

組合式 精白시스템의 設計 및 作動因子에 關한 研究(II)<sup>+</sup>  
— 作動基準 設定 —

A Study on Design and Operational Factors of Rice Whitening Systems  
Consisting of Abrasive and Frictional Whiteners  
— Operational Criteria —

盧 祥 夏\*, 高 學 均\*, 李 宗 桓\*, 朴 勝 濟\*  
S. H. Noh\*, H. K. Koh\*, J. W. Lee\*, S. J. Park\*

Summary

Operation of rice whiteners has been depending on operator's experience only and very limited data are available for operational criteria of rice whiteners in Korea.

With developments of new rice varieties and with a tendency of automation of machine operations for precision control, operational criteria depending on physical characteristics of rice grains are required for an improvement of milled rice recovery and the performance of rice whitening systems.

An experimental study was conducted to identify operational criteria of a rice whitening system consisted with an abrasive-aerated whitener developed newly and a frictional-aerated whitener being used commercially. Further, comparisons were made between the performance of the rice whitening system adopted for this study and a commercial system used in small scale milling plants.

Results of this study are summarized as follows:

1. Total number of passes necessary for the final white rice in the combined whitening system depended exclusively on the counter pressure level of the frictional whitener successive to the abrasive whitener.
2. The counter pressure required for whitening Japonica type rice variety (Akibare) was higher by about 1.6 times than that for Japonica type (Pung-san), when other conditions were kept at the same.
3. Radial pressure in the whitening chamber of the frictional whitener should be maintained between 1.5 to 2.1 kg/cm<sup>2</sup> for the completion of whitening within 5 to 3 passes regardless of rice varieties. Hence, it was found that the radial pressure in the whitening chamber could be used as an operational criteria to control the counter pressure level.
4. The following regression equation was found between radial pressure ( $R_p$ ) in whitening chamber and electric power consumption of the whitening system:

$$EPC = -0.545 R_p^2 + 1.277 R_p + 0.874 \text{ [KWH/100kg]}$$

---

\*本 研究는 韓國科學財團의 研究費支援('83~'85)에 의하여 수행된 것임.

\*서울대학교 農科大學 農工學科

5. The following multiple regression equation was found among radial pressure ( $R_p$ ), counter pressure ( $C_p$ ), and bioyield point ( $B_i$ ), length ( $L$ ) and width ( $W$ ) of brown rice.  

$$R_p/(B_i/W^2) = 0.547 \{ C_p/(B_i/W^2) \}^{0.365} (L/W)^{0.120} \quad (R^2=0.9897)$$
6. The milled rice recovery and machine efficiency (kg/KWH) from the combined whitening system were higher by about 2.0% point and by 15 to 27% point than those from the conventional system, respectively.

## 1. 緒 論

1970년대 이후 統一系에 속하는 많은 新品種이 開發, 普及되었다. 그러나 벼 品種이 多樣化됨에 따른 精米機의 設計 및 作動方法 改善을 爲한 研究가 不足하여 穀物의 質的·量的 損失 및 精白能率의 低下를 招來하고 있다. 特히 精米機의 作動方法에 있어서 理論的 根據가 不足하고 運轉者의 經驗에 依存하고 있으며, 精米機의 作動을 自動化하기 爲한 基礎資料조차 未洽한 實情이다.

따라서, 本 著者의 “組合式 精白시스템의 設計 및 作動因子에 關한 研究(I)”에서는 小規模 賃搗精工場에서 使用 可能한 小型 研削式 精米機의 適正設計條件을 設定하고자, 噴風 研削式 精米機의 몇몇 設計因子가 精白性能에 미치는 影響을 實驗하였으며, 本 實驗에서는 이들 結果를 土臺로 하여 噴風 研削式 精米機와 磨擦式 精米機를 使用하여 精白을 完了하는 組合式 精白시스템에서, 精米機의 設計因子는 固定시키고 주어진 供試機에 對한 穀物의 特性에 따른 適正 作動條件을 糾明하고, 나아가서 磨擦式 精米機만을 使用하는 賃搗精工場의 精白시스템과의 精白性能을 比較하기 爲해 一般系 品種 (아끼바레)과 統一系 品種(풍산)을 使用하여 實驗을 實施하였다.

具體的인 目的은

첫째, 穀物의 特性에 따른 精白現象을 糾明하고,  
 둘째, 研削式 精米機 및 磨擦式 精米機의 作動條件, 即, 出口抵抗壓力이 精白性能에 미치는 影響을 糾明하여 精米機의 適正 作動條件을 設定하고,

셋째, 組合式 精白시스템과 既存 磨擦式 精白시스템과의 性能을 比較코자 하였다.

## 2. 材料 및 方法

### 가. 供試機

本 實驗에서는 “組合式 精白시스템의 設計 및 作動因子에 關한 研究(I)”에서, 研削式 精米機의 여러가지 公稱 스크루우 피치(Feed-Screw Pitch)와 精白室 間隔의 組合中 精白性能이 가장 優秀하다고 判斷된 피치(Pitch) 34mm, 間隔(Chamber Clearance) 15mm를 가지는 噴風 研削式 精米機를 供試機로 使用하였으며, 또한 對比實驗을 爲해 本 研究(I)에서 性能이 비교적 우수하다고 판단된 피치 20mm, 間隔 11mm를 가지는 噴風 研削式 精米機를 使用하였다. 磨擦式 精米機는 本 研究(I)에서와 同一한 것을 使用하였다.

