

연속식 현미 조절기 개발

Development of Continuous Brown Rice

Conditioning Equipment

송대빈*

고학균**

정회원

정회원

D. B. Song

H. K. Koh

1. 서론

우리 나라에서 벼의 도정 함수율은 품종·지역·가공설비·유통형태에 따라 다르지만 대략 14~16%(wb) 정도이다. 이보다 도정 함수율이 높은 경우에는 정미과정에서 발생하는 미강이 정미기 체망 등에 부착되어 기계 고장의 원인이 되며, 함수율이 낮은 경우에는 현미기·정미기를 통과하면서 발생하는 충격으로 쉐미가 발생되기 쉽다. 따라서 도정수율이 저하되고 정미기의 소요동력이 증가된다. 이처럼 도정 함수율은 도정수율·소요동력·미질과 매우 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 벼의 함수율이 낮은 경우에는 조절 처리 과정이 반드시 선행되어야 한다.

벼의 조절이란 함수율이 낮은 상태의 벼에 수분을 가하여 단단한 내부 조직을 연화시키는 것을 의미하며, 조절 처리 시 주의할 점은 수분의 재흡수 과정에서 발생하는 동할을 최소화시키는 것이다. 따라서 벼의 수분 흡수 특성과 그에 따른 내부 조직의 물성 변화를 정확하게 파악하여야 한다.

따라서 이 연구에서는 연속식 현미 조절장치를 개발하고 이를 미곡종합처리장에 적용하여 성능 검증 및 적절한 조절 조건을 알아보려고 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 재료

1) 사용 기계

본 실험을 위해 그림 1의 조절기를 설계·제작하였다. 시작기는 원료 공급 탱크·공급량 조절 장치·전개 장치·가수 장치·배출 장치·수분 공급 장치·제어 장치로 구성되었다. 1번 탱크로 공급된 원료는 3번 스크류 공급 장치에 의해 4번의 전개 장치에서 균일한 가수를 위해 박층으로 전개된다. 박층으로 전개된 원료는 자중에 의해 6번의 가수 장치로 공급되면서 여기에 설치된 5번의 노즐에서 분사되는 수분으로 표면이 가수 된다. 가수 처리된 원료는 아래에 설치된 7번의 스크류 이송 장치에 의해 다음 공정으로 배출 된다. 공급 탱크에 설치된 2번 레벨 센서는 공급 스크류 장치와 물 분사 펌프의 작동을 제한하도록 제어 회로가 구성되어 있다. 따라서 원료 공급이 부족할 경우 원료 공급과 수분 공급을 중단하여 과도한 수분 공급으로 인한 미질 손상을 방지하고 항상 최적의 수분량을 자동으로 공급할 수 있도록 장치를 구성하였다. 사용된 물 펌프는 가변형 다이어프램 형식으로 최고 토출압 10kg/cm², 최대 토출 유량 1200cc/min 이다. 물 분사 노즐은 필터 내장형으로 분무 상태를 고려하여 지름 0.1mm

* 경상대학교 농과대학 농업공학부 농업기계전공

** 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 농업기계학과

를 사용하였다.

2) 공정 구성

본 시작기의 성능 검증을 위해 제작된 시작기를 경남 사천에 소재한 곤양 미곡종합 처리장에 설치하였다. 기존 도정 공정의 현미 탱크와 연삭식 정미기 사이에 시작기를 연결하였다.

3) 사용 원료

1999년 경남 사천 지역에서 수확되어 공매한 일반벼를 실험 원료로 사용하였다

나. 실험 방법

1) 원료 공급량 측정

현미 탱크에서 원료를 공급한 상태로 시작기의 배출 장치에서 마대 자루로 30초 동안 공급된 양을 전자 저울에 계량하여 공급량을 측정하였다. 총 6회를 실시하여 평균값을 처리량으로 하였다. 실험 중 공급 원료의 변동을 막기 위해 현미 탱크 배출 셔터의 위치를 고정하였다.

