

현미 조절에 관한 연구 (Ⅱ)

— 함수율 조절 후 8시간 숙성에 따른 정백특성 —

A Study on Conditioning of the Brown Rice (Ⅱ)

— Milling characteristic with eight hours' ripeness after conditioning
moisture content —

한충수	강태환	조성찬	고학균
정희원	정희원	정희원	정희원
C. S. Han	T. H. Kang	S. C. Cho	H. K. Koh

ABSTRACT

The goal of this research was to an optimum conditions for the brown rice conditioning from data of milling characteristics after conditioning of the brown rice. The range of the initial moisture content of the sample was 13%, 14%, and 15%, the range of the increment of the moisture content was 0.4% and 0.8% with respect to the initial moisture content, and a ripe time after conditioning was eight hours.

The results obtained from this research can be summarized as follows.

1. The crack ratio after conditioning the brown rice with the initial moisture content was increased as the initial moisture content decreased and increment of the moisture content increased. The crack ratio of the milled rice was increased than that of the non-conditioned brown rice and decreased with the conditioned brown rice with the increment of the moisture content of 0.4% and 0.8%.
2. The broken rice ratio after conditioning the brown rice with the initial moisture content was a little higher than that of the non-conditioned brown rice. The broken ratio of the conditioned brown rice with the increment of the moisture content of 0.4% was increased around 0.2~0.4% with respect to the non-conditioned brown rice, and the broken ratio of the brown rice was high with increased amount of water sprayed during conditioning process.
3. The moisture content of the milled rice after conditioning the brown rice with the initial moisture content increased around 0.3~0.8% with respect to the non-conditioned milled rice.
4. The electric energy consumption on milling process with the conditioned brown rice by the initial moisture content was decreased 3.4~39.1% with respect to the non-conditioned brown rice.

Keywords : Brown rice conditioning, Non-conditioning, Milling characteristic, Broken rice ratio, Electric energy consumption.

This study was conducted by the research fund supported by Rural Development Administration(RDA) and article was submitted for publication in December 2000, reviewed in January 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2001.

The authors are C. S. Han, T. H. Kang, S. C. Cho in the Department of Agricultural Machinery Engineering, Chungbuk National University; H. K. Koh in Major of Agricultural Machinery, School of Bio-resources and Materials Engineering, Seoul National University. The corresponding author is C. S. Han, Professor, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungbuk National University, San 48 Gaesin-dong, Cheongju city, 361-763, Korea. E-mail : <hansu@chungbuk.ac.kr>.

1. 서 론

현미의 초기함수율과 곡온, 품종 등은 도정특성에 영향을 미치는 주요인자이다. 특히 초기함수율과 곡온이 낮은 현미를 조절하여 경화된 조직을 연화시키면 정백시 소비전력량이 감소하고 도정효율이 향상되며, 쌀의 수분 감소를 보충하여 중량손실을 방지할 수 있다. 이에 제 I 보(Han 등, 2001)에서는 현미 조절 후 경과시간에 따른 함수율 변화, 동할미 발생율, 강도 등의 관계를 구명하고 조절 경과시간에 따른 예측모형을 개발·제시하였다.

Itoh(1985) 등은 현미 조절에 관한 기초연구로 현미박층을 조절할 때 조절조건과 흡수속도, 현미 품질, 도정특성에 대한 관계를 알아보기 위해 동일 조절 조건하에서 8종류의 연질미를 이용하여 품종간의 차이를 구명하였다. Itoh(1992) 등은 향류 방식과 병류 방식을 이용하여 현미후층을 조절할 때 흡수특성, 현미품질, 도정특성을 비교 분석하였다.

조절 후 정백방법은 현미를 숙성시켜 내부까지 흡수된 후 정백하는 방법과 숙성없이 조절 직후 정백하는 방법이 있다.

이에 본 연구에서는 현미 조절 후 상승된 함수율과 8시간 숙성에 따른 정백특성 및 적정조건을 알아보기 위해 백도·강도·동할미율·싸라기율·함수율·곡온·소비전력량을 측정하여 비교 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험재료

실험재료는 추청 현미로 제 I 보(Han 등, 2001)에서와 같이 충청북도 증평에서 수확한 1998년산을 사용하였다. 현미의 초기함수율은 16%w.b.(이후로 %로만 표시함)이었고, 이것을 13%, 14%, 15%로 음건 조제하여 실험재료로 사용하였다.

나. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 실험장치는 제 I 보(Han 등, 2001)에서와 같은 진동조절장치를 사용하였고, 시료 조절도 동일한 실험방법으로 실시하였다.

정백실험은 조절 후 8시간 숙성시킨 현미 500g

을 실험용 정미기(RICEPAL 30, YAMA MOTO, Japan)를 이용하여 정백수율 90±0.2%로 정백한 후 물성을 측정하였다.

초기함수율과 조절함수율이 정백시 측정항목에 미치는 효과는 SAS의 이원배치 일변량 분산분석으로 통계처리하여 유의성을 검정하였다.

다. 측정항목

(1) 백 도

백도는 백도계(C300-3, Kett, Japan)로 5회 측정 후 평균값으로 나타냈다.

(2) 강도와 동할미율

강도와 동할미율은 제 I 보(Han 등, 2001)와 동일한 방법으로 측정하였다.

(3) 싸라기율

싸라기율은 정백수율 90±0.2%로 정백한 백미를 싸라기선별기(25M, 大屋, Japan)를 사용하여 1.7 mm 체로 5분 동안 선별한 후 무게비로 나타냈다.

(4) 함수율

함수율은 제 I 보(Han 등, 2001)와 동일한 방법으로 측정하였다.

(5) 곡 온

곡온 측정은 디지털 온도계(SK-1250MC, SATO, Japan)를 이용하였고, 현미의 경우 시료중심에 센서를 삽입하여 측정하였으며, 정백 전 현미곡온은 19~20℃이었다.

백미곡온은 실험용정미기의 배출구로 배출되는 백미의 온도를 측정하였다.

(6) 소비전력량

소비전력량은 가정용 소비전력계(WL, LG, Korea)를 이용하여 측정하였고, 현미 80kg을 정백할 경우로 환산하여 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

가. 조절 전·후와 정백 후의 백도

그림 1은 초기함수율과 조절 전·후 현미 백도와와의 관계를 나타낸 것이고, 그림 2는 초기함수율

과 정백한 백미의 백도를 조질 함수율별로 나타낸 것이다.

그림 1과 2에서 보는 바와 같이 현미와 백미의 백도는 조질 함수율이 높고 초기함수율이 높은 시료가 약간 낮은 경향을 나타내었다.

비조질 현미 백도의 경우 함수율이 13, 14, 15%인 경우 각각 19.5, 19.2, 19.1로 나타났다. 백미의 경우에도 함수율 13% 것이 37.0으로 함수율 15%인 것보다 1.9 높게 나타났다. 한편 0.4, 0.8%의 함수율을 상승시킨 조질(이후로 0.4, 0.8% 조질로

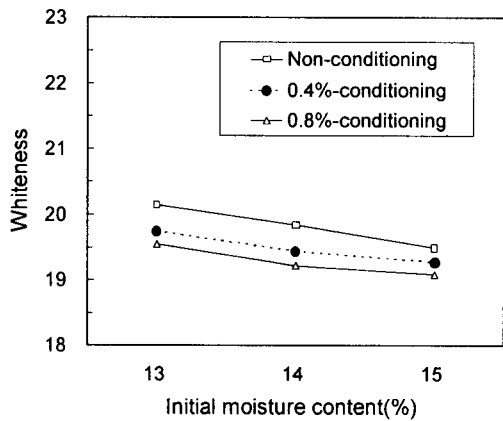


Fig. 1 Comparison of whiteness of brown rice before and after conditioning by initial moisture content.

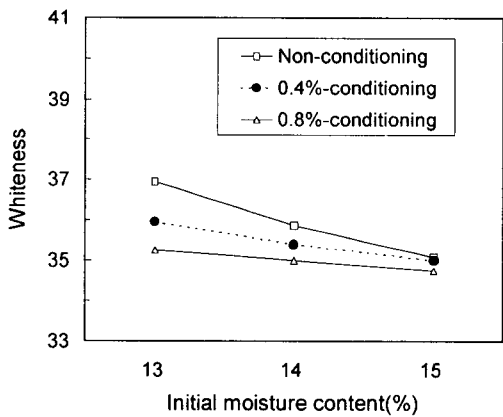


Fig. 2 Comparison of whiteness after milling of conditioning brown rice by initial moisture content.

