

## 마찰과 연삭 도정배분에 의한 쌀의 도정특성

김 훈 김동철 이세은 김의웅

### Milling Characteristics of Milled Rice According to Milling Ratio of Friction and Abrasive Milling

H. Kim D. C. Kim S. E. Lee O. W. Kim

#### Abstract

This study was performed to investigate the optimum abrasive and friction milling ratio. This was accomplished by determining changes in the quality, such as whiteness, moisture content, broken kernel, unstripped embryo rate, and surface characteristics or milling difference, during an abrasive and friction based milling process.

When only abrasive was milled, the increase of whiteness was fast in the first milling, whereas the increasing rate of whiteness was small in the latter milling. The decreasing rate of moisture content and broken kernel increased as the friction milling ratio was increased. Combining with the friction milling was considered a suitable method because the unstripped embryo rate was high only when abrasive milling was used. In the case of a high abrasive milling ratio, a significant milling difference was observed in the initial milling. This indicated that the milling difference was not completely eliminated despite using friction milling in the latter milling. Consequently, it was necessary to minimize the milling difference in the initial milling.

When milling quality was synthetically considered, the abrasive milling ratio was varied from 20~50%. When the abrasive milling ratio was greater than 40%, the external quality of the rice milled deteriorated since holes and defects generated on the surface in the initial milling were not removed. Due to this deterioration in surface characteristics, an abrasive milling ratio of 30% was identified as a suitable level.

**Keywords :** Milling ratio, Abrasive, Friction, Milling, Degree of milling

#### 1. 서론

도정과정에서는 연삭과 마찰의 물리적특성이 작용하며, 이들을 단독 또는 조합하여 미강층과 배아를 제거하여 백미로 가공하는 기계가 정미기이다. 연미기는 연마작용으로 백미표면에 부착되어 있는 미강과 미분을 제거하여, 표면광택을 증가시켜 외관품질을 향상시키는 기계로서(Mukai, 1998), 정미기와 연미기를 조합하여 하나의 정미시스템으로 사용되고 있다. 미곡종합처리장(Rice Processing Complex ; RPC)의 정미시스템은 크게 마찰식정미기와 연미기를 함께 사용하는 마

찰식 정미시스템과 연삭식, 마찰식정미기 및 연미기로 구성되어 있는 복합식 정미시스템으로 구분할 수 있다. 복합식 정미시스템은 보급된 정미시스템 중 85%를 차지하고 있는 가장 대표적인 정미시스템으로 1~2대의 연삭식정미기와 1~3대의 마찰식정미기를 연좌식으로 설치하거나, 1~4대의 원패스정미기와 1~2대의 마찰식정미기를 연좌식으로 설치하고 있는데 이 중에서 1연삭+3마찰 방식이 42%로 가장 비중이 높다. 또한, 대부분 국내산이 보급되고 있으나, 최근에 일본산 수입이 점차 증가하여 13%에 달하고 있다(Kim et al., 2006).

The article was submitted for publication on 2009-06-09, reviewed on 2009-09-15, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2009-10-21. The authors are Hoon Kim, Dong-Chul Kim, Se-Eun Lee, KSAM member, Principal Researcher, and Oui-Woung Kim, KSAM member, Senior Researcher, Korea Food Research Institute. Corresponding author: O. W. Kim, KSAM member, Principal Researcher, Korea Food Research Institute, Seongnam, 463-746, Korea; Fax: +82-31-780-9059; E-mail: <kwoung@kfri.re.kr>.

