

연속식 현미 조질기 개발

Development of a Continuous Type Brown Rice Conditioning Equipment

송대빈

고학균

정희원

정희원

D. B. Song

H. K. Koh

SUMMARY

To improve the milling condition of brown rice, a continuous type conditioning equipment was developed. To validate the performance of this machine, the experimental operation was done at Sa-Cheon RPC(Rice Processing Complex) using short grain rough. The initial moisture contents of brown rice were 15.0~16.5%(w.b.) and the flow rate of brown rice passing through the conditioner were 4,370 kg per hour. The moisture content differences of brown rice between conditioned and non-conditioned were showed within 0.5%(w.b.). This result means that the water injected to brown rice were absorbed to the surface of brown rice evenly. The moisture contents of conditioned treated milled rice were showed slightly higher than that of non-conditioned ones but it was considered that the conditioning process did not affected the weight increasing of milled rice by water supply. For initial moisture contents of 15.0~16.5%(wb) brown rice, it was found that the proper water supply rate was 0.115(cc-water)/(kg · %-brown rice) and the increments of whole rice were 2.2% compared to the non-conditioned ones. It was considered that the conditioning process did not influenced the whiteness of milled rice because the whiteness differences between conditioned and non-conditioned milled rice were negligible. About 18% of electric power, which drives the abrasive type rice milling machine, was saved at 0.115(cc-water)/(kg · %-brown rice) of water supply rate.

주요용어(Key Words) : 조질(Conditioning), 현미조질기(Brown rice conditioner)

1. 서 론

우리 나라에서 벼의 도정 함유율은 품종 · 지역 · 가공설비 · 유통형태에 따라 다르지만 대략 14

~16%(wb) 정도이다. 이보다 도정 함유율이 높은 경우에는 정미과정에서 발생하는 미강이 정미기 체망 등에 부착되어 기계 고장의 원인이 되며, 함유율이 낮은 경우에는 현미기 · 정미기를 통과하면

This study was conducted by the research fund supported by Rural Development Administration. This article was submitted for publication in March 2000; reviewed and approved for publication by the editorial Board of KSAM in September 2000. The corresponding author is D. B. Song, Assistant Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea. E-mail: <dbsong@nongae.gsnu.ac.kr>.

서 발생하는 충격으로 쇄미가 발생되기 쉽다. 따라서 도정 수율이 저하되고 정미기의 소요동력이 증가된다. 이처럼 도정 함수율은 '도정 수율 · 소요 동력 · 미질과 매우 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 벼의 함수율이 낮은 경우에는 조질 처리 과정이 반드시 선행되어야 한다(고학균 등, 1995).

현재 우리 나라에는 농협과 민간이 운영하는 대규모의 도정 공장이 전국적으로 약 300여 개소가 설치되어 운영 중에 있다(농협중앙회, 1997). 이들 도정 공장은 과거와는 달리 시간당 3톤 이상을 처리하는 대규모로 완전 기계화 · 자동화된 설비를 갖추고 있다. 따라서 도정 중에 쇄미의 발생으로 인한 손실은 처리량이 증가할수록 늘어날 것으로 판단되며, 조질기를 사용하여 쇄미의 발생을 절감할 수 있다면 이는 경제적으로 상당한 효과를 가져올 것으로 생각된다. 특히 우리 나라처럼 과다한 건조와 수개월 이상의 장기 저장을 거치는 관행의 가공 형태를 고려할 때 조질기의 사용은 아주 필요하다고 할 수 있다.

조질이란 장기 저장 및 과다 건조된 상태의 벼에 수분을 가하여 내부의 수분 분포를 균일하게 하고 단단한 내부 조직을 연화시키는 것을 의미한다(山下律也, 1991). 이처럼 조질 처리된 현미는 정미 과정에서 발생하는 충격 및 마찰에 의한 쇄미의 발생을 방지하여 도정 수율이 향상되고 동시에 정미기의 부하를 감소시키는 효과가 있다. 그러나 현미에 수분을 가하는 동안 수분의 흡습으로 인한 동할 발생에 주의를 하여야 한다(김중순 등, 1998). 조질 처리에 필요한 수분량은 현미의 초기 함수율 및 품종에 따라 차이가 있으므로 충분한 실험을 통하여 적절한 수분량을 결정하여야 한다. 이러한 과정을 거치지 않고 현미에 무조건 수분을 가하는 경우 수분 흡습으로 인해 동할 발생이 증대되어 오히려 도정 수율을 저하시키는 문제가 발생될 수 있다(한충수 등, 2000).

