

연삭마찰식 입형 배아미 생산시스템 개발

임기택^{1,2} · 김장호¹ · 정중훈^{1,2,*}

¹서울대학교 바이오시스템 · 소재학부 바이오시스템공학 전공
²서울대학교 농업생명과학연구원

Development of a Vertical Embryo-Retaining Polished Rice Producing System with Abrasive and Friction Rollers

Ki Taek Lim^{1,2}, Jangho Kim¹, and Jong Hoon Chung^{1,2,*}

¹Department of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Seoul National University
²Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

Abstract

This research was conducted to enhance a vertical mill producing embryo-retaining polished rice in the 15% moisture content range. A vertical embryo-retaining polished rice producing system with a 1 ton/h capacity was designed and developed. The vertical miller system composed of two vertical millers with abrasive and friction rollers. The effects of the moisture content and shaft speed of the mill on germ (embryo) adherence ratio, whiteness, broken rice ratio, and cracked rice ratio were scrutinized. The influences on germ-adherence ratio and rice quality when processing with a roller type and abrasive stone in the vertical miller were also reported. The prototype miller system could be improved with optimal conditions: shaft revolution speed of 780 rpm and 960 rpm, processing capacity of 600 kg/h, zero outlet resistance, and rice moisture content of 15.2%. The results were as follows. First, the germ-adherence ratio in the processing of a miller was significantly affected by the moisture content of brown rice. When brown rice with a moisture content of 15.2% was milled by the prototype with sample inputs of 600 kg/h, the germ-adherence ratio of the milled rice increased by 70%. Secondly, a whiteness test of embryo-retaining polished rice also improved by 35 to 37% when milled with a shaft speed of 960 rpm and 780 rpm and emery stones of mesh No. 38, respectively. Furthermore, the broken rice rate was less than 1% in this system. The optimal milling conditions of the vertical mill were found to be a shaft speed of 780 rpm and 960 rpm, emery stones of mesh No. 38, zero outlet resistance and a milling rate of 600 kg h⁻¹ considering the embryo-adherence ratio, broken rice ratio, and whiteness of the milled rice, thereby producing an energy-saving of 30%.

Key words: embryo-retaining polished rice, vertical miller with abrasive and friction rollers, emery stones, embryo adherence rate

서 론

현미에 함유하고 있는 배아는 필수 아미노산 및 에너지 대사에 필요한 풍부한 성분을 포함하고 있다. 배아를 유지하면서도 맛은 백미와 유사하도록 도정할 수 있는 배아미가 생산되고 있으나 도정 시에 쌀의 배아 부착에 영향을 미치는 기계적 요인과 같은 기술개발 즉 입형정미기를 이용한 배아미 제조 기술개발이 더 요구되고 있다(Koh 1993; Chung, 1995; Hosokawa et al., 1995). 현미에는 약 95% 이

상 배아가 부착되어 있으나 정미기의 정백공정에서 배아가 가장 많이 떨어지고 최종 청결미 상태에서는 배아가 거의 떨어진다. 일반적으로 함수율이 낮을수록 배아부착률은 높고, 수평형 마찰식 정미기보다는 연삭마찰의 혼합식 입형 정미기에서 정백실내의 압력이 낮고 균일한 압력이 분포하기 때문에 배아부착률이 높다. 특히 정미기 정백실내에서 축회전에 따른 순간적인 충격과 마찰에 의해 배아가 쉽게 떨어진다. 배아미 제조기는 수평식과 입형식 두 종류로 분류할 수 있다. 정백실 가공 롤러 형태는 연삭식, 연삭 + 마찰식, 및 다이아몬드 코팅식으로 구분할 수 있다. 배아미 제조기의 구조는 원료 반입부, 정미부, 출구저장 조절장치 및 구동부 등으로 구성되어 있다(Yan & Chung, 2004). 도정과정에서 현미의 배아가 쉽게 탈락하기 때문에 배아미를 가공하는 배아미 제조기는 일반 정미기와 달리 배아 탈락을 방지할 수 있는 특별한 설계 및 제작이 필요하다(Yan &

*Corresponding author: Jong Hoon Chung, Department of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Seoul National University-Seoul, 151-921 Korea