정미시스템은 3대(단)에서 6대(단)로 구성되어 있는데, 각 단의 도정과정에서 제거된 중량비를 도정배분(milling ratio)이라 한다. 도정배분은 원료의 조건과 정미시스템의 종류에 따라 달라지며, 도정배분이 적절하지 못한 경우 제품의 품질 뿐만 아니라 도정시간, 소요에너지 등에도 많은 영향을 미치게 된다. 지금까지 도정배분에 관한 기준은 농업기계학회(Korea Society for Agricultural Machinery, 1998)에서 1연삭+1마찰은 30%+70%, 1연삭+2마찰은 15~25%+55~65%+15~25%로 제시하고 있고, 미곡종합처리장 운영편람(Agricultural Cooperatives, 1992)에는 1연삭+2마찰은 30~40%+40%+30~20%로 제시되고 있다. 또한, 일본산 정미기와 국내 1개사에서 도정배분을 제시하고 있다. 그러나, Kim 등(2005a)은 RPC 48개소의 도정배분을 조사한 결과 1연삭+3마찰+1연미방식은 25.0%(0.3~68.1%)+46.1%(10.4~75.5%)+14.7%(0.4~63.8%)+5.7%(0.5~21.6%)+10.3%(2.9~25.7%)로 보고하였다. 따라서, 동일한 정미시스템에서도 RPC 별로 도정배분의 차이가 매우 크게 발생하고 있어, 제시되고 있는 도정배분이 현장에 적용되지 않고 있다. 이러한 원인은 원료조건, 도정배분에 대한 인식부족과 객관적인 실험자료가 제시되지 않고 있어 현장 운영자는 주로 경험에 의존하고 있기 때문이다.

일본 등 외국에서는 연삭식과 마찰식정미기의 특성, 도정배분 등 도정과 관련된 연구가 이루어지고 있지만 국내 연구는 미흡한 실정이다. Kawamura 등(1981)은 이시히카리 품종을 이용하여 연삭식정미기와 마찰식정미기를 조합하여 도정했을 때 소비전력, 도정시간 및 백도 등 도정특성을 측정하고 연삭식정미기에서 15~40% 범위까지 도정하는 것이 타당하다고 보고하였다. 또한, Kawamura(1990)는 연삭 도정배분이 높을수록 도정시간, 소요에너지, 곡온상승, 수분감소를 및 찌라기율이 감소하고, 마찰 도정배분이 높을수록 백도가 높고, 배아잔존율이 낮으며 저장특성이 향상된다고 보고하였다. Koide 등(1998)은 연삭식정미기는 초기함수율과 연삭롤러의 회전속도가 낮을수록 찌라기율이 감소하고, 회전속도가 높을수록 미립의 형상은 구형에 근접하다고 보고하였다. Kawamura 등(1981)은 정미기의 작동조건은 곡온상승율과 수분감소율이 낮고, 찌라기율과 배아잔존율이 최소화되어야 하며, 표면상태가 양호한 것으로 판단할 수 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 함수율 16.2%인 현미를 대상으로 연삭과 마찰의 도정배분을 조정하여 도정과정에서의 찌라기율, 배아잔존율, 수분감소율 및 표면상태 등의 도정특성을 측정하고 적정 도정배분을 구명하는데 목적이 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

본 실험에 사용한 현미는 2006년산 추청 품종으로서, 경기

화성지역의 수라청농협RPC에서 구입하여 색채선별기(ACS-12, A-Mecs, Korea)를 이용하여 미숙립, 피해립 등 비정상립을 제거한 후 현미 정상립만을 도정에 사용하였다. 현미의 초기함수율은 16.2%(w.b.)이었으며 정상립 98.7%, 미숙립 0.6%, 피해립 등 기타 비정상립은 0.7% 비율이었다.

### 나. 도정방법

도정에 사용한 시험용 연삭식정미기(TM05C, Satake, Japan)의 동력은 400 W, 연삭롤러의 회전수는 1,527 rpm, 입도는 #36이었으며, 시험용 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto, Japan)의 동력은 300 W, 회전수는 1,440 rpm이었다. 도정조건은 표 1과 같이 연삭식과 마찰식정미기만을 사용하는 방법과 연삭식과 마찰식정미기를 일정한 비율로 배분하여 사용하는 방법 등 총 6수준의 도정조건으로 하였으며, 최종 도정목표치는 도정도 12%(±0.5)를 기준으로 하였다.

초기투입중량 200 g을 연삭식정미기에 투입한 후 연삭식정미기만을 이용하여 최종 도정목표치에 도달하도록 하였으며(연삭 100%), 연삭식정미기에서 도정시간을 조정하면서 최종 도정목표치의 20, 30, 40 및 50% 수준까지 도정을 하였다. 연삭20, 30, 40 및 50%로 도정된 백미를 마찰식정미기에 투입하여 최종 도정목표치에 도달하도록 하였다. 또한, 마찰식정미기만을 이용하여 최종 도정목표치에 도달하도록(마찰 100%) 도정하였다.

