

동력경운기 견인형 TMF 배합기의 개발

Development of a Power-tiller TMF Mixer

조기현	이정택	백 이
정회원	정회원	정회원
K. H. Cho	J. T. Lee	Y. Paek

ABSTRACT

One of the obstructing factors against managing dairy farm has been heavy labor requirement for feeding dairy cows. A Power-tiller TMF mixer was developed to reduce the cost and to provide economic benefit. The TMF mixer was designed by the feeding capacity of 20~30 heads at a batch with various functioning systems of auger type mixer, delivery conveyer, weighing console, pipe heater type heating system, power transmission train and mounting trailer. According to the study resulted, it showed that 1,200rpm, 1,600rpm, 2,000rpm and 2,300rpm were 6ps, 8ps, 10ps and 12ps respectively. and that reduced shaft output by 15%. On the fodder mixer attached powertiller, initial output was necessary large torque. And the heating system was maintaining uniform temperature 60°C relatively.

Keywords : TMF(Total Mixed Fermentation) mixer, Heating system, PTO(Power take off), Power tiller.

1. 서 론

최근, 농축산물 수입 개방과 가축 광우병 문제등이 대두되면서, 국내의 축산업계는 열악한 환경조건으로 인하여 운영에 커다란 어려움에 처해 있는 실정이다. 국내소의 사육두수를 보면 한우의 경우 1995년 2,594천두에서 2000년 1,590천두로 약 39% 감소하였고, 젖소의 경우는 553천두에서 2000년 554천두로 큰 변화가 없었다. 전업농의 경우 가구당 사육두수가 한우는 약 5두, 젖소는 40두 정도이다(국립농산물품질관리원, 2000). 이러한 소규모의 사육이기 때문에 사실적으로 기계화가 되어지기 어

려왔던 것이다. 낙농가 사육에 있어서 가장 많은 시간이 소비되는 부분은 젖소의 경우 착유와 우유의 처리시간이며, 다음으로 사료의 급여에 많은 시간이 소요되어지고 있다. 실제로 사육두수 1마리당 연간 약 200여 시간이 사육에 투입되어지고 있다(Kim, 1995). 그러나 외국의 경우는 불과 70여 시간으로 우리나라의 1/3 수준에 지나지 않는다. 우리나라의 사료급여 체계를 살펴보면 양계, 양돈의 경우는 대부분의 먹이가 곡류를 섭취하기 때문에 배합사료 공장에서 배합되어진 사료를 그대로 급여하면 되지만 젖소의 경우는 곡류 이외에 목초, 볏짚, 사일리지 등의 섬유질 조사료를 일반 배합사료와 혼

This study was conducted by the research fund supported by Kyongsang Buk Do, Small and Medium Business Administration. The authors are K. H. Cho, Dept. of Vehicle Machines, Kyongdo Provincial College, Yechon, Korea; J. T. Lee, Research Assistant, Agricultural Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea. Y. Paek, Research Assistant, National Agricultural Mechanization Research Institute. The corresponding author is K. H. Cho, Dept. of Vehicle Machines, Kyongdo Provincial College, Yechon, 757-800, Korea. E-mail: <keval@hanmail.net>.

합하여 급여하게 된다(Kim, 1992). 이러한 사료의 급여과정은 상당한 노동력이 요구되어지게 된다. 따라서 우유 및 육유의 생산비용을 증가시킬 뿐만 아니라 소규모 사육에서 벗어나지 못하게 되는 원인이자 할 수 있다(Gi, 2000).

또 다른 문제로서는 배합사료와 조사료의 배합에 있어서 일반적으로 사육농가가 젖소의 영양소 요구량 또는 생산비 등을 고려하지 않고 임의대로 배합하여 급여하는 것이다. 이는 영양소 요구량의 부족 및 과잉을 초래하여 생산품의 품질저하 및 생산비 상승의 주된 요인이 되어지고 있다(Park, 1998). 따라서 이러한 여러 문제점들을 개선하고 좀더 과학적이고 자동화된 사료급여 시스템 개발을 위해 TMR(Total Mixed Ration) 배합기의 필요성이 심각하게 대두되어지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 소규모 사육농가의 사료급여에 소요되는 과다 노동력 및 비효율적인 사료 급여를 개선을 위해서 정량 계측이 이루어지는 배합사료와 조사료 및 습사료의 효율적인 배합과 이를 가온하여 부드럽게 연화시켜 젖소가 먹기 좋은 상태(Choi, 1998)로 만들 수 있는 TMF 배합기를 개발하는 데 있으며, 본 TMF(Total Mixed Fermentation) 배합기에 소요되는 동력은 동력경운기에서 취출하여 사용하며, 오거식 교반기를 장착하여, 배합후 동력경운기로 운반하여 급여 할 수 있는 시스템을 가진 저가형 경운기용 TMF 배합기를 개발하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. TMF 배합기의 설계 주안점