Tel: +82-2-880-4601; Fax: +82-2-880-4601

E-mail: jchung@snu.ac.kr

Received June 17, 2014; revised August 8, 2014; accepted August 12, 2014

Chung, 2004). 그 중 주로 가공할 현미의 품종, 함수율 등의 물성을 고려해야 하고, 배아미제조기의 금강석 또는 다이나몬드코팅의 입도 크기, 롤러축의 회전속도, 금망과 롤러의 간격, 출구저항조절 장치 등이 적절하게 설계시 고려되어야 한다. 배아미 제조기의 롤러 축 회전속도 및 정백실내의 압력이 일반 정미기 보다 낮을 때 배아미의 배아부착률을 상대적으로 향상시킬 수 있다. 또한, 일반 배아미의 식미를 향상시키기 위해서는 15-16%의 함수율을 갖는 현미를 주로 이용해 배아미를 생산해야 한다. 배아미를 가공할 때, 입형정미기(Yamamoto VP-30T)와 수평식(McGill No.2) 정미기를 이용하여 배아미를 가공시 입형식에서 생산된 배아미의 배아부착률이 높다고 보고하였다(Hong & Song, 1990). 배아미의 정미공정은 고속으로 회전하는 롤러와 금망사이로 쌀이 통과하면서 가공이 이루어지게 된다. 현미가 정미실내 마찰에 의해 대부분 강층이 제거되거나 이 과정에서 쌀의 표면이 정전기가 많이 발생된다(Hosokawa, 1995; Erdman et al., 2001). 이는 쌀의 표면에 많은 미세미강, 분진 및 먼지가 부착되는 주요 원인이다(Shitanda et al., 2001). 이에 청결한 배아미를 생산하기 위해 배아미 제조기용 정전기 제거장치를 개발할 필요성이 제기되고 있다(Mohapatra & Bal, 2004). 가공과정에서 가공실의 압력이 높아지고, 마찰력에 의해 곡온이 상승하게 되면 찌라기 발생 등 쌀의 품위에 큰 영향을 미치게 된다. 현재 본 연구팀에서는 상용되고 있는 마찰과 연삭의 혼합형 입형 정미 제조기를 이용하여 배아미를 제조하는 연구를 이미 수행하였으며 배아미 제조의 주 변수로서 현미 함수율과 정미기 축회전수가 배아부착에 미치는 영향을 구명하였고, 입형정미기의 연삭돌 금강석 입도수, 처리속도 및 출구저항에 따라 배아부착률을 분석하여 구명한 바 있다(Yan & Chung, 2004). 그러나 이 개발한 배아미 제조기는 처리 용량이 커서 배아 부착률에 비해 백도가 떨어지므로 이를 개선하는 중형(1 ton/h) 배아미 생산시스템의 개발이 요구되었다. 따라서 본 연구의 목적은 함수율 약 15±0.2% 수준에서 배아미의 배아부착률을 높이고 백도도 높은 입형 배아미 생산 시스템을 설계, 개발 그리고 평가하는 것이다.

재료 및 방법

실험 장치

본 연구에서 사용된 시작기의 사양은 Table 1과 같으며, 배아미를 시간당 1 톤을 생산할 수 있는 입형식의 배아미 제조시스템을 개발하고자 하였다. 배아 부착률이 높은 배아미를 설계하고자 Fig. 1의 시작기 구조와 같이 원료공급장치, 금망, 연삭돌, 정백실 롤러축, 출구저항 조절장치 등으로 구성하였다. 배아미 생산시스템은 2 대의 입형정미기로 직렬 구성되며, 1 단계에서 배아부착률이 높도록 1 차로 연삭 및 마찰의 혼합방식으로 가공하여 배아미를 제조한 후, 2 번째 배아 정미기에서 마찰식(또는 마찰식 + 연삭식)으로 배아미의 배아가 떨어지지 않으며 배아미의 백도를 높일 수 있도록 설계 및 제작되었다(Fig. 2). 1 단계의 연삭마찰식 입형정미기의 축롤러에는 38목의 금강석 3 개(또는 4 개)가 부착하였고, 금망에는 6 개의 금강석을 부착하여 연삭기능을 높이면서 배아부착을 높게 하였다(Fig. 3). 금망은 6각으로 제작되었으며 슬롯의 각은 순방향으로 제작되었다. 이 입형정미기의 최대 생산용량은 1 ton/h이고

