

현미 비정상립이 도정특성에 미치는 영향

김창진 이현정 김의웅 금동혁 김 훈

Effects of Abnormal Kernels in Brown Rice on Milling Characteristics

C. J. Kim H. J. Lee O. W. Kim D. H. Keum H. Kim

Abstract

This study was conducted to find out effects of abnormal kernels of 0 to 30% in brown rice on quality characteristics during milling using friction type test mill. The average hardness values of abnormal and normal brown rice kernels were 6.52 kgf, 8.48 kgf, respectively. According to the increase of abnormal kernels in brown rice, grain temperature, required electrical energy, the broken kernels ratio, and the weight of solid matter on the surface of milled rice were increased due to crush of the abnormal kernels during milling, which proves that abnormal kernels in brown rice should be removed before milling to improve milling characteristics.

Keywords : Abnormal kernels, Brown rice, Milling, Hardness, Solid matter

1. 서론

도정(搗精, milling)은 벼의 껍질과 미강층을 벗겨내는 공정이나 보다 좁게는 현미에서 미강을 제거하는 의미로 사용되며, 정미기에서 도정이 이루어진다. 정미기는 마찰작용을 이용한 마찰식정미기와 절삭력을 이용한 연삭식정미기로 구분할 수 있으며, 정백실의 크기, 금망의 모양 및 회전속도 등이 도정특성에 미치는 주요한 인자이며, 도정 원료로 사용되는 현미의 품종, 함수율, 강도 및 비정상립 혼입비율 등도 도정특성과 밀접한 관계가 있다(Kawamura, 1990).

현미에는 사미(dead kernel), 미숙립(immatured kernel), 피해립(damaged kernel) 및 열손립(heat damaged kernel)과 같은 비정상립(abnormal kernel)이 혼입되어 있으며, RPC(미곡 종합처리장, Rice Processing Complex)에서 원료로 사용하는 현미에는 약 19.8%(9.4~33.2%) 정도의 비정상립이 혼입되고 있다(Kim 등, 2006). RPC에서는 도정 전에 입선별기를 이용하여 선별하고 있는데, 입선별기는 일반적으로 단축길이가

1.6~1.7 mm인 타원형 선별공이 다수 타공된 선별체의 일종으로서 선별인자는 현미 정상립과 비정상립의 외형특성중 두께의 차이이다. 그러나 함수율 15%(w.b.)인 추정현미의 사미, 미숙립, 피해립 및 열손립의 평균두께는 각각 1.72, 1.69, 1.61 및 1.29 mm로서 정상립두께인 1.84 mm와 차이는 있으나 두께차이만을 이용한 선별에는 한계가 있어 선별능력이 평균 10.3% 수준에 불과하고, 입선별기를 통과한 현미중 비정상립의 비율은 평균 18.0%(8.9~32.3%)에 달하고 있다(Kim 등, 2006). 따라서 입선별기의 타공망 크기를 증대하여 입선별기의 성능을 개선(Choi 등, 2004)하거나, 입선별기 후단에 현미 색채선별기를 설치하여 비정상립을 선별하는 RPC가 증가하고 있다.

도정과정 중에 마찰열 등으로 곡온이 상승하면 강도가 감소하고, 이 강도가 정백실 내에서 곡물에 가해지는 압력보다 적으면 찌라기가 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 현미의 함수율이 높거나 곡온이 높을 경우 찌라기 발생률이 증가하므로 Kawamura(1991)는 현미 함수율은 15.5~16.5%, 현

미 곡은 10.5~25.5°C가 적정하다고 제안하였다.

