

현미 온도 조절 후 정백 특성

한충수* · 김유호 · 강태환* · 조성찬*

*충북대학교 농업기계공학과, 농촌진흥청 농업기계화연구소

Milling Characteristics after Temperature Conditioning of Brown Rices

Chung-Su Han*, You-Ho Kim, Tae-Hwan Kang* and Sung Chan Cho*

*Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungbuk National University
National Agricultural Mechanization Research Institute

Abstract

This study was to find out the relationships between whiteness, hardness, crack ratio, broken rice ratio, increased grain temperature, moisture content, electric energy consumption, and optimum conditioning of grain temperature for the milled rice efficiency and quality maintenance during the milling process of brown rice at low temperature. There was no significant difference between the whiteness variations of white rice after milling process when the conditioning grain temperatures ranging from 0 to 20°C was used. The crack and broken rice ratios of white rice and the hardness of brown rice decreased with an increased in the conditioning grain temperature. Conditioning grain temperatures of 12, 20°C are applicable to appropriated standard of temperature (15°C) after milling process. In the case of low temperature of grain, there was steadily increase the rate of changing moisture contents because of dew condensation. There was 2.62~14.28% decline of electricity energy for milling process when the temperature of grain was higher than 0°C. Therefore, it needs to control temperature over 10°C for appropriate milling in winter season.

Key words : temperature conditioning, crack ratio, broken rice ratio, brown rice

서 론

국내 쌀 생산량은 품종 개량 및 생산성 향상 등으로 자급력이 향상된 반면, 생활수준 향상과 식품산업 발달로 인하여 쌀 소비량은 감소하면서 품질과 식미가 좋은 쌀이 요구되어지고 있다(농림부, 2001; 한충수 등, 2001). 현재, 수확할 때까지 고품질 쌀을 생산할 수 있는 기술과 제반요건은 구비되어 있으나, 수확 후의 고온건조 또는 과건조 등 부적합한 건조방법에 의해 쌀의 품질이 저하된다. 또한 벼 저장 중에 저장고의 시설미비, 부적합한 저장방법 및 조건에 의해 함수율이 자연 감소되고 품질이 저하된다. 그리고 저장기간이 길수록 함수율

자연 감소로 인하여 현미 조직은 더욱 단단해져 정백할 때 시간이 길어지고, 과부하로 인해 도정효율이 저하될 뿐 아니라 소비전력량이 증가한다.

겨울철에는 곡은 저하로 현미 조직이 더욱 단단해져서 위와 같은 현상이 심화되므로 이와 같은 곡물을 정백할 때 조절(調質)공정이 필요하다(박호석 등, 1994; 川村周三, 1991).

조질은 도정시 곡물의 함수율과 곡온을 조절하는 기술으로써 단단한 조직을 연화시켜 정백할 때 도정효율 향상과 소비전력량을 감소시킨다. 또한 정백할 때 마찰열에 의한 수분감소를 보충하여 수율감소를 방지할 수 있기 때문에 현미로 저장하는 일본을 중심으로 실용화되어 있다(伊藤和彦 등, 1985).

伊藤和彦(1985)등은 현미 조절에 관한 기초연구로 박층 현미를 조절할 때 조절조건과 흡수속도, 현미 품질, 도정특성에 대한 관계를 알아보기 위해 동일 조절 조건하에서 8종의 연질미를 이용하여 품종간

Corresponding author: Chung-Su Han, Dept. of Agricultural Machinery Engineering., Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea
Phone:

의 차이를 규명하였다. 또한 伊藤和彦(1992)등은 향류통풍방식과 병류통풍방식을 이용하여 후층 현미를 조질할 때 흡수특성, 현미품질, 도정특성을 비교 분석하였다. 국내에서는 한(2001)등이 현미 조질 후 경과시간에 따른 함수율변화, 동할미발생율, 강도, 백도와의 관계를 규명하여 물성변화와 예측모델을 개발·제시하였다. 또한 한(2002)등은 현미 함수율 조질 후 8시간 숙성에 따른 정백특성을 분석하였다. 川村周三(1990)은 현미를 10, 20, 30°C로 조질한 후 정백 특성을 분석하였고, 10°C 현미가 30°C 현미보다 정백할 때 소비전력량과 정백 후 곡온이 증가하는 것으로 보고하였다.