Table 1 Milling ratio of complex rice milling system

Milling types	Milling ratio (%)	
	Abrasive	Friction
Abrasive	100	0
Friction	0	100
Abrasive + Friction	20	80
Abrasive + Friction	30	70
Abrasive + Friction	40	60
Abrasive + Friction	50	50

### 다. 도정특성 측정

6수준의 도정조건하에서 도정을 진행하면서 일정량의 시료를 채취하여 도정도, 백도, 함수율, 찌라기율, 배아잔존율, 표면특성 및 도정편차를 측정하였다.

도정도(degree of milling)는 현미와 백미의 정립 1,000립의 중량을 측정하여 식 (1)과 같이 계산하였으며, 3회 반복 측정하여 평균치를 사용하였다.

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

백도는 정립만을 대상으로 백도계(CR 300-3, Kett, Japan)를 이용하여 5회 측정하고 최대값과 최소값을 제외한 3회 측정치의 평균값을 사용하였다. 함수율은 10 g 곡립-135°C-24시간 건조법으로 측정 후 5 g 분쇄-105°C-5시간 표준측정법으로 환산하였다. 쌀알은 균분한 10g의 시료에서 정립 낱알 평균길이의 3/4미만을 수작업으로 선별하여 전자저울(Sartorius, 1265MP, Germany)로 측정하였으며 3회 반복 측정하여 평균치를 사용하였다. 배아잔존율(Unstripped embryo rate)은 균분한 5 g의 시료에서 배아가 남아 있는 낱알과 남아있지 않은 낱알로 구분하고, 배아가 남아있는 낱알 중에서 배아가 1/2 이하로 남아있는 시료(A<sub>1</sub>)와 1/2 이상 남아있는 시료(A<sub>2</sub>)으로 구분한 후 식 (2)와 같이 계산하였다(Satake et al., 2004).

$$\text{Rate of unstripped embryo (\%)} = \frac{\text{embryo}(\text{below } 1/2) \times 0.5 + \text{embryo}(\text{above } 1/2 \times 1)}{5(g)} \quad (2)$$

외관특성은 그림 1과 같이 백미 정립을 대상으로 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)로 30배 확대하여 표면특성을 측정하였고, 단립을 횡방향으로 절단하여 주사전자현미경(Scanning electron micrographs, SEM, S2380N, Hitachi, Japan)으로 절단면의 영상을 획득하여 육안으로 측정하였다.

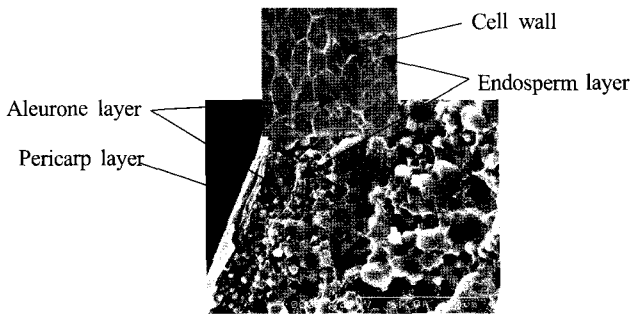


Fig. 1 Transverse section (×1000) of rice kernel by Scanning electron micrograph (SEM).

도정과정에서 현미는 과피와 호분층이 제거되고 전분층인 백미로 도정되게 된다(Baber and de Barber, 1979; Hosokawa et al., 1995; Kim et al., 2005b). 도정편차는 도정된 백미 단립의 표면에 잔존하고 있는 과피와 호분층 즉, 잔존하는 미강의 차이로서 도정편차를 측정하기 위해 시료를 균분하여 단립 10립을 대상으로 NMG 시약으로 염색처리한 다음 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)를 이용하여 영상을 획득하였다. 획득한 이미지는 Image-pro(v1.3, Media Cybernetics, USA)를 이용하여 과피는 진한 녹색, 호분층은