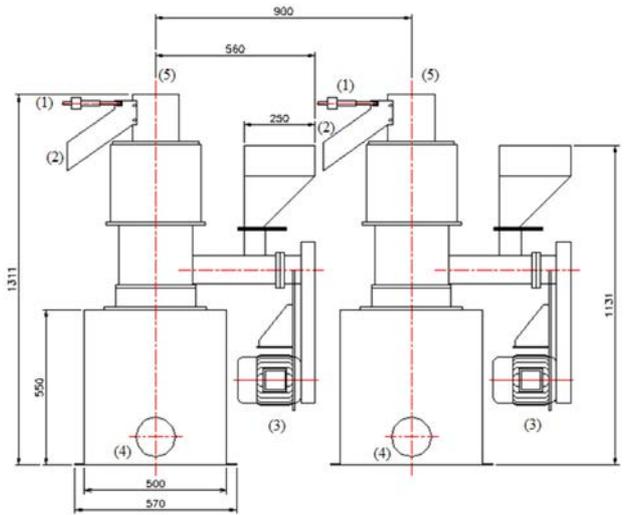


Fig. 1. The configuration of vertical rice mill system with an abrasive & friction roller for producing embryo-retaining polished rice: (1) resistance pendulum, (2) rice exit, (3) pump, (4) pulley, (5) upper cover. All dimensions are in mm.

Table 1. Specifications of an embryo-retaining polished rice producing system of vertical type with an abrasive & friction roller.

Equipment	Specification	Remarks
Capacity	Capacity: 1 ton/h	Abrasion & friction type
Shaft-roller with emery stones	Height: 270 mm, Diameter: 120 mm	
Metal	Stones: 6 number attached.	
	Interval between stone and screen: 6.5 - 7.0 mm	
Powers	System operating power: 15 hp	Two vertical mills in series
	Fans: 10 hp	
	1 st System for embryo-retaining polished rice: 960 rpm 2 nd System for embryo-retaining polished rice: 780 rpm	

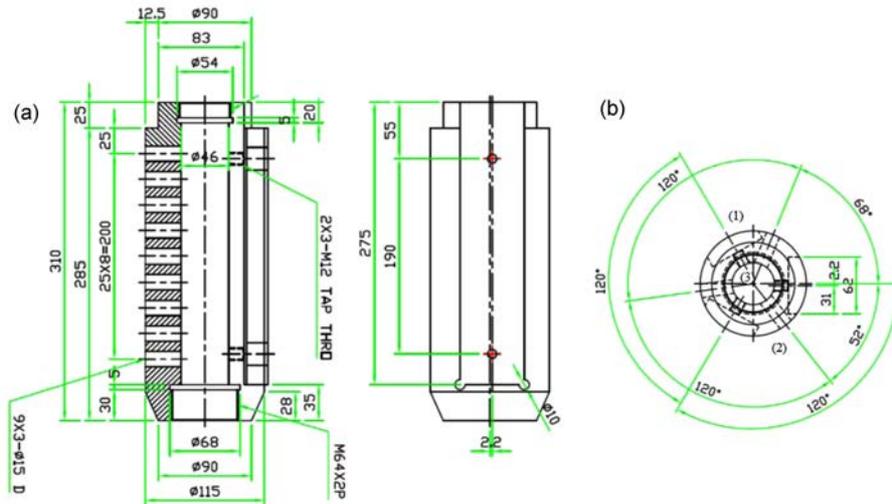


Fig. 2. A schematic of a prototype of vertical rice miller for producing embryo-retaining polished rice: (a) side view, (b) top view. All dimensions are in mm.

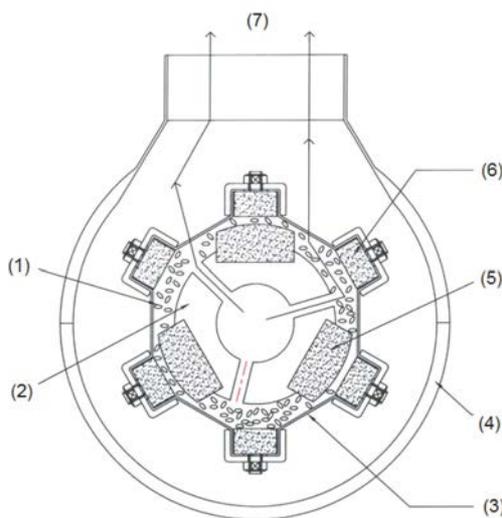


Fig. 3. A cross-sectional detail view of vertical rice miller: (1) brown rice, (2) rotational roller, (3) screen, (4) glass, (5) emery stones (rotational), (6) emery stones (fixed), (7) air hole.