한편 국내 도정공장의 동절기 현미 곡온은 추운 경우에 -5°C 전후까지 내려가므로 도정 효율을 높이고 품질을 유지하기 위하여 동절기 저온 현미에 대한 정백 특성 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 현미 조질곡온 변화에 따른 정백 후 백도, 강도, 동할미율, 싸라기율, 곡온, 함수율, 소비전력량 등과 곡온 조질의 적정조건을 규명하고, 조질기 개발의 기초자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

현미 조질곡온에 따른 정백특성 실험용 현미는 충청북도 증평에서 수확한 1997년산 추청을 사용하였다. 현미의 초기함수율은 14.29% w.b.(이후로 %로만 표시함) 이었고, 곡온은 냉장고와 상온을 이용하여 0, 3, 5, 12, 20°C로 조제하였다.

실험방법

본 실험은 정백 전 현미 조질곡온이 각각 0, 3, 5, 12, 20°C일 때 중형 정미기(CM-5, 300~400 kg/hr, TOYO, Japan)를 사용하여 15 kg의 현미를 정백수율 90±0.2%로 정백하였고, 3회 반복하여 백도, 강도, 동할미율, 싸라기율, 곡온, 함수율, 소비전력량 변화를 비교·분석하였다.

현미 조질곡온이 측정항목에 미치는 효과는 SAS의 일원배치 일변량 분산분석으로 통계처리하여 유의성을 검정하였다.

측정항목

(1) 백도

백도는 백도계(C300-3, Kett, Japan)로 10회 측정 후 평균값으로 나타내었다.

(2) 강도

강도는 경도계(KHT-20N, Fujiwara, Japan)를 이용하여 현미시료 중 완전립과 동할립을 각각 50립씩 측정 후 평균값으로 나타내었다.

(3) 동할미율

현미와 백미의 동할미는 경동할미와 중동할미를 모두 동할미로 판정하였다. 1회 측정시 완전미 50립을 무작위로 채취하여 동할미투시기(RC-50, Kett, Japan)로 측정하였고, 10회 측정에 대한 평균값으로 나타냈다.

(4) 싸라기율

백미의 싸라기율은 싸라기선별기(25M, 大屋, Japan)를 사용하여 1.7 mm 체로 5분 동안 선별한 후 무게비로 나타냈다.

(5) 곡온

곡온측정은디지털온도계(SK-1250MC, SATO, Japan)를 이용하였고, 현미의 경우 시료중심에 센서를 삽입하여 측정하였다. 정백 후 백미의 곡온은 투입원료의 1/2정도가 가공된 시점에서 백미탱크 내에 센서를 삽입하여 최대온도로 나타내었다.

(6) 함수율

함수율 측정은 시료 10±0.5 g을 10회 채취한 후, 135°C의 실험용건조기(WFO600 ND, EYELA, Japan)에서 24시간 건조하였다. 건조된 시료는 데시게이터에서 30분 정도 식힌 후 칭량하여 무게비로 함수율(M_{135} , %)을 계산하고, 이 값을 표준함수율 보정식인 식 (1)과 (2)를 이용하여 표준함수율(M_{105} , %)로 환산하였다(山下律也, 1975).

$$\text{현미: } M_{105} = 100 - 1.0122(100 - M_{135}) \quad (1)$$

$$\text{백미: } M_{105} = 100 - 1.0133(100 - M_{135}) \quad (2)$$

(7) 정백 소비전력량

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

결과 및 고찰

백도

Fig. 1은 현미 조질곡온에 따른 정백 전·후의 백도를 나타낸 것이다.

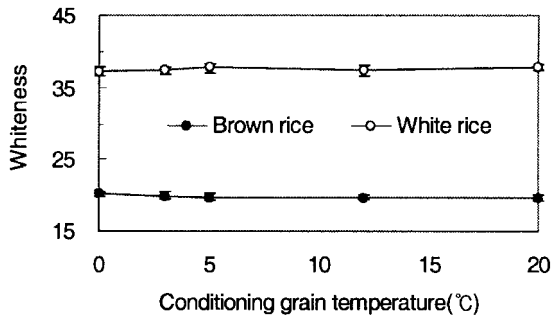


Fig. 1. Comparison of whiteness before and after milling of the brown rice by conditioning grain temperature.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 현미 백도는 곡온 0, 3, 5, 12, 20°C일 때 각각 20.2, 19.9, 19.7, 19.6, 19.6으로 나타났고, 정백한 백미의 경우 37.3, 37.5, 37.8, 37.5, 37.8로 나타났다.

