

계분건조기 개발을 위한 계분의 건조특성 연구

장 동 일

충남대학교 농업기계공학과

(1993. 8. 10. 접수)

Study on the Drying Characteristics of Poultry Manure for Its Dryer Development

D. I. Chang

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University

(Received August 10, 1993)

SUMMARY

In order to develop a poultry manure dryer, a pilot dryer was designed and drying experiments were conducted to investigate the drying characteristics of poultry manure.

According to the results, the pilot dryer could be operated without any air pollution problems. When poultry manure was dried from 79.2%(w.b. basis) moisture content, the final moisture content ranged from 38.7% to 57.9% depending upon the drying conditions.

The drying results showed that drying rate was 189.8~198.0 kg/h and moisture evaporation rate was 124.0~125.4 kg-H₂O/L. For this drying, electricity requirement was 9.5~19.3 Wh/kg and fuel consumption rate was 6.9~9.3 kg-H₂O/L with 50.2~65.1% thermal efficiency.

I. 緒 論

계분처리는 양계산업의 대형화, 환경공해 문제에 따른 법적 규제, 환경위생에 대한 인식고조 등으로 생산 농가뿐만 아니라 관계기관에도 부담이 되는 문제로 대두되고 있다. 이러한 상황에서 여름철은 특히 농가에 게 힘든 계절이 된다. 여름은 계분의 비수요기인데다 고온다습한 기후조건과 장마 등의 원인으로 자칫하면 관리소홀로 주민들로부터 민원의 대상이 되기 때문이다.

이 때문에 농장에서는 온갖 지혜를 동원해서 효율적인 처리방법을 강구하고 있다. 그러나 때로는 입지조건이나 경제적인 이유로, 또한 법적인 제한으로 적절

한 방법을 찾지 못한 농장들도 많은 것이 사실이며, 요즘은 강화된 환경공해 단속에 적발되어 벌금을 납부하는 사례도 증가하고 있는 실정이다.

그러므로 현 단계에서 우리의 양계농은 효율적인 계분건조기의 개발을 절실히 필요로 하며, 이를 위한 설계 및 개발에 필요한 계분의 물성 및 건조특성의 구명이 또한 시급한 선결과제로 대두되고 있다.

이와 같은 시대적 요청에 따라 본 연구는 다음과 같은 목적을 가지고 연구를 수행하였다.

1. 환경공해의 주원인인 계분의 비료화 적정처리를 위한 계분건조기의 설계 및 개발에 필요로 하는 계분의 건조특성을 구명한다.
2. 이를 위하여 시작기를 제작하고 시작기의 건조특성과 성능을 분석하고 발전방향을 제안하는 데

본 논문은 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학 육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

Table 1. The relationship of raw poultry manure between moisture content and weight

Moisture content(w.b.)	Weight(g/head, day)
85%	168 g
80%	126 g
75%	101 g
70%	84 g
65%	72 g

있다.

II. 材料 및 方法

1. 계분의 물성 및 건조특성

산란계의 계분배설량은 계분의 함수율에 따라 다르지만, 함수율 80%(w.b.) 기준으로 1일 126g 정도가 되며, 본 연구에서 사용된 계분의 함수율과 생계분의 중량관계는 Table 1 과 같다.

그리고 실험에 사용된 계분의 밀도는 1.05 g/cm³ 이었으며, 산란계 10,000수가 하루 배설하는 생계분량을 계산하면 함수율 80%의 경우에, 총 중량이 약 1.3 톤 또는 부피가 1.14m³ 이 되었다.

계분의 건조란 계분속에 포함된 수분을 기체의 상태로 증발, 분리시키는 작업을 뜻하며, 수분을 액체의 상태로 빼내는 작업은 탈수작업이라고 정의한다. 수분이 기체상태로 변화되기 위해서는 기화열이 필요하며, 계분 내부에 있는 수분까지 열이 전달되어 이 수분을 이동시키거나 기화시키는 데에는 열의 전도에 에너지가 필요하게 된다. 그러므로 본 연구에서는 생계분 1kg 을 건조시키는데 필요한 열량을 다음의 수식에 의하여 계산하였다.