본 연구는 개발된 현미 조질기의 성능을 실험을 통하여 검증하고 적절한 조질 조건을 알아보고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 재료

(1) 사용 기계

본 실험을 위해 그림 1의 연속식 조질기를 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 배출된다. 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 다이아프램 형식으로 최고 토출압 10kg/cm^2 , 최대 토출 유량 $1,200\text{cc/min}$ 이며 토출량은 다이아프램의 스트로크를 조절할 수 있는 핸들을 사용하여 임의로 선택할 수 있는 구조로 되어있다. 분사 노즐은 필터 내장형으로 분무 상태를 고려하여 지름 0.1mm 를 사용하였다.

그림 2는 실제 제작된 시작기의 전면부를 나타내는 사진이다.

(2) 공정 구성

본 시작기의 성능 검증을 위해 제작된 시작기를 경남 사천에 소재한 곤양농협 미곡종합 처리장에 설치하여 실험을 하였다. 기존 도정 공정의 현미 탱크와 연속식 정미기 사이에 시작기를 연결하였다. 구체적인 공정 구성은 그림 3과 같다.

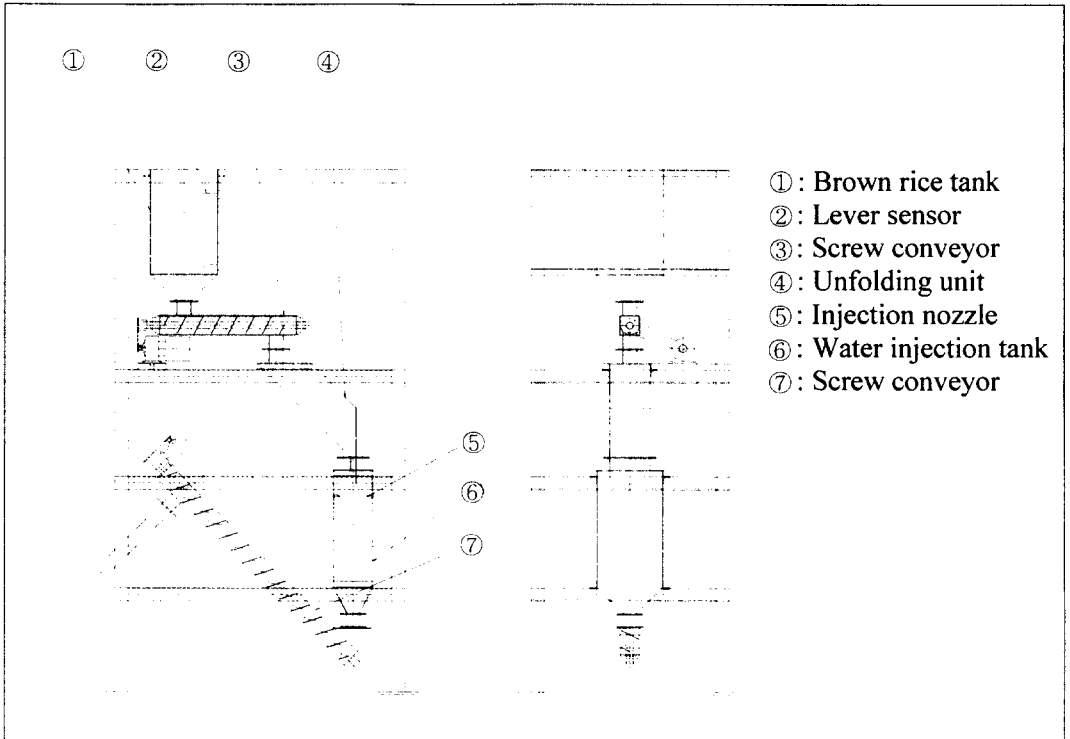


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.