본 연구에서 동력경운기용 배합기는 현재 국내에 보급되어 있는 동력경운기에 적합한 규격이어야 하고, 배합기의 1회 배합용량은 젖소 및 비육소 20~30두 정도가 급여가능하도록 하였다. 배합기는 일반 대형 트랙터용 TMR 배합기와 달리 세절된 조사료를 사용하는 것을 기본전제로 하여 기존의 트랙터용에 장착되어 있는 조사료 세절 시스템을 배제하고, 배합사료와 조사료의 배합에 알맞은 오거식 교반기를 장착하도록 하였다.

배합·가온되어진 사료를 배출하는 배출장치가

있고, 가온장치는 젖소가 기호하는 연화된 사료를 제조하기 위하여 예전방식인 조사료와 배합사료를 혼합 및 가열후 급여하는 방식을 고려하여 배합한 후 가온하여 연화시켜서 젖소가 먹기 좋게 만들 수 있는 가온장치를 설계하였다. 원료 투입시 정확한 배합비를 만들 수 있도록 원료계량을 위한 계량장치가 경운기의 트레일러에 장착되도록 설계하였다. 또한, 이러한 모든 소요동력은 경운기의 PTO축으로부터 공급되도록 설계하였으며, 회전수 및 토크비결정은 기존에 널리 보급되어 있는 배합기와 배합기 축의 강도 및 배합성능을 고려하여 각부의 회전수를 10rpm 이상이 되도록 하여, 폴리 직경 및 체인 스프로킷 직경을 설정하였으며, 각 축부분의 세부설계에서 공시기의 성능시험 측정된 자료를 기초로 축에 걸리는 최대 토크를 계산하여 주축과 배합기축을 설계하였다. 배합기의 축은 10PS를 기준으로 하부 축에 걸리는 토크를 445kg-m로 하였으며, 각부의 설계 사양은 표 1과 같다.

Table 1 Specifications of the used Mixture

Item	Specification
Max. Torque of Mixture Shaft	2012 kg-m
Max. Torque of Main Shaft	68 kg-m
Safety rate	5.0
Engine Torque	3.254 kg-m
PTO reduction rate	8.98
PTO Torque	29.22 kg-m
Lower Auger reduction rate	15:1 -> 16 rpm
Upper Auger reduction rate	33:1 -> 7.4 rpm

나. TMF 배합기의 구성

TMF 배합기의 개략도는 그림 1과 같으며, TMF 배합기의 구성은 배합시스템, 배출장치, 가온장치, 계량장치, 동력전달시스템과 트레일러부로 구성하였다.

동력경운기의 주요제원과 배합기의 일반적인 사양은 표 2에서 나타내었다.

동력경운기 견인형 TMF 배합기의 개발

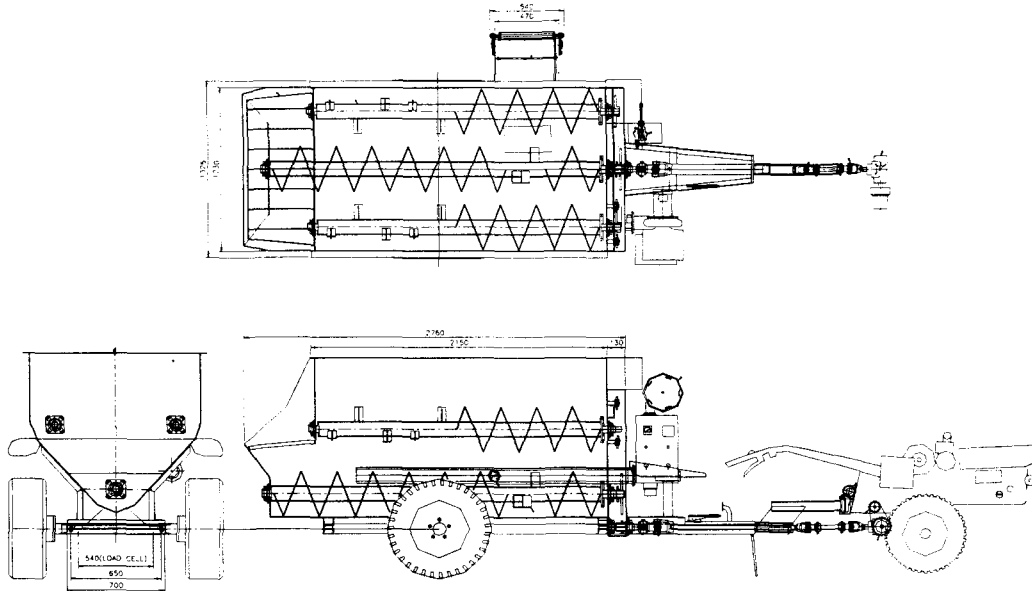
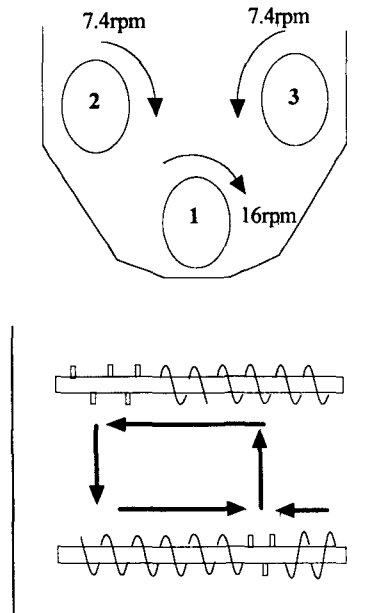