총 소요열량 = 건조과정중에 계분을 목표온도까지 상승시키는데 소요되는 에너지+수분을 기화시

키기 위한 잠열=Cm · (T₂-T₁)+M_w · H_{fg}

여기서, Cm = 계분의 비열(kJ/kg-°C)

T₁=계분의 초기온도(°C)

T₂=계분의 최종온도(°C)

M_w=계분의 총 수분제거량(kg)

H_{fg}=계분에서의 수분의 기화열(kJ/kg)

鶴飼信義(1978)에 의하면, 1 기압에서의 수분의 기

화열은 2,257kJ/kg, 계분의 비열은 3.8kJ/kg-°C 이다. 이 값을 가지고, 계분의 초기온도가 10°C 이고, 최종온도가 100°C 라면, 이때 수분 1kg 을 계분에서 제거하는데 소요되는 열량은 620.9kcal/kg 이 된다. 그런데 계분의 초기조건과 최종조건이 건조의 필요상 황과 주변조건에 따라 달라지기 때문에, 일반적으로 물 1kg을 제거하는데 필요한 소요열량을 2,512 kJ/kg(600kcal/kg) 로 계산하여 건조기를 설계하면 적정설계를 할 수 있겠다.

2. 시험방법

계분건조기의 성능분석을 위하여 시작기를 제작하였으며, 이 시작기(Chang et al., 1991; 장동일, 1992)를 가지고 1992년 3월 13, 14일에 3차에 걸쳐 건조시험을 실시하였다. 이때의 건조조건은 다음의 Table 2와 같다. 건조시험에 사용된 계분은 동일한 계분으로서 초기함수율은 79.2%(w.b.)였으며, 일기는 건조시험을 수행하기에 알맞았다.

건조시험의 조건중 변화조건은 계분의 공급율과 연료의 공급율로서 계분의 공급율은 상, 중, 하 3단계중 1차 시험과 3차 시험은 최저수준으로, 2차 시험은 중간 수준으로 변화시켰으며, 연료는 버너의 분사노즐로 No. 4.5, No. 5.0, No. 6.0 세 종류를 사용하여 1차 시험에는 No. 5.0을 사용하였으며, 2차 시험에 No. 6.0 을, 3차 시험에는 No. 4.5를 사용하여 연료공급율을 변화시켰다.

온도의 계측에는 디지털 온도계(YEW Model 2542)를 사용했으며, 상대습도는 대전기상청의 일기상 통계표로부터 구하여 이용하였다. 계분과 연료의 중량은 지렛대식 저울을 사용하여 계량하였으며, 연료 소비량은 건조 시작전에 중량과 부피를 계측한 후 건조 후에 중량을 계측함으로써 측정하였다. 송풍량은 풍속계(大田式ハント)를 사용하여 측정하였다.

건조시험중에는 건조기에 유입되는 건조기 입구공기, 배기가스, 순환공기, 건조기 열풍 제어계기, 건조되어 배출된 계분의 온도들을 30분 간격으로 계측하였으며, 건조계분의 함수율을 측정하고자 밀폐된 병을 사용하여 30분 간격으로 건조된 계분의 샘플을 채취한 후 실험실에서 오븐측정법(110°C 에 24시간 건조후 정량)에 의하여 함수율을 측정하였다.

Table 2. Performance test conditions for poultry manure dryer

Condition	First test	Second test	Third test
Date	March 13	March 14	March 14
Drying time	1410~1713 h	1000~1210 h	1445~1645 h
Environmental temp.	13°C	8°C	17°C
Relative humidity	19%	36%	20%
Initial MC(w.b.)	79.2%	79.2%	79.2%
Feed rate(kg/h)	239.5	312.3	238.1
Fuel	No. 2 gasoline	No. 2 gasoline	No. 2 gasoline
Fuel consumption rate(L/h)	13.51	17.68	15.42
Airflow rate(m ³ /min)	12.4	12.4	12.4

Ⅲ. 結果 및 考察

건조시험은 Table 2 와 같이 1992년 3월 13일과 14일에 3차에 걸쳐 충남대학교 주변의 양계농장 현장에서 실시되었는데 건조시험의 결과는 다음과 같다.