### 나. 供試材料

本 實驗에서는 一般系 品種中 代表的 短粒種인 아끼바레와 統一系 品種中 長粒種인 풍산을 供試原料로 使用하였다. 京畿道 水原市 近郊에서 栽培한 아끼바레는 1984年 10月 初旬에 收穫하여 一般農家의 倉庫에서 保管된 것을 1985年 4月 初旬에 製玄하였으며, 풍산의 境遇는 本 研究(I)의 供試材料와 同一한 것으로 서울大學校 農科大學에 設置된 Grain Bin에서 常溫通風方法으로 乾燥, 保管된 것을 아끼바레와 함께 製玄하였다. 表 1은 아끼바레의 玄米에 對한 品位이며 풍산의 玄米에 對한 品位는 本 研究(I)에서와 같다.

### 다. 測定裝置

精白性能에 影響을 미치는 重要한 因子로 생각되는 磨擦式 精米機의 精白室 半徑方向의 內部壓力을 測定하기 爲하여, 盧等(1982)이 使用한 測定方法과 同一한 測定方法을 採擇하였다. 荷重 變換器(Load Cell)의 測度設定(Calibration)에 의한 內部壓力(Radial Pressure)과 變形(Strain)과의 關係는 다음과 같다.

$$P_I = 0.00316\epsilon - 0.12306 \quad (R^2 = 0.99763)$$

$$P_{II} = 0.00306\epsilon - 0.09622 \quad (R^2 = 0.99768)$$

$$P_{III} = 0.00304\epsilon - 0.08284 \quad (R^2 = 0.99882)$$

Table 1. Specifications of the brown rice of Akibare.

Items		Observations	Remarks
Variety		Akibare	Japonica-type
Grain size	Length (mm)	4.967	Sd = 0.1350
	Width (mm)	2.896	Sd = 0.0890
	Thickness (mm)	2.033	Sd = 0.0750
	L/T	2.443	
Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )		858	
Head grains (%)		98.209	
	Sound grains	74.780	Sd = 2.9490
	Greenish grains	5.140	Sd = 1.1041
	Stained grains	6.974	Sd = 1.0953
	Cracked grains	11.315	Sd = 0.9130
Broken grains (%)		1.192	Sd = 0.7223
Unhulled grains (%)		0.070	Sd = 0.1565
Foreign grains (%)		0.529	Sd = 0.7484
Moisture content (% w.b.)		14.2	

여기서,

$P_1$  : 精白室 入口쪽의 内部壓力, [kg/cm<sup>2</sup>]

$P_n$  : 精白室 中間의 内部壓力, [kg/cm<sup>2</sup>]

$P_m$  : 精白室 出口쪽의 内部壓力, [kg/cm<sup>2</sup>]

$\epsilon$  : 變形

噴風 研削式 精米機와 吸入 磨擦式 精米機의 電力消耗量, 精白度(Whiteness Index) 및 精白된 產物에 包含된 碎米量의 測定은 本 研究(I)에서와 同一한 方法을 使用하였다.

#### 라. 實驗設計

주어진 供試機의 品種에 따른 適正 作動條件을 糾明하기 위해 研削式 精米機와 磨擦式 精米機의 出口抵抗을 實驗因子로 하였으며, 主要 作動因子의 하나인 研削式 精米機와 磨擦式 精米機의 롤러(Roller)의 回轉速度는 李(1983), 金(1982)等의 研究結果를 土臺로 하여 各各 1050RPM 및 950RPM 으로 하였다.

研削式 精米機의 出口抵抗壓力은 거 除去率이 1 ~ 2%인 白度(아끼바레 : 20.0±0.5, 풍산 : 24.5±0.5)를 基準으로 하여 中間水準의 出口抵抗壓力을

決定한 후 이보다 높은 것과 낮은 것을 包含하여 3 水準으로 하였다.

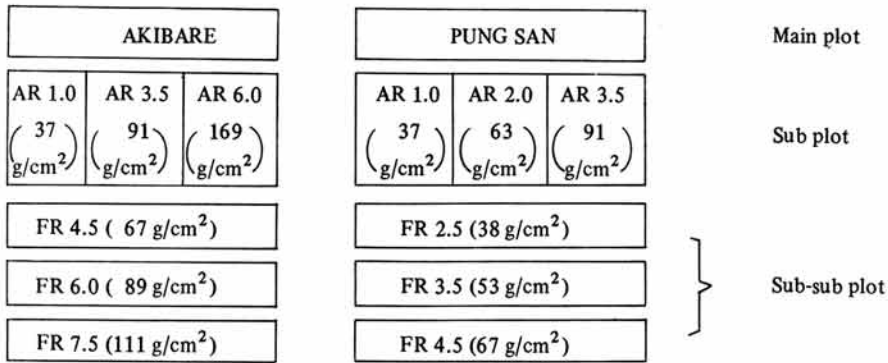
磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力은 研削式 精米機에서 排出된 產物이 磨擦式 精米機를 各各 2회, 3회 및 4회 循環한 후에 10分度 搗精에 該當되는 白度(아끼바레 : 35.0±1.0, 풍산 : 40.0±1.0)를 얻을 수 있도록 一次 實驗을 통하여 3 水準을 決定하였다.

그림 1에서 보는 바와 같이 穀物의 品種을 主區, 研削式 精米機의 出口抵抗壓力을 細區, 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力을 細細區로 하는 細細區 配置法으로 하였으며 18個(2×3×3) 處理마다 2反復 實驗을 實施하였다.

아울러, 다음과 같이 對比實驗을 實施하였다.