진한 청색, 그리고 전분층은 노란색의 가상의 색(pseudo color)으로 구분하여 면적을 산출하고 과피와 호분층의 면적 비율을 구하여 다음의 식 (3)과 같이 CBB(Colored Bran Balance) index를 계산하였다(Yoon et al., 2006). 계산된 CBB index를 기준으로 최대값과 최소값의 차이를 도정편차로 하였다.

$$\text{CBB index} = \frac{(\text{pericarp layer} + \text{aleurone layer})}{(\text{pericarp layer} + \text{aleurone layer} + \text{endosperm layer})} \times 100 \quad (3)$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 백도

백도는 도정도와 밀접한 관계가 있어 일반적으로 도정도가 증가할수록 백도도 선형적으로 증가하게 된다(Yanase and Ohstubo, 1985, Kim et al., 2005a). 그림 2의 도정배분 별 도정도에 따른 백도의 변화도 유사한 경향으로 나타났다. 현미의 백도는 18.8이었으며, 도정도 6%일 때 백도는 약 30수준으로 마찰100% 및 연삭20%+마찰80% 도정배분 조건에서 다소 낮게 나타났으며, 도정도 7%까지는 이와 비슷한 경향이 지속되었다. 도정도 7.5%에 도달했을 때는 도정배분 별로 백도차이가 미비하였으나, 도정이 거의 종료되는 시점이 도정도 10%에 도달하면서 연삭100% 도정조건에서 백도 38.1로 낮게 나타나는 경향이 있었다. 연삭만으로 도정을 할 경우 도정초기에는 백도 증가가 빠르게 나타나는 즉, 도정이 빨리 진행되지만 도정후반부에서는 백도 증가폭이 적은 것으로 나타났다.

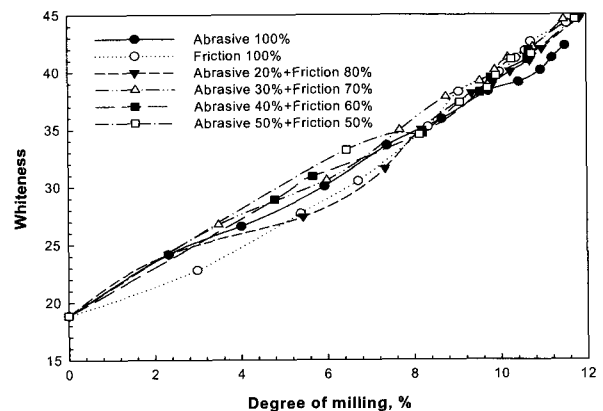


Fig. 2 Changes of whiteness according to milling degree and milling ratio.

#### 나. 함수율

도정배분에 따른 도정과정에서의 함수율의 변화는 그림 3

에서와 같이 도정도가 증가할수록 서서히 감소하면서 도정도 10% 지점에서 급격히 감소하였다. 또한, 최종 도정완료 후의 함수율은 마찰100%에서 14.9%로 연삭100%의 15.9%에 비해 크게 감소하였다. 연삭과 마찰을 조합하여 도정한 경우도 마찰의 도정배분이 높을수록 함수율 감소폭이 다소 높은 경향이였다. 함수율이 매우 낮은 현미를 제외하면, 일반적으로 도정과정에서 백미의 함수율은 감소한다. 도정과정에서 함수율 감소는 주로 곡온의 상승으로 인한 수분의 증발이 원인으로서, 연삭식정미기는 마찰식정미기에 비해 도정과정에서 곡온의 상승폭이 상대적으로 적어 함수율의 감소폭도 낮은 것으로 판단된다(Kawamura, 1990; Archer and Siebenmorgen, 1995).

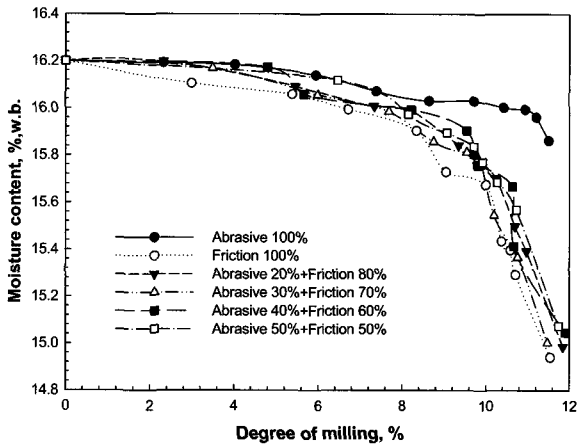


Fig. 3 Changes of moisture content according to milling degree and milling ratio.

