

연속식 조질기를 이용한 현미의 도정 특성

송대빈 · 김성태 · 한구연
경상대학교 농업공학부

Milling Characteristics of Brown Rice Using a Continuous Type Conditioner

Dae-Bin Song, Sung-Tae Kim and Ku-Yeon Han

Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University

Abstract

The water conditioning experiments of brown rice were performed to verify the effect of brown rice conditioner and to decide the optimum operating conditions for the conditioner. The brown rice of 13~14%(wb) initial moisture contents were used as experimental materials. The flow rate of brown rice passing through the conditioner was 2,940 kg/hr and water was supplied proportionally from 80 cc/min to 240 cc/min. The differences between expected and measured moisture contents could be neglected except 0.25%(wb) of the maximum differences at 0.2920((cc/min)-water/(kg/min)·%-brown rice) of water supply rate. For the initial moisture contents of 13~14%(wb) brown rice, it was found that a optimum water supply rate was 0.2415((cc/min)-water/(kg/min)·%-brown rice) and the whole rice recovery increased 2.3% compared to non conditioned ones. It was considered that the conditioning process did not influence the whiteness of milled rice because the whiteness differences between conditioned and non-conditioned milled rice were negligible.

Key words: milling, conditioner, milled rice recovery, brown rice, quality

서 론

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 쏘미 발생으로 인한 손실은 처리량이 증가할수록 늘어날 것으로 판단되며, 조질기를 사용하여 쏘미 발생을 절감할 수 있다면 이는 경제적으로 상당한 효과를 가져올 것으로 생각된다. 특히 우리나라처럼 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 수

분을 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 쏘미의 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 흡습으로 인해 동할 발생이 증대되어 오히려 도정 수율을 저하시키는 문제가 발생할 수 있다(한충수 등, 2000). 송대빈 등(2000)은 함수율 15~16%(wb)인 현미를 사용한 조질 실험 결과, 가수량 0.115~0.134(cc-수분)/(kg·%-현미) 범위에서 완전미수율이 최대 2.2% 증가되는 것을 확인하였다.

본 연구는 수확 후 1년간 저장 기간을 거치면서 과

Corresponding author: Dae-Bin Song, Assistant Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea.

건조 된 현미의 적정 조질 조건과 도정 특성 변화를 알아보고자 수행되었다.

재료 및 방법

재료

1999년 10월 전남 고흥 지방에서 수확되어 1년간 철재 빈에 저장·보관된 단립종 벼를 실험원료로 하였다. 실험 전 유전율식 간이 수분 측정계로 측정된 원료의 함수율 범위는 13~14%(wb)로 나타났다. 조질기를 통과하는 원료의 양은 시간당 2,940 kg으로 총 10톤의 벼가 실험에 사용되었다.

조질기

실험에 사용된 연속식 현미 조질기는 Fig. 1과 같이 현미 저장 탱크, 유량 조절 장치, 전개 장치, 수분 분사 장치, 배출 장치 및 제어 장치로 구성되어 있다. 수분공급량은 80 cc/min-240 cc/min 의 범위에서 비례적으로 변화가 가능하도록 구성되어 있다. 상세한 재원은 Table 1과 같다.

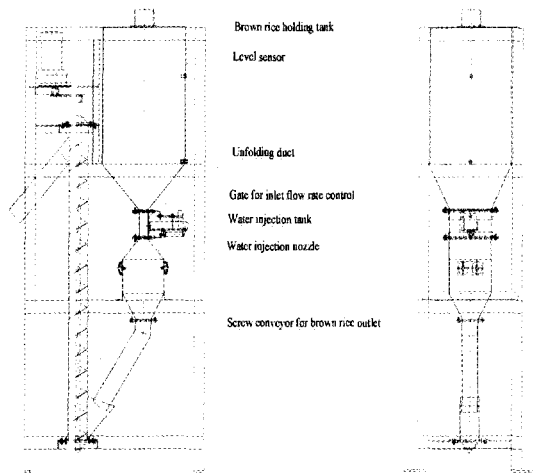


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

Table 1. Specifications of the experimental apparatus

Description	Specifications
Capacity (kg/hr)	4,000
Amount of water supply (cc/min)	50-400
Water injection pressure (kg/cm ²)	0.5-10.0
Power consumption (kW)	0.75
Dimensions (mm)	1,500(L)×1,000(W) ×3,300(H)

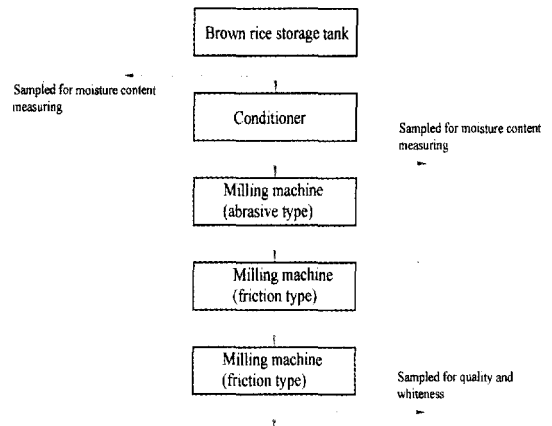


Fig. 2. Milling process at Koheung rice processing complex.