소요동력은 총 25마력이었다. 2 단계의 마찰식 배아정미기는 1 단계에서 제조된 배아의 배아를 가능한 한 배아를 떨어뜨리지 않고 백도를 높이도록 연삭돌 설치없이 롤러마찰형으로 설계, 제작되었다(Fig. 4). 이 입형정미기에서의 금망은 8각으로 제작되었고, 슬롯은 역방향으로 설계되어 미강이 많이 각이도록 설계, 제작하였다. 소요동력은 25마력이며 백도는 출구저항으로 조절하도록 하였다. 그러나 최종 실험에서는 1 단계에 사용한 연삭마찰식 입형정미기 2 대를 직렬로 배열하여 실험하였다. 쌀의 배아 부착정도를 나타내는 배아부착률은 육안으로 관찰하여 분석하였다.

함수율과 축회전속도에 따른 배아부착률

함수율 및 중형 배아미 생산시스템의 축회전속도가 배아 부착률에 미치는 영향을 조사하기 위하여 본 연구에서는 2 대의 입형정미기를 직렬로 구성하는 배아제조 시스템을 설계 및 제작하였으며(Fig. 5a), 본 시스템은 2008 년도 전라남도 순천시 별량농협 도정공장에 설치(Fig. 5b)하여 실험을 수행하였다. 사용된 공시시료는 전라남도 순천시 별량농협에서 2008 년에 수확한 일미벼를 사용하였다. 본 실험에서는 현미의 함수율과 시작기 축회전속도를 주 요인으로 실험하였다. 시작기 작업조건으로는 시간당 처리량을 1 ton/h 이하, 출구저항은 분동이 없는 최저상태로 고정하였다. 본 실험에서 사용된 배아정미기 축롤러 높이는 270 mm, 직경 120 mm 이다. 시작기의 축회전속도는 1,000 rpm 이하로 실시하였으며 함수율은 별도로 처리하였다. 처리당 시료는 약 300 g을 채취하였으며 3 반복 측정하여 분석하였다.

금강석의 입도가 38목인 경우 처리량에 따른 배아부착률 변화

본 실험에서는 입도가 38목인 금강석을 설치한 시작기에서 함수율 15±0.2% 인 시료를 가지고 배아 부착률에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 처리량 약 1 ton/h 수준에서 배아 부착률에 미치는 영향을 구명하였다. 특히 배아정미기의 출구 저항은 시작기 출구에 설치된 분동으로 조절하였다. 출구저항치는 출구부의 힌지로부터의 분동에 의한 토오크로 나타내었다. 본 실험에서는 출구저항으로서 중, 소형 추 2 개를 설치하여 조절하였다. 이때 투입량은 약 600 kg/h 수준에서 실험하였다.

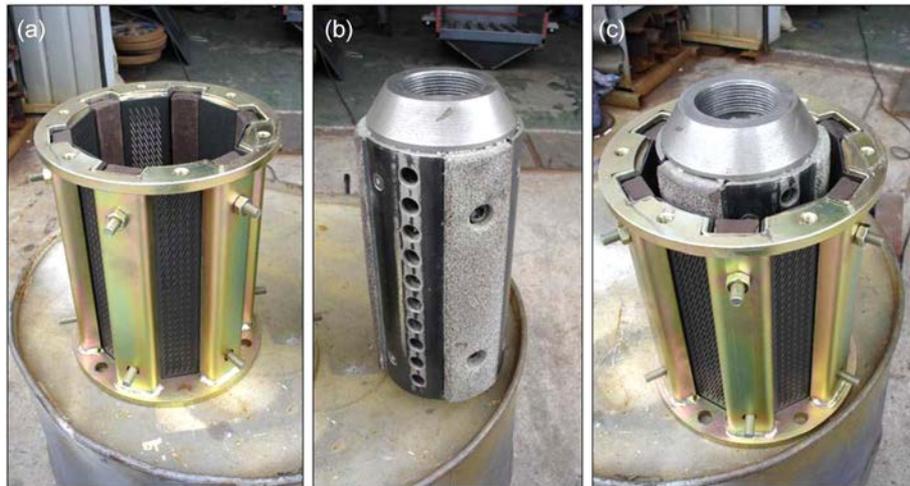


Fig. 4. Photographs of a vertical rice mill: (a) mesh, (b) shaft roller, (c) vertical mill.