현미 비정상립은 정상립에 비해 강도가 낮아 찌라기 발생률이 높아지는 등 도정특성이 저하하는 것으로 알려져 있으나, 현미 비정상립 혼입비율에 대한 도정특성에 관한 객관적인 연구보고는 찾아볼 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 현미 비정상립 혼입비율이 도정특성에 미치는 영향을 구명하는데 두었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 실험에 사용한 현미는 추청으로 2004년 5월 경기도 화성 수라청RPC에서 현미와 입선별기에서 분리 배출된 비정상립을 구입하여 사용하였다. 현미는 색채선별기(ACS-12, A-Mecs, Korea)에 3회 통과시켜 사미, 미숙립, 피해립 및 열손립 등 비정상립을 제거하여 99%이상의 정상립으로 조정하였으며, 색채선별기에서 제거된 비정상립과, 화성 수라청RPC에서 수집한 비정상립에서 수작업으로 정상립을 제거한 후 시료 조제에 사용하였다.

비정상립의 조성은 사미 54.8%, 미숙립 24.8%, 피해립 5.0%, 열손립 10.7%, 및 기타이물 1.8% 수준이었으며, 현미 정상립 및 비정상립의 함수율은 각각 15.0 및 14.3%(w.b.)이었다. 시료는 밀봉하여 4°C 저온저장고에 보관하였으며, 실험 24시간 전에 상온에 노출시켜 곡물온도가 상온과 평형을 이루도록 한 후 실험에 사용하였다.

나. 실험방법

RPC에서 도정에 사용되고 있는 현미중 비정상립비율을 감안하여 비정상립 비율이 0, 10, 20, 30%의 4수준이 되도록 시료를 조제한 후, 초기 중량 1 kg을 시험용 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto, Japan)에 총 10회 통과시키면서 도정하였으며, 각 통과횟수에 따른 소요전력 및 곡물온도를 측정하였다. 또한, 도정과정에서 일정량의 시료를 채취하여 도정도, 함수율, 찌라기발생율 및 건고물량 등을 측정하였다.

소요전력은 적산 전력계(3169-20, HIOKI, Japan)로 측정하여 현미 1 ton을 처리하는데 소요되는 전력으로 환산하였으며, 도정도는 현미와 백미의 정립 1,000립의 중량인 천립중을 이용하여 식 (1)과 같이 계산하였으며, 3회 반복 측정하였다.

$$\text{Degree of milling}(\%) = \frac{1000 \text{ kernel of brown rice}(g) - 1000 \text{ kernel of milled rice}(g)}{1000 \text{ kernel of brown rice}(g)} \times 100 \quad (1)$$

현미 정상립과 비정상립의 강도는 물성측정기(TX-RA, Stable Micro System, England)에서 직경 2.0 cm의 실린더형 probe를 사용하여 5.0 mm/sec의 속도로 측정하였으며, 50립의 평균치를 사용하였다. 함수율은 10 g립-135°C-24시간 건조법으로 측정 후 5 g분쇄-105°C-5시간 표준 측정법으로 환산하였으며, 3회 반복 측정하였다. 찌라기량은 백미시료 20 g에서 수작업으로 찌라기를 선별하여 중량비로 환산하였으며, 3회 반복 측정하였다. 건고물량(weight of solid matter)은 日本精米工業協會의 방법에 준하여 백미 20 g을 3점으로 균분하고 각각에 증류수 300 mL(15°C)을 가한 다음, 수작업으로 진탕하여 10 mL액을 105°C에서 건조한 후 중량을 측정하여 3개 값에 15를 곱해 시료 100 g으로 환산하여 3점의 평균치를 이용하였다(Yokoe 등, 2005). 도정후 백미의 영상은 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)를 이용하여 획득하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 현미의 강도

현미 정상립과 비정상립의 강도는 다음의 표 1과 같았다. 현미의 강도는 함수율과 밀접한 관계가 있을 뿐만 아니라 현미의 정상립은 비정상립에 비해 강도가 높다(Hosokawa 등, 1995). 표에서와 같이 정상립의 평균강도는 8.48 kgf 수준으로 비정상립의 평균 강도 6.52 kgf에 비해 약 30%정도 높게 나타났다. 비정상립의 종류별로는 사미, 미숙립, 피해립 및 열손립의 평균 강도는 각각 5.87, 6.84, 7.09 및 6.29 kgf 수준으로 사미의 강도가 가장 낮았으며, 피해립이 가장 높은 수준이었다. 사미의 경우 비정상립중에서 가장 두께가 큰(Kim 등, 2006) 반면, 비정상립중에서 혼입비율이 가장 많고 강도가 가장 낮게 나타났다.