칭함) 시료는 비조질 시료보다 초기함수율에 따라 각각 0.2~0.4, 0.4~0.6 정도 감소하는 경향을 나타내었다. 이런 경향은 정백 후 백미의 백도에도 영향을 주어 0.4, 0.8% 함수율 조질 현미를 정백한 백미 백도는 비조질 백미보다 각각 0.1~1.0, 0.4~1.7 정도 낮은 값을 나타냈다.

초기함수율과 조질함수율이 현미 및 백미의 조질 전·후 백도에 미치는 영향을 검정한 결과, 검정 통계량 p-값이 두 가지 인자 모두에서 0.0001로 유의수준 0.05보다 매우 낮게 나타나 유의성이 매우 높은 것으로 분석되었다.

현미 백도에 대한 두 가지 인자의 교호작용은 백도값 차이가 작아 유의성이 인정되지 않았고, 백미에 대한 두 가지 인자의 교호 작용 효과는 검정 통계량 p-값이 0.0057로 유의 수준보다 낮아 유의성이 인정되었다.

정백 후 백도에 더 큰 영향을 미치는 주요인자는 조질함수율인 것으로 분석되었다.

이와 같이 조질 시료의 백도가 낮아지는 것은 조질로 인하여 현미·백미 표면에 흡수되면서 광택이 저하되기 때문이고, 실제로 연미공정을 거치면 제품에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

나. 조질 전·후 현미의 강도

초기함수율에 따른 조질 전·후 완전 현미의 강도와 동할립 강도를 각각 그림 3과 4에 조질 함수율별로 나타냈다.

그림에서 알 수 있듯이 완전립과 동할립 강도는 비조질 시료보다 조질 시료가 낮았고, 초기함수율이 낮을수록 높게 나타났다. 또한 완전립보다는 동할립이 낮게 나타났다.

초기함수율 13, 14, 15%에 따라 비조질 완전 현미의 강도는 각각 9.55, 8.70, 7.84kgf이었고, 동할립 강도는 7.67, 7.89, 6.71kgf로 완전립 강도보다 0.81~1.88kgf 낮은 것으로 나타났다. 한편 0.4% 조질에 8시간 숙성한 조질 완전 현미의 강도는 초기함수율에 따라 각각 8.87, 7.70, 7.05kgf이었고, 0.8% 함수율 조질 현미는 8.65, 7.53, 6.91kgf로 비조질 현미보다 0.8~0.9kgf 감소하였다. 조질 동할립 강도의 경우도 비조질 동할립 현미의 강도보다 0.40~0.80kgf 정도 낮았고, 조질 완전 현미의 강도보다 0.60~1.80kgf 정도 낮았다.

SAS의 이원배치 일변량 분산분석을 통한 조질 함수율 및 초기함수율 두 가지 인자와 완전립 강

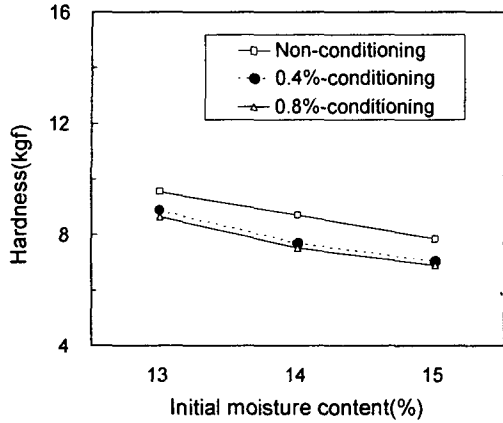


Fig. 3 Comparison of hardness of whole grain after brown rice conditioning by initial moisture content.

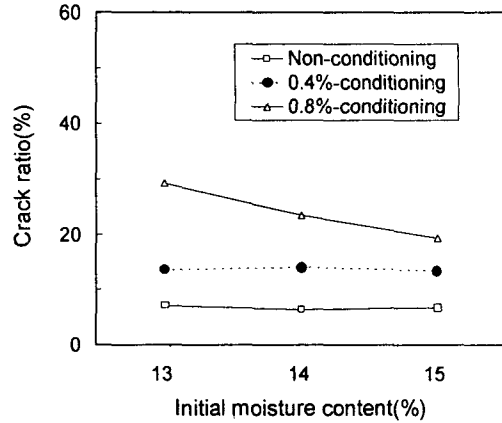


Fig. 5 Comparison of crack ratio of brown rice before and after conditioning by initial moisture content.