Fig. 5. Photographs of vertical rice mill system with an abrasive & friction roller: (a) final vertical rice mill developed in this study, (b) a vertical rice mill system installed (arrow) in the rice process complex.

백도의 배아부착률

본 실험에서는 함수율 15±0.2% 수준에서 백도도가 높은 롤러 마찰식 입형 배아미 생산시스템을 설계하고자 하였다. 본 실험에는 반사율측정 방식인 백도 측정기(C-600, Kett Electr'c Lab., Takyu, Japan)를 이용하여 샘플당 3 반복 측정하여 분석하였다.

결과 및 고찰

연식마찰식 입형 배아미 생산시스템 개발

입형정미기를 개조하여 배아미를 제조한 결과 배아 부착률은 함수율 15±0.1%에서 58±0.2%에 도달하였으나 백도가 32로 상대적으로 낮게 나타났다. 이에 배아미의 백도도 높이고 배아부착률도 높이기 위해서 새로운 연식마찰식 입형 배아미 생산시스템을 설계 및 제작하였다. 또한, 에너지를 절감하기 위해서 1 톤 용량의 2 대의 연식마찰식 입형정미기를 직렬로 설치하여 배아미 생산시스템을 개발하였다. 본 시작기 시스템을 도정공장에 설치하여 실험을 한

이후, 배아미 품질에 미치는 영향으로써 함수율과 축회전 속도가 배아부착률에 미치는 영향, 금강석의 입도가 38목인 경우 처리량에 따른 배아부착률 변화, 백도가 배아부착률에 미치는 영향을 각각 조사하였다.

배아미 품질에 미치는 영향

Table 2는 개발한 배아미 생산시스템의 시작기 제작 형태에 따른 배아미 품질 결과를 나타낸다. 1 단계의 배아정미기 시작기의 중앙 축롤러에 3 개의 연식돌을 부착하고 2 단계 마찰식 정미기를 통과한 경우(Table 2: c, d), 배아부착률은 함수율 15.7±0.2%에서 약 73±0.2%로 매우 높게 나타났으나, 백도는 약 31 정도로 백도의 증가의 필요성이 요구되었다. 이에 1 단계 배아정미기 시작기의 축롤러에 연식돌을 4 개 설치함으로써(Table 2 e와 f, 2단계는 마찰식 정미기) 백도를 34 이상으로 증가시킬 수 있었고 배아부착률도 68%로 높게 유지할 수 있었다(함수율 14±0.1%). 그러나 최종적으로 1 단계에 사용한 연식마찰식 입형정미기 2 대를 직렬로 설치하여 실험한 결과, 이 시스템(Table 3의 h)으로 출구저항과 투입량을 조절하여 함수율 15.2%인 시료로 실험한 결과, 투입량 약 600 kg에서(gate 19 mm 상태) 백도 약 35 및 배아부착률 약 70%를 나타내었고, 투입량 약 500 kg에서(Table 3의 g, gate 15 mm 상태)는 백도 약 37, 배아부착률 약 60%를 나타냈다. 따라서 본 배아정미기 시작기에서는 축롤러에 연식돌을 3 개, 스크린부에는 6 개의 연식돌을 설치하는 것이 배아부착률과 백도를 높이는데 가장 바람직하였다. 그리고 백도를 높이기 위해서는 2 단계의 연식마찰식 배아정미기에서는 출구저항 추를(중형 및 소형) 끝부분에 설치하는 것이 적합하였다. 특히, 함수율과 품종에 따라 2 대의 배아정미기에서 출구저항 추의 위치와 투입량(gate control)을 적절히 조절하여 백도와 배아부착률을 높이는 것이 필요하였다. 쌀의 백도는

Table 2. A quality investigation of embryo-retaining polished rice by 6 types of vertical rice mill systems.