나. 도정특성

그림 1~5는 현미 비정상립 비율 0, 10, 20, 30%에서 도정

Table 1 Hardness of normal and abnormal brown rice kernels

Grain		Hardness (kgf)
Normal brown rice kernels		8.48±1.62
Abnormal brown rice kernels	Average	6.52±0.55
	Dead	5.87±1.81
	Immatured	6.84±1.92
	Damaged	7.09±2.04
	Colored	6.29±2.38

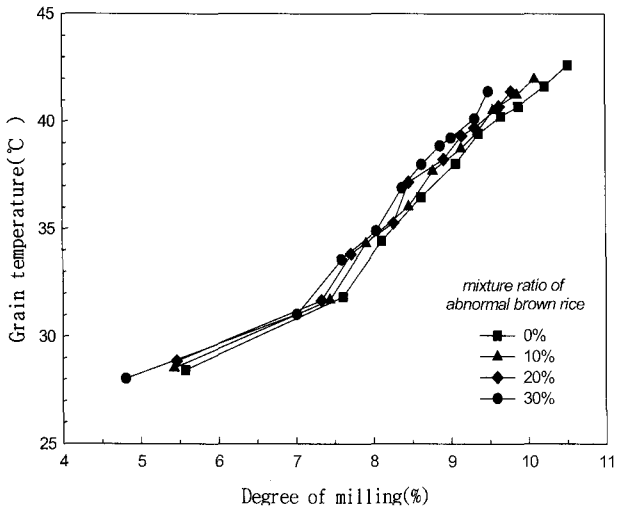


Fig. 1 Changes of grain temperature according to degree of milling and mixture ratio of abnormal brown rice kernels.

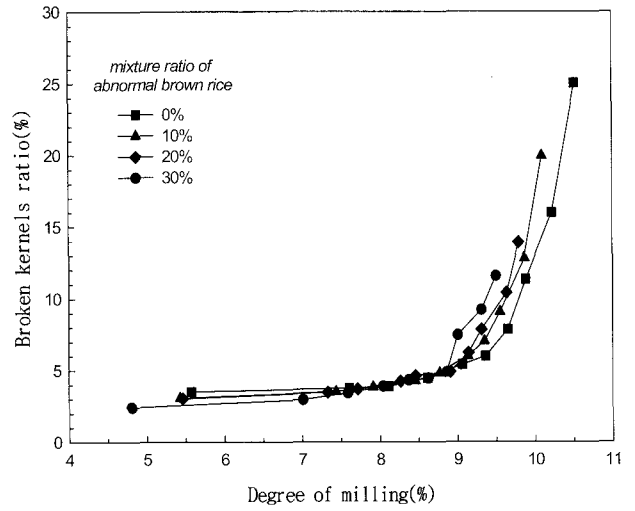


Fig. 4 Changes of broken kernels ratio according to degree of milling and mixture ratio of abnormal brown rice kernels.

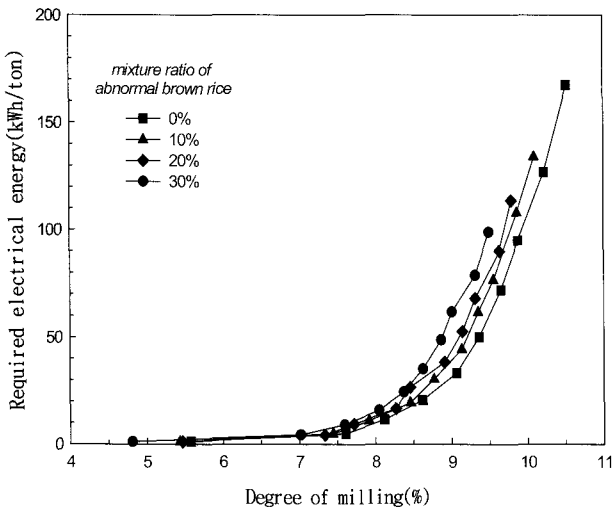


Fig. 2 Changes of required electrical energy according to degree of milling and mixture ratio of abnormal brown rice kernels.