다. 찌라기 발생률

그림 4는 도정배분에 따른 도정과정에서의 찌라기발생률을 나타낸 것이다. 연삭100%를 제외한 다른 도정조건에서 찌라기발생률은 도정도가 증가할수록 증가하였고, 특히 도정도 10% 지점에서 급격히 증가하였다. 연삭100%는 도정이

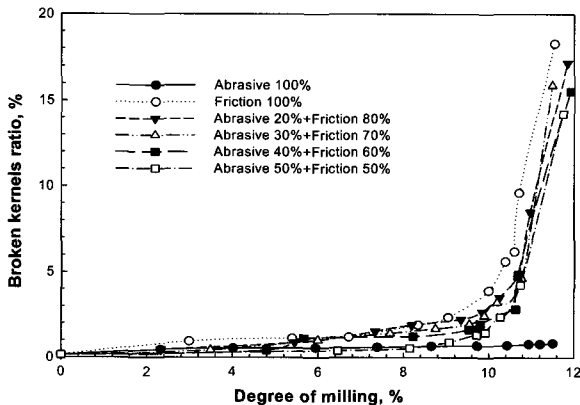


Fig. 4 Changes of broken kernels ratio according to milling degree and milling ratio.

완료되는 도정도 12%에서도 찌라기발생률이 미비한 수준이였다. 도정도 10%일 때 마찰100%에서의 찌라기발생률은 4%로서 연삭100%의 0.8%, 다른 도정조건은 2~3%에 비해 매우 높은 수준이였다. 연삭과 마찰을 조합한 도정조건을 비교하면 마찰의 도정배분이 높을수록 찌라기발생률이 다소 증가하는 경향이였다. 일반적으로 압력이 높은 상태에서 도정하는 마찰식정미기에 비해 압력이 낮은 상태에서 도정하는 연삭식정미기는 찌라기, 이물 등의 발생이 적은 것으로 보고(Kawamura et al., 1981)되고 있어 이와 동일한 경향이였다.

라. 배아잔존율

배아는 현미에서 가장 우수한 영양가를 가지고 있는 부분으로 비타민류의 함량이 백미에 비해 3.2배, 특히 비타민E는 대부분 배아에 집중되어 있다. 그러나, 배아부위는 저장 중 쉽게 산패하여 품질이 저하되며, 배아잔존율이 높을수록 백도 등 백미의 외관품질을 저하시킨다.

도정배분에 따른 도정과정에서의 배아잔존율을 그림 5에 나타내었다. 그림에서와 같이 연삭100% 도정조건일 때 도정도 10%에서 배아잔존율은 55%로서, 다른 도정조건은 25~30%에 비해 매우 높은 수준이였다. 마찰100% 도정조건은 초기부터 배아잔존율이 크게 감소하였고, 연삭과 마찰을 조합한 도정조건은 도정초기에 연삭작용으로 배아잔존율이 높았으나, 도정중·후반에는 마찰작용으로 인해 크게 감소하였다. 따라서, 연삭식정미기만을 사용할 경우 형질 및 품질에 중요한 판단기준이 되고 있는(Yanase and Ohstubo, 1985; Kawamura, 1990) 배아잔존율이 높아 마찰식정미기를 조합해야 하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

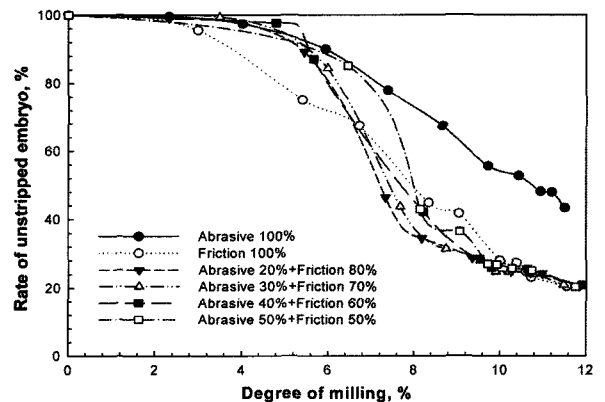


Fig. 5 Changes of unstripped embryo rate according to milling degree and milling ratio.