현미의 백도는 조질곡온이 높을수록 0.3~0.6 정도 미세하게 감소하는 경향을 보였으나 거의 차이가 없는 것으로 나타났고, 정백 후 백미의 백도 변화도 조질곡온에 따라 0.2~0.5 차이로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

한편 현미 조질 후 함수율 증가에 따라 백도가 약간 감소하는 것으로 보고 되어 있으나(한 등, 2002), 곡온 조절은 현미와 백미의 백도에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

강도

Fig. 2는 조질곡온별 현미의 완전립과 동할립의 평균강도를 나타낸 것이다.

Fig. 2에 나타낸 바와 같이 현미 완전립과 동할립의 강도는 조질곡온이 낮을수록 증가하는 경향을

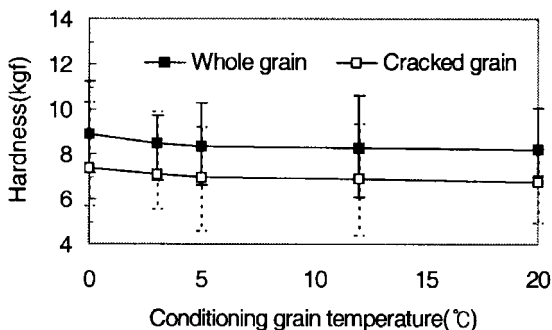


Fig. 2. Comparison of whole and cracked grain hardness of the brown rice by conditioning grain temperature.

나타냈다.

현미 조질곡온이 0, 3, 5, 12, 20°C인 경우 현미 완전립 평균강도는 각각 8.91, 8.49, 8.37, 8.27, 8.21 kgf 이었다. 0와 20 시료의 강도는 0°C시료가 0.7kgf 높은 것으로 나타났고, 12와 20°C인 경우는 12시료가 0.06 kgf 미세하게 높은 것으로 나타났다. 동할립 평균강도는 조질곡온 별로 각각 7.38, 7.11, 6.98, 6.89, 6.77 kgf 이었고, 조질곡온에 따른 동할 미간 최대 강도 차이는 0.61 kgf, 최소 강도 차이는 0.12 kgf로 나타났다.

이것은 현미 곡온이 낮을수록 현미의 조직이 단단해져서 강도가 증가하기 때문으로 사료되며, 동할기 정백시 도정효율을 저하시키는 주요 원인이라고 판단된다.

조질곡온에 따른 완전립과 동할립의 강도 차이는 동할립이 1.54~1.38 kgf 낮게 나타나 정백할 때 작은 압력에도 깨지기 쉬울 것으로 판단된다.

조질곡온과 현미의 완전립 및 동할립 강도와의 유의성 검정은 두 가지 모두 검정통계량 p-값이 유의수준 0.05보다 높게 나타나 유의성이 인정되지 않았다.

이것은 Fig. 2에서 보듯이 쌀알 특성상 동일 조질곡온에서도 강도 편차가 크기 때문에 유의성이 인정되지 않은 것으로 판단된다. 그러나 전술한 바와 같이 0°C의 경우 20°C보다 평균 강도가 0.7 kgf 정도 강한 것을 고려할 때 많은 양을 정백하는 경우 큰 부하가 걸려서 도정효율이 저하될 것으로 판단된다.

동할미율

Fig. 3에 현미 조질곡온별 정백 후 백미 동할미율

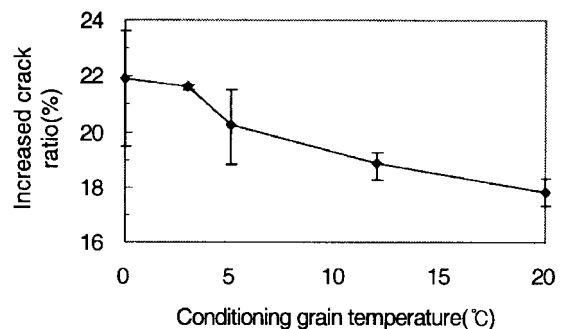


Fig. 3. Comparison of crack ratio after milling of the brown rice by conditioning grain temperature.

을 나타냈다.

Fig. 3에서와 같이 정백 후 백미 동할미율은 현미 조질곡온이 낮을수록 높게 나타났고, 특히 조질곡온이 3°C이하에서 백미동할미가 높게 증가하였다.