1. 1차 건조시험

건조기의 운전은 Table 3과 같이 오후 2시 10분에 시작하며 오후 5시 13분에 완료하였으며, 건조시험에 사용된 생계분의 총중량(Wt)은 578.8kg 이었으며, 이것을 145분간에 공급한 생계분 공급률(Wr)은 239.5kg/h 이었다. 그리고 이 계분을 총 183분간 건조한 계분의 건조율(Wd)은 189.8kg/h 이었다.

이와 같은 1차 건조시험의 결과는 다음의 Table 4 와 같다. 건조시험 결과로부터 다음의 내용을 분석할

수 있겠다. 즉, 시험중 계속한 건조기 공기 유입구의 공기 온도는 평균 197.5°C 로서 매우 높았는데 이것은 건조중 건조기의 몸체가 매우 높게 가열된 상태에서 공기를 유입하기 때문으로 분석되었으며, 배기가스의 온도 또한 평균 324.8°C 로서 매우 높게 나타나 열손실이 많음을 쉽게 감지할 수 있었다. 순환공기의 온도는 비교적 균일한 상태여서 열풍온도의 제어가 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 건조된 계분의 함수율도 건조 후 한시간 후 부터는 일정한 수준으로 안정됨을 알 수 있었다.

Table 3. Drying operation time for first performance test(March 13)

Time	1410 h	1423 h	1648 h	1713 h
Work started	Operation started	Manure feeding	Feeding finished	Drying finished

Table 4. Results of first drying test(March 13)

Time	Temperature(°C)					
	Inlet air	Exhaust air	Circulating air	Control panel	Dried manure	MC (% w.b.)
1430 h	13	148	78	80	101 ¹	35.3
1500 h	120	369	98	100	73	40.7
1530 h	300	391	98	100	73	40.3
1600 h	386	402	98	110	80	39.1
1630 h	330	367	97	110	83	38.6
1700 h ²	36	272	81	63	67	38.2
\bar{X}	197.5	324.8	91.7	93.8	79.5	38.7

¹ 1450 h Measurement, ² 1650 h End of burner operation

2. 2차 건조시험

건조기의 운전은 Table 5와 같이 오전 10시 정각에 시작하여 오후 12시 10분에 완료하였으며, 건조시험에 사용된 생계분의 총중량(Wt)은 426.8kg 이었으며, 이것을 82분간에 공급한 생계분 공급률(Wr)은 312.3 kg/h 이었다. 그리고 이 계분을 총 130분간 건조한 계분의 건조율(Wd)은 197.0kg/h 이었다.

Table 5. Drying operation time for second performance test(March 14)

Time	1000 h	1016 h	1138 h	1210 h
Work	Operation started	Manure feeding	Feeding finished	Drying finished

이와 같은 2차 건조시험의 결과는 다음의 Table 6과 같다. 건조시험 결과로부터 다음의 내용을 분석할 수 있겠다. 즉, 시험중 측정한 건조기 공기 유입구의 공기온도는 평균 131.8℃로서 매우 높았는데 이것은 건조중 건조기의 몸체가 매우 높게 가열된 상태에서 공기를 유입하기 때문으로 분석되었으며, 배기가스의 온도 또한 평균 328.0℃로서 매우 높게 나타나 열손실이 많음을 쉽게 감지할 수 있었다. 순환공기의 온도는 비교적 균일한 상태여서 열풍온도의 제어가 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 건조된 계분의 함수율도 건조 후 한시간 후 부터는 일정한 수준으로 안정됨을 알 수 있다.