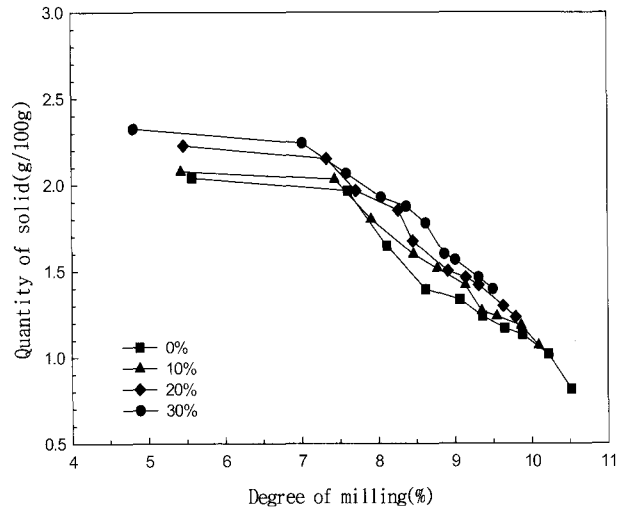


Fig. 5 Changes of weight of solid matter according to degree of milling and mixture ratio of abnormal brown rice kernels.

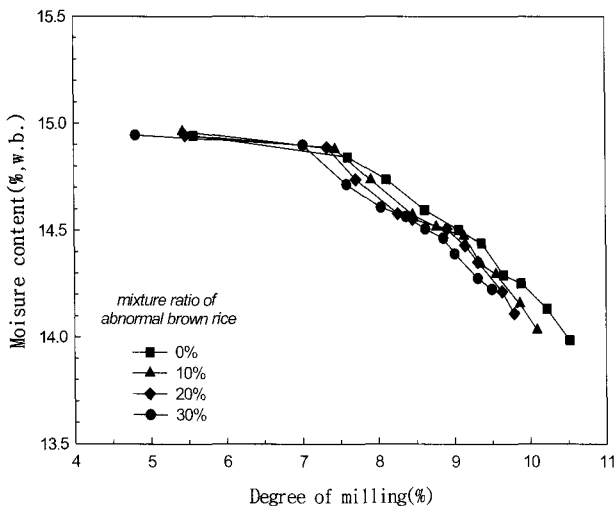


Fig. 3 Changes of moisture content according to degree of milling and mixture ratio of abnormal brown rice kernels.

도에 따른 곡온, 소요에너지, 함수율, 찌라기 발생을 및 건고물량의 변화를 각각 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 도정이 진행되어 도정도가 증가할수록 곡온, 소요에너지 및 찌라기 발생은 증가하였으며, 함수율과 건고물량은 감소하였다. 동일 도정도에서 비정상립의 비율이 높을수록 곡온, 소요에너지, 찌라기 발생을 및 건고물량은 증가하였으며, 함수율은 더 많이 감소하는 경향을 나타내어 비정상립 비율이 증가할수록 도정특성은 저하하는 것을 알 수 있었다.

