

## 한국의 전통식 쌀엿 공장의 공정 개선을 위한 시뮬레이션

정중훈 · 이종옥\*

전남대학교 농공학과, \*전남대학교 식품공학과

### Simulation for Improving the Process of Korean Traditional Rice-Yeot Plant

Jung-Hoon Chung and Chong-Ouk Rhee\*

Department of Agricultural Engineering, Chonnam National University

\*Department of Food Science & Technology, Chonnam National University

#### Abstract

A simulation model by SLAMSYSTEM to represent a Korean traditional rice-yeot (taffy-like food) plant was developed and validated. The developed simulation model was used to improve the process and the productivity of the rice-yeot plant using alternative models. The daily rice-yeot products and the ratio of products to the input of rice in the simulation were 360 kg and 51.4%, while those in the actual rice-yeot plant were 350 kg and 52%, respectively. Hence, the developed simulation was proven to be well modeled. By the simulation, the mechanization of the process to cut rice-yeot and the increase of daily input materials are necessarily required for increasing the productivity of rice-yeot, which can increase products up to 1.8 times compared with those of the actual rice-yeot plant. When i) a rice soaking tank and a saccharificating tank are added, ii) the interval of material inputs is reduced from 24hrs to 12hrs, iii) the rice soaking period is reduced from 12hrs to 8hrs, and the saccharificating period is also reduced from 9hrs to 6hrs in the plant, the products of rice-yeot in simulation can be increased up to 2.1 times compared with those of the actual plant.

Key words: rice-yeot plant, simulation, SLAMSYSTEM, alternative model

#### 서 론

엿은 각종 전분을 산이나 맥아와 같은 효소를 이용하여 당화후 농축시켜 만든 제품으로써 단맛과 끈기를 가지고 있는 우리나라 고유의 전통식품의 하나이다. 전남 담양군 창평면에서 옛날부터 제조되어 오고 있는 창평 쌀엿은 독특한 맛과 성상을 하고 있어서 각종 과자가 범람하는 요즘에도 명절의 제수용품으로 혼례시의 예물 및 일반 선물용으로 그 명성이 전국적으로 널리 알려져 있으며 요즘에도 그 수요가 증가일로에 있다(이, 1992).

이러한 요구에도 불구하고 현지의 가공업체들은 공장 규모가 영세하고 기계화 되었다고 하나 거의 대부분의 공정을 인력에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 생산성 및 작업 능력을 위해서 기계화 및 자동화가

필수 불가결하다 하겠다. 이에 공장의 시설을 증설하거나 생산성을 높이기 위해 기계화, 자동화 및 기계 증설 등의 중요 결정을 내리기 위해서는 시뮬레이션에 의한 시스템의 공정분석이 절대적으로 요구된다. 따라서 시뮬레이션 언어의 하나인 SLAM(Simulation Language for Alternative Modeling)으로 구성된 SLAMSYSTEM의 소프트웨어를 사용하여 창평 쌀엿 제조공정을 모델화하고 그 공정 및 시스템을 분석하여 문제점들을 파악하며 쌀엿 제조공장의 개선책을 제시하고자 하였다. 또한 쌀엿 제조공장의 시스템에 있어서 작업능률이나 생산성 향상을 위한 여러 가지 대안들을 빠르고 효과적으로 분석할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하고자 하였으며 이 모델은 원료의 투입단계에서 최종 제품의 포장에 이르기까지 가공공장의 모든 기계장치나 중요한 공정들을 포함하며 시스템을 분석할 수 있도록 하였다. 특히, 원료의 정제도, 중요 기계들의 활용도, 생산량과 같은 시스템의 성능에 관한 결과 자료들을 손쉽게 얻을 수 있도록 개발하였다.

Corresponding author: Jong-Hoon Chung, Dept. of Agric. Engineering, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

SLAM을 사용한 실례로서, 벼 건조시스템에 대한 시뮬레이션(정, 1991), 소시지 가공공장의 시뮬레이션 모델링(Shah *et al.*, 1983), SLAM을 이용한 육류 가공공장의 컴퓨터 시뮬레이션 모델(Shah *et al.*, 1985a), 식품 가공공장의 생산계획(Shah *et al.*, 1985b) 그리고 어류가공공장의 시뮬레이션(Jonatanansson과 Randhawa, 1986) 등이 있다.