1) 本 實驗에서 供試機로 採擇한 研削式 精米機(Feed-Screw Pitch=34mm, Chamber Clearance=15mm)의 精白性能과 공급 스크루우 피치 20mm, 精白室 間隔 11mm를 갖는 研削式 精米機의 精白性能을 比較코자 後者를 使用하여 아끼바레를 供試材料로 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力 2 水準(FR 6.0과

Fig. 1. Experimental design



\* AR: Counter pressure in aerated abrasive type whitener  
 FR: Counter pressure in friction type whitener  
 ( ): actual pressure vertically applied the outlet area.

FR 7.5)에 對한 2 反復 實驗을 實施하였다(研削式 精米機의 出口抵抗壓力는 37g/cm<sup>2</sup> (AR 1.0)로 同一하게 함).

2) 本 實驗에서 採擇한 組合式 精白시스템과 既存 磨擦式 精白시스템의 精白性能을 比較하기 위해, 本 實驗에서 使用된 磨擦式 精米機를 使用하여 아끼바레를 供試材料로 出口抵抗壓力 2 水準(FR 6.0, FR 7.5)에 對해 2 反復 實驗을 實施하였다.

기타 精米機의 作動條件은 本 研究(I)에서와 同一하게 하였다. 即, 研削式 精米機의 금망의 슬랏 각도(Inclination of the Slot) 는 75°, 금강석 롤러의 表面粗度 및 回轉數는 각각 46目, 1050RPM 이었으며, 磨擦式 精米機에서 金망은 12角形으로 띠모양의 돌기가 附着된 것이며, 롤러(Roller)의 回轉數는 950RPM 이고, 每 循環마다의 出口抵抗壓力은 初期 出口抵抗壓力과 갈게 維持하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 가. 最終 產物의 精白度

研削式 精米機를 1회 循環한 후 磨擦式 精米機에 投入된 穀物이 規定된 白度(아끼바레: 35.0±1.0, 풍산: 40.0±1.0)에 到達할 때까지 磨擦式 精米機를 계속 循環시킨 결과, 各 處理 水準에 따른 最終 產物의 白度는 表 2에서 보는 바와 같이 아끼바레의 境遇, 대체로 모든 處理에서 最終白도가 原來 目標하였던 白度 35.0±1.0附近에 分布하고 있었으며,

풍산의 境遇에도 모든 處理에서 白도가 40.0±1.0 附近에 分布하는 것으로 나타났다. 따라서, 같은 品種內에서 最終 產物의 精白도는 一定하게 유지된 것으로 看做하고, 精白度の 差異에 따른 精白性能의 差異는 無視하고 各 處理의 效果를 分析하였다.

#### 나. 出口抵抗壓力에 따른 循環回數

最終 產物의 除去率을 10分度에 該當하는 8%로 할 때, 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力 水準과 精白作業을 完了하는데 所要되는 總循環回數와는 密接한 關係가 있었다. 表 2에 依하면, 組合式 精白시스템의 總循環回數는 研削式 精米機에서의 出口抵抗壓力에는 큰 影響을 받지 않으며 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力에 依해 거의 決定됨을 알 수 있다. 아끼바레의 境遇를 살펴보면 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力을 89g/cm<sup>2</sup>로 維持할 때 總循環回數는 研削式 精米機의 出口抵抗壓力의 크기에 關係없이 4회로 나타났으나, 研削式 精米機의 出口抵抗壓力을 91g/cm<sup>2</sup>로 하였을 때 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 增加됨에 따라 總循環回數는 5회, 4회, 3회로 減少함을 알 수 있다.

#### 다. 品種別 作動條件

組合式 精白시스템에서 研削式 精米機를 通過하는 동안 玄米로부터 1~2%의 겨를 除去하는데 要求되는 出口抵抗壓力은 아끼바레의 境遇, 37~169g/cm<sup>2</sup>, 풍산의 境遇, 37~91g/cm<sup>2</sup>였으며, 3~5회 循環以後에 精白作業을 完了하기 위해 要求되는 磨擦式 精米機에서의 出口抵抗壓力은 아끼바레의 境遇,

Table 2. Whiteness indices and No. of passes in the milling system ([ ]: No. of passes, AR: Counter pressure in abrasive-type whitener, FR: Counter pressure in friction type whitener).

Variety		Akibare			Variety		Pungsan		
FR	AR	37 g/cm <sup>2</sup>	91 g/cm <sup>2</sup>	169 g/cm <sup>2</sup>	FR	AR	37 g/cm <sup>2</sup>	63 g/cm <sup>2</sup>	91 g/cm <sup>2</sup>
67 g/cm <sup>2</sup>		34.5 [5] 33.5	35.0 [5] 35.0	34.0 [6] 35.5	38 g/cm <sup>2</sup>		40.0 [5] 39.0	39.0 [4] 39.0	41.0 [5] 40.5
89 g/cm <sup>2</sup>		34.5 [4] 34.0	35.0 [4] 35.0	34.0 [4] 34.0	53 g/cm <sup>2</sup>		40.0 [4] 40.5	41.0 [4] 41.5	39.5 [3] 40.0
111 g/cm <sup>2</sup>		34.5 [3] 34.0	36.0 [3] 34.2	33.5 [3] 34.0	67 g/cm <sup>2</sup>		39.0 [3] 39.5	41.0 [3] 40.2	40.0 [3] 41.0

67~111g/cm<sup>2</sup>, 풍산의境遇, 38~67g/cm<sup>2</sup>였다. 이와 같은品種에 다른作動條件의差異를 살펴보기爲해 總循環回數와 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力과의關係를 그림 2에 表示하였다.