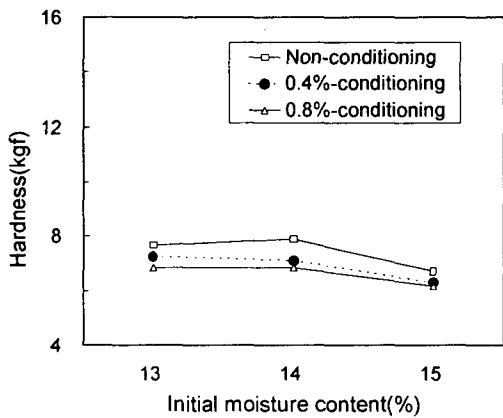


Fig. 4 Comparison of hardness of cracked grain after brown rice conditioning by initial moisture content.

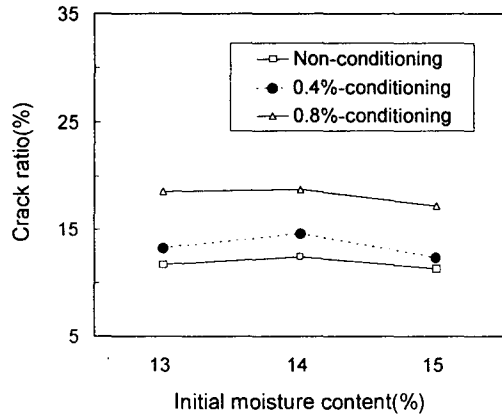


Fig. 6 Comparison of crack ratio after milling of the brown rice by initial moisture content.

도와의 유의성 검정은 p-값이 0.0001로 유의수준보다 매우 낮은 값을 나타내어 유의성이 높은 것으로 검정되었다. 한편, 동할립 강도와 교호작용에서도 유의성이 인정되었고, 주 인자를 분석한 결과 조질함수율이 동할립 강도에 주요한 영향을 미치는 것으로 검정되었다.

이와 같이 조질 시료의 강도가 비조질 시료보다 낮은 이유는 조질 후 8시간 숙성으로 인하여 현미 내부까지 흡습되어 조직이 연화되었기 때문으로 판단된다.

조직 연화로 인해 강도가 낮아지면 정백시 정백 압력을 낮출 수 있어 과부하로 인한 도정효율 저하를 방지하고, 소비전력량 감소에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

다. 조질 전·후와 정백 후 동할미율

그림 5는 초기함수율에 따른 조질과 비조질의 현미 동할미율 변화관계를 나타낸 것이고, 그림 6은 조질과 비조질 현미의 정백 후 백미 동할미율을 초기함수율별로 나타낸 것이다.

동할미율은 밥을 지으면 전분용출로 인하여 밥알의 형상이 완전하지 못하고 식미를 저하시키는 요인이 된다(박 등, 1994; Kawamura, 1991).

그림 5와 6에서와 같이 조질한 현미와 백미의 동할미율은 비조질 시료보다 높은 것으로 나타났고, 초기함수율이 낮으며 조질 함수율이 높은 것이 동할미가 증가하는 경향을 보였다.

0.4, 0.8% 함수율 조질 현미의 동할미율은 비조질 시료보다 초기함수율에 따라 각각 7.5~7.6%, 12.6~22.3% 정도 증가하였다.

조질 후 현미의 동할미 증가는 흡습으로 인해 조직이 팽창되면서 내부 응력이 증가하기 때문으로 판단된다(Han 등, 2001).

비조질 백미 동할미율은 비조질 현미 동할미율보다 초기함수율에 따라 4.5~6.0%가 증가하였고, 0.4, 0.8%의 함수율 조질 현미의 정백 후 백미 동할미율은 조질 현미보다 초기함수율에 따라 각각 0.5~1.1%, 2.2~10.7% 정도 감소하였다.

비조질 백미의 경우 비조질 현미보다 동할미가 증가하는 이유는 조질 시료에 비하여 조직이 단단하여 정백시 높은 정백압력 때문이다.

초기함수율과 조질함수율이 조질 전·후 동할미율에 미치는 효과는 검정통계량 p-값이 각각 0.0001, 0.0008로 유의수준 0.05보다 낮은 값을 나타내어 유의성이 인정되었다. 또한 교호작용에 대한 검정통계량 값도 유의수준보다 낮게 나타났고, 조질 함수율이 조질 전·후 동할미율에 영향을 미치는 주 인자로 판명되었다.

