

우리나라의 낙농단지규모에 알맞는 사료가공시설의 모델개발(I)⁺ - TMR터미널의 모델 개발 -

Development of Farm Size Dairy Feedmill System in Korea(I) - Development of the TMR Terminal -

박경규* 김태욱*
K. K. Park T. W. Kim

Summary

In order to reduce the production cost and improve the quality of dairy feed, several dairy feed mill models suitable for Korean farm size were developed.

6 TMR models were developed for the 1000, 600, 200 head of dairy cattle, and evaluated for capital investments and production costs to suggest the best model.

Followings are summary of this study :

1. TMR terminal models were designed that dairy production capacity of TMR1000 models are 40 ton/day, TMR600 model is 20 ton/day and TMR200 models are 10 ton/day. Also, they can be extended their capacity up to twice.
2. Capital investment of TMR terminal models is 145 million won for TMR200-1, 205 million won for TMR600 and 609 million won for TMR1000-3 model.
3. The bigger TMR terminal model has the more advantage in production cost. The best model for 1000 head of dairy cattle farm was TMR1000-3 with 10,849 won/ton of production cost, TMR600 for 600 head of dairy cattle farm with 13,829 won/ton, TMR200-1 for 200 head of dairy cattle farm with 16,943 won/ton of production cost, so feed production cost for the 200 head farm was 50% higher than 1,000 head size farm.

1. 서론

배합사료 공장의 형태는 양계 양돈용과 젖소 고깃소용으로 구분되는데 전자는 주로 곡류를 섭취하는 가축이고 후자는 풀을 섭취하는 가축이기 때문에 원료 및 제조공정에서 많은 차이가

있다. 따라서 전문화 된 공장에서 별도로 생산하는 것이 품질관리 및 생산효율 측면에서 이상적이다. 그러나 우리나라 대부분의 사료공장은 구조적으로 양계 및 양돈용이지만 젖소용 사료 뿐 아니라 물고기 애완동물용 등 생산 가능한 사료는 모두 생산을 하고 있다. 이러한 비전문성에

* 경북대학교 농업기계공학과

+ 본 연구는 한국학술진흥재단 지원으로 수행되었음.

기인하는 생산효율의 저하와 과도한 투자는 결국 그 피해가 농민에게 돌아가게 되며 외국의 축산물과의 경쟁에서 더욱 불리하게 작용된다. 또한 외국에서 많이 볼 수 있는 젓소용 사료공장도 대규모 초지에서 생산되는 목초와 값싼 곡물을 주원료로 하는 대규모 낙농가에 적합한 것으로 경지면적이 협소하고, 부존 자원이 빈약한 우리나라의 소규모 축산농가에는 적합하지 않다 (박,1985).

배합사료는 여러가지 원료 곡물을 분쇄하여 단순히 물리적으로 배합한 것으로 원료 입자의 비중은 가벼운 것이 0.3 무거운 것은 1.2 까지 되어 차이가 심하고 또한 입자의 크기도 서로 크게 달라 가공 후 최종 소비 목장까지 운송할 경우 원료들이 분리되는 현상이 일어난다. 이와 같은 문제들을 방지하기 위하여 배합한 사료를 펠릿 (pellet), 익스투르전(extrusion) 등의 형태로 다시 가공하여 분리를 방지하는데 이러한 추가 공정을 위한 시설의 부담은 생산원가를 상승시키며 가공시 동력이 분말사료보다 2배이상 소요되어 에너지가 부족한 우리나라에는 적당하지 않다(박,1985).

따라서 본 연구의 목적은 우리나라의 농촌에서 손쉽게 구할 수 있는 조사료와 부산물 원료에 외부에서 구입한 주원료 곡물을 가축에게 공급하기 쉽게 가공하여, 농가의 마지막 단계에서 가축에 필요한 영양소 요구량을 만족 시킬 수 있도록 배합하여 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻을 수 있는 시설 즉, 우리나라의 낙농단계에 손쉽게 설치할 수 있는 TMR터미널의 모델을 개발하고 모델의 이용 가능성을 검토함에 있다.

2. 연구의 방법

본 연구에서 개발된 TMR터미널 모델은 기존 사료공장 시설에 비해 규모가 대단히 적은 소규

모 자가 사료공장의 모델을 개발하기 위해 가공 규모를 젓소 200~1,000두 규모의 가공시설을 기준으로 다음과 같은 방법으로 수행하였다. (1) 우리나라 낙농가에 적합한 몇 가지의 모델을 제시하고, (2) 제시된 모델에 대한 가공공정도를 작성하고, (3) 제시된 모델의 가공공정도에 따라 평면도 및 측면도를 작성하여, (4) 작성된 설계도면을 기초로 본 모델이 실제로 설치된 것으로 가정하여 각각의 모델에 대한 투자비용을 산출하고 (5) 또한 각각의 모델에 대해 노동비, 전기비 등 변동비용과 고정비용을 분석하여 사료 1톤 생산에 소요되는 비용을 산출하여, (6) 최종적으로 가축 사육 두수에 따르는 적정 모델을 제시하고 모델의 경제성을 검토하였다.

가. 모델의 구분 및 특징

우리나라의 낙농가에서 공급되는 사료는 크게 배합사료, 청초, 산야초, 사료작물, 건초, 사일리지, 볏짚, 대체사료(부산물 사료)로 구분되며, 배합사료 공장에서 가공되는 사료는 원료를 반입하여 저장하고 분쇄 후 배합기에서 액상원료를 첨가하여 배합 후 포장하여 반출하게 된다. 이러한 두가지 시스템을 복합하여 그림 1과 같은 낙농가에 알맞는 사료의 가공공정을 사육두수에 따라 규모별로 가공시설을 반입시설, 저장시설, 분쇄시설, 배합시설, 포장시설 및 기타집진시설 등과 같은 시설의 규모별 그리고 자동화 정도별로 TMR1000-1, TMR1000-2, TMR1000-3, TMR600, TMR200-1, TMR200-2의 6가지로 구분하여 개발하였다.