Fig. 1 Design of TMF mixer.

Table 2 Specification of the TMF mixer and the power-tiller

Item		Specification
power-tiller	Combustion chamber	precombustion
	Total displacement	680cc
	Continuous rated output	10ps/2,200rpm
	Maximum output	13ps/2,400rpm
	PTO speed of shaft	193 / 284 rpm
TMF	Tank Capacity (m ³)	2.0
	Mixing Capacity (m ³)	1.4
	Total Weight (kg)	1,000
	Mixing Weight (kg)	800
	Heater	3kW

(1) 배합시스템



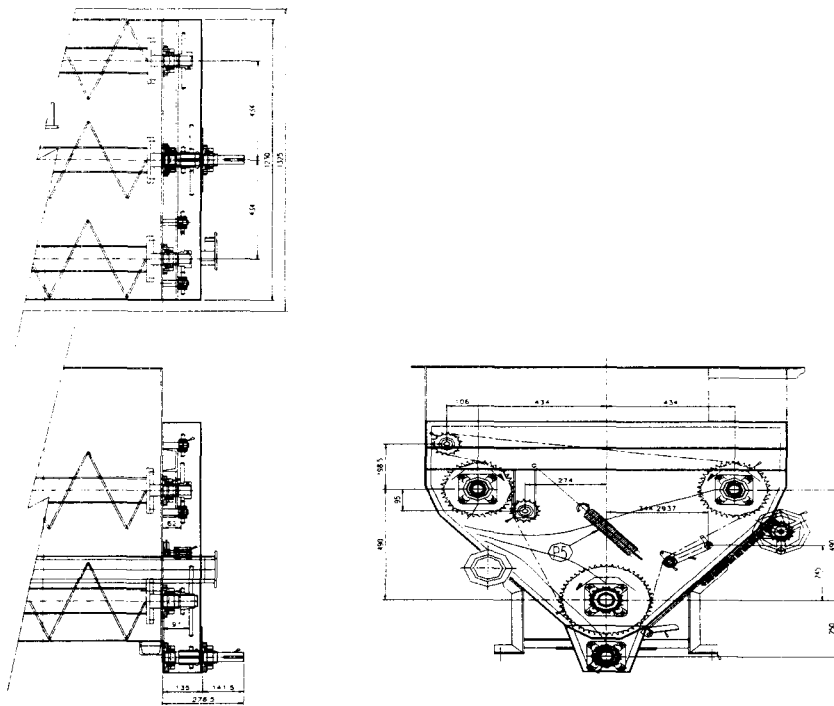


Fig 2. Direction of auger rotation.

현재, 일반 사육농가에 많이 보급되어져 있는 배합용 오우거는 대부분은 4개의 축을 사용한 오우거형을 채택하고 있다. 4축 오우거형 배합기의 문제점인 맥주박과 같은 습사료를 배합시 오우거에 많은 동력이 소요되어서 과부하 발생으로 인한 축이 휘거나 파손되어지는 경우가 있다. 따라서 이러한 오우거형의 문제점을 개선하여 그림 2처럼 3개의 축을 가진 특수형 오우거를 개발하여 1번 오우거와 2, 3번 오우거의 회전비를 2.2 : 1로 감속하여 기존의 4축 오우거형의 과부하 발생을 개선하였다.