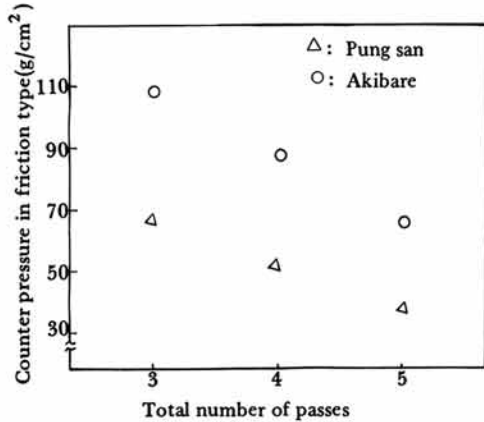


Fig. 2. Counter pressure requirement depending on total no. of passes by rice variety.

주어진 循環回數內에 精白作業을 完了코자 할境遇, 一般系 品種인 아끼바레가 統一系 品種인 풍산보다 훨씬 높은 出口抵抗壓力이 要求됨을 알 수 있으며, 따라서 穀物의 品種이나 物理的 特性에 따라 作動條件이 달라야 함을 알 수 있다.

라. 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力과 精白室의 内部壓力과의關係

이미 살펴 본 바와 같이, 磨擦式 精米機의 出口抵抗程度는 精白作業을 完了하는데 必要한 總循環

回數와 反比例 關係가 있으며, 주어진 循環回數內에 精白作業을 完了하기爲해서는 品種에 따라 出口抵抗의 調整方法이 현저히 달라야 함을 알았다. 여기서는 磨擦式 精米機의 境遇, 品種에 따라 出口抵抗壓力이 精白室內의 半徑方向의 壓力形成에 미치는影響을 糾明하고자 하였다.

그림 3에 依하면, 各 品種의 境遇 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 增加함에 따라 内部壓力(Radial Pressure : 磨擦式 精米機의 첫번째 循環過程에서 精白室의 中間位置에서 測定된 半徑方向의 壓力임)은 增加함을 알 수 있으며, 特記할 事項은 풍산의境遇, 出口抵抗壓力을 38g/cm<sup>2</sup>에서 67g/cm<sup>2</sup>로 增加시키면 内部壓力은 處理에 따라 差異는 있으나 1.52 kg/cm<sup>2</sup>에서 2.03kg/cm<sup>2</sup>사이에서 分布하고 있으며, 아

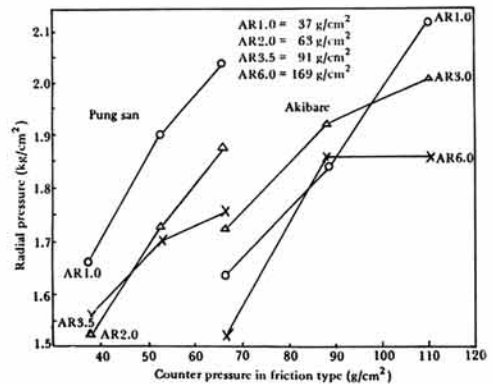


Fig. 3. Radial pressure in friction-type whitening chamber depending on counter pressure levels by rice variety.

끼바레의 경우, 出口抵抗壓력을 풍산보다 높은 67g/cm<sup>2</sup>에서 111g/cm<sup>2</sup>로 增加시켰으나 内部壓력은 풍산에서와 거의 同一한 壓力水準인 1.52kg/cm<sup>2</sup>에서 2.12kg/cm<sup>2</sup> 사이에 分布한다는 것이다.

이와 같은 結果는 (다)項에서 나타난 出口抵抗壓력과 總循環回數와의 關係를 考慮할 때, 주어진 循環回數, 예를 들면 3회만에 精白作業을 完了하기 爲해서는 品種에 關係없이 磨擦式 精米機를 첫번째 循環할 때 内部壓력이 約 1.85~2.00kg/cm<sup>2</sup>程度 形成되도록 出口抵抗을 調節해야 함을 말해준다. 따라서 精白室內의 半徑方向의 壓力는 精米機의 作動條件을 設定하기 爲한 基準因자로 使用될 수 있음을 暗示하고 있다.

磨擦式 精米機에서 循環回數의 增加에 따른 内部壓力的 變化를 그림 4에 表示하였다. 이 結果에 의하면, 循環이 거듭됨에 따라 内部壓力變化는 品種에 關係없이 비슷한 傾向을 보였으며, 精白程度와 内部壓力는 反比例 함을 알 수 있다(出口抵抗壓력은 每 循環마다 同一하게 維持되었음).

마. 出口抵抗壓力 및 内部壓力에 따른 精白性能  
1) 精白收率

아끼바레의 精白收率は 研削式 및 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力에는 큰 影響을 받지 않았으나 풍산의 境遇에는 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力 및 研

削式 精米機의 出口抵抗壓力과의 相互作用에 依해 影響을 받는 것으로 나타났다. 그림 5는 精米機의 出口抵抗壓力에 따른 精白收率을 品種別로 表示한 것인데, 두 品種 모두 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 높은 水準에서 대체로 높은 精白收率을 보이고 있다.

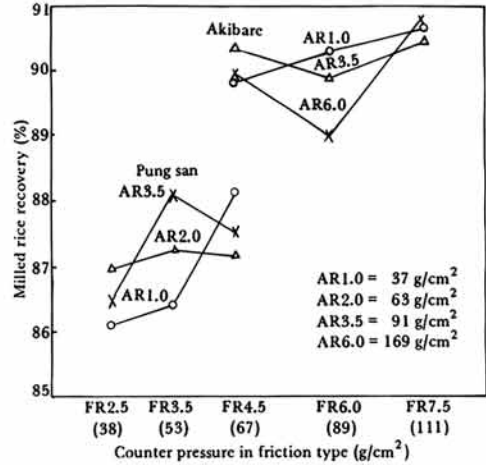


Fig. 5. Influence of counter pressure in friction type on milled rice recovery by rice variety.

