이는 것으로 나타났으며, 연마효과를 높이기 위해 금망길이의 L/4 만큼 슬롯을 미설치하고 슬롯각도를 순방향 30° 로 제작한 금망에서 천립중이 19.55g으로 습식 19.15g에 비해 0.29% 높게 나타났다. 또 쇄립률은 L/4 슬롯미설치 역방향 금망에서 4.39%로 습식 6.97%에 비해 2.58% 적게 발생되었다.

또한 백도는 슬롯각도 역방향 30° 에서 37.17로 가장 높았지만 습식 37.33에 비해 다소 떨어지는 것으로 나타났는데 이는 건식이 쌀이 덜 깍이는 데서 기인되것으로 판단된다.

탁도는 원료백미가 95ppm 이었으나 L/4 슬롯미설치 역방향 금망에서 48.3ppm으로 습식 63.3ppm에 비해서도 훨신 낮은 것으로 나타났다. 따라서 미세 쌀겨제거정도에 가장 영향을 미치는 탁도를 기준으로 L/4 슬롯미설치 슬롯각도 역방향 30° 금망을 적정 금망으로 선정하였으며, 이때 천립중 및 쇠립률은 습식에 비해 유리했고, 백도는 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

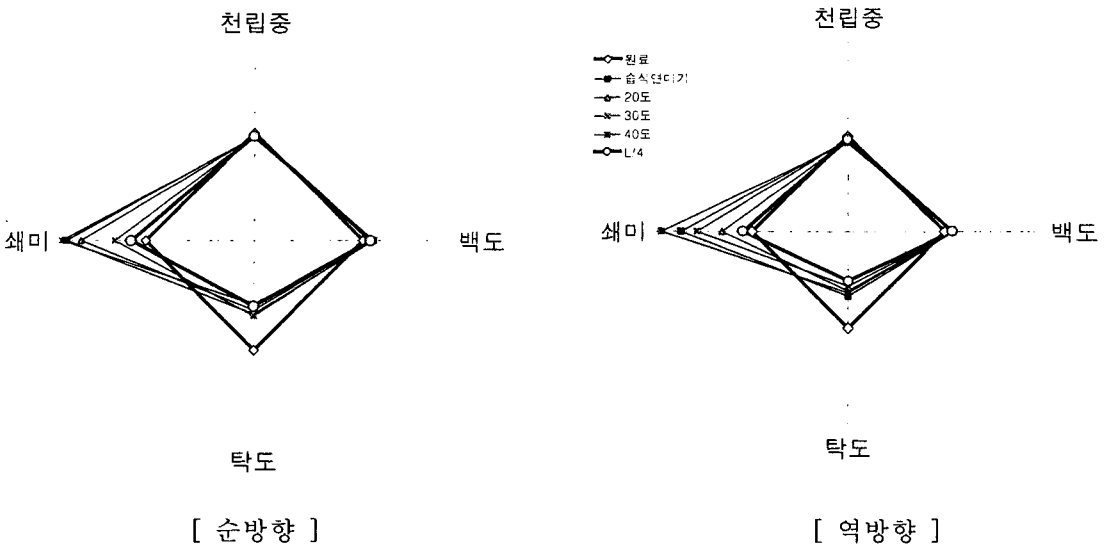

Fig.3-1. White rice quality by screen type

나. 미강제거 흡인압력 구명시험

미강제거 흡인 진공압력별로 미세 쌀겨제거도를 보기 위해 탁도 및 용출고형물량을 조사한 결과, 진공압력이 클수록 점차 낮아지는 경향을 보였는데 쌀의 품위를 종합적으로 고려할 때 진공압력이 최소 148mmAq 이상이 되어야 할것으로 판단되었으며, 본 연구에서는 흡인팬의 성능을 최대한 활용할 수 있도록 207mmAq를 적정 흡인 압력으로 결정하였다.

Table 3-1 White rice quality by pressure

진공압력 (mmAq)	백 도	탁 도(ppm)	용출고용물 (mg/30ml)	천립중(g)	쇄 립 율(%)
원료	35.6	95	59	18.06	4.8
51	39.7	92	55	18.06	8.4
100	38.9	80	48	18.08	6.8
148	38.7	74	41	18.35	6.2
207	38.6	65	37	18.17	5.8

※ 연마실 압력 : 1.0kg/㎠

다. 브러시 형태 구명 시험

연마 및 미세 쌀겨 제거정도를 향상시키기 위해 브러시를 연미부 최종단계에 설치하기 위하여 브러시 소재 및 형태별 쌀의 가공특성을 조사한 결과, 나일론 소재를 사용하였을 경우 전체적으로 쌀의 품위가 떨어지는 것으로 나타났으며, 나일론+금강사 소재는 백도측면에서 모굵기 4mm 이상 일 때 습식과 비슷한 결과를 얻었다. 또 탁도 및 용출고형물량은 모굵기 4mm에 각각 70ppm, 40mg/30㎖으로 습식연미기 75ppm, 43mg/30㎖에 비해 떨어지지 않는 것으로 나타났다. 또한 천립중 면에서는 브러시를 사용한 건식이 습식보다 유리할 것으로 나타나 브러시의 소재는 나일론+금강사, 모의 굵기는 4mm로 선정하여 시작기에 적용하였다(그림3-2~5).