Kim 등(2005)은 RPC에서 고품질 쌀 생산을 위한 적정 도정조건으로 백도 40~41을 제안하였으며, 이 때 도정도는 8.9~9.2% 정도라고 보고 하였다. 본 연구에서는 비정상립의 혼입비율에 따른 도정특성을 객관적으로 비교하기 위하여 도정

Table 2 Milling characteristics at the 9% levels of milling degree according to mixture ratio of abnormal brown rice kernels

	Mixture ratio of abnormal brown rice (%)			
	0	10	20	30
Required electrical energy (kWh/ton)	31.1	40.8	47.9	61.9
Grain temperature (°C)	37.8	38.5	38.9	39.2
Moisture content (% , w.b.)	14.52	14.48	14.46	14.39
Broken kernel ratio (%)	5.24	5.70	5.78	7.46
Quantity of solid (g/100 g)	1.35	1.45	1.47	1.56

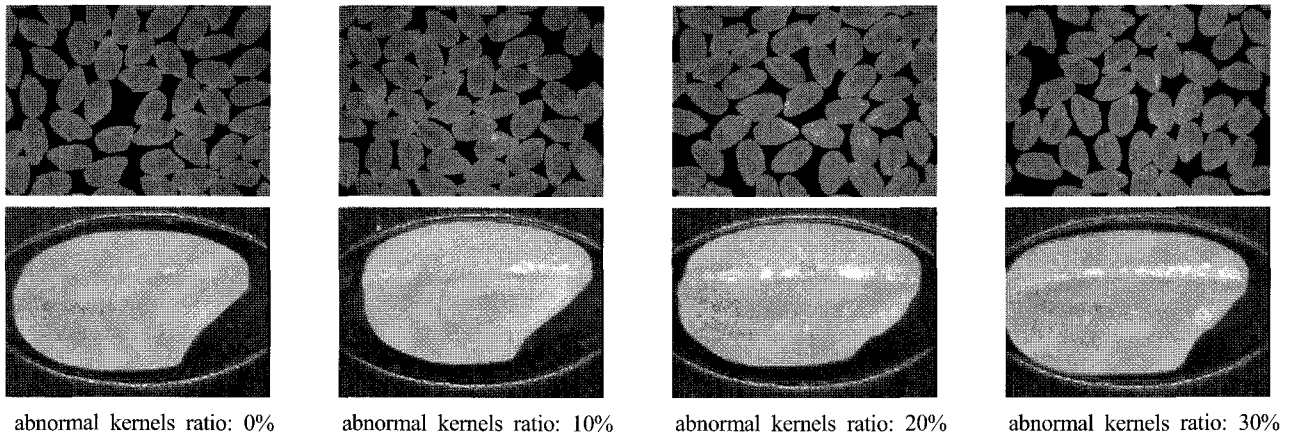


Fig. 6 Appearance characteristics of milled rice at milling degree of 9% according to abnormal brown rice kernels ratio.

도 9%에 도달할 때 소요전력, 곡물온도, 찌라기발생을 및 건고물량 등 도정 특성을 정리한 결과는 다음 표 2와 같았다.

표 2에서 알 수 있듯이 소요전력은 비정상립 혼입비율이 낮을수록 감소하였는데, 혼입비율 0%는 혼입비율 10, 20 및 30%에 비해 각각 24, 35 및 50%의 전력이 절감되었다. 곡물온도와 찌라기발생율은 비정상립 혼입비율이 높을수록 높게 나타났으며, 혼입비율 0%에 비해 혼입비율 10, 20 및 30%에서 찌라기발생율은 8, 9 및 30% 증가하였다. 건고물량도 혼입비율이 높을수록 높게 나타나 혼입비율 0%에 비해 혼입비율 10, 20 및 30%에서 7, 8 및 14% 증가하였다.

한편, 비정상립 혼입비율별로 쌀의 외관을 화상으로 측정 한 결과, 동일 도정도에서 비정상립 비율이 증가할수록 백미 표면에 잔류하는 미강, 미분 등이 육안으로 많이 검출되었다. 그림 6은 도정도 9%에서의 백미의 외관을 나타낸 것으로 비정상립 비율이 높을수록 특히 백미의 골, 배아부분에 미강 및 미분이 대부분 잔류하고 있어 외관 품질이 현저하게 저하하였다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 비정상립은 정상립에 비해 도정과정중에 찌라기가 되거나 파쇄되어 가루 형태가 되므로 동일한 도정압력으로 설정된 정미기를 통과할 때 비정상립 비율이 높을수록 도정도가 적어지므로 동일 도정도로 가공하기 위해서는 정미기 통과횟수의 증가가 필요하며, 이로 인해