本 實驗 結果, 組合式 精白시스템의 精白收率을 向上시키기 爲해서는 研削式 精米機의 出口抵抗壓

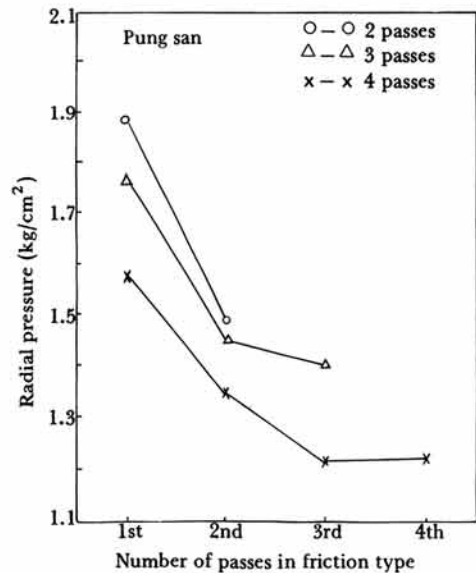
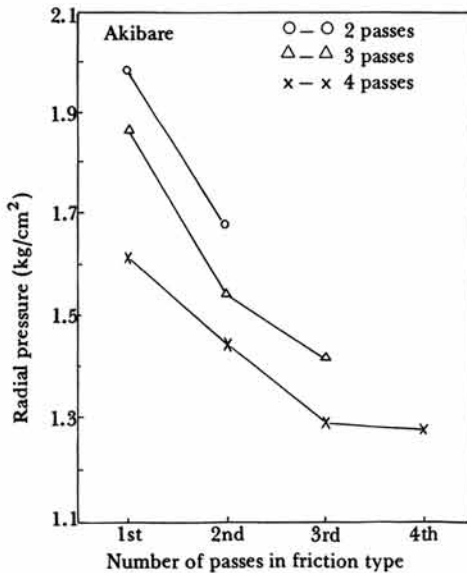


Fig. 4. Changes in radial pressure along the number of pass in friction type whitener.

力은 아끼바레의 境遇, 낮은 水準(37g/cm<sup>2</sup>), 풍산의 境遇, 높은 水準(63~91g/cm<sup>2</sup>)으로 하고, 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力은 어느 水準 以上(精白室의 内部壓力으로 나타내면 1.8kg/cm<sup>2</sup>以上)으로 加하여 總循環回數를 3回 程度로 하는 것이 勸奨된다.

2) 完全米收率

研削式 및 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力은 完全米收率에 큰 影響을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그림 6은 이들 關係를 品種別로 表示한 것인데, 5% 水準에서 統計的인 有意性은 없었으나 대체로 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 높을 수록 完全米收率은 增加하는 傾向을 나타내고 있다.

一般의 出口抵抗壓力을 增加시킬 수록 完全米收率은 減少하는 것으로 생각되지만, 本 實驗의 結果, 出口抵抗壓力이 相對的으로 낮은 境遇에 壓力에 依한 碎米發生은 減少하지만 循環回數가 增加함

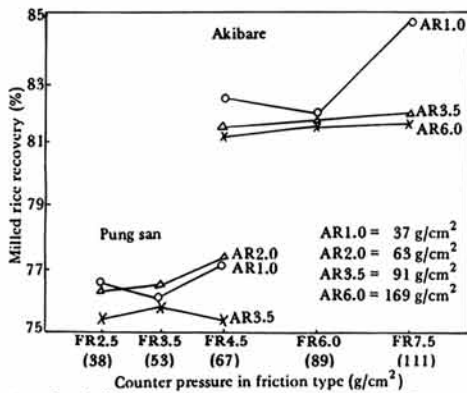


Fig. 6. Influence of counter pressure in friction type on head rice recovery by rice variety.

으로써 精白過程中 衝擊에 依한 碎米發生의 機會가 增加할 것으로 豫想되기 때문에 碎米發生은 精米機의 出口抵抗壓力뿐만 아니라 總循環回數에도 關係되는 것으로 判斷된다.

3) 電力消耗量

그림 7은 研削式 및 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 電力消耗量에 미치는 影響을 品種別로 表示한 것이다. 아끼바레의 境遇, 研削式 및 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 增加 할수록 電力消耗量은 減少하였으며, 풍산의 境遇, 研削式 및 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力 水準에 따라 相互作用은 認定되지만 대체로 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力이 增加하면 電力消耗量은 減少하는 傾向을 나타내고 있다.

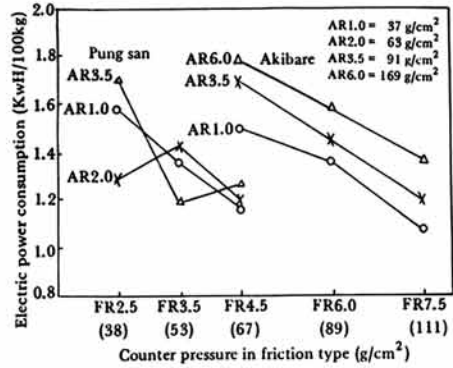


Fig. 7. Influence of counter pressure in friction type on electric power consumption by rice variety.