본 연구에서는 현재의 창평 쌀엿 제조공장의 모든 공정을 분석하여 쌀엿공장의 시뮬레이션 모델을 개발하고, 현 공장을 분석평가하고 문제점을 진단하고자 하였다. 또한 공장의 기계화 및 자동화 그리고 기계증설을 위해서 개발된 시뮬레이션의 대체 모델링을 통해 원료의 대기정도, 정체현상, 주요 기계의 활용도, 그리고 주당 제품생산량 등을 예측함으로써 시스템을 개선하고자 하였다.

#### 시뮬레이션 모델 개발

**쌀엿제조공장의 공정:** 본 연구에서 모델화하고자 하는 쌀엿 제조공장은 현재 전남 담양군 창평면에서 가동되고 있는 공장을 기준으로 하였다. 창평 쌀엿은 일정 원료가 투입되어 일련의 연속 공정을 통해서 생산된다. 즉 한 번에 일정량의 원료가 쌀 침지조에서 침지되어 한꺼번에 다음 공정으로 넘어간다. 원료 쌀은 쌀 침지조로 옮겨져서 침지되는데 각 쌀 침지조에서 1회에 120~150 kg씩 8~12시간 동안 수확된 다음 찜통에서 스팀으로 찌져 고두밥이 된다. 원료 맥아는 마쇄기로 거칠게 분쇄되는데 1시간에 약 30 kg씩 분쇄된다. 맥아 침지조에서 거칠게 분쇄된 맥아에 약 20배 정도의 물을 가하여 2시간 이상 실온에서 맥아효소(엿기름물)를 추출한다. 위에서 얻은 고두밥과 맥아효소 추출액을 당화조로 옮기고 일정량의 물을 가해 잘 혼합한 후 60°C에서 교반하면서 6~9시간 동안 당

화시킨다. 현재 창평의 쌀엿 공장에서는 실제로 쌀 침지시간을 12시간, 당화시간을 9시간으로 하여 작업을 하고 있었다.

그런 다음 당화액은 필터를 거쳐 여과되고, 압착기에서 한개의 당화조당 약 1.5시간 걸려서 3회에 나누어 압착하게 된다. 한 개의 당화조에서 압착된 액은 2대의 조청제조기(1차 증발기)에서 103°C로 총 3시간(1개의 당화조) 걸려서 1차 증발되어 약 90 kg의 조청(80% Brix, 물엿)이 된다. 이 조청은 100 kg/3분의 이송속도로 2층에 있는 500 kg 용량의 2개의 저장통에 일단 저장되고, 2차 증발기인 4대의 강엿제조기에 보내진다. 강엿 제조기에서 2차 증발시켜 당도 92%의 강엿(검은엿)을 얻는데 조청 90 kg당 70 kg의 강엿을 얻는다.

이 강엿이 충분한 공기를 함유하여 색깔이 희게 될 때까지 늘리고 접는 kneading 작업을 하게 된다. 먼저 쌀엿제조기(pulling machine)으로 기계적으로 늘리는 작업(kneading)을 한 후에, 잘게 부순 참깨(20 g/kg엿)와 생강(18 g/kg엿)을 첨가한다. 그 다음 최종적으로 수작업의 kneading을 15~20회/kg 실시하여 파삭파삭한 불성을 가진 쌀엿을 제조하게 된다. 쌀엿이 되면 가위를 사용하여 수작업으로 쌀엿을 절단하고, 1 kg 단위로 포장하여 제품으로 완성한다. 이 공장은 1주일에 6일 작업하고 1일은 세척작업을 하는데 하루 생산량은 약 350 kg이고, 주당 생산량은 약 2520 kg 정도이다. 이 공장에 설치된 주요 기계 및 설비는 Table 1과 같으며, 쌀엿 제조공정은 Fig. 1과 같다.

