

씻지 않는 쌀의 가공공정 개발(I)
- Mass balance 분석 -
Development of a Process
for Clean Washed Rice Processing(I)
- Mass Balance Analysis -

장동일* 한우석* 김동철** 이상효**
정희원 정희원 정희원
D.I. Chang W.S. Han D.H. Kim S.H. Lee

1. 서론

국내의 쌀 생산량은 96년 4,696 천톤, 97년 5,450 천톤으로 꾸준히 5,000 천톤내외의 쌀이 생산되고 있다. 그러나 쌀 소비율은 외식산업의 증가와 고기류의 소비증가 등 식생활의 변화로 쌀 1인당 소비율이 96년 105.5 kg, 97년 102.4 kg으로 계속 줄어들고 있다. 또한 외식비의 지출형태를 보면 성인계층은 한식, 아동층은 중국음식을 선호하는 경향이 뚜렷하게 나타나고 있으며 영양소 섭취는 에너지, 지방, 칼슘 등이 과소섭취되는 것으로 보고되고 있다. 이러한 이유로 쌀이 대량 소비되는 대중식당을 겨냥한 쌀 가공식품과 영양소를 첨가한 가공 쌀 등이 개발되고 있다.

현재 국내에서 생산되는 쌀은 미곡종합처리장, 소형도정공장에서 가공되어 유통되거나 연미기로 가공하여 청결미를 생산하고 있으며 이렇게 생산된 청결미는 각종 브랜드명을 달고 시중에 유통되고 있다. 이 청결미는 명칭은 소비자에게 깨끗하다는 의미를 주지만 여전히 취반하기전 세미되어야 하는 문제를 안고 있다. 따라서 쌀이 대량으로 소비되는 소비지나 새로운 브랜드기술을 요구하는 생산자의 요구를 만족시킬 수 있는 새로운 정미가공기술인 씻지 않는 쌀 생산을 위한 공정을 개발하고자 하였다.

본 연구는 씻지 않는 쌀을 생산하는 장치를 개발하는 전 단계로 각 공정별 용량을 산정하기 위한 Mass balance을 분석하였다.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