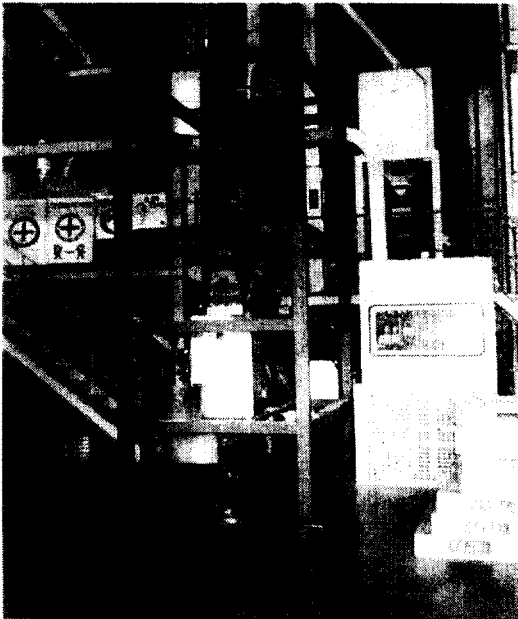


Fig. 2 Photography of experimental apparatus.

(3) 사용 원료

1999년 경남 사천 지역에서 수확되어 공매한 일반벼를 실험 원료로 사용하였다. 현미 탱크와 시작기 중간에서 채취한 현미의 함수율 측정 결과 초기함수율은 15.0~16.5%(wb)로 비교적 높게 나타났다.

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 원료 공급량으로 하였다. 실험 중 공급 원료의 변동을 막기 위해 현미 탱크 배출 서터의 위치를 고정하였다. 측정된 원료 공급량은 표 1과 같다.

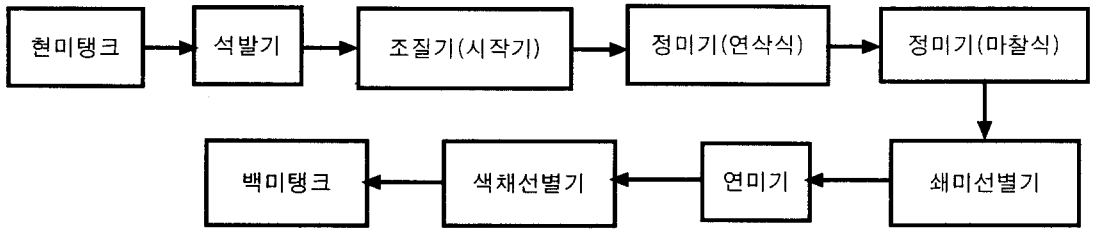


Fig. 3 Milling process of Sa-Cheon RPC.

Table 1 Feeding rate of brown rice

Repeat	Feeding rate(kg/hr)
1	4,500
2	4,440
3	4,500
4	4,320
5	4,200
6	4,260
Mean	4,370

(2) 가수량 측정

물 펌프의 다이어그램 스트로크 조정용 핸들을 12.5% 씩 등 간격으로 총 8등분하여 분사량과 분사 압력을 측정하였다. 분사량은 메스실린더를 사용하여 측정하였으며 분사 압력은 압력계를 이용하여 측정하였다. 각 조건에서 3회 반복 측정 후 평균값을 분사량과 분사 압력으로 하였다. 가수량 측정 결과는 표 2와 같다. 원료 공급량, 초기 함수율, 물 분사량을 기준으로 가수량을 결정하였으며 가수량을 기준으로 실험 구분을 하였다. 표에서 알 수 있듯이 분사량은 분당 35.5cc에서 최고 180.0cc로 나타났으며, 펌프의 유량 조절 폭에 따라 수분 증가폭도 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 분사 압력의 경우 0.43kg/cm²에서 최고 7.90kg/cm²으로 나타났으며, 1.00kg/cm² 압력 이하

에서는 분사량이 너무 적어서 육안으로 판단했을 때 균일 가수에 필요한 정도까지의 미립화 현상이 나타나지 않았다.

(3) 함수율 측정

조질 전 후의 현미와 백미의 함수율을 측정하기 위해 약 10g의 시료를 120℃, 24시간 오븐에서 건조한 후 전자 저울(1.000g±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. 각 조질 조건에서 채취된 시료 전체를 측정하였으며, 백미의 경우 착색립으로 분류된 원료 중에 포함된 동할미를 육안으로 분류하여 이를 동할 발생량으로 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

Table 2 Water Injection rate and pressure of water pump

Pump dial selection (%)	Injection pressure (kg/cm ²)	Injection rate (cc/min)	Water supply rate (cc-water/kg · %-brown rice)
12.5	0.43	35.5	0.033
25.0	1.00	66.3	0.060
37.5	1.95	89.0	0.079
50.0	3.00	113.6	0.096
62.5	4.70	135.5	0.115
75.0	6.30	160.0	0.134
87.5	7.90	180.0	0.177

측정하여 평균값을 백도로 하였다.