그림 2는 3축 특수형 오우거의 회전방향과 회전 시스템을 나타낸 것이다. 1번 오우거의 형상을 한 방향으로 할 경우에 투입구로부터 공급되어진 배합사료가 앞쪽 방향으로 계속적으로 이동하므로, 호퍼의 앞부분에 압축력을 가하게 되며, 오우거 또한 계속적인 부하를 받게 된다. 따라서, 일반적으로 사용되어지고 있는 한 방향 오우거를 변형하여, 양방

향 오우거로 제작하였다. 하부 오우거의 회전에 의해서 배합사료가 안쪽으로 이동되면서, 상하좌우로 흩어져 사료가 완전히 혼합되도록 하였다.

(2) 배출장치

배출장치는 컨베이어 벨트식으로 하였으며, 기존의 TMR 배합기에서 적용한 오우거형 배출장치는 배출작업 중 배합사료가 오우거에 걸려서 배출이 되지 않는 경우도 발생하였으며, 또한, 이를 제거하기 위해서 직접 손으로 작업을 하는 도중 안전사고의 위험도 내포되어 있었다. 따라서, 이러한 문제점들을 개선하여 작업의 안전성을 고려하여, 그림 3과 같이 컨베이어 벨트방식으로 개선하였다. 컨베이어 벨트의 구동은 경운기의 PTO축으로부터 얻어진 동력을 이용한 유압펌프의 유압을 이용하여 유압모터를 구동시켜서 컨베이어 벨트를 구동, 배합사료를 배출하는 방식이다. 배출 게이트부의 개폐

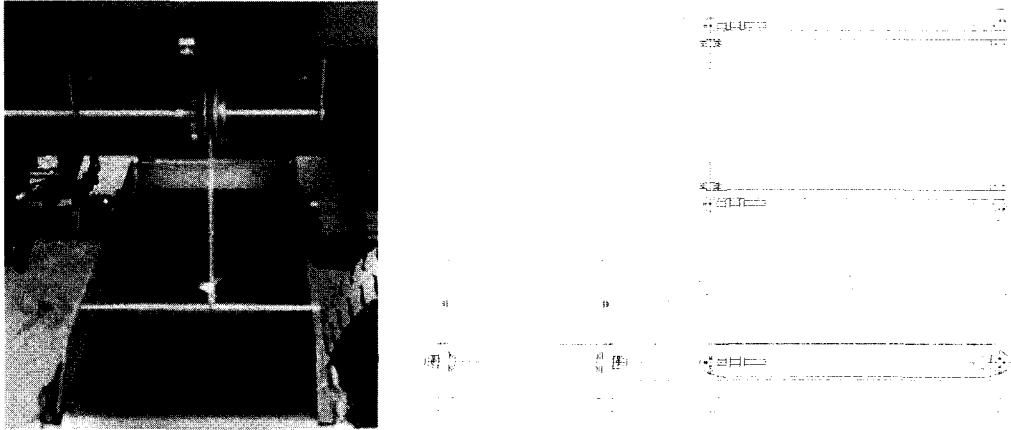


Fig. 3 Assembly of door shutter and conveyor belt.

작용은 복잡성을 고려하여, 간단하게 수동으로 할 수 있도록 핸들식 개폐장치로 제작하였다. 또한, 사료내에 있을 수 있는 금속성분들을 제거하기 위해 배출부에 마그네틱을 설치하여, 사료속의 금속성분을 제거하도록 하였다.

(3) 가온장치

가온장치는 배합기 하단부에 설치하여 배합도중 열풍을 가하여서 혼합사료의 온도를 증가시켜서 숙성시키는 원리를 이용하였으며, 가온장치 조절부의 구조는 그림 4와 같으며, 일반적인 제원은 다음의 표 3과 같다. 배합기에 투입되어진 배합사료는 수분 40% 정도의 습사료이므로 가온장치를 이용하여 배합사료에 열풍을 공급하여 사료의 발효에 최적의 온도인 약 65℃ 정도를 유지할 수 있게 하였다.

(4) 계량장치

배합원료의 계량을 위해서 트레일러의 모서리 4곳에 용량 1ton급의 계량용 센서(load cell-CBES-1T, Bongshin, Korea)를 부착하여 계량된 값이 표시되도록 하였다.

계량시스템의 계량오차 범위는 0.5% 미만으로 하였으며, 로드셀로부터의 감지된 하중값을 증폭하여 A/D 변환기를 통해서 디지털 신호로 변경되어져, 마이크로 컴퓨터로 보내지게 되고, 여기에 별도의

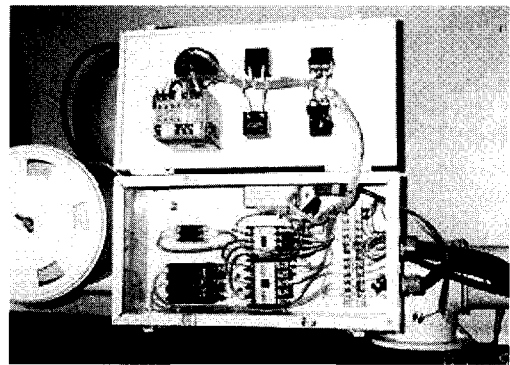


Fig. 4 Photo of Heating control system.