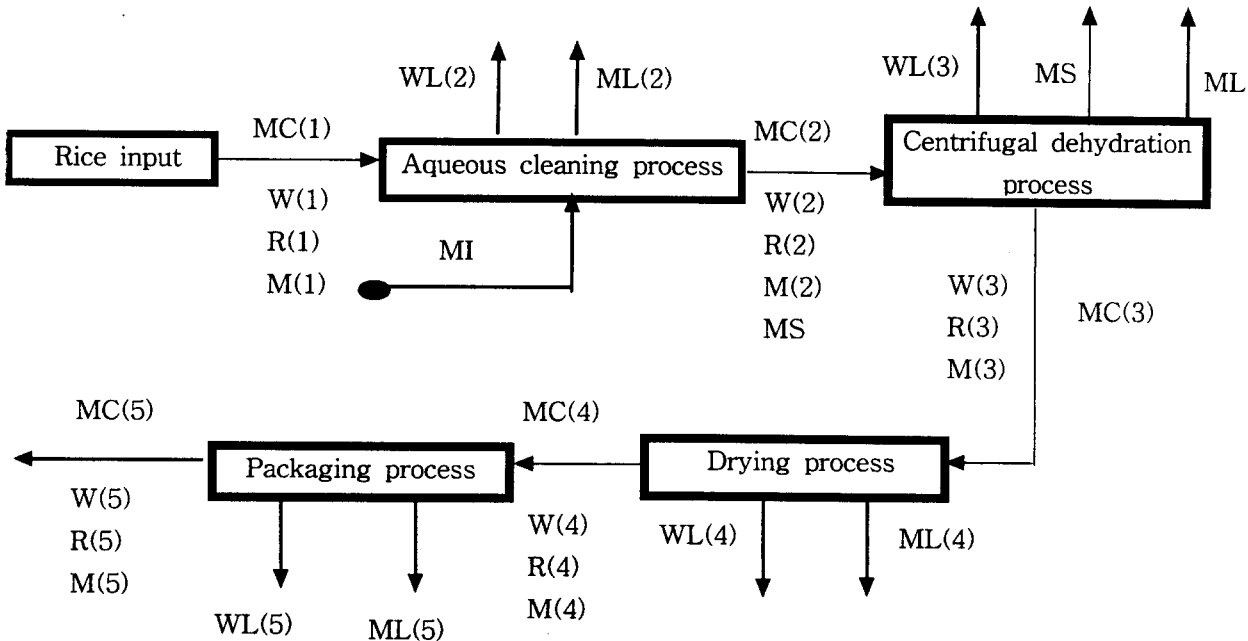
** 한국식품개발연구원

2. 재료 및 방법

가. 처리 공정

씻지 않는 쌀을 생산하기 위한 공정은 Fig. 1과 같으며, 먼저 원료인 쌀이 투입되는 투입 공정이 선행되며 투입된 쌀은 세미공정을 통하여 1차 세미된다.

1차 세미된 쌀은 탈수공정으로 물과 함께 투입되어 2차 세미되며 원심력에 의하여 표면에 묻은 물과 표층에 흡수된 물을 탈수하도록 하였다. 탈수공정을 거친 쌀은 세미공정중 흡수된 물로 인하여 함수율이 증가하므로 안전 저장과 유통을 위한 적정 함수율까지 낮출 수 있도록 건조공정을 거치도록 하였다.



| |
|---|
| <p>i : Process</p> <p>$W(i)$: Weight of rice per hour(kg/h)</p> <p>$R(i)$: Weight of dry rice per hour(kg/h)</p> <p>$M(i)$: Weight of water in rice per hour(kg/h)</p> <p>$MC(i)$: Moisture content of rice (decimal, wet basis)</p> <p>MI : Weight of absorbed water per hour(kg/h)</p> <p>$ML(i)$: Weight loss of water per hour (kg/h)</p> <p>$RL(I)$: Weight loss of dry rice(kg/h)</p> <p>MS : Water weight of rice's surface(kg/h)</p> |
|---|

Fig. 1. Process flow diagram with variables of mass balance analysis.

나. Mass balance 분석조건

1) 원료투입공정(1)

씻지 않는 쌀 처리장치의 처리용량은 1000kg/h로 설정하였으며 공급되는 물은 1.4(물의 중량/ 백미의 중량)의 가수비로 공급하는 것으로 가정하였다.

품종은 농촌진흥청 권장품종과 수화특성에 따른 품종별 분류를 고려하여 코시히카리, 봉광, 낙동을 선정하였으며 초기함수율은 14, 15(% wb) 하여 원료가 공급되는 것으로 가정하여 분석하였다.

2) 세미공정(2)

쌀은 흡습성 재료이므로 세미과정중 수분을 흡수하여 함수율이 증가한다. 그에 따라서 쌀의 중량은 초기 투입량보다 증가한다.

증가되는 함수율의 예측은 다음의 Becker의 수분 확산방정식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$m - m_0 = kt \tag{1}$$

$$k = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (m_s - m_0) \frac{S}{V} \times \sqrt{D}$$

여기서, m : 함수율 (db)

m_0 : 초기 함수율 (db)

t : 침지 시간(min)

m_s : 백미의 표면의 유효 수분 함량(db)

S : 백미의 표면적(cm^2)

V : 백미의 체적(cm^3)

D : 확산계수(cm^2/min)

3) 탈수공정(3)

탈수공정중의 쌀의 손실율은 1%로 가정하였으며 탈수공정중 함수율 변화는 없는 것으로 가정하여 분석하였다.

4) 건조공정(4)

최종 상태의 쌀의 함수율은 저장성과 유통을 고려하여 15%(wb)로 설정하였다.

다. 수학적 모델

각 공정별 중량과 함수율의 변화는 다음의 Table 1 에 의하여 계산하였다.