2) 가수량 측정

물 펌프의 다이아프램 스트로크 조정용 핸들을 12.5% 씩 등간격으로 총 8등분하여 분사량과 분사 압력을 측정하였다. 물 중량은 메스실린더를 사용하여 측정하였으며 분사 압력은 압력계를 이용하여 측정하였다. 각 조건에서 3회 반복 측정한 후 평균값을 분사량과 분사 압력으로 하였다.

3) 함수율 측정

조질 전 후의 현미와 백미의 함수율을 측정하기 위해 약 10g의 시료를 120℃, 24시간 오븐에서 건조한 후 전자 저울(1000g±0.01g)로 중량을 측정하여 함수율로 환산하였다. 각 실험구별 3회 반복 측정하여 평균값을 함수율로 하였다. 현미의 경우는 현미 탱크 하부의 벨트 컨베이어와 조질기 배출구에서 시료를 채취하였고, 백미의 경우는 마찰식 정미기의 배출구에서 시료를 채취하였다.

4) 미질 측정

광학식 미질 판정기인 RN-500(Kett, 일본)을 사용하여 조질 전 후의 현미와 백미의 미질을 측정하였다. 시료 채취 위치는 함수율 측정과 동일한 위치에서 하였다.

5) 백도 측정

조질 전 후의 정미 정도를 판정하기 위해 시료의 표면 분광 인덱스를 이용하여 백도를 측정하는 C-300-3(Kett, 일본)을 이용하여 조질 전 후 현미와 백미의 백도를 측정하였다. 각 조건에서 3회 반복 측정하여 평균값을 백도로 하였다.

6) 정미기 소요 전력량 측정

조질 전 후 정미기에 걸리는 부하를 알아보기 위해 연삭식 정미기의 전류값을 측정하였다. 도정 제어반의 연삭식 정미기 브레커의 1차측에 후크 메타를 연결하여 전류값을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 원료 공급량

시작기에 공급되는 현미의 양을 측정한 결과 4,370kg/hr로 나타났다.

나. 가수량

노즐을 통하여 분사되는 물 분사량과 분사 압력을 측정한 결과는 표 1과 같다. 원료 공급량과 물 분사량을 기준으로 가수량을 결정하였으며 가수량을 기준으로 실험 구분을 하였다.

다. 함수율 변화

조질 처리 전 후 현미의 함수율 변화는 그림 2와 같다. 그림에서 예측값은 가수량을 기준으로 함수율을 이론적으로 계산한 값을 의미한다. 그림에서 예측치와 조질 후 함수율의 차가 0.5% 이내 임을 알 수 있다. 따라서 본 시작기의 가수 성능이 매우 균일하다는 것을 확인 할 수 있다.

그림 3은 조질 처리 전 후 백미의 함수율 변화를 나타낸 것으로 그림에서 함수율 차이가 현미의 경우와 마찬가지로 0.5% 이내 임을 알 수 있다. 이는 현미에 공급된 수분이 정미과정에서 강층과 함께 제거됨을 의미한다. 이는 연속식 조질 처리 장치의 경우 가수로 인한 백미의 중량 상승에 아무런 문제가 없다는 것을 보여주는 것이다.

라. 미질 변화

그림 4는 조질 후 백미의 완전미·쇄미·착색미 발생율에서 조질 전 완전미·쇄미·착색미 발생율을 뺀 값을 나타낸 것이다. 그림에서 실험 조건을 나타내는 가수량은 가수량을 현미의 중량과 초기 함수율로 나눈 것이다. 그림에서 가수량이 증가할수록 완전미는 증가하고 착색미는 감소하며 쇄미는 뚜렷한 경향을 보이지 않는 것을 알 수 있다. 이같은 현상은 현미 표면에 부착된 수분이 정미중의 충격을 완화시켜 쇄미의 발생을 방지시킨다는 일반적인 생각과는 다른 결과를 나타내는 것이다. 가수로 인하여 착색미의 발생이 감소하고 이로 인해 완전미가 증가되는 현상을 뚜렷하게 보여주고 있다. 또 가수량 $0.15(\text{cc/kg} \cdot \% - \text{현미})$ 이상부터는 정반대의 현상이 나타남을 보여주고 있다. 이것은 표면에 부착된 수분이 정미중의 충격을 완화시켜 균열 및 색깔의 변화를 방지하는 역할을 하는 것으로 판단된다. 그러나 수분이 과하게 공급되면 표면이 지나치게 연화되어 표면 일그러짐으로 인해 오히려 착색이 증가되는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과로 조질 처리시 적절한 가수 범위는 $1.8 \sim 2.2(\text{cc/kg} - \text{brown rice})$ 임을 알 수 있다. 조질 처리로 인한 완전미의 증가는 가수량 $0.1149(\text{cc/kg} \cdot \% - \text{현미})$ 일 때 최대 2.2%로 나타났으며 가수량이 $0.1501(\text{cc/kg} \cdot \% - \text{현미})$ 이상에서는 오히려 감소하는 것으로 나타났다.