(6) 정미기 소요 전력량 측정

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

3. 결과 및 고찰

가. 함수율 변화

조질 처리 전 후 현미의 함수율 변화는 그림 4와 같다. 그림에서 예측값은 투입원료의 초기 함수율과 가수량을 기준으로 이론적으로 계산된 함수율 값을 의미한다. 따라서 공급된 수분이 현미 표면에 고르게 흡착되었다면, 예측 함수율과 실제 측정된 함수율의 차이가 적어야 할 것이다. 그림에서 예측치와 조질 후 측정된 함수율의 차가 가수량 0.060(cc-수분)/(kg · %-현미), 0.079(cc-수분)/(kg · %-현미), 0.177(cc-수분)/(kg · %-현미)을 제외하고는 거의 일치하는 것을 알 수 있으며, 가장 큰 차이는 가수량 0.079(cc-수분)/(kg · %-

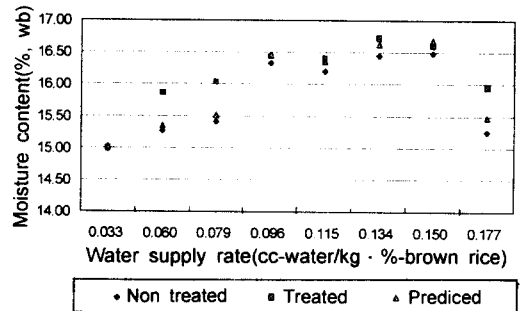


Fig. 4 Moisture contents of conditioned and non-conditioned brown rice.

현미)의 경우이나 0.5% 이하로 나타났다. 조질기의 성능 중 균일 가수는 가장 기본적으로 충족되어야 하는 것으로 균일 가수 정도에 따라 쉼미 발생이 좌우됨을 고려할 때 본 시작기의 가수 성능은 매우 균일하고 안정적인 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 조질 처리 전 후 백미의 함수율 변화를 나타낸 것으로 그림에서 함수율 차이가 현미의 경우와 마찬가지로 0.5% 이내임을 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. 일반

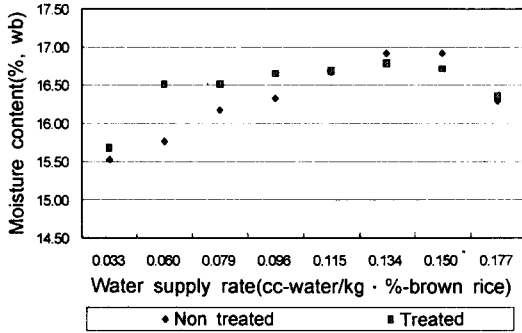


Fig. 5 Moisture contents of conditioned and non-conditioned milled rice.

적으로 정미기 내부 마찰열에 의한 수분 손실은 정미 방식에 따라 다소 차이가 있으나 보통 0.2%(w.b.)~0.5%(w.b.)로 알려져 있다(山下律也, 1991). 이러한 수분 손실은 백미 중량 손실을 의미하는 것으로 가능한 손실을 줄이는 것이 도정 수율 측면에서 유리하다. 따라서 실험 결과 마찰에 의한 수분 손실이 전혀 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다.

나. 미질 변화

그림 6은 조질 전 후 백미의 완전미·쇄미·동할미 발생율을 나타낸 것이다. 그림에서 가수량이 증가할수록 완전미는 증가하고 동할미는 감소하며 쇄미는 뚜렷한 경향을 보이지 않는 것을 알 수 있다. 이 같은 현상은 현미 표면에 부착된 수분이 정미중의 충격을 완화시켜 쇄미와 동할미의 발생을 방지시키는 역할을 했기 때문으로 판단된다. 따라서 동할미 발생이 감소하고 이로 인해 완전미가 증가되는 현상을 뚜렷하게 보여주고 있다. 그러나 가수량 0.150(cc-수분)/(kg·%-현미) 이상부터는 정반대의 현상이 나타남을 보여주고 있다. 이것은 표면에 부착된 수분이 정미중의 충격을 완화시켜 균열 및 동할을 방지하는 역할을 하는 것으로 판단되나 수분이 과하게 공급되면 표면이 지

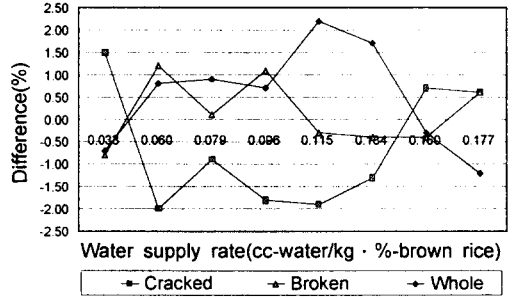


Fig. 6 Quality differences of conditioned and non-conditioned milled rice.