Table 1. Mathematical models for mass balance

| | Weight of rice per hour (kg/h) W(i) | Moisture content (% , wb) MC(i) | Weight of water in rice per hour(kg/h) M(i) | Weight of dry rice and weight loss of dry rice(kg/h) |
|-------------------------------------|--|--|--|--|
| Rice input (1) | constant | MC(1) | W(1) × MC(1) | R(1)=W(1)-M(1) |
| Aqueous cleaning process (2) | M(2)+ R(2) | $m = \frac{MC(1)}{1 - MC(1)} + K \times \sqrt{T}$ $MC(2) \times \frac{m}{1 + m}$ | $\frac{MC(2) \times R(2)}{1 - MC(2)}$ | R(2)= R(1)-WL(2) |
| | | | | WL(2)=R(1)×loss |
| | | | | ML(2)=MI-(MS + M(2) -M(1)) |
| | | | | MS=MI×surface_loss |
| Centrifugal dehydration process (3) | M(3)+R(3) | MC(3) = MC(2) | $\frac{MC(3) \times R(3)}{1 - MC(3)}$ | R(3) = R(2)-WL(3) |
| | | | | WL(3) = R(2)×loss |
| | | | | ML(3) = MS + M(2) - M(3) |
| Drying process (4) | M(4)+ R(4) | MC(4) | $\frac{MC(4) \times R(4)}{1 - MC(4)}$ | R(4) = R(3)-WL(3) |
| | | | | WL(4) = R(3)×loss |
| | | | | ML(4) = M(3)-M(4) |
| Packaging process (5) | M(5)+ R(5) | MC(5) = MC(4) | M(5)=M(4) | R(5) = R(4) |

3. 결과 및 고찰

쌀의 함수율 증가는 침지시간과 품종에 따른 확산계수의 차이로 조금씩 차이를 보이고 있다. Fig. 2와 Fig. 3은 온도 20℃, 초기 함수율 14%, 15%일 때의 품종별 함수율 변화를 나타낸 것으로 침지시간은 건조 때의 건조시간을 고려하여 1분의 침지시간으로 가정하여 계산하였다. 최대 함수율 증가특성을 가진 낙동의 증가율은 4.1%, 최소의 함수율 증가를 나타내는 코시히카리는 3.5%의 증가를 나타내고 있다. 이러한 품종간의 차이로 인하여 건조공정중

건조되어야 하는 수분량의 차이가 발생하여 함수율이 적게 변화하는 품종을 기준으로 설계 시에는 그 보다 많이 수분을 흡수하는 품종을 처리시 건조가 적게 이루어지는 현상이 발생할 것이다. 따라서 최대 함수율증가를 보이는 품종인 낙동을 기준으로 설계를 한후 운전 시에는 품종에 따른 적절한 건조시간을 선택해야 할 것으로 사료된다.

Fig. 4와 Fig. 5는 온도 20℃, 초기 함수율 14%, 15%일 때의 품종별 중량변화를 나타낸 것이다. 함수율 변화가 많은 낙동이 세미공정과 건조공정에서 많은 중량변화를 보이고 있으며 함수율이 14%일 때 가 15%일 때보다 좀더 많은 중량변화를 일으켰다.

4. 요약 및 결론

씻지 않은 쌀 처리공정 개발을 위한 첫 단계로써 각 공정별 적정처리용량을 결정하기 위하여 Mass balance 분석을 하였다. 품종별 확산계수의 특성으로 인하여 세미공정을 거친 후에는 수온 20℃, 초기 함수율이 14%일 때 함수율 변화는 코시히카리 16.8%, 봉광 17.5%, 낙동 18.1% 의 변화를 나타냈으며 중량변화는 코시히카리 1023kg/h, 봉광 1032kg/h, 낙동 1040kg/h 로 초기의 중량 1000kg/h에서 최대 40kg/h 까지 증가하였다. 탈수공정을 거친 후의 중량 변화는 코시히카리 1013kg/h, 봉광 1022kg/h, 낙동 1030kg/h였다. 따라서 1000kg/h를 처리하기 위한 처리용량으로 낙동을 기준으로 안전율을 고려하여 1400kg/h을 처리하도록 해야 할 것으로 분석되었다.