마. 백도 변화

그림 5는 조질 전 후 백미의 백도 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 조질 전 후의 백도변화가 거의 없는 것을 알 수 있다. 단, 조질 전 보다 조질 후에 백도가 다소 떨어지는 경향을 보여주고 있다. 백도는 정미과정에서 현미의 강층을 얼마나 많이 제거하느냐에 따라 값이 달라진다. 즉 가수로 인해 현미 강층의 조직이 연화되면 정미과정에서 제거되는 강층의 양이 달라지고 이에 따라 백도가 다르게 나타난다. 백도는 도정 수율에 직접적인 영향을 끼치고 제품의 상품성을 결정하는 중요한 요인이므로 가능한 백도의 변화가 없이 도정 작업이 이루어지는 것이 바람직하다. 이와 같은 점을 고려할 때 개발된 시작기는 조질 전 후 백도의 변화가 거의 없는 매우 안정적인 성능을 나타낸다고 말할 수 있다.

바. 소요 전력량 변화

그림 6은 조질 처리 전 후 연속식 정미기의 소요 전류량을 나타낸 것이다. 그림에서 조질 후에 소요 전류량이 감소된 것을 알 수 있으며 가수량이 증가할수록 감소 폭이 커지는 것을 알 수 있다. 이는 현미 표면에 부착된 수분이 정미시 부하를 감소시키기 때문이다. 전류량의 절감으로 나타나는 소요 전력량의 절감량은 최대 18% 정도로 나타났으며 완전미 수율과 관련하여 가능한 소요 전력 절감량은 약 16% 정도임을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

이 연구는 미곡종합처리장 또는 대규모 도정공장에 적용 가능한 조질기를 개발하기 위한 것으로 조질

기를 설계·제작하여 미곡종합처리장에 설치하여 성능을 검증하였다. 현미 기준 투입량 4,370(kg/hr)의 조건에서 조질 처리 전 후의 함수율·미질·백도·소비 전류를 측정하여 최적의 작동 조건을 알아보았다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 조질 처리 전 후 현미의 함수율 차는 이론적으로 계산한 예측치를 기준으로 비교할 때 0.5% 이내로 나타나 가수 정도가 매우 균일하다는 것을 확인하였다. 백미의 경우 조질 전 후 함수율 차이가 현미와 같이 0.5% 이내로 나타나 가수로 인한 백미의 중량 상승에 아무런 문제가 없음을 확인하였다.

나. 조질 전 후 백미의 완전미·쇄미·착색미 발생량을 측정한 결과 적정한 가수 범위는 0.11~0.13(cc/kg·%-현미)로 나타났으며 가수량 0.15(cc/kg·%-현미) 부터는 완전미 발생량이 감소하였다. 완전미 증가량의 최대치는 2.2%로 나타났다.

다. 조질 전 후 백미의 백도를 측정한 결과 조질 후 백도가 약간 감소하는 것으로 나타났으나 차이는 크지 않았다. 따라서 가수 효과가 정미 조건에 아무런 영향을 주지 않음을 확인하였다.