Table 6. Results of second drying test (March 14)^{1,2}

Time	Temperature(℃)					
	Inlet air	Exhaust air	Circulating air	Control panel	Dried manure	MC (% w. b.)
1016 h	8	175	117	120	57	79.2
1035 h	55	342	94	105	98	26.2
1100 h	200	407	103	112	77	44.7
1130 h	256	370	111	110	86	48.2
1200 h	140	346	129	115	72	35.3
\bar{X}	131.8	328.0	110.8	112.4	78.0	43.9

¹ Temperature of dryer : Upper cover :120℃
(1137 h) Sides of dryer :75℃
Environmental air temp :16℃

² End of manure feeding :1138 h

3. 3차 건조시험

건조기의 운전은 Table 7과 같이 오후 2시 45분에 시작하여 오후 4시 45분에 완료하였으며, 건조시험에 사용된 생계분의 총중량(Wt)은 392.8kg 이었으며, 이것을 99분간에 공급한 생계분 공급률(Wr)은 238.1kg/h 이었다. 그리고 이 계분을 총 120분간 건조한 계분의 건조율(Wd)은 196.4kg/h 이었다.

Table 7. Drying operation time for third performance test(March 14)

Time	1445 h	1455 h	1634 h	1645 h
Work	Operation started	Manure feeding	Feeding finished	Drying finished

이와 같은 3차 건조시험의 결과는 다음의 Table 8과 같다. 건조시험 결과로부터 다음의 내용을 분석할 수 있겠다. 즉, 시험중 측정한 건조기 공기 유입구의 공기온도는 평균 80.5℃로서 앞서 수행한 건조시험에 비하여 비교적 낮았는데 이것은 건조될 계분의 양이 증가되어 공급된 열이 거의 건조에 사용되기 때문에 외부로 열손실이 적게 나타남으로 분석할 수 있겠다. 배기가스의 온도는 평균 343.8℃로서 매우 높게 나타나 열손실이 많음을 쉽게 감지할 수 있었다. 순환공기의 온도는 비교적 균일한 상태여서 열풍온도의 제어가 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 건조된 계분의 함수율도 건조후 한시간 후 부터는 일정한 수준으로 안정됨을 알 수 있다.

Table 8. Results of third drying test (March 14)¹

Time	Temperature(°C)					
	Inlet air	Exhaust air	Circulating air	Control panel	Dried manure	MC (% w. b.)
1500 h	17	335	104	98	—	79.2
1530 h	55	303	88	95	79	66.1
1600 h	93	363	92	98	73	56.9
1630 h	157	374	94	102	78	50.6
\bar{X}	80.5	343.8	94.5	98.3	76.7	57.9

¹ End of manure feeding : 1634 h

4. 건조기의 성능분석 결과

이상과 같은 3차에 걸쳐 실시된 건조시험의 결과에 의하여 분석한 계분건조기의 성능을 정리하면 다음의 Table 9와 같다. 건조전에 함수율이 79.2%인 생계분을 버너의 연료공급율과 계분공급호퍼의 스크류의 회전속도를 변화시키며 건조시험을 실시한 결과 계분의 건조후의 최종함수율은 39.8~57.9%(w. b.)의 범위를 나타냈다. 건조작업중에 소요되는 전력은 9.5~19.3 Wh/kg 이었으며, 연료효율 6.9~9.3kg-H₂O/L와 열효율 50.2~65.1%에 의한 수분증발량은 124.0~125.4kg-H₂O/h로 나타났다. 이때의 건조기의 건조작업능률은 189.8~197.0kg/h로 분석되었다. 화력 건조기의 대표적인 성능평가 요인인 열효율을 70%를 기준으로 하여 평가한다면 개발된 건조기의 열효율은 낮은 수준이며, 열관리 계통의 개선을 필요로 하고 있다.

열효율이 65.1%로 가장 높은 작동조건에서의 작업

능률인 189.8kg/h를 제작된 시작기의 대표되는 작업능률로 사용하는 것이 적절하겠으며, 한편 건조계분의 최적 발효조건인 56.7%의 함수율을 기준으로 할 때는 작업능률이 196.4kg/h로 대표됨이 바람직하다.