5. 참고 문헌

- 1) 김성근, 정순자, 김관, 채제선, 이정행. 1984. 수화특성에 의한 쌀의 분류. 한국농화학회지 27(3) : 204-210
- 2) 고태균외. 1993. 농산가공기계학. 향문사
- 3) 금동혁. 1986. 습공기의 성질계산을 위한 컴퓨터 프로그램. 한국농업기계학회지 13(3) : 91-98
- 4) 장홍희. 1994. 미곡종합처리장의 에너지 모델 개발. 석사학위논문. 충남대학교.
- 5) 정종훈, 최영수, 권홍관. 1998. 중 소형연미기의 성능평가 및 성능개선에 관한 연구(I). 한국농업기계학회지 23(3):245-252

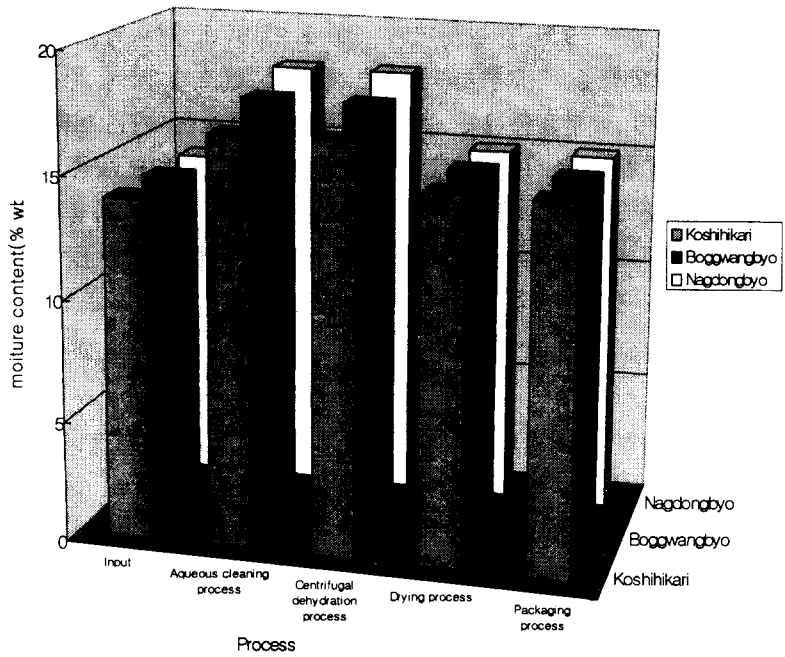


Fig. 2. Changes of the moisture content of three varieties of rice for each processing stage(20°C, 14%(wb)).

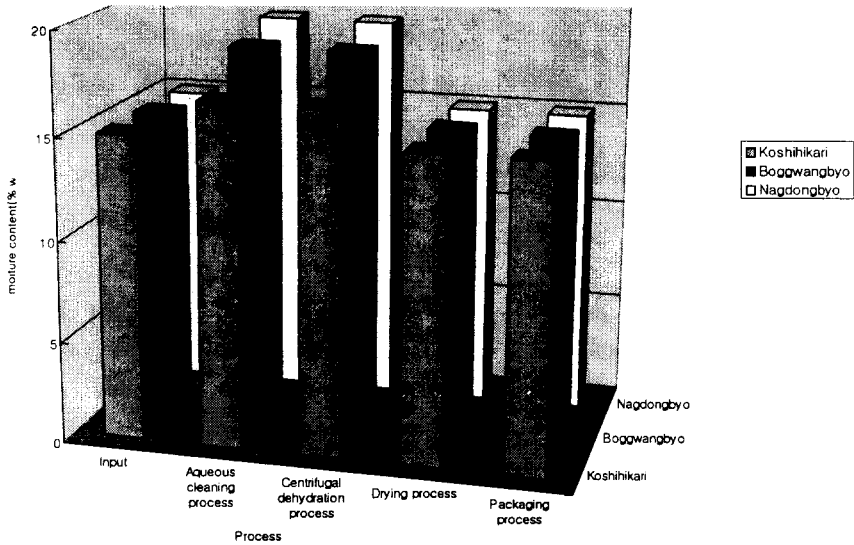


Fig. 3. Changes of the moisture content of three varieties of rice for each processing stage(20°C, 15%(wb)).