라. 조질 전 후 연삭식 정미기의 소요 전류량을 측정한 결과 가수로 인하여 최대 18%의 소요 전력량이 절감되는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김종순, 고학균, 송대빈. 1998. 단립종 벼의 수분흡습특성. 한국농업기계학회지. 23(5):465-472
2. 한충수, 고학균, 송대빈, 서정덕, 전하일, 전홍영. 1999. 조질 후 현미의 물성변화와 예측 모델 개발. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집. 4(1):450-455
3. 고학균외. 1993. 농산가공기계학. 향문사
4. 고학균외. 1995. 미곡종합처리시설. 문운당
5. 김병성. 1998. AutoCAD R14. 가남사

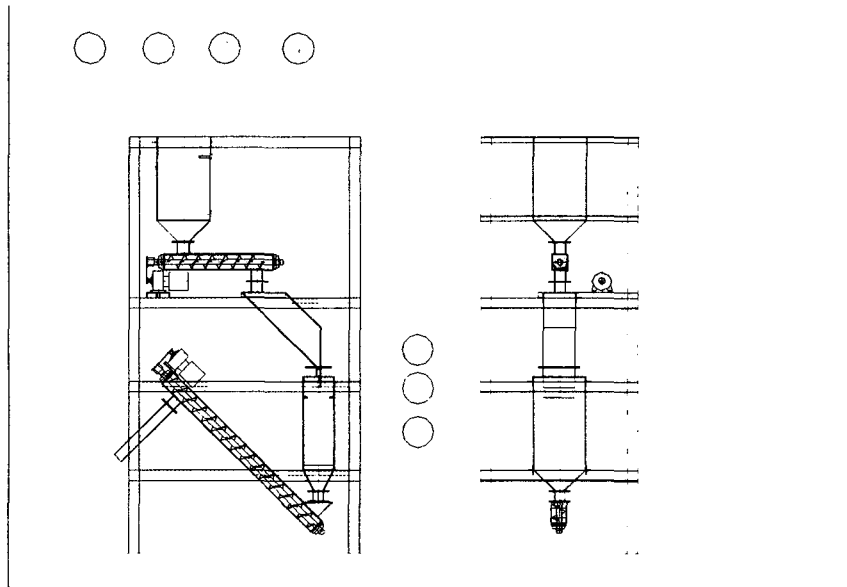


Fig. 1. Experimental apparatus.

Table 1. Water pump characteristics and water supply rate.

Pump dial selection (%)	Injection pressure (kgf/cm ²)	Injection flow rate (cc/min)	Water supply rate (cc/kg-brown rice)
12.5	0.43	35.5	0.488
25.0	1.00	66.3	0.911
37.5	1.95	89.0	1.223
50.0	3.00	113.6	1.560
62.5	4.70	135.5	1.861
75.0	6.30	160.0	2.198
87.5	7.90	180.0	2.473
100.0	10.00	196.0	2.692

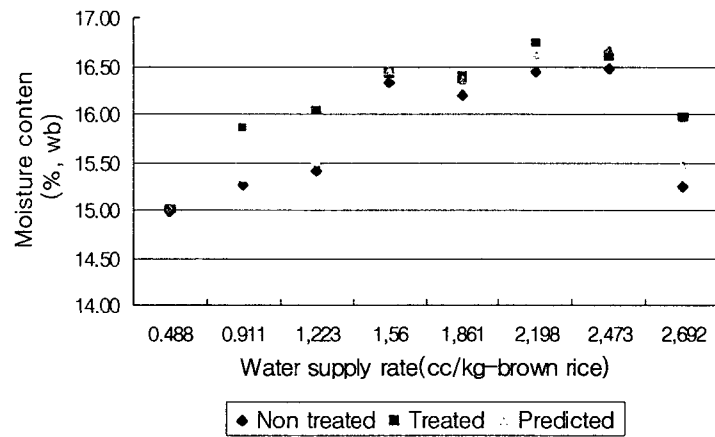


Fig. 2. Moisture content comparison of a brown rice between the water treatments.