또한 이상의 건조시험 결과로부터 계분의 최종함수율을 별로 계분의 ①건조중량, ②수분증발량, ③연료효율, ④건조기의 열효율을 분석하였으며, 그 결과는 다음의 내용과 Table 10과 같다.

최적 발효조건인 함수율인 55%를 최종함수율로 할 때, 수분증발량은 120.4kg-H₂O/h, 연료사용율은 13.5L/h, 연료효율은 8.9kg-H₂O/L, 소요열량은 1544.4kJ/kg, 열효율은 65.1%로 분석되었다.

이와 같은 계분의 건조결과에 대하여 함수율에 따른 건조속도를 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같은 건조특성을 보인다. 함수율 80%에서 50%까지는 1단계 항률건조를 하며, 그후 50%에서 40%까지는 1단계 감률건조를 한다. 다시 40%에서 23%까지 2단계 항률

Table 9. Results of performance tests of poultry manure dryer

Item	First test	Second test	Third test
Initial MC of manure(% w. b.)	79.2	79.2	79.2
MC of dried manure(% w. b.)	38.7	43.9	57.9
Feed rate of manure(Wr, kg/h)	239.5	312.3	238.1
Retention rate(kg/h)	49.7	115.3	41.7
Electricity requirement(Wh/kg)	9.5	19.3	12.2
Fuel consumption rate(L/h)	13.5	17.6	15.4
Fuel efficiency(kg-H ₂ O/L)	9.3	6.9	8.0
Thermal efficiency(%)	65.1	50.2	56.4
Evaporation rate(kg-H ₂ O/h)	125.4	124.0	124.1
Manure dried(D, kg/h)	64.4	73.0	72.3
Drying rate of manure(Wd, kg/h)	189.8	197.0	196.4

Table 10. Drying performance of poultry manure dryer for different final moisture content of manure dried

Final MC(% , w.b.)	38.7	60.0	55.0	50.0	45.0	20.0	15.0
Initial MC(% , w.b.)	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2
Feed rate(kg /h)	239.5	308.6	282.5	264.7	251.5	218.1	214.3
Drying rate(kg /h)	189.8	244.5	223.8	209.7	199.3	172.8	169.8
Retention rate(kg /h)	49.7	64.1	58.7	55.0	52.2	45.3	44.5
Dried manure(kg /h)	64.4	127.1	103.4	86.9	75.4	44.9	41.6
Evaporation rate(kg-H ₂ O /h)	125.4	117.4	120.4	122.8	123.9	127.9	128.2
Electricity requirement(Wh /kg)	9.5	7.4	8.0	8.6	9.0	10.4	10.6
Fuel consumption rate(L /h)	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
Fuel efficiency (kg-H ₂ O /L)	9.3	8.7	8.9	9.1	9.2	9.5	9.5
Thermal requirement(kJ /kg)	1821.8	1414.0	1544.4	1648.7	1734.0	2000.8	2035.3
Thermal efficiency(%)	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1

건조가 있고, 그 뒤에 2단계 감률건조가 있다. 그러므로 계분의 최종함수율을 얼마를 목표로 하여 건조하느냐에 따라 계분건조기의 시간당 성능과 소요에너지가 크게 좌우된다. 만약 계분을 화력건조한다면 40% 까지 건조함이 매우 유리하며 40% 이하까지 건조한다면 소요에너지 비용이 급격히 증가하여 비경제적인 건조가 된다.

또한 계분속에는 여러 화학성분들이 포함되어 있어 건조중에 계분덩어리의 표면이 건조되면서 굳어져 덩이의 내부에 함유된 수분이 증발되기 어려운 상태가 된다. 그러므로 계분건조장치는 이와 같은 표면경화를 방지하여 계분덩어리의 내부의 수분이 표면까지 이동하여 증발하기가 용이하도록 계속적으로 계분덩이를 분쇄하여 표면경화를 방지하여야 건조효율을 향상시킬 수 있다.

5. 건조에 따른 계분의 성분변화

계분의 건조에 따른 성분변화를 분석하고자 실험실에서 건조에 사용된 생계분의 샘플을 사용하여 함수율 70%, 30%, 15%, 0%로 건조하여 각각의 성분변화를

분석하였으며, 분석결과는 다음과 같으며, Table 11에 결과를 생계분 증량비로 나타냈다.