Type of a vertical rice mill system	Germ adherence (%)	Whiteness	Moisture content (%)	Broken rice (%)	Capacity (kg/h)
a Mill A ¹ + Mill B ² (condition 1)	68.2±1.4	30.8±0.3	15.4±0.2	2.0±0.1	1,000
b Mill A ¹ + Mill B ² (condition 2)	70.8±1.8	31.6±0.5	15.8±0.5	1.0±0.1	1,000
c Mill A ¹ + Mill B ² (condition 3) No. of shaft-roller stone: 3, *Pendulum: small type, left position.	73.4±1.9	30.5±0.4	15.7±0.6	1.5±0.1	1,000
d Mill A ¹ + Mill B ² (condition 4) No. of shaft-roller stone: 3, *Pendulum: middle type, center position.	73.3±2.1	30.7±0.2	15.7±0.7	2.5±0.2	1,000
e Mill A ¹ + Mill B ² (condition 5) No. of shaft-roller stone: 4, *Pendulum: small and middle type, both end side position.	59.0±0.8	35.8±0.4	15.0±0.2	1.5±0.1	800
f Mill A ¹ + Mill B ² (condition 6) No. of shaft-roller stone: 4, *Pendulum: middle type, end side position.	68.6±1.2	34.6±0.2	15.0±0.1	2.2±0.2	800

¹ Mill A: a vertical mill with an abrasive and frictional roller.

² Mill B: a vertical mill with a frictional roller

Table 3. A quality investigation of embryo-retaining polished rice by two vertical rice mill system in series.

Type of a vertical rice mill	Items	Germ adherence (%)	Whiteness	Moisture content (%)	Broken rice (%)	Capacity (kg/h)
g	Mill A ¹ + Mill A ¹ : (two vertical mills in series) No. of shaft-roller stone: 3, *Pendulum: 1 st mill uses medium-size pendulum in the end side position; 2 nd mill uses small and middle pendulums at the end side position.	70±2.1	35±0.4	15.2±0.2	0.5±0.0	600
h	Mill A ¹ + Mill A ¹ : (two vertical mills in series) No. of shaft-roller stone: 3, *Pendulum: Both mills use of small and Medium-sized pendulums at the end side position.	60±1.8	37±0.5	15.2±0.3	0.6±0.0	500

¹ Mill A: a vertical mill with an abrasive and frictional roller.

동일조건에서 함수율에 의해 결정적인 영향을 받음을 알 수 있었다. 배아정미기 시작기에서는 축 롤러 부분의 금강석 연삭돌을 3 개, 스크린부에는 6 개의 연삭돌을 설치하였고, 각각의 정미기 롤러축의 회전속도는 960 rpm과 780 rpm으로 하여 배아 부착률과 백도를 높였다. 또한 연삭마찰식 배아정미기에서 출구저항 추(중형 및 소형)의 위치를 조절하여 배아 부착률과 백도를 조절하는 것이 필요하였고 끝부분에 설치하는 것이 바람직하였다. 개발한 배아정미기 시스템으로 출구저항과 투입량을 조절하여 함수율 15.2±0.1%인 시료로 실험한 결과는 다음과 같다. 투입량 약 600 kg에서는 백도 약 35, 배아 부착률 70%를 나타내었으며 이때 게이트는 19 mm이다. 투입량 약 500 kg에서는 백도 약 37, 배아 부착률 약 60%를 나타내었으며 이

때 게이트는 15 mm였다. 연삭과 마찰의 혼합방식을 이용한 2 대의 직렬 입형 배아정미 제조시스템은 백도 및 배아 부착율이 높은 중형 배아정미기를 개발할 수 있었다.

연식마찰식 입형 배아미 시작기와 기존 정미기의 배아부착율 비교

시중에서 판매되고 있는 우수한 배아미 제품으로서, 일본사의 배아미제조기(처리용량 0.6 톤/시간)로 가공된 배아미는 함수율 14%에서 배아부착률이 약 67%, 백도는 약 36 그리고 싸래기율은 약 5.5%를 나타내었다. 또한 국내사의 배아미 제조기는 처리용량이 0.2 톤/시간으로 매우 낮아 함수율 15.9±0.1%에서 배아미의 배아부착률이 약 70%로 매우 높았으나 배아가 많이 각여 배아의 크기가 매우 작았