마. 표면특성

도정배분에 따른 백미의 표면특성은 그림 6과 같다. 백미 표면을 전자현미경으로 확대하여 도정배분 별로 비교하면 백

Milling conditions	Surface section by microscope (×30)	Surface section by SEM (×1000)	Transverse section by SEM (×1000)
Brown rice			
Abrasive 100%, Milling degree 10.4%			
Friction 100%, Milling degree 10.0%			
Abrasive 20%+ Friction 80%, Milling degree 10.2%			
Abrasive 30%+ Friction 70%, Milling degree 10.2%			
Abrasive 40%+ Friction 60%, Milling degree 9.8%			
Abrasive 50%+ Friction 50%, Milling degree 10.0%			

Fig. 6 Comparison of surface and transverse sections of milled rice according to milling ratio.

미는 도정후 표면에 미세한 흠 또는 상처들이 발생하였는데, 마찰100%는 미세한 흠이 발생한 반면, 연삭100%는 종방향과 횡방향의 흠이 발생하고, 비교적 큰 상처가 부분적으로 발

생하였다. 연삭과 마찰을 조합하여 도정할 경우 도정초기에 연삭도정으로 생긴 흠과 상처들이 도정후반에 마찰도정으로 인해 제거가 되지만, 연삭40% 이상에서 발생한 흠과 상처는

마찰과정에서도 제거가 되지 않고 대부분 남아있었다. 주사 전자현미경으로 표면을 측정한 결과 도정이 진행되면서 대부분 호분층이 제거되어 세포막과 전분층이 관찰되었으나(Mesaki et al., 2005), 연삭의 도정배분이 높은 경우 흠과 상처로 인해 전분층 내부까지 도정이 진행되었음을 알 수 있다. 도정과정에서 발생하는 백미 표면의 흠과 상처 등은 외관품위를 저하시키며, 미세한 미강이 부착될 우려가 있는데 미강은 빠르게 부패되어 저장성도 저하되므로 표면상태를 고려한다면 연삭30% 이하로 도정하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

**바. 도정면차**

도정배분에 따른 도정과정에서의 도정면차는 그림 7과 같다. 도정면차는 단립별 잔존미강의 비율차이 즉, CBB index 차이로서 도정도가 증가할수록 도정면차는 점차 감소하였다. 도정도 7%에서 연삭100%와 연삭50%+마찰50% 도정조건인 도정면차는 8% 수준으로 마찰100%와 연삭20%+마찰80% 도정조건인 4~5%에 비해 높게 나타났다. 또한, 도정이 거의 완료되는 도정도 10%에 도달하면서, 모든 도정조건에서의 도정면차가 1.5~3.2% 범위를 보였으며, 연삭도정의 배분이

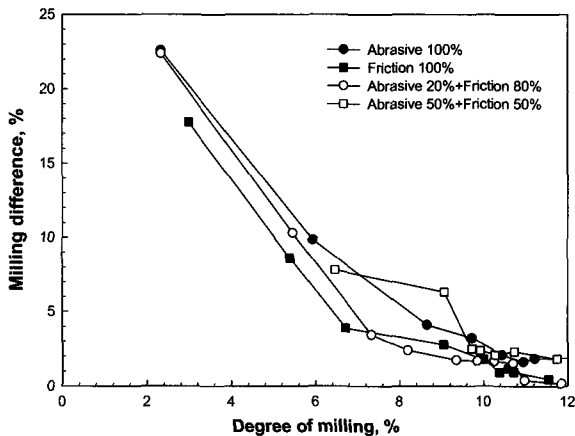


Fig. 7 Changes of milling difference according to milling degree and milling ratio.