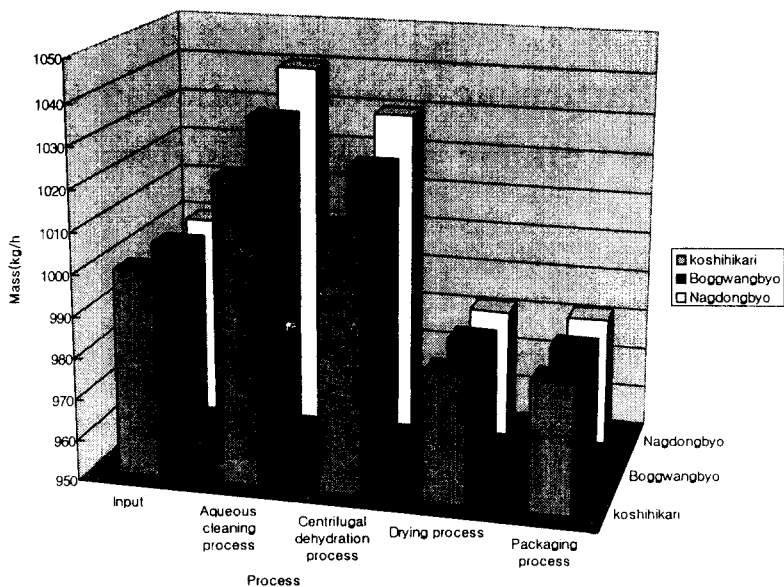


Fig. 4. Changes of the rice weight of three varieties of rice for each processing stage(20°C 14%(wb)).

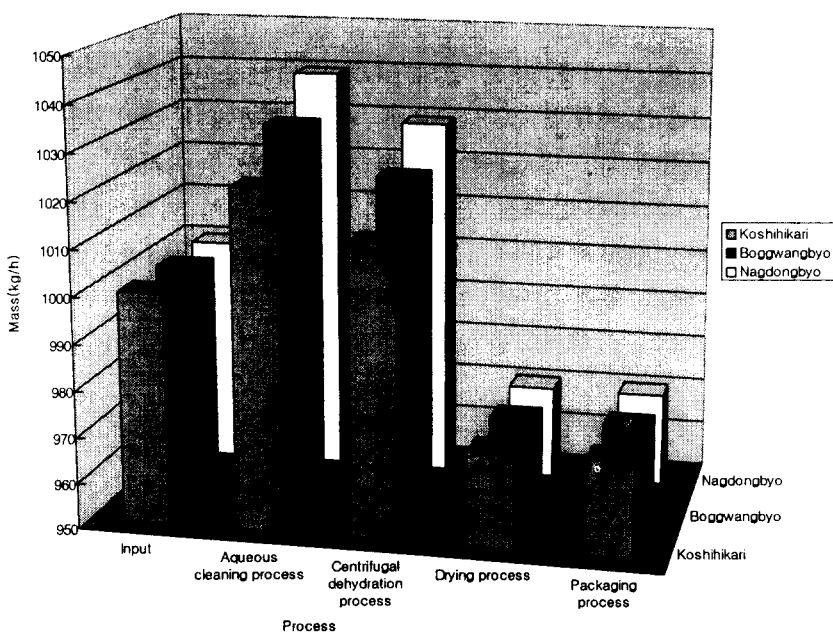


Fig. 5. Changes of the rice weight of three varieties of rice for each processing stage(20°C, 15%(wb)).