Table 3 Specifications of the used heater

Item	Specification
Heating type	Pipe heater type
Electricity consumption	3 kW
Heating temperature	0 °C ~ 70 °C
Voltage	3상 380V
Air flow volume	4.1 m ³ /min

Data 입력창을 설치하여, 설정하중 값 즉, 배합사료의 중량을 입력하면 원료 투입에 따른 투입원료의

하중이 설정하중 값보다 클 경우에는 컴퓨터에 의해서 부저를 울리게 하여, 하중초과를 작업자로 하여금 감지할 수 있도록 하였으며, 인디케이터 표시창을 이용하여, 투입되어진 원료의 하중과 설정 하중값을 동시에 표시하여, 작업자로 하여 원료의 투입시 적정량을 투입 가능토록 하였다.

(5) 동력전달시스템

TMF 배합기는 경운기에 견인되어지므로 어느 장소에서나 작업이 가능하도록 경운기의 PTO 축을 이용 주동력원으로 사용토록 설계하였으며, 주 동력원인 PTO 축으로부터 동력이용은 그림 5와 같다.

배합기의 동력은 배합기내의 배합용 오우거의 구동과 배합사료를 배출시키는데 필요한 유압장치의 구동에 소요되어진다. 경운기의 PTO 축을 이원화시켜서 배합용 오우거의 동력과 배출용 유압장치의 구동을 분리시킴으로서 배합에 소요되는 동력손실을 최소화시켰다. 경운기의 PTO축의 회전으로부터 배합기동력원과 배출장치의 유압동력원을 모두 취출하여야 하므로, 경운기의 우측의 정회전 PTO축에서 배합기와 배출장치의 동력을 모두 취출하도록 설계, 개발하였다. 최종적인 감속을 위해서 기어 및 체인을 사용하였으며, 체인이 기어로부터의 이탈을 방지와 체인에 장력을 부여하기 위해서 텐션장치를 설치하였다.

다. 공시재료 및 실험방법

본 연구의 실험에 사용된 재료는 농후사료(44%),

맥주박(32%), 비트플프(12%), 벧집(4%), 알파파베일(4%), 알파파큐브(4%), 대두(2%), 목화씨(2%)의 구성비율로 혼합된 배합사료 500kg의 혼합사료를 이용하였으며, 혼합사료의 함수율은 40% 이었다.

경북 예천군 하리면 하리목장 축산농가에서 실험하였다.

본 실험의 측정항목 및 측정방법은 다음과 같다.

(1) 축출력

축출력의 측정은 180kw/8,000rpm의 사양인 동력계(AG-150, Froud, England)를 이용하여, 동력경운기의 PTO와 연결하여 엔진의 회전수별 축출력을 측정하였다.

(2) 소요동력 및 토크

엔진회전수 변화에 따른 소요동력 및 토크 측정을 위해서, Digital tachometer(SM3, Hanyoung, korea)와 Shaft type torque meter(TRA-100k, Sungan tech, korea)를 이용하여, 사료배합시 소요동력과 최대토크를 측정하였으며, 사료 500kg을 이용하여 소요시간 10분동안 배합시 소요되는 동력과 최대토크를 기존의 4축 오우거방식과 본 연구에서 개발된 3축 오우거방식을 서로 비교측정하였다.

(3) 가온장치의 온도변화

가온장치의 온도변화 측정을 위해서 온도센서(K-type(0~1200℃), Hanyoung, korea)를 이용하여, 배합사료의 가온시 호퍼내의 온도변화를 측정하였다.

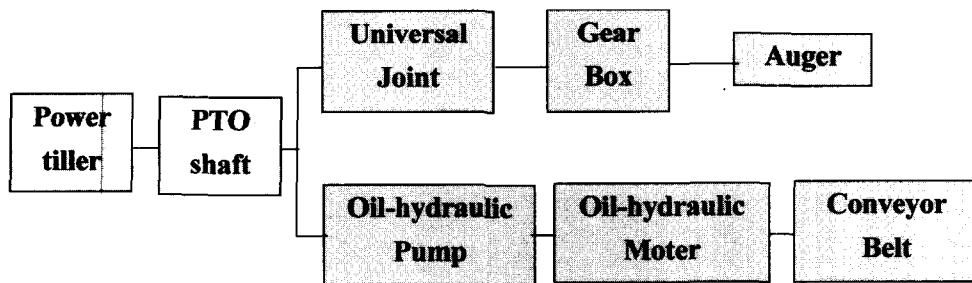


Fig. 5 Diagram of power train in the TMF mixer.