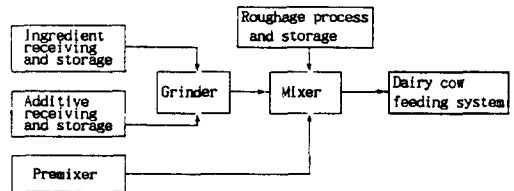


Fig. 1. Block diagram of TMR model mill in Korea.

TMR1000-1과 TMR1000-2는 원료의 반입, 저장, 가공, 계량, 배합, 포장 및 반출공정의 전반적인 공정에 대해 시설이 완비된 완전 공정 시스템으로 1,000두 사육 가능한 모델이며 그림 2는 이에 대한 가공공정도이다. 두 모델의 기계적인 시설은 동일한 반면 TMR1000-1은 원료의 계량을 완전 자동화한 시스템이고, TMR1000-2는 원료의 계량시설을 반자동화하여 인력으로 계량호퍼가 제어될 수 있게 하였다.

TMR1000-3은 저장사일로가 없는 것으로 이것도 1,000두 사육이 가능한 모델이며 그림 3은 이 모델에 대한 가공공정도이다.

TMR600은 배합기를 지상에 설치하고 제품저장빈이 없는 모델로 600두 사육이 가능하며 그림 4는 이 모델에 대한 가공공정도이다.

TMR200-1은 분쇄기를 지상에 설치하고 계량호퍼가 없는 모델로 200두 사육이 가능한 모델이며 그림 5는 이 모델에 대한 가공공정도이다.

그림 6은 TMR200-2 모델의 가공공정도를 나타내는 것으로 1일원료빈, 포장기 등과 같은 시설이 없고 소형 배합기를 중심으로 단순 배합공정을 위한 모델로 200두 사육이 가능하다.

각각의 모델에 대한 생산 규모는 작업시간 및 시설의 개선에 따라 1,000두 사육규모는 2,000두까지, 600두 사육규모는 1,000두까지, 200두 사육규모 중 TMR200-1은 600두, TMR200-2는 300두까지 생산 확장이 가능하다. 표 1은 모델별로 특징을 구분하여 나타낸 것이다.

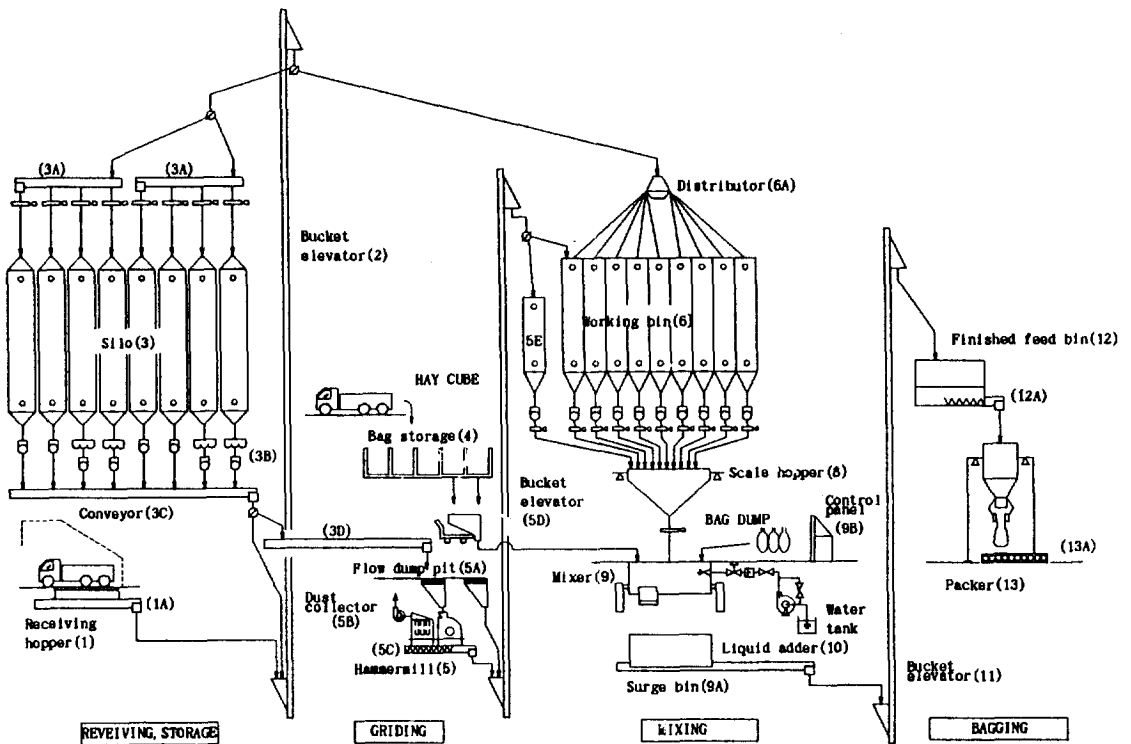


Fig. 2. The overall process flow of TMR1000-1, TMR1000-2.

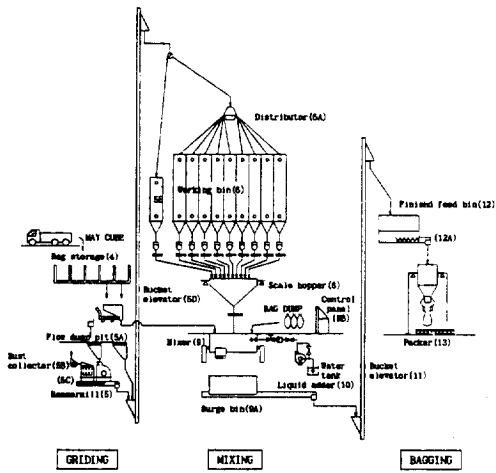


Fig. 3. The overall process flow of TMR1000-3.