정백 전 현미 동할미율은 15.76%이었고, 현미 조질곡온이 0, 3, 5, 12, 20°C일 때 정백 후 백미의 동할미율은 21.90, 21.60, 20.26, 18.86, 17.38%로서 정백 전 현미 동할미율보다 6.14, 5.84, 4.50, 3.10, 2.07% 정도 증가하였다. 0와 3°C에서는 0.3%로 거의 차이가 없는 것으로 나타났고, 조질곡온이 0와 20°C인 경우 백미 동할미율은 0°C 원료가 4.07% 높게 나타났다.

이것은 전술한 바와 같이 현미 곡온이 낮을수록 현미 조직 경화로 강도가 높아 정백시 정백압력을 높여 가공하였기 때문으로 판단된다.

SAS의 일원배치 일변량 분산분석을 통한 조질곡온과 정백 후 백미 동할미율과의 유의성 검정은 검정통계량의 p-값이 0.0073로서 유의수준보다 낮은 값을 나타내었고, 0와 5 및 20°C 사이에서만 유의성이 검정되었다.

싸라기율

현미 조질곡온 차이에 따른 정백 후 싸라기율을 Fig. 4에 나타냈다.

Fig. 4에서 알 수 있듯이 싸라기율은 정백 전 현미 조질곡온이 낮을수록 증가하는 경향을 보였지만 차이는 미세하였고, 특히 5°C 이하부터는 낮게 나타났다.

싸라기율은 현미 조질곡온이 0, 3, 5, 12, 20°C일 때 각각 4.63, 4.54, 4.43, 4.23, 4.27%를 나타내었다. 싸라기율이 최대·최소인 곡온은 각각 0와 12°C 시료이었고, 0°C시료가 0.40% 높은 것으로 나타났

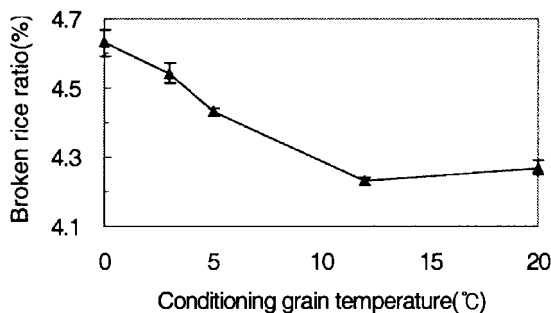


Fig. 4. Comparison of broken rice ratio after milling of the brown rice by conditioning grain temperature.

다. 한편 12와 20°C인 경우는 0.04% 차이로 가장 낮게 나타났다.

조질곡온이 싸라기율에 미치는 효과는 검정통계량의 p-값이 0.0004로 유의수준보다 매우 낮은 값을 나타내었고, 12와 20°C 사이의 검정 결과를 제외하고 나머지 조질온도간에는 유의성이 매우 높은 것으로 검정되었다.

곡온이 높은 시료가 낮은 시료보다 싸라기율이 낮은 이유는 앞에 항에서 서술한 바와 같이 현미 곡온이 높으면 현미 강도가 작고 조직이 연화되어, 정백시 정백압력을 낮추어 가공함으로 인하여 쌀이 덜 깨지기 때문이다.

곡온

Fig. 5에 정백 전 현미의 곡온과 정백 후 백미 곡온 차이를 비교하여 나타냈다.

현재 정백 후 적정 곡온 상승은 15°C이하로 되어 있으며, 곡온이 너무 높게 상승하면 싸라기와 동할미가 증가하고, 수분손실이 커지는 것으로 알려져 있다(박호석 등, 1994; 고훈균 등, 1995).

Fig. 5에서와 같이 정백 후 곡온 상승은 정백 전 현미 조질곡온이 높은 시료가 낮게 나타났다.

현미의 조질 곡온이 0, 3, 5, 12, 20°C일 때 정백 후 곡온은 20.8, 22.1, 25.2, 27.7, 31.0°C로 현미 조질 곡온보다 각각 20.8, 19.1, 20.2, 15.7, 11.0°C 상승한 것으로 나타났다.