(4) 소화율 및 기호성

500kg급의 한우 3두를 선정하여 가온배합사료와 비가온배합사료 2종류를 한우에 급여하여, 라틴방격법에 의해서 소화율 및 기호성 실험을 하였다. 급여방식은 24시간 자유채식법에 따랐으며, 10일간 급여하여 후반 3일간의 하루 건물섭취량을 산출하였다. 사료급여 및 관리방법은 한 마리씩 칸막이와 기동을 설치하여 분리시켰으며, 익일 15시부터 당일 13시까지를 일일단위로 하였고, 하루 건물섭취량의 산출은 후반 3일간의 매일매일의 잔사량에 잔사당 건물울을 곱하여 계산한 잔사건물량을 급여한 건물량에서 공제한 후 평균하여 산출하였다.

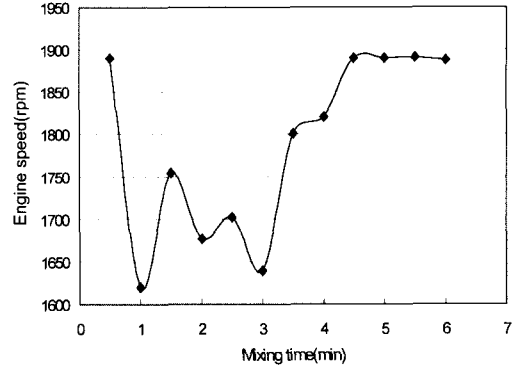


Fig. 7 Variation of RPM by the mixture time.

3. 결과 및 고찰

가. 동력경운기 PTO 출력곡선

동력경운기의 PTO 출력을 측정한 결과 그림 6과 같았다.

회전수별 PTO의 출력을 보면 1,200rpm에서 6ps, 1,600rpm에서 8ps, 2,000rpm에서 10ps, 2,300rpm에서 11ps으로 나타났다.

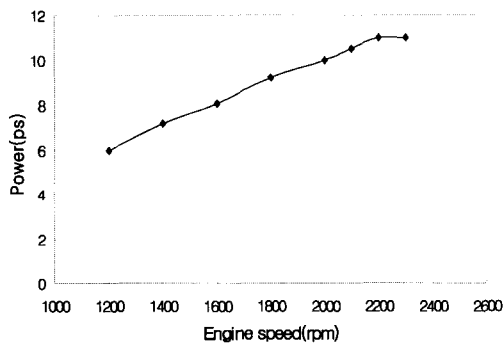


Fig. 6 PTO output by the engine RPM.

나. 기관의 회전수 변화

배합시간에 따른 배합회전수는 그림 7과 같이 나타났다. 배합기의 구동부하가 크면 기관의 회전수

는 낮아지며, 구동부하가 작으면 기관의 회전수는 높아지게 된다. 본 배합기의 초기 구동시에 최대정지마찰력으로 인하여 큰 토크가 필요하여, 기관의 회전수는 1,880rpm에서 1,620rpm으로 크게 감소하였다가, 몇 차례 변화를 보이다 어느정도 배합이 되어지면 배합에 소요되는 구동부하가 감소함에 따라서 기관의 회전수는 점차 증가하여, 배합시작 약 5분후에는 회전수가 약 1,880rpm으로 복원되어 큰 변화를 나타내지 않았다. 따라서, 배합 초기에는 소요부하가 큰 것으로 나타났고, 배합 후기에는 혼합사료의 배합율이 증가하여, 비교적 소요부하가 적은 것으로 나타났다.

다. 동력전달부의 최대토크

동력전달의 흐름은 그림 5이며, 각부의 토크 결정은 배합기, 축의강도, 배합성능을 고려하여 축에 걸리는 최대토크를 결정하였으며, 각부의 최대토크는 그림 8과 같이 배합기축 2002m·kg, 주축 60m·kg로 나타났으며, 기존의 4축 오우거형의 경우 배합기축의 최대토크는 약 2520kg·m이며, 소요동력은 10.23PS 정도인데 비해, 3축 오우거형으로 개선한 본 연구에서의 배합기축의 최대토크는 2002kg·m, 소요동력은 9.7PS로 전체적인 과부하 발생을 개선하였으며, 소요동력의 감소를 가져올 수 있었다.