공정 구성

실험에 사용된 조질기는 현미 탱크와 연속식 정미기 사이에 설치하였다. 실험을 실시한 홍양 농협의 상세한 도정 공정은 Fig. 2와 같다.

함수율 측정

10 g의 시료를 건조 오븐에서 135°C에서 24시간 건조한 후, 전자 저울(1,000 g±0.01 g)로 중량을 측정하여 이를 현미 및 백미의 함수율로 환산하였다. 투입 현미의 함수율은 현미 탱크 배출부에서, 조질 후 현미의 함수율은 조질기 배출부에서 각각 시료를 채취하였다. 백미의 함수율은 2번 마찰식 정미기 배출구에서 시료를 채취하였다. 조질 조건 변화에 따른 원료의 구분을 위해 각 실험구별 1시간씩의 시간 간격을 두고 실험을 실시하였으며, 각 실험조건에서 3개의 시료를 반복 측정하여 평균값을 함수율로 하였다.

미질 측정

광학식 미질 판정기(RN-500, Kett, 일본)를 사용하여 조질 전 후 현미와 백미의 미질을 측정하였다. 1,000립을 1개의 시료로 하였으며, 1개의 시료를 완전미, 동할미, 쇄미로 분류하였다. 각 실험조건에서 3개의 시료를 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 각 시료는 함수율 측정과 동일한 위치에서 채취하였다.

백도 측정

시료의 표면 분광 인덱스를 이용하여 백도를 측정하는 백도계(C-300-3, Kett, 일본)를 사용하여 조질 전 후 백미의 백도를 측정하였다. 각 실험조건에서 3회 반복 측정하여 평균값을 백도로 하였다.

결과 및 고찰

현미 함수율

조질기의 성능 중 가장 중요한 것이 투입되는 현미에 수분이 고르게 흡착되도록 하는 것이다. 만일 수분이 고르게 흡착되지 않고 한곳으로 편중되는 경우에는 과도한 흡습으로 동합이 증가되고 수분이 공급되지 못한 곳에는 조질 처리를 하지 않은 것과 같기 때문에 이러한 경우에는 조질기를 사용한 효과가 전혀 나타날 수 없다. 따라서 공급된 수분이 한 곳으로 치우치지 않도록 하는 것이 조질기 설계의 중요한 포인트라 할 수 있다. 이러한 이유로 이 실험에 사용된 조질기는 수분의 균일한 공급을 위해 전개장치를 사용하였으며, 이 전개장치의 성능을 조질 전후 현미의 함수율의 측정치와 이론치를 비교하여 확인하고자 하였다. 여기서 현미 함수율 이론치는 각 가수조건에서 공급되는 수분이 현미에 완전하게 흡착되었을 때 계산되는 값으로 실제 측정치와 이론치의 차이가 적을수록 균일한 가수가 이루어진다고 볼 수 있다.

Fig. 3은 각 가수 조건에서 측정된 조질 전후 현미 함수율의 실측치와 이론치를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 실측치와 이론치의 차이가 아주 작은 것을 알 수 있으며, 가장 큰 차이는 가수량 0.2920(cc/min)-수분/(kg/min)·%-현미)에서 0.25%로 나타났다. 따라서 실험에 사용된 조질기는 균일 가수 성능이 매우 양호하다 할 수 있으며, 이러한 성능은 미질 변화에서 다시 한번 확인 할 수 있다.

백미 함수율

현재 우리 나라에서는 도정 시 현미 또는 백미에 수분을 가하여 중량을 늘리는 가수도정을 금하고 있다. 단, 미질을 향상시키고 도정 시 발생하는 쇄미의 발생

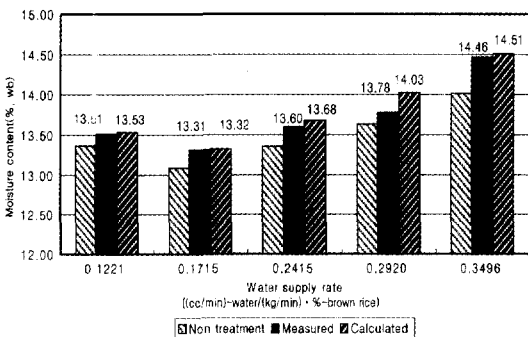


Fig. 3. Moisture contents of conditioned and non-conditioned brown rice.