磨擦式 精米機의 精白室 内部壓力(Radial Pressure)과 精白收率 및 完全米收率 사이에는 統計的으로 高度의 相關關係는 없었으나 대체로 内部壓力이 높을 때가 낮을 때 보다는 收率이 높은 傾向을 보였다. 또한 電力消耗量面에서 보면, 두 品種에서 出口抵抗壓力 水準에 큰 差異가 있음에도 불구하고 100kg 精白에 所要되는 電力消耗量은 循環回數가 같을 경우, 品種間에 큰 差異가 없었다. 이는 두 品種間에 出口抵抗壓力 水準에는 큰 差異가 있으나 精白室内에 形成되는 内部壓力은 거의 같은 範圍에 分布하기 때문이라고 判斷된다. 即, 電力消耗量은 内部壓力의 函數임을 알 수 있으며, 이들의 相關關係를 求한 結果, 다음과 같은 回歸式으로 나타났다.

$$EPC = -0.545R_p^2 + 1.277R_p + 0.874$$

여기서, EPC = 電力消耗量, [kwh/100kg]

R<sub>p</sub> = 磨擦式 精米機의 精白室 内部壓力, [kg/cm<sup>2</sup>]

바. 磨擦式 精米機의 作動基準 設定

本 實驗에서 나타난 磨擦式 精米機의 内部壓力(첫번째 循環時 精白室의 中間位置에서 測定된 半徑方向의 壓力임) 範圍(1.52~2.01kg/cm<sup>2</sup>)는 供試機種 및 試料 등은 다르지만 盧等(1976)이 發表한 適正 内部壓力範圍(1.6~2.1kg/cm<sup>2</sup>)에 包含되고 있다. 여기에서도, 磨擦式 精米機의 内部壓力은 機種, 供試材料 및 精白시스템 등에 따라 약간의 差異가 있겠지만 作動條件 設定을 爲한 基準으로 使用될 수 있는 하나의 變數임을 알 수 있다.

주어진 供試材料가 磨擦式 精米機를 循環한 횟수가 같을 때 磨擦式 精米機의 精白室 内部壓力은, 아

거바레와 풍산사이에 큰 차이가 없었으나(本 實驗에서 그 差異는 10%以内) 各 循環時에 加한 出口 抵抗壓力는 아끼바레가 풍산 보다 1.6~1.8倍 높았다. 이러한 結果를 비추어 볼 때, 一定한 水準의 壓力이 精白室內에 形成되도록 品種에 따른 適正 出口 抵抗壓力를 加하기 爲한 基準 設定에 關한 研究가 要請된다.

精白室의 内部壓力은 穀粒의 幾何學의 特性, 含水率, 降伏點 등과 같은 穀物의 特性과 공급 스크루우 피치(Feed-Screw Pitch), 롤러(Roller)의 길이 및 回轉數, 精白室 間隔(Chamber Clearance), 出口 抵抗壓力 등과 같은 機械設計 및 作動因子에 依해 決定될 것이다. 그런데 本 實驗에서 使用한 供試機와 構造 및 諸元(공급 스크루우 피치×길이=24mm×14.5mm, 精白室 間隔=9mm, 롤러의 길이×直徑=185mm×86mm)이 비슷한 磨擦式 精米機를 使用할 境遇, 機械設計因子를 無視하면 精白室 半徑方向의 内部壓力( $R_p$ )은 降伏點( $B_i$ ), 玄米의 길이( $L$ ), 폭( $W$ ) (以上은 穀物因子), 出口 抵抗壓力( $C_p$ ), 回轉數( $N$ ) (以上은 機械作動因子)의 函數로 表示할 수 있다. 即,

$$R_p = f(L, W, B_i, C_p, N) \dots \dots \dots (1)$$

또한, 롤러(Roller)의 回轉數는 變化幅이 200RPM 以內일 境遇, 内部壓力 形成에는 큰 影響을 미치지 않으므로(盧, 1976) 이를 無視하면, 버킹엄의  $\pi$ 정리(Buckingham's  $\pi$ -theorem)에 依하여 式(1)은 다음과 같은 3個의 無次元項으로 表示된다.

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3)$$

$$\text{여기서, } \pi_1 = R_p / (B_i/W^2)$$

$$\pi_2 = C_p / (B_i/W^2)$$

$$\pi_3 = L/W \text{ 이다.}$$

本 實驗에서 使用한 精白시스템에서 磨擦式 精米機의 適正 作動基準 設定을 爲해 制限된 條件(穀物 2品種, 出口 抵抗壓力 3水準)에서 求한 測定值이지만 이들 結果를 使用하여, 上記 無次元項들 간의 關係를 多重回歸 分析法에 依하여 求한 結果 다음과 같이 표시되었다.

$$\pi_1 = 0.547 (\pi_2)^{0.365} (\pi_3)^{0.120} (R^2 = 0.9897) \dots (2)$$

回歸係數들은 1%水準에서 有意성을 보였다. 式(2)를 出口 抵抗壓力( $C_p$ )項이 包含되는  $\pi_2$ 에 對한 式으로 表示하면 다음과 같다.

$$C_p / (B_i/W^2) = 5.228 \{R_p / (B_i/W^2)\}^{2.739}$$

$$(W/L)^{0.329} \dots \dots \dots (3)$$

또한, 盧等(1985)에 依하면 玄米의 降伏點은 含水率(MC:%, w.b.) 및 穀粒의 길이(L)와 두께(W)의 函數로서 다음과 같이 表示된다고 보고하였다.

$$B_i = -2.5 \times 10^{-3} X^3 + 0.23X^2 - 7.0X + 77.5, \text{ [kg]} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{여기서, } X = MC \times (L/W)$$

따라서, 投入 穀物의 含水率, 길이, 두께를 測定하면 式(3), (4)에 依해서 出口 抵抗壓力 [ $g/cm^2$ ] 에 따른 精白室의 内部壓力 [ $kg/cm^2$ ] 또는 適正 精白室 内部壓力을 얻기 爲한 出口 抵抗壓力를 豫測할 수 있다.