#### 시뮬레이션 모델의 가정

본 모델 개발은 하루 약 350 kg의 쌀엿을 생산하는 창평 쌀엿제조공장을 기준으로 하였다. 재료는 연속적으로 처리하기 위하여 개체(entity) 단위로 하였으며, 원료 반입시 하나의 개체는 쌀의 경우 120 kg이고,

**Table 1. Equipments of the rice-yeot plant**

Equipments	Quantity	Specification	Remarks
Rice soaking tank	5	160 kg/unit	8-12hrs/batch
Rice cooker	2	600 kg/19 trays	1.8 kg/cm <sup>2</sup>
Boiler for rice cooker	2	110°C steam	
Crusher	2	roller type, 30 kg/hr	
Malt soaking tank	2	10 kg malt/2.5 hr	for extraction of malt
Saccharificating tank	5	0.4 m <sup>3</sup> /unit	
Press	1	0.4 m <sup>3</sup> /1.5hr, mechanical type	pressure 80 kg/cm <sup>2</sup>
1st evaporator	2	400 kg/3hr	
Storage tank	2	500 kg/unit	
2nd evaporator	4	25 kg/hr	
Pulling machine	2	25 kg/10 min	mechanical kneading
Cutter	2	hand cutting with scissors	
Auto packer	1	2 packs/min with scale	

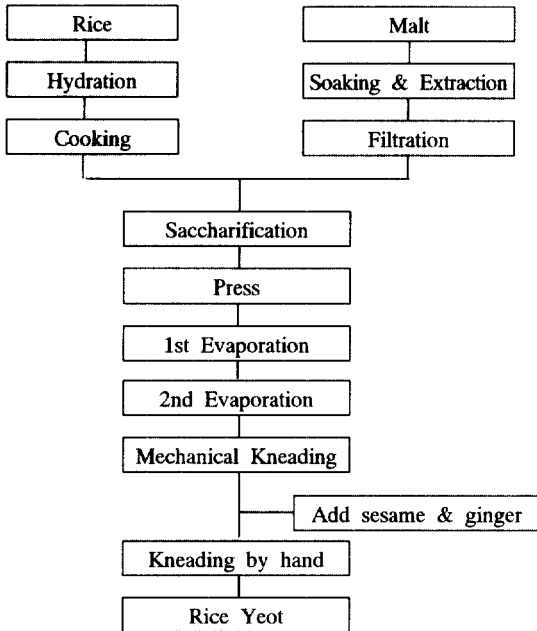


Fig. 1. Flow diagram of the process of rice-yeot plant.

맥아의 경우 10 kg으로 가정하였으며, 최종 생산되는 쌀엿은 1개의 개체가 1 kg으로 하였다. 쌀과 맥아는 정규분포함수인  $RNORM(24, 0.05)$  시간 간격으로 컨베이어에 투입되는 것으로 하였다. 공정을 분석하기 위해 총 작업시간 즉 총 시뮬레이션 기간을 7일(168시간)으로 하고 첫째 날은 공장 세척작업을 하는 것으로 가정하여 제외하였다. 모든 자료는 모델의 안정성을 위해 처음 하루의 자료를 제외하고, 다음 6일간의 자료를 수집한 통계치들을 기초로하여 본 공정을 분석하였다.

하루 작업시간은 실제로 주간 10시간 동안 작업을 하고 야간 14시간 동안은 작업을 안하기 때문에 실제 상황을 그대로 모델화하였다. 쌀 재료의 반입은 벨트 컨베이어를 통하여 1회에 120 kg씩 5개의 쌀 침지조로 각각 이동되는 것으로 하였다. 쌀 침지조는 총 5개로 1개당 120 kg까지 투입되어 12시간 침지되는 것으로 하였다. 고두밥을 만드는 찜통은 자동보일러가 연결되어 쌀을 찌도록 되어 있다. 당화조는 총 5개로 1개에 400 kg씩이 투입되어 평균 9시간 당화하는 것으로 하였다. 맥아는 2대의 마쇄기로 분쇄하여 용수와 함께 섞어 발효시키는 맥아 침지조 2대를 놓고 이것을 필터를 통해 당화조로 투입되게 하였다. 그리고 후속 공정으로 압착기는 1대, 조정제조기(1차증발기) 2대, 저장통 2개, 강엿제조기(2차농축기) 4대, 절단기 2대, 포장기 1대 등이 사용되는 것으로 모델화하였다. 모델

에서 시간의 단위는 '시간'으로하여 시뮬레이션을 수행하였다.