높은 연삭100%와 연삭50%+마찰50%는 마찰도정 배분이 높은 조건보다 다소 높게 나타났다. 연삭과 마찰을 조합하여 도정할 경우 연삭도정 배분비율이 높을 경우 도정초기에 도정면차가 높게 발생되며, 이는 도정후반에 마찰로 도정을 하여도 그림 8과 같이 도정면차가 완전히 제거되지 않아 도정초기에 도정면차를 최소화하는 것이 필요하였다.

**사. 적정 연삭 도정배분**

그림 9는 함수율이 16.2%인 현미를 대상으로 연삭 도정을 0~100%로 배분하고 마찰 도정을 조합하여 도정도 10%를 기준으로 도정했을 때 백도, 배아잔존율, 찌라기율, 도정면차 및 수분감소율 등 도정특성을 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 백도의 차이는 미비하였으나, 연삭100%에서는 다소 낮은 수준이었다. 배아잔존율은 연삭 도정배분 50%까지는 26% 수준이었으나, 이후로는 급격히 증가하였다. 찌라기율은 연삭 도정배분이 낮을수록 증가하는데, 연삭 20~30%에서 찌라기율은 3%로서 허용가능한 수준으로 판단되었다. 도정면차는 연삭0~20%까지는 2%를 유지하다가 점차 증가하여 연삭40~50%에서는 2.5% 수준이었으며, 이후로는 급격히 증가하였다. 수분감소율은 연삭30~50%까지는 0.4%(w.b.)이었으며, 연삭20%이하는 0.5%(w.b.) 수준이

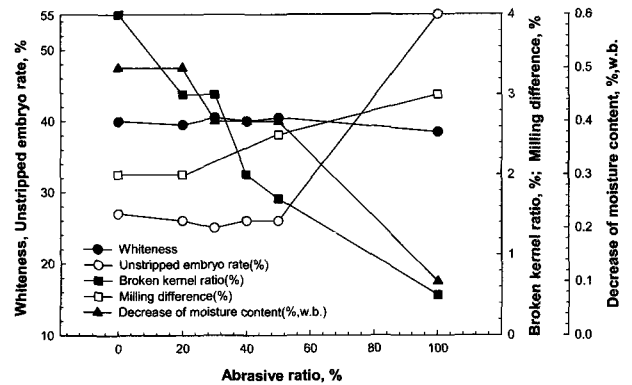


Fig. 9 Effect of milling characteristics according to abrasive ratio.



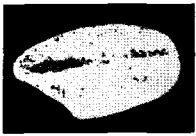


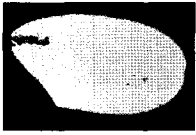
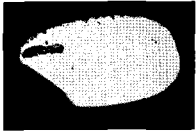

	Abrasive 100%	Friction 100%	Abrasive 20% +Friction 80%	Abrasive 50% +Friction 50%
CBB index (Max.)	 5.2	 2.9	 3.6	 3.6
CBB index (Min.)	 3.6	 1.1	 2.0	 1.2

Fig. 8 Image of CBB index maximum and minimum according to milling ratio.

었다. 연삭 도정배분에 따른 도정특성을 종합적으로 고려했을 때 연삭 도정배분은 20~40% 범위가 적정하였으며, 표면특성을 포함하여 고려한다면 연삭 도정배분은 30% 수준이 적정한 것으로 판단된다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 함수율이 16.2%인 현미를 대상으로 연삭과 마찰 도정과정에서의 백도, 함수율, 싸라기발생률, 배아잔존율, 표면특성 및 도정편차 등 품질변화를 측정하고, 도정도 10% 기준에서의 적정한 연삭과 마찰 도정배분을 구명하기 위하여 수행되었다.