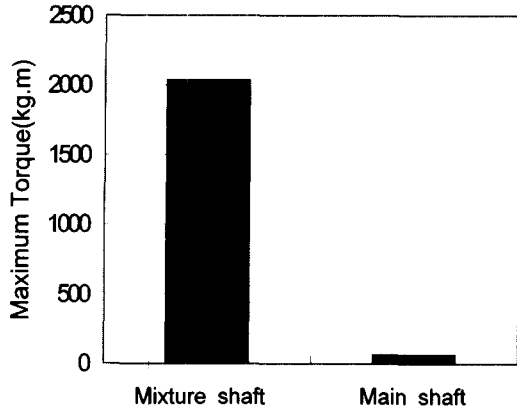


Fig. 8 Maximum torque by the position.

라. 가온장치의 열풍 온도변화

가온장치의 온도변화는 그림 9에서와 같이 열풍 가열 시간에 따른 배합사료의 온도변화를 외부온도와 함께 나타내었다. 온도변화 실험시 외기온도는 약 30℃ 정도로 다소 기온이 높았으며, 배합기에 투입되어진 배합사료는 수분 40% 정도의 습사료이므로 가온장치를 이용하여, 배합사료에 열풍을 공급하게 되면 전체적인 온도 분포가 약 60℃ 정도로 유지되어진다. 사료의 발효에 최적의 온도는 약 65℃ 부근이므로 이에 부합된다고 볼 수 있다. 또한,

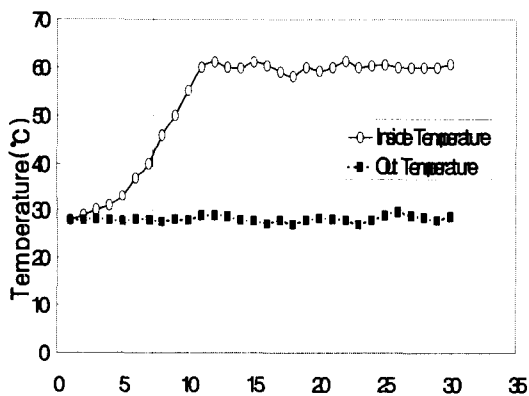


Fig. 9 Temperature variation by heating system.

열풍 가온시간은 외기온도의 변화에 상관적으로 변화하여야 할 것으로 판단된다.

마. 소화 및 기호성 시험

500kg급 한우 3두에 대한 가온배합사료와 비가온 배합사료의 급여에 따른 소화율 실험결과는 그림 10과 같다. 그림에서 보면, 배합사료와 가온배합사료 급여시 한우 3두의 소화율은 한우 A가 68.5%에서 72.2%로 한우 B가 70.3%에서 73.6%로, 한우 C가 69.7%에서 73.5%로 각각 3.7%, 3.3%, 3.8% 정도의 소화율 향상을 나타내었다.

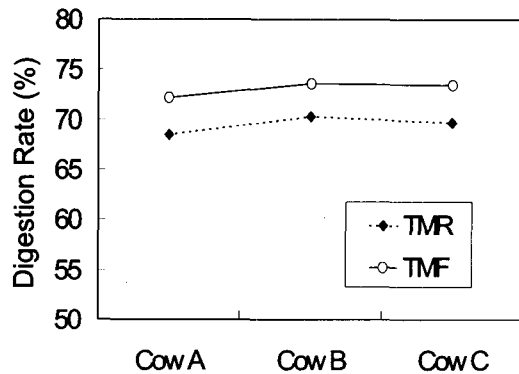


Fig. 10 Digestion Rate.

전체적으로 비가온배합사료에 비해 가온배합사료가 약 3.5%의 소화율이 향상된 것으로 나타났으며, 이는 배합사료내에 함유된 수분이 가온에 따라, 전반적인 균일한 수분함유가 가능하며, 볏짚과 같은 사료의 연화와 숙성에 따라 전반적으로 소화율이 향상된 것으로 나타났다.

그림 11은 자유채식방법의 급여에서 가온배합사료와 비가온배합사료의 기호성을 비교 실험한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 비가온배합사료의 경우 한우 A, B, C의 경우 급여량이 15.2kg, 14.8kg, 15.6kg으로 나타났으며, 가온배합사료의 경우는 각각 17.4kg, 18.2kg, 18.8kg으로 증가하여, 한우 A는 14.5%, 한우 B는 22.9%, 한우 C는 20.5%

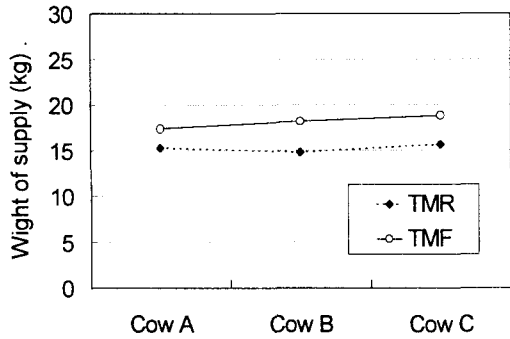


Fig. 11 Weight of supply.