한편, 정백 후 동할미율과 두 가지 인자에 대한 유의성 검정은 조질함수율의 검정통계량 p-값이 0.0001로 유의수준 0.05보다 낮게 나타나 유의성이 인정되었으나, 초기함수율에 대해서는 유의수준보다 높은 값을 나타내어 유의성이 인정되지 않았다.

라. 싸라기율

초기함수율별로 조질과 비조질 현미의 정백한 후 싸라기율을 그림 7에 나타냈다.

그림에 나타냈듯이 싸라기율은 초기함수율이 낮고, 조질 함수율이 높은 것이 증가하는 것으로 나타났다.

0.4, 0.8% 함수율 조질 시료의 싸라기율은 비조

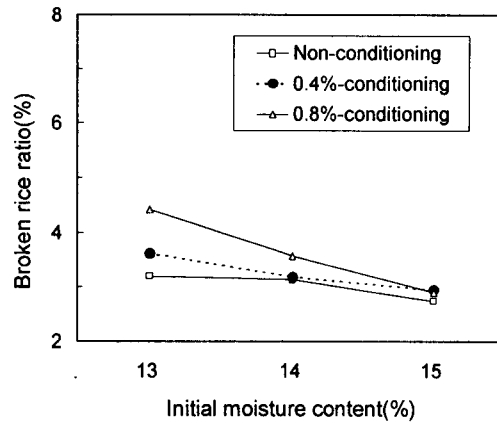


Fig. 7 Comparison of broken rice ratio after milling of the brown rice by initial moisture content.

질 시료의 싸라기율보다 초기함수율에 따라 각각 0.2~0.4%, 0.2~1.2% 증가하는 것으로 나타났다. 이 중에서 초기함수율이 14, 15%에 0.4, 0.8% 함수율 조질 현미를 정백한 것의 싸라기율은 비조질 시료와 비교해서 약간 증가하는 경향을 나타냈지만, 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 초기함수율 13%인 시료에 0.8%의 함수율을 조질하여 정백한 백미의 싸라기율은 0.4% 조질 조건에 비해 0.7~1.5% 높은 것으로 나타났다. 이것은 조질 후 증가한 동할미가 정백시 정백압력에 의해 깨지기 때문으로 판단된다.

SAS의 이원배치 일변량 분산분석을 통한 유의성 검정 결과, 초기함수율과 조질함수율이 싸라기율에 미치는 효과는 검정통계량 p-값이 각각 0.0001, 0.0002로 유의수준 0.05보다 낮아 유의성이 높은 것으로 나타났다. 또한 교호작용에서도 유의성이 인정되었다.

마. 정백 후 함수율 변화

그림 8은 현미의 초기함수율과 조질 및 비조질 현미의 정백 후 백미 함수율과의 차이를 나타낸 것이다.

그림 8에서 보는 바와 같이 현미 초기함수율에 따른 정백 후 함수율 변화는 비조질 백미가 0.10~0.23% 감소하였고, 0.4, 0.8% 함수율 조질 현미를 정백한 경우에도 함수율은 감소하지만 조질에

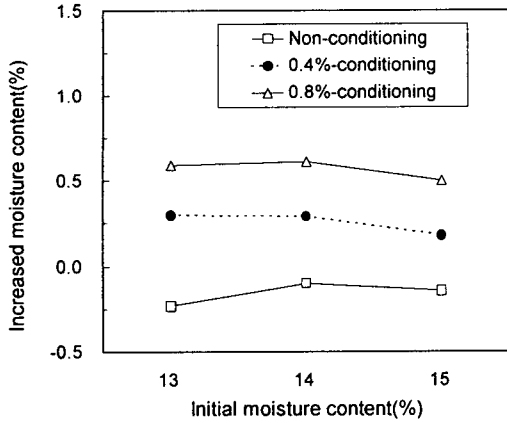


Fig. 8 Comparison of increased moisture content after milling of the brown rice by initial moisture content.

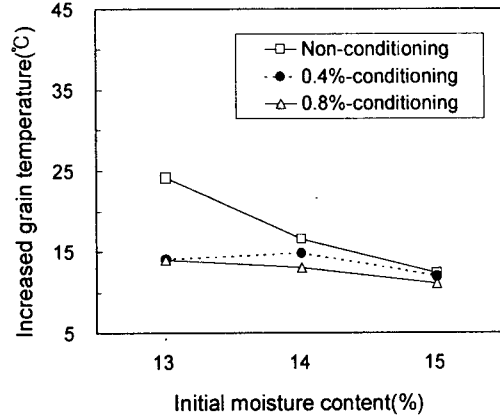


Fig. 9 Comparison of increased grain temperature after milling of the brown rice by initial moisture content.