슬램시스템 네트워크모델(SLAMSYSTEM NETWORK MODEL)

쌀엿 제조공장의 공정들을 나타내는 시뮬레이션 네트워크 모델을 슬램시스템을 사용하여 Fig. 2와 같이 개발하였다. 모델에서의 각 공정별 작업시간은 공장에서 실제로 측정된 시간들을 기초로 하였다. 그러나 각 공정에서 소요되는 시간들이 일정치 않기 때문에 확률변수인 정규분포 함수로 나타내 평균시간과 표준편차를 명시하였고, 컨베이어의 이송시간은 일정하기 때문에 상수로 고정하였다.

처음 원료 반입 과정을 슬램시스템의 CREATE node를 사용하여 나타내었는데, 하루에 필요한 시료로서 총 120×5 kg의 쌀이, 평균이 24시간이고 표준편차가 0.05시간인 정규분포함수의  $RNORM(24, 0.05)$ 의 시간간격으로 공장에 벨트컨베이어를 통해 들어온다. 이때 시간당 720 kg을 반송시킬 수 있는 벨트컨베이어로 쌀 한 개체(120 kg)를 쌀 침지조로 이송하는데 소요되는 시간은 0.17시간이다. 그리고 각 쌀 침지조(HYDRA node)에서 투입하는 시간은 0.1시간이고 투입된 후 12시간동안 침지되어 찜통(COOK node)에서 0.75시간 동안 찌는 과정을 거쳐 당화조로 투입되게 된다.

동시에 주원료의 하나인 50 kg의 맥아가(하루 소량 50 kg : 10 kg/개체 × 5개체)  $RNORM(24, 0.05)$ 시간 간격으로 컨베이어를 통해 반입되는데 이를 또다른 CREATE node를 사용해 모델화 하였다. 10 kg인 각 개체의 맥아는 0.1시간 걸려 마쇄기(FLAKE node)로 이동하여, 시간당 30 kg 처리능력을 가진 2대의 마쇄기에서  $RNORM(0.33, 0.003)$  시간동안 각각 분쇄된다. 분쇄된 한 개체(10 kg)의 맥아는 200 kg의 용수와 섞여 맥아 침지조(2대)로 이동하여  $RNORM(2.5, 0.5)$  시간 동안 맥아효소를 추출한 후, 이 맥아추출액(엿기름)은 찜 쌀(고두밥)이 있는 5개의 당화조(SACCH node)에 투입된다.

각 당화조에서 9시간 동안 당화된 후 압착기(PRESS node)로 이동되어  $RNORM(1.5, 0.3)$ 시간 동안 증발하여 1개의 개체인 400 kg의 당화액이 90 kg의 조정으로 제조된다. 조정은 강엿제조기(STOR node)에서  $RNORM(1, 0.05)$ 시간 동안 증발되어 70 kg으로 농축되어 강엿이 된다. 강엿은 쌀엿제조기에서  $RNORM(0.17, 0.003)$ 시간 동안 kneading된 후 참깨와 생강을 첨가시켜  $RNORM(0.017, 0.003)$ 시간 동안 수