- (1) 연삭만으로 도정을 할 경우 도정초기에는 백도 증가가 빠르게 나타나는 즉, 도정이 빨리 진행되지만 도정후반부에서는 백도 증가폭이 적은 것으로 나타났다. 마찰의 도정배분이 높을수록 수분감소폭과 싸라기발생률이 다소 높은 경향이었으며, 이는 연삭에 비해 마찰도정과정에서 곡온과 압력이 높은 것이 원인으로 판단되었다.
- (2) 도정초기에 연삭작용으로 배아잔존율이 높았으나, 도정중·후반에는 마찰작용으로 인해 크게 감소하여, 연삭도정만을 사용할 경우 배아잔존율이 높아 마찰도정을 조합해야 하는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 연삭도정 배분비율이 높을 경우 도정초기에 도정편차가 높게 발생되며, 이는 도정후반에 마찰로 도정을 하여도 도정편차가 완전히 제거되지 않아 도정초기에 최소화하는 것이 필요하였다.
- (3) 도정도 10%를 기준으로 연삭 도정배분에 따른 도정특성을 종합적으로 고려했을 때 연삭 도정배분은 20~50% 범위가 적정하였으나, 연삭40% 이상에서는 도정초기에 발생한 표면의 흠과 상처가 제거가 되지 않고, 대부분 남아있어 외관품위를 저하시키며, 미세한 미강이 부착될 우려가 있는데 미강은 빠르게 부패되며 저장성도 저하되므로 표면특성을 포함하여 고려한다면 연삭 도정배분은 30% 수준이 적정한 것으로 판단되었다.

도정시스템은 정미기 제조사, 형식 및 용량뿐 만 아니라 원료인 현미의 조건에 따라서도 적정 도정배분조건이 변하게 된다. 따라서, 본 연구는 여러 도정시스템의 적정 도정배분을 결정하기 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 향후 연삭-마찰의 도정배분에 따른 도정과정에서 발생하는 품질특성이외에도 도정소요시간, 소요에너지 등 도정특성에 관하여 발표할 예정이다.

#### 참고 문헌

1. Agricultural Cooperatives (NongHyup). 1992. Handbook of Rice Processing Complex. pp.156. Agricultural Cooperatives.

2. Archer, T. R and T. J. Siebenmorgen. 1995. Milling quality as affected by brown rice temperature. *Cereal Chemistry* 72:304-307.

3. Barber, S. and C. B. de Barber. 1979. Outlook for rice milling quality evaluation system. *Proceeding of the workshop on chemical aspects of rice grain quality*. pp. 209. International Rice Research Institute.

4. Hosokawa, A., T. Ban., I. Yokosawa., H. Yanase and S. Chikubu. 1995. *Rice Post-harvest Technology*. p. 22, 421-425. The Food Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan

5. Kawamura, S. 1990. Rice milling, and quality and taste of milled rice (part 2), Milling characteristics. *Faculty of Agriculture, Hokkaido University* 17:25-49.

6. Kawamura, S., K. Itoh and Y. Ikeuchi. 1981. The milling characteristics of the combined rice pearling system of grinding type machine and friction type machine. *Hokkaido Branch Report of Japanese Society of Agricultural Machinery* 21:74-79.

7. Kim, H., O. W. Kim., H. J. Lee., D. C. Kim and S. J. Hong. 2006. Analysis of actual state of milling in RPC. *Proceeding of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference* 11(1):218-223.

8. Kim, O. W., H. Kim., D. C. Kim and S. S. Kim. 2005a. Determination of whiteness condition for efficient milling in rice processing complex. *Journal of Biosystems Engineering* 30(4):242-248.

9. Kim, O. W., H. Kim and S. E. Lee. 2005b. Color modeling of milled rice by milling degree. *Korea Journal Food Preservation* 12(2):141-145.

10. Koide, S., Y. Nishiyama and Y. Takikawa. 1998. Studies on abrasive rice milling (part 1). *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery* 60:19-26.

11. Korea Society for Agricultural Machinery. 1998. *Handbook of agricultural machinery*. Korea Society for Agricultural Machinery. pp. 234.

12. Mesaki, T., T. Satake., T. Fukumori and Y. Ikeda. 2005. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery* 67:61-71.

13. Mukai, T. 1998. New technology in rice mill plant. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery* 60:160-163.

14. Satake, T., T. Fukumori., H. Liu., M. Kawano and Y. Sasaki. 2004. Development of processing technology for highly functional rice (Part 2). *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery* 66:91-97.

15. Yanase, H and K. Ohstubo. 1985. Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice (part 1). *Report National Food Research Institute* 46:148-161.

16. Yoon, D. H., O. W. Kim and H. Kim. 2006. Modeling of milling degree for milled rice using NMG dying and image processing. *Journal of Biosystems Engineering* 31(6):524-528.