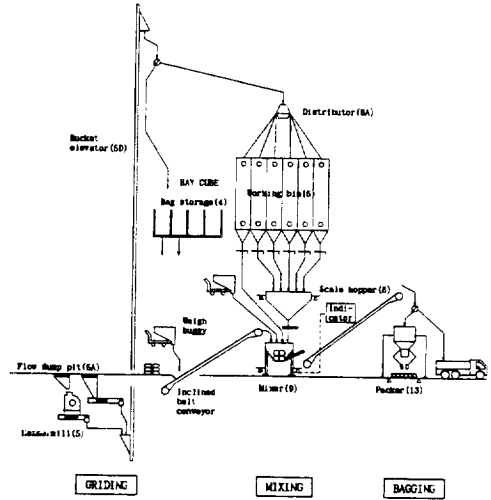


Fig. 4. The overall process flow of TMR600.

Table 1. Specification of the model mills.

Model Class	TMR 1000-1	TMR 1000-2	TMR 1000-3	TMR 600	TMR 200-1	TMR 200-2
Storage bin	40ton ×8	40ton ×8	None*	None*	None*	None*
Working bin	6m ³ ×9	6m ³ ×9	6m ³ ×9	6m ³ ×6	6m ³ ×4	None
Scale hopper	2ton	2ton	2ton	2ton	None	None
Automatic	Auto- matic	Semi- auto	Semi- auto	Semi- auto	Manual	Manual
Capacity** (ton/day)	1,000 (40)	1,000 (40)	1,000 (40)	600 (20)	200 (10)	200 (6)
Maximum Potential capacity**	2,000 (80)	2,000 (80)	2,000 (80)	1,000 (40)	600 (20)	500 (15)

* : Ingredients are being stored at warehouse.

** : Number of dairy cow(upper digit) and operation hour is 4hr/day (lower digit).

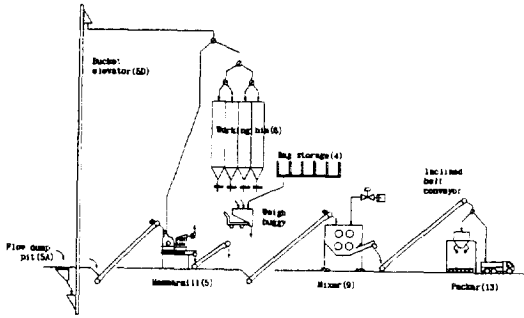


Fig. 5. The overall process flow of TMR200-1.

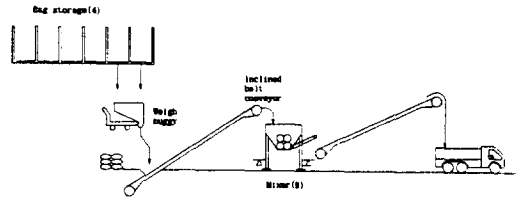


Fig. 6. The overall process flow of TMR200-2.

나. 모델의 가공공정

본 연구에서 개발한 모델의 운영은 1일 사료 생산량이 적기 때문에 하루 종일 가동하지 않으며 오전 4시간은 사료를 가공하고 오후 시간은 다음날 가공을 위한 준비 작업을 하도록 하였다. 그러므로 TMR1000-1인 경우 1일 가공량이 40톤이므로 시간당 가공량은 10톤이다.

그림 2는 모델 TMR1000-1 및 TMR1000-2의 가공공정도를 나타내는 것으로 이 모델을 기준으로 하여 가공공정도를 자세히 설명하면 다음과 같다.

1) 반입 및 저장시설

반입되는 주원료는 벌크(bulk) 혹은 포대상태로 반입되며 곡물이나 어분 같은 벌크상태의 원료는 트럭으로 반입호퍼(1)에 반입되어 컨베이어(1A)를 거쳐 반입송강기(2)를 통하여 분배기(6A)에 의해 1일원료빈(6)으로 보내지거나 벨트와 수평컨베이어(3A)에 의해 외부저장사일로(3)에 저장되어 가공이 될 때 까지 저장된다. 모든 곡물원료와 부피가 큰 부원료는 건물에 인접해 있는 외부저장사일로에 저장되고 부피가 작은 부원료는 배합기 위에 있는 1일원료빈에 저장된다.

또한 타 농산물 가공공장으로 부터 운송된 부산물인 박류(탈지 대두박, 해바라기박 등) 등과 외

국에서 수입되는 비트 펄프나 펠렛화 된 알팔파 등도 같이 외부저장사일로에 반송되어 가공될 때 까지 저장된다. 포대상태의 원료는 트럭으로 반입되어 창고에 저장된다.

외부저장사일로, 1일원료빈 및 창고는 반입원료의 저장용으로 사용되며 외부저장사일로는 양이 많은 원료에 사용된다. 이 원료들은 컨베이어(3C)로 반출되어 승강기(2)를 거쳐 분배기(6A)를 통하여 1일원료빈(6)에 저장된다. 1일원료빈으로부터 중력에 의해 배합기(9)로 투입하기 위해 오버 헤드브릿을 사용한다. 1일원료빈은 9개의 사각빈으로 구성되어 있으며 하루작업이 끝난 후 다음날 소요될 양을 예측하여 미리 투입도 가능하다.

분량이 작은 사료 첨가제와 반송기로 운반이 곤란한 헤이큐브(hay cube)나 건초, 맥주박, 면실(cotton seed) 등은 평창고(4)로 운송되어 저장된다. 외부저장사일로가 없는 모델 TMR1000-3, 600 및 200은 포장상태로 반입되어 가공될 때 까지 평창고(4)에 저장되거나 야적된다. 그러므로 이 원료들은 플로어 덤프핏(floor dump pit, 5A)을 통하여 승강기(5D)를 거쳐 분배기(6A)로 1일원료빈(6)에 투입된다.

2) 분쇄시설

분쇄가 필요한 옥수수과 같은 알곡 원료 또는 헤이큐브와 같은 덩어리 원료들은 반출 컨베이

어(3C, 3D)를 거쳐 플로어 덤프핏(5A)을 통하여 분쇄기(5)로 반송되어 배합에 알맞은 입자의 크기로 분쇄된 후에 1일원료빈으로 보내진다. 분쇄기는 분쇄 중 발생하는 먼지들을 빨아들이는 집진시설(5B)이 설치되어 있다. 집진시설은 백 필터(bag filter)형 또는 사이클론(cyclone)형 어느 것이나 가능하다. 또한 평창고(4)에서 반입되는 원료도 플로어 덤프핏(floor dump pit, 5A)을 통하여 분쇄기(5)에서 분쇄 가능하고 분쇄 후 역시 분쇄용 승강기(5D)를 통하여 분쇄 원료빈(5E)으로 반송된 후 배합공정으로 들어가게 된다.