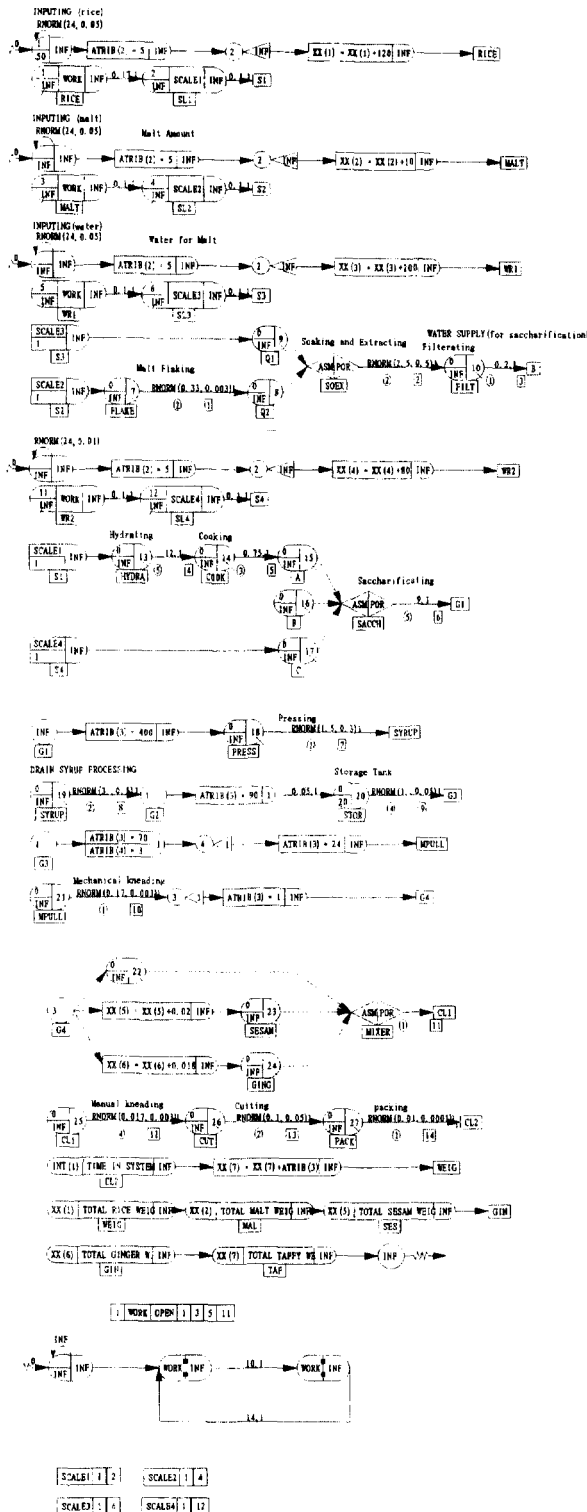


Fig. 2. Network model of the rice-yeot plant in SLAM-SYSTEM.

작업으로 최종 kneading 작업을 한다. 그 다음 쌀엿을 약 3 cm 길이 크기로 작업자가 가위로 절단한 후 최종적으로 포장기를 통해 RNORM(0.01, 0.0001) 시간 동안 1 kg 단위로 포장하여 제품을 생산한다.

위에 서술한 모델은 현재의 쌀엿 제조공장을 그대로 모델화한 것으로서 이 모델을 검증한 후, 이를 기초로하여 모델의 주 변수들을 변화시킴으로써 대체 모델들을 개발하였다.

### 시물레이션의 분석방법

개발한 본 시물레이션 모델을 사용하여 쌀엿 제조공장을 다음과 같이 분석하고자 하였다.

1) 시물레이션 모델을 사용하여 현 쌀엿 제조공장의 원료의 흐름, 정체 정도, 기계의 활용도, 기계 증설의 필요성, 수작업의 기계화 필요성, 주간 생산량 등을 분석하고, 또한 모델에서 추정 한 제품의 생산량과 원료 투입량을 실제의 공장 제품생산량과 투입량과 비교함으로써 개발된 모델의 타당성을 검증하였다.

2) 기본 모델의 결과와 시물레이션 모델에서 주 변수의 값들을 변화시킨 대체모델의 결과들을 비교분석하여 쌀엿 제조공장의 공정중에 원료 대기정도 및 정체도를 줄이고 제품 생산량을 높여 공장의 생산성을 향상시키고자 하였다.

## 결과 및 고찰

### 모델검증과 기본모델의 결과

개발된 모델의 검증을 위해 7일간의 시물레이션을 통해 쌀엿 생산량과 원료 사용량을 비교분석한 결과, 실제 쌀엿공장에서 하루에 평균적으로 약 673 kg의 쌀과 50 kg의 맥아가 사용되어 평균적으로 하루에 약 350 kg의 쌀엿을 생산하는데, 개발된 모델에서는 하루에 평균적으로 약 700 kg의 쌀과 57 kg의 맥아가 투입되어 약 360 kg의 쌀엿이 생산되는 것으로 추정됨으로써 쌀엿 제조공장이 성공적으로 모델화된 것으로 판단되었다. 그리고 쌀엿의 첨가제인 첨깨와 생강도 실제로 제품 생산량의 각각 약 0.2%와 0.018%가 사용되는데, 모델에서도 하루 평균 첨깨가 7.2 kg, 생강이 6.5 kg이 사용되는 것으로 추정되어 실제적인 이론치와 비교할 때 같게 나타났다. 모델에서 쌀과 맥아의 1일 평균 원료 투입량이 실제 이론치보다 약간 높게 나타나는 것은 시물레이션에서는 원료가 연속적으로 시스템에 투입되고 있기 때문이었다. 또한 모델에서 한 배치(batch)의 쌀과 맥아가 투입되어 각 공정을 거쳐 쌀엿으로 생산되는 데 소요되는 평균시간은 약