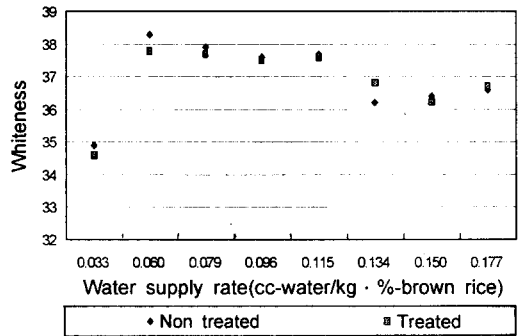


Fig. 7 Milled rice whiteness comparison between treatments.

나치게 연화되고 경도가 급격하게 감소되어 쇄미가 증가되기 때문으로 생각된다. 이와 같은 결과로 조질 처리 시 적절한 가수 범위는 0.115~0.134(cc-수분)/(kg·%-현미)임을 알 수 있다. 조질 처리로 인한 완전미의 증가는 가수량 0.115(cc-수분)/(kg·%-현미) 일 때 최대 2.2%로 나타났으며 가수량이 0.150(cc-수분)/(kg·%-현미) 이상에서는 오히려 감소하는 것으로 나타났다.

다. 백도 변화

그림 7은 조질 전 후 백미의 백도 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 조질 전 후의 백도 변화가 거의 없는 것을 알 수 있다. 단, 조질 전 보다 조

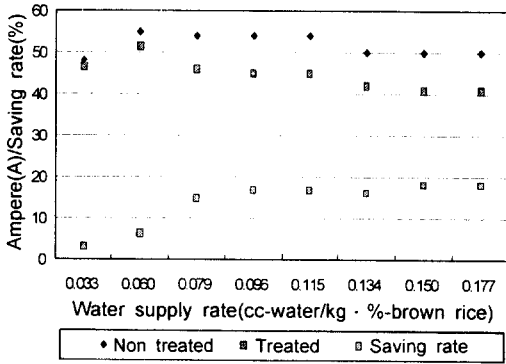


Fig. 8 Electric power comparison of milling machine between treatments.

질 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 도정작업이 이루어지는 것이 바람직하다. 이와 같은 점을 고려할 때 개발된 시작기는 조질 전 후 백도의 변화가 거의 없는 즉 도정 조건에 아무런 영향을 끼치지 않는 매우 안정적인 성능을 나타낸다고 말할 수 있다.

라. 소요 전력량 변화

그림 8은 조질 처리 전 후 연삭식 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 조질기를 설계·제작하고 이를 미곡종합처리장에 설치하여 성능을 검증하였다. 현미 기준 투입량 4.370kg/hr의 조건에서 조질 처리 전후의 함수율·미질·백도·소비 전류를 측정하여 성능 및 최적의 작동 조건을 알아보았다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 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.
- 2) 조질 전 후 백미의 완전미·쇄미·동할미 발생량을 측정한 결과 적정한 가수 범위는 0.115~0.134(cc-수분)/(kg·%-현미)로 나타났으며 가수량 0.150(cc-수분)/(kg·%-현미) 이상부터는 완전미 발생량이 감소하였다. 완전미 증가량의 최대치는 2.2%로 나타났다.
- 3) 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.
- 4) 조질 전 후 연삭식 정미기의 소요 전류량을 측정한 결과 가수로 인하여 최대 18%의 소요 전력량이 절감되는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 고희균 외. 1995. 미곡종합처리시설. 문운당
2. 농협중앙회. 1997. 미곡종합처리장 사업평가와

발전방향. 농협중앙회

3. 山下律也. 1991. 米のポストハーベスト新技術. 農業機械學會.
4. Han, C. S., H. K. Koh, D. B. Song, J. D. So and H. Y. Jeon. 2000. Development of predicted model and properties variation of brown rice after conditioning. J. Agr. Sci., Chungbuk Nat'l Univ. vol. 17:75-80.
5. Kim, J. S., H. K. Koh and D. B. Song. 1998. Adsorption characteristics of short grain rough rice. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 23(5):465-472.