3) 배합시설

1일원료빈으로부터 공급되는 원료는 계량호퍼에서 계량되어 제어판(control panel, 9B)에서 제어되어 배합기(9)에 투입된다. 계량방식은 전산화하여 완전자동화(TMR1000-1)도 가능하며 디지털 계량기에 의한 반자동식(TMR1000-2)도 가능하다.

계량호퍼가 없는 TMR200-1 모델의 경우에는 계량차(weigh buggy)에 의하여 원료별로 계량이된 후 배합기(9)로 직접 투입된다. 계량차는 1일원료빈 바로 아래에서 중력으로 낙하하는 원료를 100kg에서 500kg 까지 받아서 배합기로 운반하여 투입하는 기기로 무게의 계량은 디지털 또는 아날로그 방식으로 계량된다. TMR200-2는 평창고에서 인력으로 계량하여 경사 컨베이어에 의해 배합기에 투입된다. 계량차는 바퀴가 부착되어 있어 작업인 1명이 충분히 작동할 수 있다. 또한 계량호퍼가 있어도 평창고에 저장된 원료는 계량차에 의하여 원료별로 계량이된 후 배합기(9)로 직접 투입되기도 하며 원료 중 포대상태로 반입된 원료는 배합기(9)로 직접 중력으로 투입된다. 배합공정 중에 물 또는 첨가제를 희석한 액체나 당밀과 같은 액상원료 등은 필요한 경우 펌프(10)로 가압하여 배합기에 분사되며 습식사료의 경우 함유율이 40% 까지 가능하다. 배합이 완료된 사료는 배합기 바로 아래 설

치된 배합기 서지빈(surge bin, 9A)으로 투입되고, 이후 제품 승강기(11)을 통하여 제품 대기빈(12)에서 포장이 될 때까지 대기하게 된다. 배합된 사료가 서지빈으로 투입되면 배합기에는 새로 계량된 원료가 즉시 계량호퍼로부터 투입되며 새로운 배합공정이 시작된다.

가장 널리 사용되는 배합기는 수직배합기, 수평배합기 및 연속식 배합기인데 본 연구에서는 수평배합기를 채택하였다. 수평배합기는 비교적 소형으로 1회 투입용량이 1톤에서 2톤 정도이지만 필요에 따라 배합기 용량을 다르게 할 수 있다.

4) 포장시설

포장기(13)는 일반적으로 500kg 용량의 타이콘 백(tycon bag)으로 포장되도록 되어 있으며, 포장한 후 각각의 사육장으로 운송 하게 되는데, 경우에 따라서 40kg 또는 이와 유사한 크기의 포장이 가능하다.

5) 기타시설

기타시설로는 집진시설 및 제어시설 등이 있으며, 집진시설은 반입호퍼 및 분쇄시설로부터 발생하는 먼지를 백 필터로 집진한다. 제어시설은 운영자의 도움 없이 원료의 최적 배합비율, 배합시간 및 전체 시스템의 운영상태 등을 관리할 수 있는 장치로 TMR1000-1은 완전자동이고 TMR1000-2, TMR1000-3 및 TMR600은 반자동 시설이며 TMR200-1 및 TMR200-2는 수동방식이다.

다. 배합 사이클 및 가공시설의 용량 결정

배치형(batch type) 배합기 1사이클의 소요시간은 투입(fill time), 배합(mix time), 배출(emptying time), 대기시간(dead time)으로 구성된다. Pfost 등(1976)에 의하면 1개의 배치형 배합기의 시간당 생산성은 다음 식과 같다.

$$PPH = \frac{60 \times MC \times \epsilon}{FT + MT + ET + DT} \text{ (ton/hr)} \dots\dots (1)$$

여기서,

PPH : 배합기 시간당 생산능력, ton/hr
 MC : 배합기 용량(본 모델에서 2톤, 1톤, 0.5톤), ton
 ϵ : 효율(일반적으로 80%), decimal
 FT : 투입시간(fill time), min

MT : 배합시간(mix time), min
 ET : 배출시간(emptying time), min
 DT : 대기시간(dead time), min
 표 2는 위의 식과 경험적 자료를 근거로 하여 각 모델의 성능을 나타낸 것이다.

Table 2. Batching cycle and mixer capacity of the model mills.

Class \ Model	TMR 1000-1		TMR 1000-2		TMR 1000-3		TMR 600		TMR 200-1		TMR 200-2	
Mixer working capacity(ton)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0.5	0.5
Fill time(min)	1	1	1	1	1	1	4	4	5	5	3	3
Mix time(min)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Emptying time(min)	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2
Dead time(min)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Efficiency, ϵ	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Capacity (ton/hr)	12	12	12	12	12	12	7.4	7.4	3.4	3.4	1.8	1.8

라. 기계 및 시설의 기본 배치

TMR1000-1과 TMR1000-2의 시스템 평면도는 그림 7과 같이 도면의 상단부분이 곡물 원료 반입시설(1)과 저장시설(3)이고, 하단부분이 포대원료 및 사일로에 저장하기 곤란한 원료들을 저장하기 위한 창고시설(4)이다. 또한 건물의 중앙부분에 원료분쇄시설(5)과 1일원료빈(6)이 위치하고 있으며, 1일원료빈 바로 아래 계량호퍼(8)가 있고 계량호퍼 아래에 배합기(9)가 위치

하고 있다. 1일원료빈 우측에 제품저장빈(12)과 포장기(13)가 있다. 건물의 좌측부분은 원료의 저장부가 되고 우측은 제품의 저장부가 된다.

TMR1000-3, TMR600, TMR200-1, TMR200-2의 경우에는 원료의 반입시설(1)과 저장시설(3)은 고려하지 않았다.