특히 0~5°C인 경우에는 백미의 곡온상승이 규정범위보다 5°C 내외 높기 때문에 바람직하지 않은 것으로 나타났고, 초기곡온 12, 20°C인 경우에는 적정 곡온상승 규정범위 내에 해당되어 동절기 정백시 현미의 적정온도는 10°C 이상으로 하는 것이 바

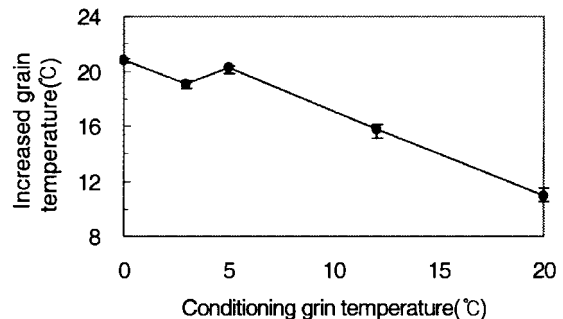


Fig. 5. Comparison of increased grain temperature after milling of the brown rice by conditioning grain temperature.

람직하다고 판단된다.

조질곡온과 정백 전·후 곡온 차이에 대한 유의성 검정을 SAS의 일원배치 일변량 분산분석으로 통계 처리한 결과, 유의수준 0.05에서 검정통계량 p-값이 0.0001로 매우 낮게 나타났고, 각각의 조질곡온별 유의성이 매우 높은 것으로 검정되었다.

정백시 조질곡온이 높은 시료가 낮은 시료보다 정백 후 곡온상승이 높지 않은 것은

현미 곡온이 높으면 현미 강도가 작고, 강층의 연화로 정백시 가공압력이 낮아지면서 마찰열에 의한 온도상승이 낮아지기 때문이다.

함수율

Fig. 6은 현미 조질곡온별 함수율과 정백 후 백미 함수율 변화를 비교한 것이다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 조질곡온별 정백 후 함수율 변화는 정백 전 현미 초기함수율보다 약간 증가하였다.

정백 전 현미 초기함수율은 14.29% 이었고, 현미 곡온을 0, 3, 5, 12, 20°C로 조절하여 정백한 후 함수율은 각각 14.31, 14.32, 14.39, 14.29, 14.33%로 나타났다. 이 함수율 값은 정백전 초기함수율에 비하여 0.00~0.10% 정도 증가한 것이다.

일반적으로 정백 후 함수율은 정백 중 마찰열과 분풍에 의해 0.5% 내외 감소하는 것으로 보고되어 있다(한 등 2002). 그러나 본 실험에서 정백 후 함수율이 미세하게나마 증가한 이유는 정백시 곡온이 낮은 현미가 정백 후 곡온이 20.8~31.0°C로 상승되었고, 이것이 45.4~64.6% 상대습도에 1.0~1.7°C의 저온 외기와 접촉하면서 결로가 발생하였기 때문으로 판단된다(川村周三, 1991).

따라서 현미와 가공실내의 온도가 너무 낮은 조

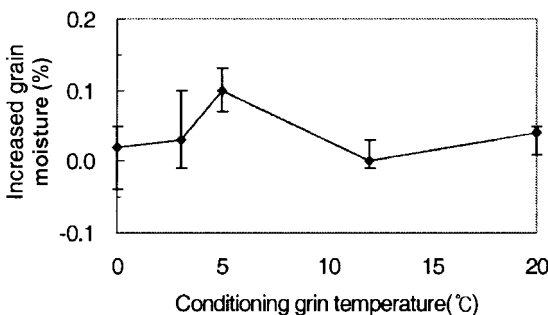


Fig. 6. Comparison of increased moisture content after milling of the brown rice by conditioning grain temperature.

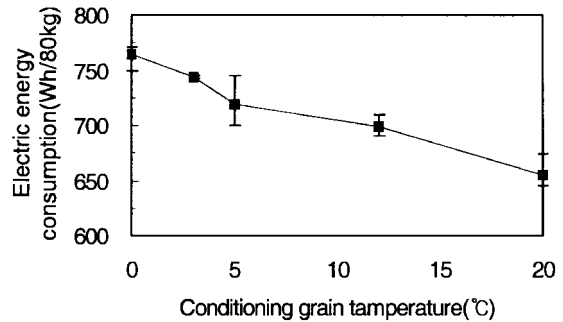


Fig. 7. Comparison of electric energy consumption during milling by conditioning grain temperature.

건은 쌀 표면에 결로를 발생시켜 품질 저하의 우려가 있으므로 적절하지 않은 조건으로 판단된다.