정도의 기호가 높은 것으로 나타났으며, 전체적으로 배합사료에 비해 가온배합사료의 경우가 약 19.3% 정도 기호성이 향상됨을 나타내었다. 이는 배합사료의 연화 및 숙성에 따른 소화율 향상과 더불어 기호성도 향상된 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 소규모 사육농가의 사료급여 체계에 소요되는 과다 노동력 및 비효율적인 사료급여 체계의 개선을 위해서 정량 계측이 이루어지는 배합사료와 조사료 및 습사료의 효율적인 배합과 이를 가온시켜서 젖소가 먹기 좋은 상태로 만들 수 있는 TMF 배합기를 개발하는 데 있으며, 본 TMF 배합기에 소요되는 동력은 경운기에서 추출하여 사용하며, 오거식 교반기를 장착하여, 배합후 경운기로 운반하여 급여 할 수 있는 시스템을 가진 저가형 경운기용 TMF 배합기를 개발하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서 개발된 경운기용 TMF 배합기는 습사료와 조사료의 배합을 최대화하는 3오거형 배합기와 배합사료를 젖소의 기호성과 영양소를 증대시키기 위해 가온장치를 부착하였으며, 배합원료의 정량을 제량할 수 있는 계량장치를 설치하였고, 배합 가온되어진 배합사료를 배출할 수 있는 배출장치를 갖춘 배합기로 개발하였다.

2) 회전수별 PTO의 출력은 1,200rpm에서 6ps,

1,600rpm에서 8ps, 2,000rpm에서 10ps, 2,200rpm에서 11ps으로 나타났다. 엔진의 최대출력이 13ps일 때 PTO축의 출력은 11ps으로 15%의 손실을 나타냈다.

3) 초기에 배합기를 구동하는 데 최대정지마찰력으로 인하여 큰 토크가 필요하며, 엔진의 회전수도 1,880rpm에서 1,620rpm으로 큰 변화를 보였으며, 배합시작 5분 경과후 엔진의 회전수는 다시 1,880rpm으로 상승하여 변화를 나타내지 않았다. 배합초기 시에 소요부하가 크게 나타났고, 배합중반부터는 소요부하가 감소하는 것으로 나타났다.

4) 각부의 토크 결정은 배합기, 축의강도, 배합성을 고려하여 축에 걸리는 최대토크를 결정하였으며, 각부의 토크는 배합기축 2002 m·kg, 주축 60 m·kg로 나타났으며, 기존의 4축 오우거형에 비해 최대토크와 소요동력이 비교적 낮게 나타나 전체적인 부하가 개선되어진 것으로 나타났다.

5) 가온장치에 의해 가온되어진 배합사료의 온도 변화는 초기 10분까지는 증가하다가 그 이후부터는 약 60℃로 일정하게 유지되었다. 즉, 배합사료 전체에 열풍이 미쳐지는 시기는 배합시작후 약 10분정도가 소요되며, 그 이후로는 일정한 온도로 가온하여 배합사료의 수분 함량을 균일화하고, 숙성시키는 것으로 나타났다.

6) 가온 배합사료를 한우 3두에 급여시 비가온 배합사료에 비해 소화율은 전체적으로 약 3.5% 정도의 증가를 보였으며, 기호성의 경우는 약 19.3%의 향상을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. 국립농산물품질관리원. 2000. 가축통계 조사결과. 농림부.
2. 김광수. 1995. 젖소의 TMR 사양. 바이오 사료연구소.
3. 문상호의 2인. 1999. 두부박 및 맥주박 발효사료의 급여가 꽃사슴의 녹용생산성에 미치는 영향. 전국대자연과학연구지 10(2):131-138.(in Korea)
4. 김동균. 1992. TMR 급여체계활용을 위한 시설관리. 월간 서울우유 12월호:28-29.

5. 정인걸. 1992. TMR 시스템과 영양관리. 월간 서울우유 12월호:23-24.
6. 박경규외. 1998. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발. 농림부.
7. 기광석. 2000. 선진낙농을 위한 TMR 이용. 축산기술연구소 TMR연구회 추계심포지엄 : 33-34.
8. Donnel Hunt. 1968. Farm Power and Machinery Management. Iowa State Univ. :217-220.(In USA)
9. 최윤재 외. 1998. 완전배합 발효 사료. 서울대 축산기술연구소 최종보고서 : 271-272.