그림 8은 TMR1000-1과 TMR1000-2 모델의 중심부(Section A-A)에 대한 측면도를 나타내는 것으로 분쇄기, 1일원료빈, 계량호퍼, 배합기, 제품저장빈 및 포장시설을 보여주고 있다.

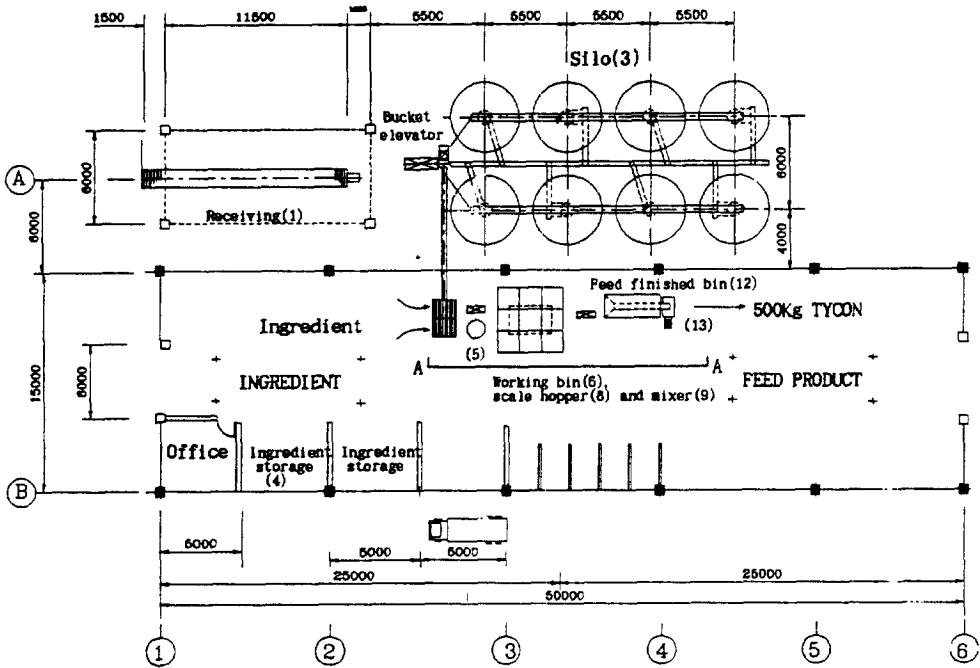


Fig. 7. Layout of the model TMR1000-1 and TMR1000-2.

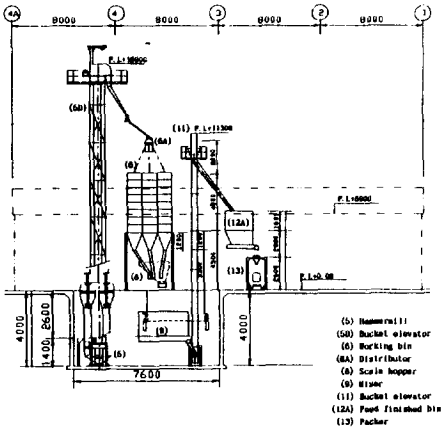


Fig. 8. Details of mixing, grinding and bagging system(section A-A).

마. 모델별 장단점

앞에서 제시된 각 모델별 공정 및 기본 배치에서 본 바와 같이 개발된 모델의 특징을 설명하면 다음과 같다.

1) TMR1000-1

모든 시설이 자동화 되어 있어 인력이 절감되며, 모든 자료가 전산화된 프로그램에 입력되어 있어 계량오차가 적으며 계량시간(batching cycle)이 단축되어 단위시간당 생산능력이 높다. 반면 표 4에서 보는 바와 같이 초기에 투자비용이 높은 문제점이 있다. 사료생산량은 배합사이클 각 과정의 소요 시간은 원료투입 1분, 배합시간 5분, 반출 및 대기 등 기타 시간 3분으로 가정하면 1 배치 시간이 9분이기 때문에 1일 4시간 작업을 한다고 가정하면 2톤 배합기로 1일 약 40톤 생산이 가능하며, 월 25일 작업시에는 연간 12,000톤이 생산된다.

2) TMR1000-2

모든 시설은 TMR1000-1과 같으나 계량장치는 반자동화가 되어 있어 계량작업을 하는 작업인원 한명이 더 추가로 필요하게 되지만, 사료생

산량은 TMR1000-1과 같이 1일 40톤 생산이 가능하며 초기의 투자비용이 TMR1000-1보다 다소 저렴하다.

3) TMR1000-3

알곡원료를 반입 및 저장할 시설이 없어 원료를 포대로 하차 하고, 저장도 평창고 또는 외부에 야적을 하여야 한다. 따라서 하차시에 많은 노동력이 소요되고 또한 원료의 저장 중에 외기의 변화에 따라 원료의 품질 저하가 문제된다. 이외에 1일원료빈에도 작업인들이 포대로 운반하여 플러여 덤프펏으로 투입하여야 하는 번거로움이 있어 소요노동력이 TMR1000-2 보다 4명정도 더 필요하게 되는 반면 초기 투자비용은 매우 적게 든다. 배합 사이클의 소요시간이 TMR 1000-2와 같기 때문에 생산용량은 같다.

4) TMR600

작업공정은 모델 TMR1000-3과 거의 같으나 배합기가 상부에 노출되어 있어 평창고 원료를 경사 컨베이어를 이용해 투입하며 제품 승강기 및 제품 대기빈이 없어 배합된 사료를 경사 컨베이어로 직접 출하한다. 사료생산량은 배합 사이클 각 과정의 소요시간을 원료투입에 4분, 배합시간 5분, 반출 및 대기 등 기타 시간 4분으로 가정하면 1배치의 처리시간이 13분이기 때문에 1일 4시간 작업시 1일 약 20톤 생산이 가능하며, 월 25일 작업시에는 연간 6,000톤이 생산된다.

5) TMR200-1

이 모델은 분쇄기 배합기가 지상부에 있고 계량호퍼가 없으나 전체적인 공정은 TMR600과 유사하다. 계량호퍼가 없기 때문에 배합원료별

Table 3. Labor assignment sheet of the model mill.