현미 조질곡온별 정백시 소비전력량을 Fig. 7에 나타냈다.

Fig. 7에서 알 수 있듯이 소비전력량은 조질곡온이 낮은 시료보다 높은 시료가 감소하는 것으로 나타났다.

조질 후 곡온이 0, 3, 5, 12, 20°C인 경우 정백 소비전력량은 각각 763.84, 743.80, 719.23, 698.96, 654.71 Wh/현미 -80 kg으로 나타났다. 0°C 시료를 기준으로 곡온이 3, 5, 12, 20°C인 경우 감소된 소비전력량은 각각 20.04, 44.61, 64.88, 109.13 Wh/현미-80 kg이 었고, 감소율로 나타내면 각각 2.62, 5.84, 8.49, 14.28%이었다.

조질곡온이 소비전력량에 미치는 효과를 검정한 결과, 검정통계량의 p-값이 0.0001로 유의수준 0.05보다 매우 낮은 값을 나타냈고, 0와 5°C 및 20°C 사이에서만 유의성이 매우 높은 것으로 검정되었다.

정백 전 시료의 곡온이 높을수록 정백 소비전력량이 감소하는 이유는 앞에서 서술하였듯이 곡온이 높으면 현미조직의 연화로 정백시 정백압력이 저하되어 부하가 적게 걸리기 때문이다.

요 약

겨울철 곡온이 낮은 현미는 조직이 단단해져서 정백시간이 길어지고, 과부하로 인해 도정효율 저하와 소비전력량이 증가한다. 조질은 곡물의 함수율과 곡온을 조절하는 기술로써, 현미의 단단한 조도정수율 및 도정효율을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 저온 현미 정백시 도정효율 향상 및 품질유지를 위해 적정 현미 조질온도와 정백 후 백도, 강도, 동할미율, 싸라기율, 곡온 상승, 함수율

변화, 소비전력량 등과의 관계를 규명하였다.

현미 조질 곡은 0, 3, 5, 12, 20°C에 대한 정백 후 백미 백도 변화는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 동할미율, 완전립과 동할립 강도 및 싸라기율은 현미 조질 곡온이 높을수록 감소하는 것으로 나타났다.

조질 곡은 12, 20°C인 경우가 정백 후 적정 곡온 상승 규정범위 15°C 내에 해당되었다. 정백 후 함수율 변화는 조질곡온에 관계없이 외기온도와 정백 후 곡온 차이로 발생한 경로에 의해 미세하게 증가하는 경향을 보였다. 정백 소비전력량은 조질곡온이 0°C보다 높은 조건이 2.62~14.28% 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 동절기 정백시 현미의 적정온도는 10°C 이상으로 조질하거나 유지하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 충북대학교 학술진흥재단의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- 고학균 외 8인. 1995. 농협 미곡종합처리장 설계기준
농림부 식량정책국 식량정책과. 2001. 쌀 및 보리쌀의 1인당 연간소비량
- 박호석 외 5인. 1994. 미곡종합처리장 이론과 실무. 농협전문대학
- 한충수 외 6인. 2001. 현미 조질에 관한 연구(I)-조질 후 현미의 물성변화와 예측모델 개발-. 한국농업기계학회지 **26(1)**: 39-46
- 한충수, 강태환, 조성찬, 고학균. 2002. 현미 조질에 관한 연구(II)-함수율 조질 후 8시간 숙성에 따른 정백특성-. 한국농업기계학회지 **27(1)**: 51-58
- 川村周三. 1990. 米の搗精と精白米および食味-(第2報) 搗精特性-. 北海道大學農學部邦文紀要 **17(3)**: 228-261
- 川村周三. 1991. 米の搗精と精白米および食味-(第3報) 精白米の品質および食味-. 北海道大學農學部邦文紀要 **17(3)**: 228-261
- 山下律也. 1975. 穀物の含水率測定方法基準についての提案. 日本農業機械學會誌 **37(3)**: 445-451.
- 伊藤和彦 外 2人. 1985. 玄米調質に関する研究 (第1報)-薄い層の調質實驗. 日本農機學會誌 **47(2)**: 169-176.
- 伊藤和彦 外 2人. 1992. 玄米調質に関する研究(第3報)-交互通風方式による厚い層の調質實驗. 日本農機學會誌 **54(2)**: 59-66