으며, 백도는 약 30을 나타내었다. 본 연구에서 개발된 개조된 입형정미기의 생산용량은 1 ton/h이고 소요동력은 15 마력이었다. 2 단계의 마찰식 배아정미기는 1 단계에서 제조된 배아미의 배아를 가능한 한 떨어뜨리지 않고 백도를 높이도록 연삭돌 설치 없이 롤러 마찰형으로 개발되었다. 최종적으로는 1 단계에 사용한 연식마찰식 입형정미기 2 대를 직렬로 설치하여 실험한 결과 백도 및 배아부착율이 높은 중형 배아정미기를 개발할 수 있었고 에너지를 30% 절감할 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 1 톤 용량의 배아미를 생산할 수 있는 중형 배아미 생산시스템의 설계, 개발 그리고 평가를 목표로 하였다. 개발된 배아정미기는 연식과 마찰의 혼합방식으로 제조되었다. 배아미 생산시스템의 형태는 2 대의 직렬 입형 배아정미기로 구성하였으며, 배아부착율, 백도, 싹내기율을 조사하였다. 또한, 연식식, 마찰식, 연식과 마찰의 혼합방식에 따라서 각각 배아미의 배아부착율, 백도, 싹내기율도 조사하였다. 본 시스템은 1 단계 배아정미기에서는 연식과 마찰의 혼합방식으로 미강을 깎은 후, 2 번째 배아정미기에서는 쌀의 배아가 떨어지지 않도록 미세 미강을 제거하면서 쌀의 백도를 높이도록 개발되었다. 배아정미기 시작기에서는 축 롤러 부분의 금강석 연삭돌을 3 개, 스크린부에는 6 개의 연삭돌을 설치하였고, 각각의 정미기 롤러축의 회전속도는 960 rpm과 780 rpm으로 하여 배아 부착율과 백도를 높였다. 그 결과, 약 20%의 배아 부착율을 증가시킬 수 있었다. 본 연구에서는 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 배아부착율은 현미의 함수율과 밀접한 관계가 있었다. 함수율 15.2±0.1%인 시료로 실험한 결과, 투입량 약 600 kg일 때 배아부착률은 약 70%를 나타내었다. 둘째, 배아미의 백도는 정미기 롤러축의 회전속도 960 rpm과 780 rpm 조건으로 운전하였을 때 각각 35, 37 백도로 향상시킬 수 있었다. 셋째, 싹내기율은 본 시스템에서 1% 미만으로 나타났다. 본 연구에서 개발된 연식마찰식 배아정미기를 평가해본 결과 배아부착율, 백도, 싹내기율을 효과적으로 개선할 수 있었고 30%의 에너지 이용을 절감할

수 있었다.

감사의 글

본 연구는 전남 친환경 쌀 클러스터 영농조합법인 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Brooker DB, Bakker-Arkema FW, Hall CW. 1992. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. An Avi Book Published by Van N. Reinhold New York.
- Chung JH. 1995. Development of Rice Mill Machinery for Production of the Clean and Enriched Rice, Ministry of Agriculture and Forestry, Korea.
- Chung JH, Lee YB. 2003. Simulation of a rice mill process. *Biosystems Eng.* 86: 145-150.
- Erdman AG, Sandor GN, Kota S. 2001. *Mechanism Design: Analysis and Synthesis*, Prentice Hall, USA
- Hosokawa A. 1995. *Rice Post-Harvest Technology*. The Food Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan
- Hong MC, Song S. 1990. Studies on the quality of embryoed rice III-the effect of different milling machines on the quality of embryoed rice. Crop Improvement Division of Taichung DAIS
- Hosokawa A, Ban T, Yokosawa I, Yanase H, Chikubu S. 1995. *Rice Post-Harvest Technology*. The Food Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan, 351-379.
- Koh HK. 1993. *Post-harvest Processing Machinery*, Hyangmun Publisher, Korea.
- Mohapatra D, Bal S. 2004. Wear of rice in an abrasive milling operation, part 1: prediction of degree of milling. *Biosystems Eng.* 88: 337-342.
- Shitanda D, Nishiyama Y, Koide S. 2001. Postharvest technology performance analysis of an impeller husker considering the physical and mechanical properties of paddy rice. *J. Agri. Eng. Res.* 79: 195-203.
- Yan TY, Chung JH. 2002. Effects of milling conditions on the adherence of rice germs. In: *Proceedings of the KSAM 2002 Winter Conference*. February 20-21, Suwon, Korea, pp. 289-296.
- Yan TY, Chung JH. 2004. Development of a miller producing white embryo rice using a vertical miller. *J. Biosystems Eng.* 29: 121-130.