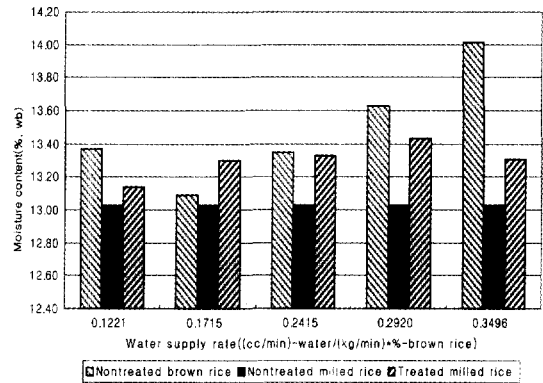


Fig. 4. Moisture contents of conditioned and non-conditioned milled rice.

을 줄여서 도정 수율을 향상시키는 정도의 가수는 제한하고 있지 않은 형편이다. 가수도정이 문제가 되는 경우는 고의로 중량을 증가시키기 위해 수분을 첨가하는 경우이고, 또 하나는 과도한 수분 첨가로 백미의 함수율이 증가하여 유통과정에서 건조로 인한 중량 손실이다. 실제 고품수율의 원료를 백미로 가공하였다가 매장에서 중량손실로 인한 문제로 제품이 반품된 사례가 종종 발생되고 있다. 따라서 조질처리 전후의 백미 함수율이 특별한 경우를 제외하고 0.5% 이상 증가되는 것은 여러 가지 면에서 바람직하지 않다. 반대로 현미 함수율이 아주 낮은 경우 정미시 발생하는 마찰열에 의한 수분 손실로 백미의 함수율이 감소하는 경우는 이미 잘 알려진 사실이다. Fig. 4에서 조질하기 전 백미의 함수율은 현미에 비해 약 0.1~0.6% 정도 감소함을 알 수 있다. Fig. 4에서 조질 전 백미의 함수율이 일정한 것은 원료의 상태가 비교적 균일하여 실험 전에 측정된 값을 사용하였기 때문이다. 가수조건 0.3496(cc/min)-수분/(kg/min)·%-현미)에서는 약 1% 이상의 차가 나타나는데, 그 이유는 현미 함수율이 14.01%로 조질전 함수율 13.37%와 큰 차이를 보이기 때문이다. 조질 전 후 백미의 함수율을 비교하면 조질 후에 백미의 함수율이 상승된 것을 알 수 있다. 함수율 증가의 최대치는 0.40%를 나타내고 있다. 이상의 결과로 실험에 사용된 조질기는 정미 시 발생하는 마찰열에 의한 수분 손실을 충분히 줄여주고 백미의 함수율을 0.5% 이내에서 상승시키는 효과를 나타냄을 알 수 있다.

미질 변화

도정 공정에 조질기를 사용하는 가장 큰 이유는 정미 시 충격으로 인한 쇄미의 발생을 줄여서 궁극적으

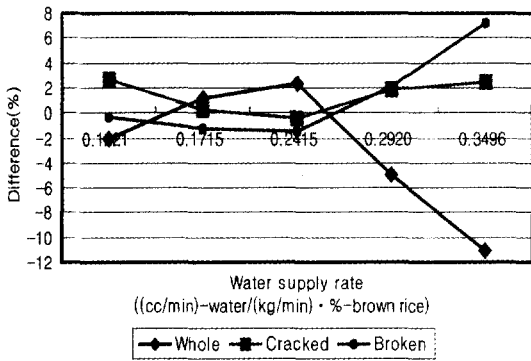


Fig. 5. Quality differences between conditioned and non-conditioned milled rice with water supply rate.

Table 2. ANOVA table of water supply rate and whole rice

Source	DF	SS	F value	Pr	R-square
Model	4	308.27	21.21	0.0001	0.8946
Error	10	36.33			
Corrected total	14	344.60			

로 도정 수율을 향상시키기 위한 것이다. 균일 가수가 중요한 이유는 수분이 과도하게 공급되면 흡습으로 인한 동할 현상이 증가되기 때문이다. 따라서 현미의 초기함수율과 처리량에 적합한 수분을 고르게 공급하는 것이 조절기를 사용하는데 가장 중요한 변수가 된다. 본 실험에 사용된 조절기의 균일 가수 성능은 앞서 확인이 되었으므로 여기서는 현미의 초기함수율에 따른 적정 가수량을 미질과 관련하여 확인하고자 조절 전 후의 미질변화를 측정하였다.