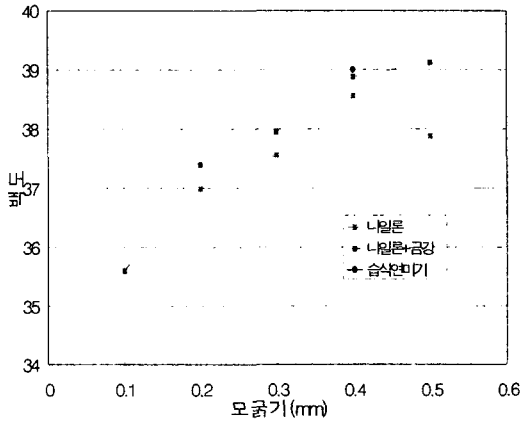

Fig.3-2. Whiteness of rice by brush type

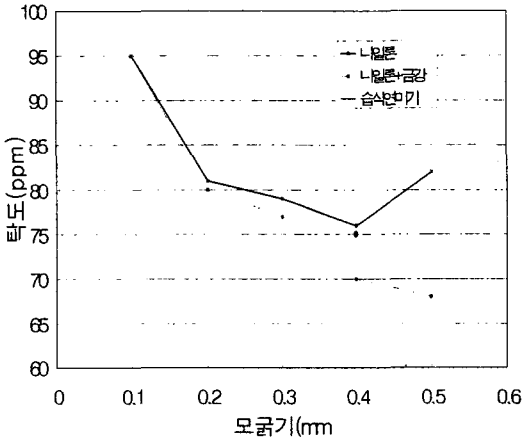

Fig.3-3 Turbidi of rice by brush type

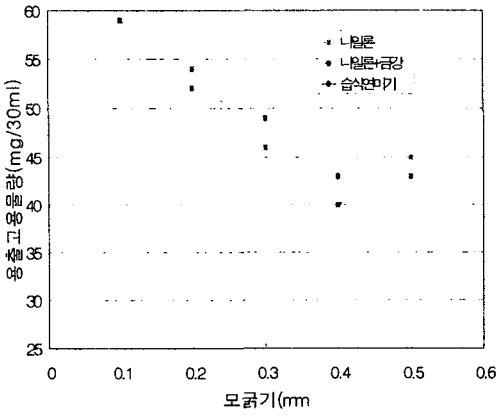

Fig.3-4 Amount of solid from rice washing water by brush type

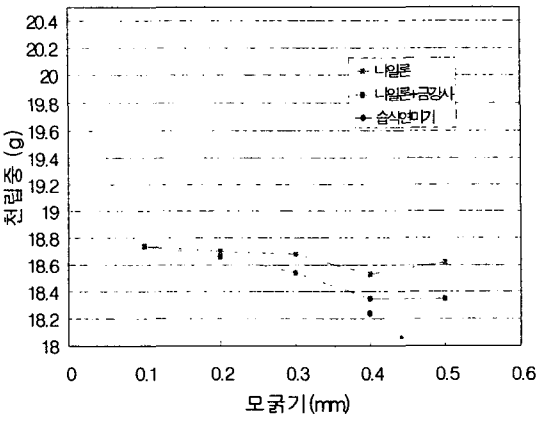

Fig.3-5 Weight per thousand kernels by brush type

라. 작업성능 및 작업정도

설계 요인시험 결과를 토대로 시작기를 제작하여 성능시험을 실시한 결과, 작업성능은 131.6kg/hr · kW로 습식 연미기 134.8kg/hr · kW에 비해 다소 떨어 졌지만 연미정도를 판단할 수 있는 탁도 및 용출고형물량은 각각 70ppm, 40mg/30㎖로 양호하게 나타났다.

또 수율이 99.48%로 습식연미기에 비해 0.69% 증대되는 것으로 나타났다. 하지만 곡온이 26.7℃로 습식 25.1℃에 비해 다소 높게 나타났는데 이는 정미 가공후 저장탱크에서 온도를 떨어트린 후 연미 가공하면 문제가 없을 것으로 판단된다. 현재 본 시작기는 실용성을 검증하기 위하여 RPC에 설치하여 브러시의 내구성 시험 및 작업정도 등을 조사하고 있다(표3-2).

Table 3-2. Working performance

구 분		시 작 기	습식연미기	원 료
작업정도	백 도	38.88	39.00	35.6
	탁 도 (ppm)	70	75	95
	용출고형물(mg/30ml)	40	43	59
	천 립 중(g)	18.55	18.24	18.74
	쇄 립 율(%)	4.33	4.57	4.80
	곡 온(℃)	26.7	25.1	16.4
수 율 (%)		99.48(△0.52)	98.79 (△1.21)	-
연미성능(kg/hr · kW)		131.6	134.8	품종 : 일품벼 함수율: 13.8%,w.b

4. 결론 및 요약

본 연구는 습식연미기의 불균일가수 문제 및 겨울철 동파방지, 관리 편의성 제공 등을 위하여 물을 사용하지 않고 미세쌀겨 제거 및 이물질 등을 제거할 수 있는 건식 연미기를 개발한 결과로 요약하면 다음과 같다.

본 시작기의 작업성능은 131.6kg/hr · kW로 습식 연미기 134.8kg/hr · kW에 비해 다소 떨어 졌지만 습식의 물을 사용하는 비용을 감안할 때 서로 상쇄될 것으로 판단되며, 작업정도도 양호할 뿐만 아니라 가공수율이 약 0.69% 증대되기 때문에 충분한 실용성이 있는 것으로 판단되어 진다.

5. 참고문헌

1. 정종훈 등 3인, 1997. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선 (穀物 硏究 10月號) : 149~156
2. 정종훈, 1999. 2단계 연마방식 대형칠결미 제조기 개발(동계학술 논문집) : 428~435
3. 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.
4. 佐竹利彦, 1990. 근대 정미기술に關する硏究. 동경대학교출판사. : 148~155.