곡온, 소요전력, 찌라기 발생율이 증가하였으며, 함수율이 감소한 것으로 판단되었다. 따라서 도정특성을 향상시키기 위해서는 도정전 현미상태에서 가능한 비정상립을 제거하여야 할 필요가 있음을 알 수 있었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 시험용 마찰식정미기를 이용하여 현미중 비정상립 비율이 0, 10, 20, 30%인 시료를 도정하면서 소요전력, 곡물온도, 함수율, 찌라기발생을 및 건고물량 등을 측정하여 비정상립 비율이 도정특성에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다.

현미 비정상립의 평균 강도는 6.52 kgf으로 정상립 8.48 kgf에 비해 76.9% 수준에 불과하였다. 비정상립의 비율이 높을수록 곡온, 소요에너지, 찌라기 발생율 및 건고물량은 증가하였으며, 함수율은 더 많이 감소하는 경향을 나타내어 비정상립 비율이 증가할수록 도정특성은 저하하는 것을 알 수 있었다. 한편, 비정상립 혼입비율별로 쌀의 외관을 화상으로 측정 한 결과, 동일 도정도에서 비정상립 비율이 증가할수록 백미 표면에 잔류하는 미강, 미분 등이 육안으로 많이 검출되었다.

미속립, 사미 및 피해립 등 현미 비정상립의 강도는 정상립에 비해 낮아서 도정과정에서 대부분 찌라기가 되거나 쉽게

파쇄되어 미분화 되는 경향이 있어 동일한 도정도로 도정하기 위해서는 정미기의 통과횟수가 증가하고 이로 인해 곡온, 소요전력, 싸라기 발생율이 증가하는 등 도정효율이 크게 저하된다. 따라서 도정특성을 향상시키기 위해서는 도정 전 현미상태에서 가능한 비정상립을 제거하여야 할 필요가 있음을 알 수 있었다. 그러나, 도정 전에 현미 비정상립은 주로 기하학적 특성으로 선별하고 있어, 선별율이 크게 저하되고 있다. 향후 현미의 기하학적 및 칼라특성을 구명하여 현미 비정상립의 새로운 선별방법에 대하여 보고할 예정이다.

참고 문헌

1. Choi, H. S., K. H. Cho., Y. H. Kim., Y. M. Kim and S. J. Park. 2004. Characteristics of separating and milling for brown rice. Proceeding of the KSAM Conference 9(1):326-329. (In Korean)
2. Hosokawa, A., T. Ban., I. Yokosawa., H. Yanase., and S. Chikubu. 1995 Rice post-harvest technology. The Food Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan, pp.361-362.
3. Kawamura, S. 1990. Rice milling, and quality and taste of milled rice(part 2), Milling characteristics. Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ. 17:25-49.
4. Kawamura, S. 1991. Rice milling, and quality and taste of milled rice(part 3). Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ. 17:517-530.
5. Kim, H., O. W. Kim., H. J. Lee., D. C. Kim and Y. J. Hong. 2006. Analysis of actual state of milling in RPC. Proceeding of the KSAM Conference 11(1):218-223. (In Korean)
6. Kim, O. W., H. Kim., D. C. Kim and S. S. Kim. 2005. Determination of whiteness condition for efficient milling in rice processing complex. Journal of Biosystems Engineering 30(4): 242-248. (In Korean)
7. Yokoe, M., S. Kawamura., J. Himoto and K. Itoh. Quality characteristics and storage properties of rinse-free rice(part 1). Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery 67(4):113-120.
8. 김동철, 김의웅, 김훈, 2006. RPC 시설 및 운영기술 매뉴얼. 농림부, 한국식품연구원. pp.192-195.