機械設計의인 因子中에서 精白室 内部壓力에 가장 큰 影響을 미치는 因子는 공급 스크루우 피치와 精白室 間隔으로 생각되며, 앞으로 모든 機種에 適用할 수 있는 豫測 方程式을 誘導하기 爲한 研究가 繼續되어야 할 것이다.

사. 精白시스템간의 性能 比較

各 精白시스템의 性能, 即, 精白收率, 完全米收率, 精白效率(kg/kwh) 및 精白能率(kg/hr)을 磨擦式 精米機의 出口 抵抗壓力水準(89g/cm<sup>2</sup>, 111g/cm<sup>2</sup>) 別로 表示한 結果, 그림 8, 그림 9와 같으며, 平均間 LSD 檢定 結果를 表 3에 나타냈다.

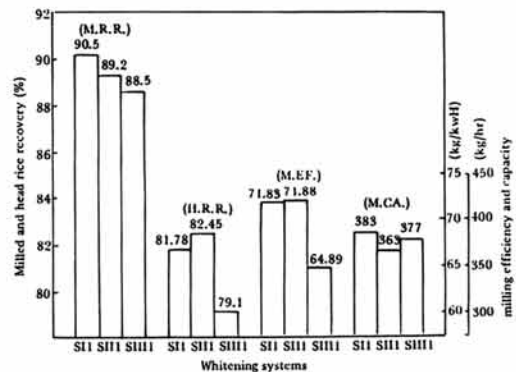


Fig. 8. Effect of whitening systems on milled rice recovery (M.R.R.), head rice recovery (H.R.R.), milling efficiency (M.E.F.), and milling capacity (M.C.A.).

Note: SI1 - Abrasive (pitch=34mm, clearance=15mm) + friction (counter pressure=89g/cm<sup>2</sup>) system  
 SI1I - Abrasive (pitch=20mm, clearance=11mm) + friction (counter pressure=89g/cm<sup>2</sup>) system  
 SI1II - Friction (counter pressure=89g/cm<sup>2</sup>) system



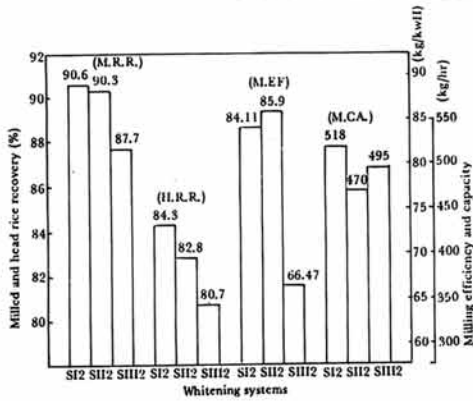


Fig. 9. Effect of whitening systems on milled rice recovery (M.R.R.), head rice recovery (H.R.R.), milling efficiency (M.E.F.), and milling capacity (M.C.A.).

Note: SI2 - Abrasive(pitch=34mm, clearance=15mm) + friction(counter pressure=111g/cm<sup>2</sup>) system  
 SII2 - Abrasive(pitch=20mm, clearance=11mm) + friction(counter pressure=111g/cm<sup>2</sup>) system  
 SIII2 - Friction(Counter pressure=111g/cm<sup>2</sup>) system

組合式 精白시스템 (SI과 SII)과 既存 磨擦式 精白시스템 (SIII) 사이의 性能을 比較하면, 精白能率에는 差異가 없으나, 前者가 後者보다 精白收率이 約 2%, 精白效率이 15~27%程度 더 높은 것으로 나타났다. 아끼바레 (一般系)를 사용한 本實驗의 結果와 統一系 品種인 풍산을 供試材料로 한 本研究

(I)의 結果에서, 研削式 精米機를 使用하는 組合式 精白시스템이 既存 磨擦式 精白시스템보다 收率 뿐 아니라 에너지 節約面에서도 有利하였음을 考慮할 때, 現在 賃擧精工場의 精白시스템을 組合式 精白시스템으로 改造하는 것이 바람직하다고 생각된다.

공급 스크루 피치 34mm와 精白室 間隔 15mm를 갖는 研削式 精米機와 既存 磨擦式 精米機로 構成되는 精白시스템 (SI)이 피치 20mm와 間隔 11mm를 갖는 研削式 精米機와 既存 磨擦式 精米機로 構成되는 精白시스템 (SII)보다 精白能率 및 收率이 優秀한 傾向을 보였으며, 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力을 111g/cm<sup>2</sup>로 하는 境遇(SI2, SII2, SIII2)가 89g/cm<sup>2</sup>로 하는 境遇(SI1, SII1, SIII1)보다 모든 性能이 優秀하였다.

以上の 結果를 綜合하면, 아끼바레 (一般系 品種)를 精白할 境遇, 精白시스템 SI을 利用하여 研削式 精米機에서의 出口抵抗壓力을 相對적으로 낮은 水準(39g/cm<sup>2</sup>)으로 維持하고, 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力은 높은 水準(111g/cm<sup>2</sup>)으로 維持하여 作動하는 것이 精白性能을 爲해 바람직한 것으로 判斷된다.