Model		TMR 1000-1	TMR 1000-2	TMR 1000-3	TMR 600	TMR 200-1	TMR 200-2
Morning operation	Bag dump	0	0	2	2	1	2
	Scale	0	0	0	0	1	2
	Packing	1	1	1	1	1	0
	Miscellaneous	1	2	2	2	1	2
	Manager	1	1	1	1	1	1
Afternoon operation	Ingredient receiving	1	1	3	2	2	2
	Prepare for next days operation	1	2	3	2	2	2
	Miscellaneous	1	1	2	3	1	3
Clerk(woman)		1	1	1	1	0	0
Total		4	5	9	8	5	7

로 작업인들이 계량차로 받아내어 배합기로 투입하여야 하므로 계량작업 인원이 2명정도 필요하게 된다. 배합사이클은 14분으로 1톤 배합기로 1일 4시간 작업시 1일 약 10톤, 연 3,000톤 생산이 가능하다.

6) TMR200-2

다른 공정은 없고 단순히 소규모 배합을 위한 모델로 초기비용이 저렴하나 노동력이 많이 투입되고 공정관리가 곤란한 단점이 있다. 배합사이클 소요시간은 11분으로 0.5톤 배합기로 1일 4시간 작업시 1일 약 6톤, 연 1,800톤 생산이 가능하다.

이러한 모델별 특징을 분석하여 공장 가동에 소요되는 작업인원을 분석하여 보면 표 3과 같다.

바. 모델 시스템의 규모

공장의 사료 생산규모는 사료의 생산비용에 큰 영향을 미치는데, 일반적으로 생산 규모가 클수록 고정비용이 작아져서 경제성이 좋아진다. 그러나 우리나라의 경우 지역적인 낙농단지의 규모가 20농가에서 200농가 정도이고 사육두수로 환산하면 200에서 2,000 마리 정도가 된다. 또한 1두당 사료 섭취량을 1일 30kg으로 환산하면 1일 생산 규모는 6톤에서 60톤 정도가 되고, 그 이상 큰 규모는 운반 거리가 문제가 되어 의

미가 없을 것으로 사료되어 본 연구에서는 각 모델의 생산 규모를 6~60톤/일 규모의 시설을 기준으로 개발하였다.

또한 1일 작업은 가능한 오전 중에 사료의 배합을 종결 하고, 오후에는 원료의 반입 및 다음날의 작업 준비를 하는 것으로 시설의 규모를 결정하였다.

3. 모델의 경제성 분석

가. 투자비용

본 연구에서 개발된 6개의 모델에 대하여 다음과 같은 가정하에 소요 투자비용과 이용비용을 산출하였으며 모든 가격은 1993년 12월을 기준으로 하였다.

소요토지면적은 소요건물면적, 저장시설, 주차장시설 및 장애에 추가될 시설물을 고려하여 산출하였다.

투자비용은 기계구입과 그 설치비용, 토지구입비, 건축비, 전기시설 및 기타 비용으로 구분하여 분석하였다. 건축비용은 소요건물에 대한 일반 건축물 설계비 산정 기준에 의하여 산출하였으며, 기계 및 시설의 가격은 물가정보 등과 같은 자료를 이용하거나 기계제작회사에 의뢰하여 산출하였으며 모델별로 산출된 소요비용은 표 4와 같다.

Table 4. Capital requirement of the model mill.

unit : 1,000won

Model Items	TMR 1000-1	TMR 1000-2	TMR 1000-3	TMR 600	TMR 200-1	TMR 200-2
Land	50,000	50,000	50,000	25,000	10,000	10,000
Civil & architecture	246,750	246,750	194,750	70,000	36,000	36,000
Machine installation	481,735	481,735	238,568	107,928	70,725	24,000
Electrical installati.	109,250	74,750	69,000	12,650	6,900	6,325
Others	81,400	80,400	57,400	36,900	16,800	15,300
Total	969,135	933,635	609,718	252,478	140,425	91,625

나. 이용비용

이용비용은 고정비용과 변동비용으로 구분하였으며 이의 구체적인 항목들은 표 5와 같다.

Table 5. Factors for the cost analysis.

Fixed cost	Variable cost
Depreciation, Interest	Electric(used)
Electric(contract)	Fuel
Labor(fixed)	Labor(sundry)
Insurance, Tax	Repair and maintenance
Administrative Supplement	

1) 고정비용

모델의 건물 및 시설비용에 대한 감가상각비는 직선법을 적용하여 산출하였다. 내구년한은 건물의 경우 40년(Park, 1982), 기계류는 17년(Henderson, 1976)으로 하였으나 포크 리프트와 계량차 같은 일부 기계는 10년(Park, 1982)으로 하였다. 또한 폐기가격은 구입가격의 10%

로 가정 하였다.

이자는 총투자비용에 대하여 적용하였는데, 농협으로부터 1농가당 500만원 차입을 계상하여 TMR1000의 경우 60농가가 3억원을 차입, TMR 600의 경우 30농가가 1억5천만원을 차입, TMR 200의 경우 10농가가 5천만원을 차입하는 것으로 하였으며 차입금의 상환 방법과 이율은 3년 거치 7년상환 연리 5%(서울우유협동조합, 1992)로 계산하였고 투자비용 중 나머지는 연리 14%의 농협이자를 적용하였다. 보험은 건물 및 시설 투자비용의 연간 0.1%를 적용하였다.

노임 중 공장장, 포크리프트 기사, 사무원은 고정비용으로 계산하였으며 각 모델별 노임은 표 6과 같다. 전기비용의 계산은 계약전력 kW당 3,280원/월(한국전력공사, 1992)을 고정비용으로 계산하였고 세금은 정부에서 인가된 단위조합형태로 가정하여 면세가 가능한 것으로 하였고, 사무비용 및 기타 잡비는 정부미 도정공장을 참고로 하여 총변동비의 년 2.1%로 가정하였다(박, 1985).