Fig. 5는 조절 전과 후의 완전미, 동할미, 썬미 발생량 차이를 나타낸 것으로 가수량 0.2415((cc/min)-수분/(kg/min)·%-현미)를 기준으로 완전미는 증가하다가 감소하고 동할미와 썬미는 감소하다가 증가하는 경향을 뚜렷하게 보여주고 있다. Table 2는 가수량과 완전미 발생량의 관계를 알아보기 위한 분산분석 결과로 유의수준 0.01%에서 매우 유의하게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 정미 작업시 수분 공급에 따라 동할미 및 썬미의 발생이 크게 영향을 받는 것을 나타낸다. 이러한 썬미와 동할미 발생량의 감소는 완전미의 증가로 나타나며 결국은 도정 수율을 향상시키는 효과로 나타난다. 그러나 과도한 수분 공급은 오히려 썬미와 동할미의 발생을 증가시켜 완전미가 감소되는 것을 분명하게 보여준다. 실험 결과 적절한 가수량은 0.2415((cc/min)-수분/(kg/min)·%-현미)임을 알 수 있으며 이때 완전미 증가량은 조절 전에 비해 약 2.3%로

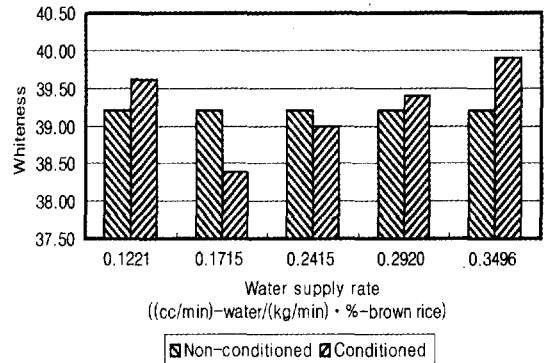


Fig. 6. Whiteness of conditioned and non-conditioned milled rice.

나타났다.

백도 변화

백도는 현미의 강층을 어느 정도 제거하였는가를 나타내는 지표로, 도정 수율 및 상품성과 관련하여 매우 중요한 요소가 된다. 따라서 제품의 백도는 가능한 변화가 없거나 최소화시키는 것이 필요하다. Fig. 6은 조절 전 후 백미의 백도를 나타낸 것이다. 표에서 가수량에 따른 조절 전 후 백도 변화의 최대치는 가수량 0.1715((cc/min)-수분/(kg/min)·%-현미)에서 0.8로 나타났다. 시료 표면의 분광 인덱스를 이용한 백도 측정장치에서 백도 변화값이 1이하인 경우 백도 변화를 무시할 수 있으므로 수분 공급에 따른 백도의 변화는 크지 않다고 말할 수 있다. 이는 공급된 수분이 백미의 가공 정도에 전혀 영향을 미치지 않는다는 것을 나타내는 것으로 수분 공급에 따른 상품성 변화에 전혀 문제가 없음을 알 수 있다.

요 약

국내 개발된 연속식 현미 조절기를 이용한 현미 조절에 따른 가수 조건과 도정 특성을 알아보기 위해 2000. 7. 19.-2000. 7. 23. 에 기계가 설치된 전남 고흥 흥양농협 미곡종합처리장에서 검증실험을 실시하였다. 실험에 사용된 원료는 1999년 고흥 지방에서 수확된 일반벼로 사용량은 약 10톤이었다. 실험 결과 균일 가수에 따른 완전미 수율이 증가되는 것을 확인하였으며, 초기함수율과 원료 투입량에 따른 적절한 가수량 및 조절기 작동 조건을 구명할 수 있었다.

조절 전 후 가수량에 따른 현미의 함수율 측정치를 이론치와 비교한 결과 0.25% 이내로 거의 일치하였다. 따라서 균일 가수 성능이 매우 우수함을 확인하

었다. 조질 전 후 백미의 함수율을 비교한 결과 백미 함수율 증가는 최대 0.4%로 나타났다. 따라서 가수로 인해 정미시 발생하는 마찰열에 의한 수분 손실을 효과적으로 방지 할 수 있음을 확인하였으며 가수로 인해 약 0.3%의 함수율 증가가 예상된다. 조질 전 후 미질을 비교한 결과 최적 조건에서 쉐미와 동할미 발생이 감소로 완전미가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 가장 적합한 가수량은 $0.2415((\text{cc}/\text{min})\cdot\text{수분}/(\text{kg}/\text{min})\cdot\%-\text{현미})$ 로 나타났으며 이 때 완전미 증가량은 약 2.3%로 나타났다. 조질 전 후 백미의 백도를 비교한 결과 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 가수에 따른 백미의 상품성에는 전혀 영향을 끼치지 않음을 확인하였다.

문 헌

- 고학균 외. 1995. 미곡종합처리시설. 문운당
 농협중앙회. 1997. 미곡종합처리장 사업평가와 발전방향. 농협중앙회
 송대빈, 고학균. 2000. 연속식 현미 조질기 개발. 한국농업기계학회지. **25**(6): 503-510
 山下律也. 1991. 米のポストハーベスト新技術. 農業機械學會
 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
 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