의한 함수율 증가로 인하여 비조질 현미 함수율보다 현미 초기함수율에 따라 각각 0.18~0.30%, 0.50~0.61% 증가하였다.

한편 비조질 현미를 정백할 때 함수율 감소분과 0.4, 0.8% 함수율 조절로 인한 증가분을 고려하면 조절 백미 함수율 증가는 비조질 백미 함수율보다 각각 0.28~0.53%, 0.60~0.84% 증가하여 정백으로 인한 중량손실 보전 효과가 큰 것으로 나타났다.

한편, 함수율 증가에 대한 유의성 검정은 조절 함수율에서 검정통계량 p-값이 유의수준 0.05보다 매우 낮은 0.0001로 유의성이 높게 나타났다. 초기 함수율에서는 p-값이 0.7801로 유의수준 보다 높아 유의성이 인정되지 않았다.

현미 정백시 함수율이 감소하는 것은 정백실 내부에서 마찰력 및 쌀끼리의 찰리력으로 인한 곡온상승과 분풍에 의해 쌀 수분이 증발하기 때문이다(Park 등, 1996).

바. 곡온의 변화

그림 9에 현미 초기함수율에 따라 정백 전과 후의 곡온 차이를 나타냈다. 현재 정백 후 상승곡온 범위는 정백 전보다 15°C 이상 상승되지 않도록 규정되어 있으며(고 등, 1995), 곡온이 너무 높으면 찌라기가 증가하고 수분 손실이 많아져 품질이 저하되는 것으로 알려져 있다(박 등, 1994).

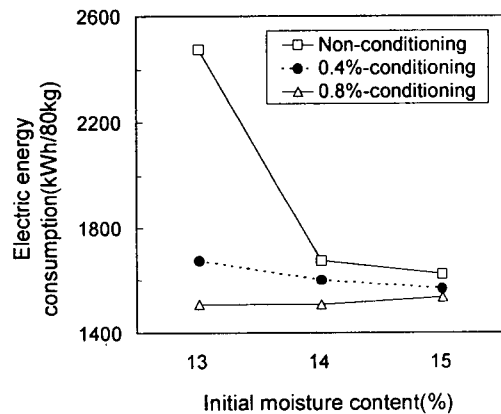


Fig. 10 Comparison of electric energy consumption during milling by initial moisture content.

그림 9에서와 같이 정백 전후의 곡온 상승차이는 비조질 시료보다 조절시료가 낮게 나타났고, 현미 초기함수율이 낮을수록 높게 나타났다.

초기함수율 13%인 비조질 현미를 정백한 경우 정백 전 곡온보다 24°C나 상승하여 정백조건으로는 부적합한 것으로 판단된다. 이것은 함수율이 낮으면 조직경화로 정백압력이 증가하고 도정시간이 길어져 마찰열이 많이 발생하기 때문이다.

한편 0.4, 0.8% 함수율 조절 현미의 경우 초기

함수율에 따라 정백 전 곡은보다 각각 12~14℃, 11~14℃ 상승하여 적정 곡은 상승의 규정범위 내에 해당되는 것으로 나타났다. 이것은 조절 시료가 비조질 시료보다 표면조직이 연화되어 정백할 때 정백압력과 마찰력 감소로 곡은상승이 낮았기 때문으로 판단된다.

따라서 적절한 조절은 도정효율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

초기함수율과 조절함수율이 곡은 변화에 미치는 효과를 이원배치 다변량 분산분석으로 유의성을 검정한 결과, 두 가지 인자에 대한 검정통계량 p-값이 각각 0.0304, 0.0054로 유의수준 0.05보다 낮아 유의성이 인정되었다.

사. 소비전력량

조질과 비조질 현미를 정백할 때 초기함수율에 따른 소비전력량을 그림 10에 나타냈다.