Table 6. Labor cost of the model mills.

unit : 1,000won/year

Labor type	Model	TMR 1000-1	TMR 1000-2	TMR 1000-3	TMR 600	TMR 200-1	TMR 200-2	Monthly salary
	Manager		8,400×1	8,400×1	8,400×1	8,400×1	8,400×1	
Fork lifter		7,200×1	7,200×1	7,200×1	7,200×1	-	-	600
Clerk(woman)		4,800×1	4,800×1	4,800×1	4,800×1	-	-	400
Sub total		20,400	20,400	20,400	20,400	8,400	8,400	
Sundry		6,000×1	6,000×2	6,000×3	6,000×4	6,000×5	6,000×6	500
Total		26,400	32,400	56,400	50,400	32,400	44,400	

2) 변동비용

전기비용은 곡물의 운반용기기, 저장용기기, 분쇄용기기, 배합용기기 등 전기 기기가 장치된 모든 기기의 연간 사용시간에 대한 사용전력을 합산하여 산업용 저압전력을 기준으로 사용전력 kWh당 36원으로 계산하였다. 원료 이송기기의 충진율은 80%로 산정하였다.

잡급식의 노임은 월 50만원으로 하여 변동비용으로 계산하였으며 각 모델별로 산출한 인건비는 표 6과 같다. 연간 수리유지비는 기계구입가격의 3%로 가정하여(Vosloh, 1976) 산출하였다.

3) 총이용비용

각 모델의 1일 운전시간을 4시간 기준으로 하여 사료 1톤 생산에 소요되는 고정비와 변동비를 합한 직접 생산비를 모델별로 산출한 결과는 표 7과 같다. 직접 생산비는 1,000두 규모에서는 TMR1000-3이 10,849원/톤으로 가장 경제적인 모델로 나타났고, 600두 규모의 TMR600은 13,829원/톤으로, 200두 규모에서는 TMR200-1이 16,943원/톤으로 각각 나타났다. 이러한 결과는 규모가 증가할 수록 경제성이 좋은 규모임을 보여주고 있다. 여기에서 TMR200-2 모델은 투자

비용이 가장 저렴하지만 고용인원이 많아 변동 비용이 높게 나타나서 사료생산비용은 30,357원/톤으로 TMR200-1 보다 거의 2배 가까운 크기로 나타났다.

그림 9는 가동율의 변화에 따른 생산비용을 모델별로 분석한 결과를 나타낸 것으로 초기 고정 투자비용이 높은 TMR1000-1, 1000-2의 경우 가동율이 증가함에 따라 생산비용이 급격히 하락하므로 가능한 곡선의 경사가 완만한 범위 까지 가동율을 높여야 할 것으로 사료되었다.

Table 7. Yearly operation cost and cost per ton of the model mills. unit : 1,000won

Items \ Model	TMR 1000-1	TMR 1000-2	TMR 1000-3	TMR 600	TMR 200-1	TMR 200-2
Fixed cost(won/ton)	10.619	10.243	6.832	7.756	7.972	9.646
Variable cost(won/ton)	2.201	2.615	4.017	6.073	8.971	20.711
Total(won/year)	153,844	154,301	130,019	82,973	50,828	54,642
Productive cost(won/ton)	12.820	12.88	10.849	13.829	16.943	30.357

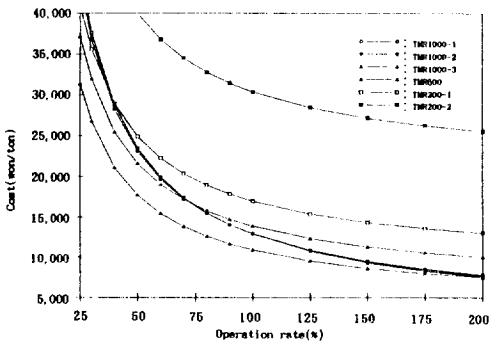


Fig. 9. Relation between operation rate and production costs of the model mills.

다. 영농단지 규모별 적정모델

앞에서 분석된 사료공장 시스템의 이용비용은 그림 9에서 나타났듯이 모델의 시설 규모가 클 수록 고정비용이 적게 나타났다. 그러나 사육두 수가 한정된 곳에서 무조건 큰 규모를 시설하여

가동율이 떨어지게 하는 것은 그만큼 생산비용이 높아지기 때문에 바람직하지 못한 것이다. 따라서 현재 200두 규모의 단지에서는 TMR200-1 모델을 설치하고 이후 사육 두수가 증가하면 계랑호퍼를 추가로 설치하고 일부 시설을 보완하면 600두 규모까지 증산이 가능하다. 또한 600두 규모에서는 TMR600을 설치하고 이후 규모의 확장은 용량이 큰 배합기로 교체하고 작업시간을 증가하면 1,000두 규모까지 생산 가능하다. 그리고 현재 1,000두 규모에서는 TMR1000-3 모델을 설치하고 후에 저장사일로를 설치하면 2,000두 규모까지 생산 가능하게 하는 것이 바람직하다.

본 연구에서 개발한 TMR터미널 모델 시스템은 낙농단지 규모에 유용한 모델이다. TMR터미널은 지역에서 생산되는 목초, 산야초, 볏짚 뿐만 아니라 인근의 산업시설에서 생산되는 부산물 등을 적정 비율로 배합하여 낙농가에 공급하는

것이 기본 가정이었다. 그러나 이와 같은 TMR 터미널 모델은 TMR터미널 지역에서 생산되는 부산물이 전 소요량의 일부분일 경우는 원료의 대부분을 어떤 특정 가공시설로부터 공급 받아야 한다. 이러한 원료 공급 과정에서 TMR터미널 모델에 부적합한 원료가 공급되고 지역에서 생산되는 부산물 및 낙농단지에서 생산되는 조사료를 부적절한 배합비율로 배합할 경우 TMR의 사료가치를 하락시킬 뿐 아니라 생산단가를 상승시킨다. 또한 지역TMR에 설치되는 모델은 사료가공 전문가가 전문적인 지식을 갖고 운영하는 시설이 아니라 비전문가인 낙농단체의 일부분이 운영하는 시설이므로 특정 단체로부터 배합비율 등과 같은 전문지식을 전달받을 수 있는 정보 공급체계가 필요하다.