37시간이었고, 최단시간은 27시간, 최장시간은 47시간으로 나타났다.

시뮬레이션으로 쌀엿공장의 공정들에서 정체성을 분석한 결과, 맥아 침지조, 당화조, 압착기 및 절단기 앞에서 원료들이 정체현상을 일으켰으며, 당화조와 쌀엿 절단기에서 가장 많이 정체되었고 기다리는 원료의 양도 많았다. 또한 마지막 공정에서 절단기를 사용하여 수작업으로 쌀엿을 작게 절단하기 때문에 여기서 정체도가 높아 제품의 생산성이 매우 떨어졌다.

공정개선을 위한 대체 모델링: 현 쌀엿제조공장을 시뮬레이션을 통해 분석한 결과 공정상에 정체현상이 있고 생산성이 떨어져 여러 경우의 대체모델을 만들어 분석하였다. 이에 단순히 일부공정만 변화를 주었을 경우에는 원료의 흐름이나 제품의 생산성을 가져 오지 못하였다. 그러나 복합적으로 품질에 영향을 주지 않는 범위에서 여러 공정시간을 최대한 줄이고, 주요 기계들을 증설하며 수작업을 기계화작업으로 전환시킨 다음과 같은 4개의 대표적인 대체모델 (Table 2)의 경우에서 원료의 정체성을 줄이고 공장의 생산성을 높일 수 있었다. 그 중에서도 쌀과 맥아의 원료 투입량을 2배로 늘리고, 쌀침지조와 당화조를 각각 1대씩 증설하며, 쌀엿 절단작업을 수작업에서 기계화 작업으로 전환시키고, 침지시간과 당화시간을 줄인 대체 모델 D에서 가장 생산성을 높일 수 있었다.

**대체모델 A (Alternative Model A)**

본 모델에서는 기존 모델의 문제점들을 보완하고 생산성을 향상시키기 위해서 제품에 영향을 주지 않는 범위내에서 공정시간을 줄이고 투입시간을 단축시켰다. 즉 생산량을 높이고 기계들의 활용도를 높이기 위해서 쌀과 맥아의 원료 투입을 24시간에서 12시간으로 줄였고, 쌀 침지조에서의 정체시간을 줄이기 위해 침지시간을 12시간에서 8시간(RNORM(8, 0.05))으로 줄였으며, 당화공정에서 정체현상을 줄이기 위해 당화시간을 9시간에서 당화에 필요한 최저시간인 6시간(RNORM(6, 0.05))으로 감소시켰다.

이같은 대체모델로 분석한 결과, 6일간에 2,374 kg의 쌀엿을 생산하여 쌀엿 생산량은 약 10%가 증가하였고 모든 기계들의 활용도도 증가하였다. 그러나 원료의 투입간격을 줄였기 때문에 쌀 침지조에서 정체현상이 발생하였고, 당화조에서는 정체시간을 약간 줄일 수 있었으나 여전히 정체현상을 보였다.