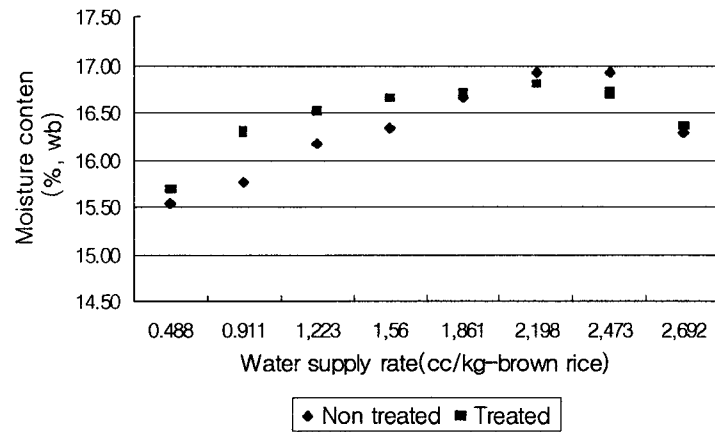


Fig. 3. Moisture content comparison of a milled rice between the water treatments.

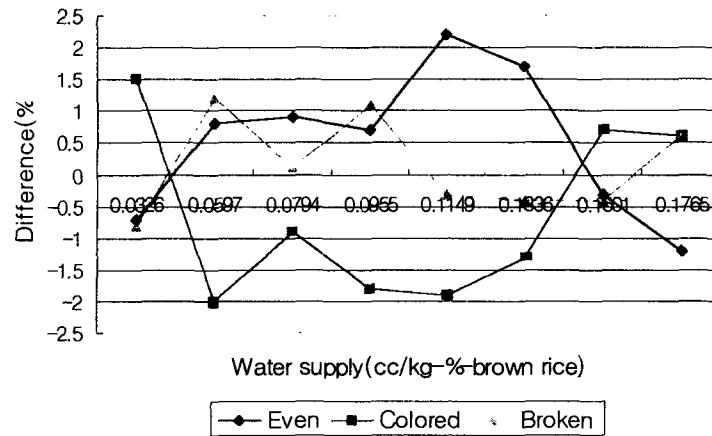


Fig. 4. Quality comparison of a milled rice between the water treatments.

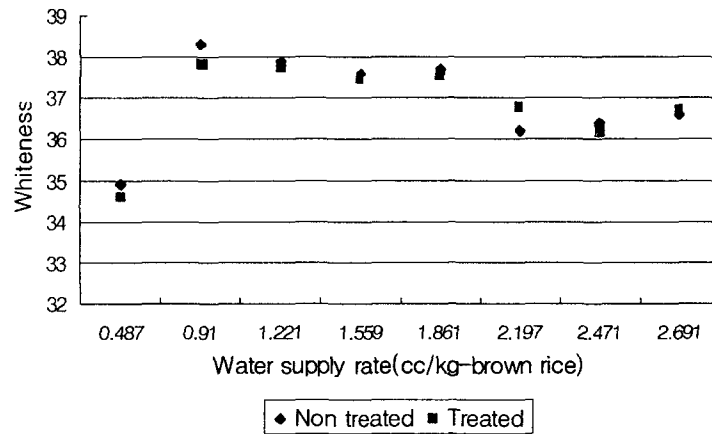


Fig. 5. Whiteness comparison of a milled rice between the water treatments.

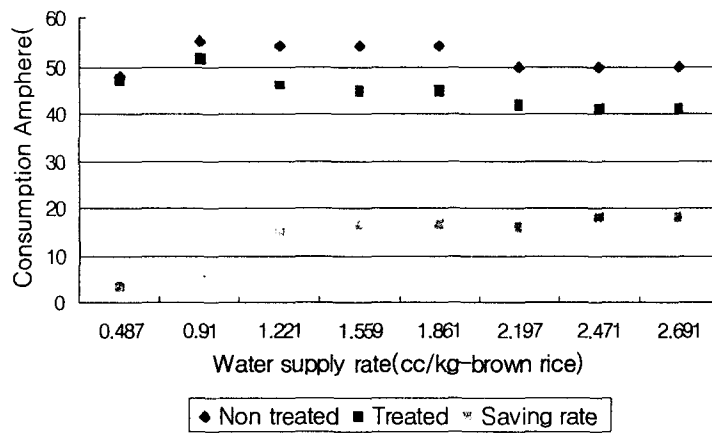


Fig. 6. Consumption ampere comparison of a milled rice between the water treatments