즉 TMR터미널 시설의 운영을 극대화 하기 위해서는 조사료, 원료곡물 및 예비배합물의 구입과 저장 및 배급 기능을 할 수 있고, 지역특성 및 원료특성에 적합한 배합비율 및 각종 축산정보를 제공하며, 저렴하고 안정된 조사료의 공급을 위해 국내 혹은 중국, 몽고 등과 같은 인근국가에서 조사료원을 발굴하여 가공 운반 수송 및 저장기능을 가진 TMR 지원시설과 연계된 시스템으로 운영하면 TMR터미널 운영의 안정성과 그 경제성은 향상될 것으로 예상된다.

4. 요약 및 결론

현재 낙농가에서 급여하는 배합사료는 공장의 비전문화에 따르는 생산효율의 저하, 가축 사육농가의 조사료 및 부산물 사료 공급량을 고려하지 않은 배합비율, 과도한 투자비용에 따르는 생산원가 상승 등의 여러가지 문제들을 가지고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 하나의 방안으로 지역별 또는 낙농단지별로 규모에 알맞은 소규모 젖소 전용 사료가공시설의 모델 6가지

개발하였으며, 각각의 모델에 대한 투자비용 및 이용비용을 분석하여 모델별 적정규모를 제시하였다. 이상의 분석 결과는 다음과 같이 요약할 수가 있다.

1. 본 연구에서 개발한 모델은 1,000두 규모의 모델로서 TMR1000-1, TMR1000-2, TMR1000-3, 600두 규모의 모델로서 TMR600, 또한 200두 규모의 모델로서 TMR200-1, TMR200-2 등 모두 6가지 이다. 각 모델의 주요공정은 반입, 저장, 분쇄, 계량, 배합, 포장의 6가지 이고 각 모델의 기본 설비는 같으나 자동화와 저장시설 및 계량호퍼의 유무, 규모의 크기 정도에 따라 시설의 차이를 뒀으므로 투자비용과 소요 노동력 그리고 생산능율이 서로 다르게 나타나도록 하였다.
2. 각 모델의 1일 생산량은 TMR1000의 경우 40톤, TMR600의 경우 20톤, TMR200의 경우 10톤으로 설계한 것이나 최대생산량은 설계기준량의 2배까지 가능하다.
3. 예상되는 투자비용은 TMR200-1의 경우 1억4천5백만원, TMR600의 경우 2억5천만원, TMR1000-3의 경우 6억9백만원이 소요되는 것으로 나타났다.
4. 생산 비용은 모델의 규모가 커질수록 현저하게 감소하는데 1,000두 규모에서는 TMR1000-3이 경제적인 모델로 나타났으며 이 모델에서 생산되는 사료의 생산비용은 10,849원/톤으로 나타났다. 그리고 600두 규모의 TMR600에 대한 사료의 생산비용은 13,829원/톤으로 분석되었다. 200두 규모의 적정모델은 TMR200-1로서 이 모델에 의한 사료 생산비용은 16,943원/톤으로서 200두 규모의 사료 생산비용은 1,000두 규모의 모델보다 약 50% 더 높게 나타났다.
5. 본 연구에서 개발한 모델의 효율을 극대화하기 위해서는 이를 효과적으로 지원할 수 있는 TMR 지원시설 개발의 필요성이 나타났다.

참 고 문 헌

1. 물가자료 : 1993, 월간물가자료, 한국물가협회.
2. 박경규, 정도섭, R.McElhiney : 1983, 컴퓨터 프로그램에 의한 사료공장의 설계, 한국농업기계학회지 8(2), pp. 86~98.
3. 박경규 : 1985, 사료기술단기과정, 배합사료공장의 설계, 한국사료협회.
4. 박경규 : 1985, 한국에 있어서 미국의 건조 및 저장을 위한 시스템의 모델개발 및 적정규모에 관한 연구, 한국과학기술재단 연구보고서.
5. 박경규, 김태욱, 이정호 : 1987, 젓소의 적정 사료급여시스템 결정(I), 한국축산학회지 28(12) : 783-794.
6. 박경규, 김태욱, 장윤환 : 1987, 젓소의 적정 사료급여시스템 결정(II), 한국축산학회지 28(12) : 789-794.
7. 박경규, 김태욱 : 1993, 한국의 낙농단지규모에 알맞는 사료가공시설의 모델 개발, 한국학술진흥재단 연구보고서.
8. 서성 : 1994, 우리나라 조사료 이용의 현실과 미래, 월간서울우유 26(4) : 40-53.
9. 정인걸 : 1992, TMR 시스템, 알프스축산기술센터.
10. 정인걸 : 1992, TMR 시스템과 영양관리, 월간서울우유 24(12) : 22-27.
11. Henderson, S. M. and Perry R. L : 1976, Agricultural Processing Engineering, The Avi Publishing Company, Inc Westpoint, Connecticut.
12. MWPS-13 : 1974, For livestock and cash-grain farms, Midwest West Plan Service, ISBN 0-089373-007-6, ISU, Ames Iowa 50011.
13. Park, K. K. and Chung, D. S : 1982, Modeling and computer programing of feed mill, ASAE paper No.82-3020.
14. Park, K. K : 1982, Modeling and optimization of feed mill. Unpublished Ph D Dessertation, Dept. of Agr. Engineering, Kansas State University. Manhattan Kansas, 66056.
15. Park, K.K. and D.S.Chung : 1982, Modeling and Computer Programming of Feed Mill, ASAE Paper No.82-3020, ASAE St. Joseph, Mi. 49805.
16. Park, K. K. : 1982, Modeling and Optimization of Feed Mill, Ph. D Thesis, K.S.U.Manhattan Ks.
17. Pfof, Harry B. : 1976, Feed mixing, Feed Manufacturing Technology, AFMA, Arlington Va.
18. Vosloh, Carl J : 1976, Feed manufacturing cost and capital requirement, Agricultural economic report No. 335, United State Department of Agriculture, Washington D. C.