#### 4. 結 論

우리나라의 境遇, 精米機의 作動이 運轉者의 經驗

Table 3. LSD test among whitening systems

Items	Unit	Least significant difference test						LSD*
		SI2	SI1	SII2	SII1	SIII1	SIII2	
Milled rice recovery	%	(90.6)	(90.5)	(90.3)	(89.2)	(88.5)	(87.7)	1.758 (2.526 at 1%)
Head rice recovery	%	(84.3)	(82.8)	(82.5)	(81.8)	(80.7)	(79.1)	3.642 (5.232 at 1%)
Electric Power consumption	Kwh per 100kg	(1.048)	(1.070)	(1.252)	(1.253)	(1.354)	(1.387)	0.0695 (0.0999 at 1%)
Machine Capacity	kg per hour	(518)	(495)	(470)	(383)	(377)	(363)	23.60 (33.91 at 1%)

\*) LSD: Values of LSD at 5% level  
 o under line: not significant at 5% level

에 의해 이루어짐으로써 穀物의 質的, 量的 損失이 크다. 그러나 이에 對한 研究가 不足하며, 特히 精米機의 自動化를 爲한 基礎資料가 未洽한 實情이다.

따라서 本 研究에서는 噴風 研削式 精米機와 磨擦式 精米機를 使用하여 精白을 完了하는 組合式 精白시스템에서 供試材料의 物理的 特性에 따른 適正 出口抵抗 調整法을 糾明하고, 나아가서 既存 磨擦式 精白시스템과 精白性能을 比較하기 爲해 一般系 (아끼바레)와 統一系(풍산) 品種을 使用하여 實驗을 實施하였다.

그 結果를 要約하면 다음과 같다.

가. 組合式 精白시스템에서 精白作業을 完了하는데 所要되는 總循環回數는 研削式 精米機의 出口抵抗壓力에는 거의 無關하며, 磨擦式 精米機의 出口抵抗壓力을 增加할수록 減少하였다.

나. 주어진 循環回數內에 精白作業을 完了코자 할 境遇, 一般系인 아끼바레가 統一系인 풍산 보다 精米機에서 1.6배 以上の 出口抵抗壓力이 要求되었다 (投入穀物의 水分含量은 同一).

다. 總循環回數가 같을 境遇, 磨擦式 精米機의 精白室 半徑方向의 内部壓力은 品種에 關係없이 거의 같은 水準으로 나타났으며 (1.5~2.1kg/cm<sup>2</sup>), 이 内部壓力은 適正 作動基準 設定을 爲한 基準變數로 使用될 수 있는 것으로 判斷된다.

라. 精白室의 内部壓力은 出口抵抗壓力과 거의 直線的인 比例關係가 있었다.

마. 本 實驗에서 나타난 内部壓力(1.5~2.1kg/cm<sup>2</sup>) 範圍에서는 内部壓力과 精白收率 및 完全米收率 사이에 相關關係가 없었으며, 内部壓力(R<sub>p</sub>)과 電力消耗量(EPC) 사이에는 다음과 같은 關係가 있었다.

$$EPC = -0.545R_p^2 + 1.277R_p + 0.874, \\ \text{[kWh/100kg]}$$

바. 本 實驗에서 使用된 磨擦式 精米機의 内部壓力(R<sub>p</sub>)과 出口抵抗壓力(C<sub>p</sub>), 玄米의 降伏點(Bi), 길이(L) 및 幅(W)과의 關係를 多重回歸 分析法에

依해 求한 結果 다음과 같았다.

$$R_p / (Bi/W^2) = 0.547 \{C_p / (Bi/W^2)\}^{0.265} \\ (L/W)^{0.120}, (R^2 = 0.9897)$$

사. 本 實驗에서 採擇한 組合式 精白시스템은 既存 磨擦式 精白시스템 보다 精白收率が 約 2.0%, 精白效率(kg/kWh)이 15~27% 높았으며, 精白能率(kg/hr)에는 큰 差異가 없었다.

## 參考文獻

1. 高學均, 盧祥夏, 鄭京薰. 1984. 벼의 物理的 및 熱的 特性에 關한 研究, 韓國農業機械學會誌 9 (1): 34~35.
2. 金三道, 鄭昌柱, 盧祥夏. 1982. 搗精收率과 性能向上을 위한 研究(IV), 韓國農業機械學會誌 7 (2): 72~85.
3. 盧祥夏, 高學均. 1985. 벼의 物理的 特性에 따른 精白機의 設計基準 및 作動方法 設定에 關한 研究, 韓國科學財團報告書.
4. 盧祥夏, 崔在甲. 1976. 精米機의 能率에 미치는 機械的要因 및 作動條件에 關한 研究, 韓國農業機械學會誌 1: 15~48.
5. 盧祥夏, 鄭昌柱, 金三道. 1982. 搗精收率과 性能向上을 위한 研究(III), 韓國農業機械學會誌 7(2): 57~71.
6. 朴濟傑, 鄭昌柱, 盧祥夏. 1982. 搗精收率과 性能向上을 위한 研究(II), 韓國農業機械學會誌 7(1): 62~72.
7. 李成範, 鄭昌柱, 盧祥夏. 1983. 搗精收率과 性能向上을 위한 研究(V), 韓國農業機械學會誌 8(1): 17~29.
8. 鄭昌柱, 琴東赫, 姜和錫. 1978. 韓國의 貨搗精工場의 實態分析, IDRC 벼 收穫技術研究報告書. (原稿接受 1987年 1月 31日, 質問期限 1987年 7月 31日)