**대체모델 B (Alternative Model B)**

본 대체모델에서는 모델 A의 조건에 추가적으로 쌀

**Table 2. Simulation results of alternative models**

Results Models	Input Materials (kg/day)	Rice-Yeot Products (kg/day)	Products verse Input Rice(%)	Production Ratio (%)	
Basic Model	rice	700	360	51.4	100
	malt	58			
	sesame	7.2			
	ginger	6.5			
Model A	rice	1500	396	28.3	110
	malt	117			
Model B	sesame	13.7	658	43.8	182
	ginger	12.3			
Model C	rice	1683	771	45.8	214
	malt	140			
Model D	sesame	15.8	776	46.1	216
	ginger	14.3			

엿 절단작업을 기계작업으로 대체함으로써 공정시간을 0.1시간에서 0.05시간으로 절반을 줄였다. 이 모델을 수행한 결과 원료의 정체도 및 기계들의 활용도들에 대한 모든 결과는 모델 B와 같았고, 마지막 공정의 기계화로 말미암아 기본 모델에 비해 생산량이 82% 증가하였고, 모델 A에 비해 72%의 생산량이 증가함으로써 절대적으로 쌀엿 절단작업의 기계화 작업이 필요 하였다. 또한, 이 모델에서 6일동안 투입된 총 쌀의 양은 9,000 kg이고 총 쌀엿 생산량은 3,948 kg으로서 공장에 쌀이 투입된 양에 비해 쌀엿 생산량비는 43.8%로 나타났다. 그러나, 기본 모델에서는 쌀 투입량 대비 쌀엿 생산량은 51.4%이고, 실제 공장에서는 쌀 80 kg으로 쌀엿을 약 42 kg을 생산할 수 있어서 원료대비 쌀엿 생산량비는 약 52%인 것을 비추어 볼 때, 모델 B의 경우 공장 안에서 쌀 원료가 정체되어 투입 원료 대비 제품생산량이 떨어진 것을 알 수 있었다. 이같은 주된 이유는 기본 모델에 비해 원료 투입량이 2배로 증가하였고, 주간에 10시간 동안만 작업하고 야간에는 작업이 중단되기 때문에 투입 원료에 대한 생산량비는 조금 떨어진 것으로 사료되었다.

**대체모델 C (Alternative Model C)**

모델 A와 모델 B의 경우 쌀 침지조에서 쌀이 침지를 위해 평균 약 3.8시간 기다리고, 당화조에서는 쌀이 2.4시간, 맥아추출액이 약 7시간 이상 기다리므로, 본 대체모델에서는 쌀 침지조와 당화조 그리고 압착기를 1대씩 증설한 것으로 하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이 결과 쌀 침지조와 당화조의 활용도가 증가하였으며 생산량이 기존 모델에 비해 114%가 증가하여 약 2배의 쌀엿을 만들 수 있는 것으로 나타났으며, 모델 B에 비해서는 생산량이 약 32% 증가하였다. 또한 이 경우

6일동안 공장에 투입된 쌀의 양은 10,100 kg, 맥아가 840 kg, 참깨가 95 kg, 생강이 85 kg이고, 쌀엿 생산량은 4,627 kg으로서 쌀 원료에 대한 쌀엿 생산량비는 45.8%로 나타나 모델 B에 비해 약 2%가 증가하였다. 그리고 모델 B의 압착공정에서는 각 개체가 평균적으로 2.3시간을 기다리고 있었으나, 본 모델 C의 압착공정에서는 평균 약 1시간으로 기다리는 시간을 줄일 수 있었다. 그러나 압착기 1대 증가로 압착공정에서는 정체를 줄일 수 있으나 다음 공정인 조청 제조기에 정체가 발생하여 압착기 증설의 효과를 얻을 수 없었다.

#### 대체모델 D (Alternative Model D)

모델 C에서 압착기 증설의 효과가 없었기 때문에 모델 C와 같은 조건에서 압착기를 증설하지 않고 원래대로 압착기 1대만 사용한 경우에 공정을 분석한 결과, 모델 C에 비해 원료 정체도 및 기계 활용도 등의 다른 결과들이 비슷하였고, 오히려 생산량이 1.4% 증가하여 투입 원료에 대한 생산량비를 46.1%로 증가시킬 수 있었다. 이처럼 야간작업을 하지 않고 원래대로 주간 10시간 작업을 하면서, 시설 증설을 최소한으로 하며 공장의 생산성을 향상시킬 수 있는 작업공정은 모델 D 라고 사료되었다.