그림에서 보듯이 정백할 때 소비전력량은 조절 시료가 비조질 시료보다 감소하는 것으로 나타났고, 초기함수율이 낮을수록 증가하는 것으로 나타났다. 비조질 시료보다 정백 소비전력량이 크게 감소하는 조건은 초기함수율 13%에 조절 함수율 0.8% 이었고, 가장 작게 감소하는 조건은 초기함수율 15%에 조절 함수율 0.4% 이었다.

0.4%의 함수율을 조절한 현미의 정백 소비전력량은 비조질 현미보다 초기함수율에 따라 55~800Wh/현미80kg 감소하는 경향을 나타냈고, 비율로는 3.4~32.0% 감소하는 것으로 나타났다. 한편 0.8%의 함수율을 조절한 경우는 초기함수율에 따라 88~967Wh/현미80kg 감소하였고, 비율로는 5.1~39.1% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 조절에 따른 현미조직 연화로 강도가 낮아져서 작은 정백압력으로도 강층제거가 용이해져 부하가 적게 걸리기 때문이다(Itoh 등, 1992; Han 등, 2001).

초기함수율과 조절함수율이 소비전력량에 미치는 유의성 검정은 검정통계량 p-값이 두 가지 인자 모두에서 0.0001로 유의수준보다 매우 낮은 값을 나타내어 유의성이 높은 것으로 분석되었다. 교호작용에서도 유의성이 인정되었으며, 조절함수율이 소비전력량에 주요한 영향을 미치는 인자로

분석되었다.

4. 요약 및 결론

조질기 및 조질기술의 개발은 수확 후 부적합한 건조 및 저장방법 등에 의해 함수율이 감소되고 조직이 경화되어 정백할 때 쌀의 품질 및 도정효율이 저하됨으로 이를 개선하기 위해 필요하다.

본 연구에서는 초기함수율 13, 14, 15%인 현미에 0.4, 0.8%의 함수율을 상승시켜 조절 하였을 때 속성에 따른 정백특성을 알아보고, 조절기 개발에 필요한 기초자료 및 적정 가수조건을 제시하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 현미 백도는 조절한 것이 비조질 시료보다 약간 낮은 경향은 있지만 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

2) 완전립과 동할립의 강도는 비조질 시료보다 조절 시료가 낮게 나타났다.

3) 현미 동할미율은 초기함수율이 낮고, 조절 함수율이 높은 것이 높게 나타났다. 백미 동할미율의 경우 비조질 시료는 증가하였고, 조절시료는 감소하는 것으로 나타났다.

4) 쌀라기율은 비조질 시료보다 조절한 시료가 약간 높게 나타났고, 현미 함수율을 0.4% 상승시킨 경우 쌀라기율은 비조질 시료보다 약 0.2~0.4% 증가하였다.

5) 조절한 현미의 정백 후 함수율은 비조질 백미 보다 약 0.3~0.8% 증가하였다.

6) 곡은은 비조질 시료보다 조절한 시료가 낮게 나타났다.

7) 소비전력량은 비조질 시료보다 조절 시료가 약 3.4~39.1% 감소하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 고학균외 8인. 1995. '96 농협 미곡종합처리장 설계기준. 농협중앙회 미곡종합처리장 자문단.
2. 박호석외 5인. 1994. 미곡종합처리장 이론과 실무. 농협전문대학.
3. Han, C. S., K. S. Yon, T. H. Kang, H. Y. Jeon, H. K. Koh, J. D. So and D. B. Song. 2001.

- Study on the Conditioning of Brown Rice - Property variation and predicted model of brown rice after conditioning -(Part I). J. of the Korean Society for Agricultural Machinery. 26(1):39-46. (In Korean).
4. Park, H. S. and C. S. Han. 1996. Effects of the Brown Rice Moisture on the Milled Rice Recovery. Cooperative Review. Vol 18.(In Korean).
5. Itoh, K., S. Kawamura and Y. Ikeuchi. 1985. Studies on Brown Rice Conditioning (Part 1). J. of the Japanese Society of Agricultural Machinery. Vol 47 (2):169 -175. (In Japanese)
6. Itoh, K., S. Kawamura and Y. Ikeuchi. 1992. Studies on Brown Rice Conditioning (Part 2). J. of the Japanese Society of Agricultural Machinery. 47(4) (In Japanese)
7. Kawamura, S. 1991. Rice Milling and the Quality and Taste of Milled Rice(Part4)-Optimum technique for milling and optimum brown rice condition before milling-. J. of the Faculty of Agriculture Hokkaid University.17(4) (In Japanese)