따라서 개발된 기본 모델을 가지고 대체모델링을 한 종합적인 결과로서, 쌀침지조와 당화조를 1대씩 증설하고, 쌀엿 절단 작업을 수작업에서 기계작업으로 전환하고, 원료 투입량을 12시간 간격으로하여 원료를 충분히 확보함으로써 생산량을 약 2.1배로 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

## 결 론

한국의 전통 쌀엿 제조공장인 창평 쌀엿공장의 모든 공정들을 모델화하였고 공장에서 실제로 측정된 자료를 기초로 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 그리고 개발된 모델을 검증하였으며 현 공장의 생산성을 높이고자 대체모델들을 개발하여 개선책을 다음과 같이 제시하였다.

1) 한국 전통 쌀엿제조공장의 시뮬레이션 모델을 SLAMSYSTEM을 사용하여 개발하였고 개발한 모델을 실제의 자료와 비교해 검증하였다. 실제 쌀엿공장에서의 하루 쌀엿 생산량은 350 kg이고 쌀 투입량 대비 쌀엿 생산량비는 52%인 반면, 모델에서의 하루 쌀엿 생산량은 360 kg으로 쌀 투입량 대비 생산량비는 51%로 아주 근사하게 나타났고, 모델에서의 참깨와 생강의 원료 투입량도 실제와 비교하였을 때 쌀엿공

장이 잘 모델화된 것으로 판명되었다.

2) 개발한 모델을 통해서 현 창평 쌀엿제조공장에서의 원료 대기정도, 병목현상, 기계들의 활용도, 주당 생산량 등을 분석한 결과, 쌀 침지조와 당화조 그리고 절단기 부분에서 많은 정체현상이 발생하였고, 전체적으로 기계들의 활용도가 떨어졌으며, 특히 수작업에 의한 쌀엿 절단작업으로 효율성 및 생산성이 매우 떨어졌다.

3) 대체모델에서 원료의 투입간격을 24시간에서 12시간 간격으로 줄이고 침지시간과 당화시간을 각각 8시간과 6시간으로 줄인 결과, 하루 생산성은 10%밖에 증가하지 않았으나 추가적으로 쌀엿 절단공정을 수작업에서 기계화로 전환한 경우에는 생산성이 기본 모델에 비해 82% 더 증가하였으며, 이때 원료 투입량에 대한 생산량비는 45.8%로 나타났다. 즉 본 모델에서는 절단작업의 기계화에 시설을 추가로 더 설치하지 않고서도 생산량을 약 1.8배 증가시킬 수 있었다. 따라서 공정시간을 적절하게 줄이고, 쌀엿 절단작업의 기계화가 절대적으로 필요하였다.

4) 생산량을 최고로 증가시킬 수 있는 대체모델로서는, 쌀 침지조와 당화조를 1대씩 증설하고, 쌀엿 절단작업을 수작업에서 기계작업으로 전환하며, 원료 투입량을 12시간 간격으로 하고 침지시간과 당화시간을 각각 8시간과 6시간으로 줄였을 때의 경우로서, 원료를 충분히 확보하고 공정의 효율성을 높임으로써 쌀엿 생산량을 약 2.1배로 증가시킬 수 있었고, 원료 투입량에 대한 생산량비도 46.1%로 높일 수 있었다.

## 문 헌

- 이종욱. 1992. 창평엿 제조에 관한 연구. 한국식품개발연구원, 전남대학교 농과대학 보고서.
- Chung, J.H. 1991. Simulation of a Rice Drying System. *Transaction of the ASAE*, **34**(5): 2065-2072.
- Jonatansson, E. and S.U. Randhawa. 1986. A Network Simulation Model of a Fish Processing Facility. *SIMULATION* **47**(1): 5-12.
- Prisker, A. and B. Alan. 1986. Introduction to Simulation and SLAM II, 3rd Edition, Halsted Press Book, John Wiley & Sons.
- Shah, S.A., M.R. Okos and G.V. Reklatis. 1983. Simulation Modeling of a Sausage Manufacturing Plant. *Transaction of the ASAE* **26**: 635-640.
- Shah, S.A., M.R. Okos and G.V. Reklatis. 1985a. Production Scheduling in Food Processing Plants, *Transaction of the ASAE* **28**: 2078-2082.
- Shah, S.A., M.R. Okos and G.V. Reklatis. 1985b. A SLAM Based Computer Simulation Model of a Meat Processing Plant, *Transaction of the ASAE* **28**(5): 1698-1703.