1. 생계분 건조에 따른 유기물 함량의 변화를 분석한 결과에 의하면, 유기물 함량은 함수율에 따라 거의 변화가 없었으며, 건조에 따른 유기물의 손실은 없었다.
2. 전질소 함량의 변화를 분석해 본 결과, 전질소 함량은 건조초기에 많은 양이 손실되고 그 이후의 건조에 의해서는 거의 손실이 없었다.
3. 암모니아태 질소는 함수율이 70%에서 30%로 건조시키는 초기 건조시에 많은 양이 손실된다는 것을 알 수 있다.
4. 염소의 함량은 건조에 따라 약간씩 손실됨을 알 수 있다.
5. 황은 건조초기에는 손실되는 양이 적었다가 건조 후기에 많은 양이 손실됨이 나타났다.
6. 나트륨 함량은 건조에 따라 그 함량이 증가하는 것으로 나타났다.
7. 그 밖에 인, 칼리, 칼슘, 마그네슘의 함량은 건조에 의한 손실이 거의 없는 것으로 나타났다.

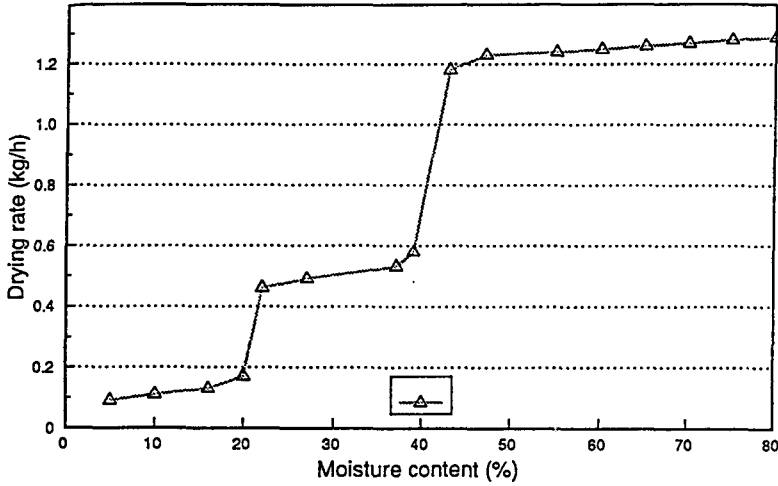


Fig. 1. Drying characteristic curve of poultry manure.

Table 11. Contents of some components of poultry manure for different moisture content (% /fresh wt.)

Classification	O.M. ¹	T-N	NH ₄ ⁺ -N	P ₂ O ₅ -P	Ca	Mg	K ₂ O-K	Na	SO ₄ -S	Cl	Ash	
70%	-1	18.6	2.17	0.43	0.26	1.10	0.25	1.49	0.08	0.91	0.41	
	-2	20.3	2.28	0.50	0.25	1.30	0.25	1.49	0.09	0.89	0.41	
	-3	18.0	2.02	0.36	0.29	1.20	0.31	1.49	0.10	0.87	0.37	
	\bar{X}	19.0	2.16	0.43	0.27	1.20	0.27	1.49	0.09	0.89	0.40	
30%	-1	47.6	3.69	0.14	0.61	3.20	0.60	3.37	0.21	2.01	0.75	
	-2	42.6	3.54	0.28	0.70	3.10	0.62	3.15	0.21	1.92	0.64	
	-3	47.3	3.85	0.21	0.60	2.80	0.62	2.99	0.24	1.88	0.89	
	\bar{X}	45.8	3.69	0.21	0.64	3.00	0.61	3.17	0.22	1.94	0.70	
15%	-1	59.4	4.58	0.26	0.82	3.70	1.00	3.74	0.25	2.38	0.70	
	-2	59.8	4.40	0.24	0.86	3.10	0.98	3.76	0.23	2.00	0.81	
	-3	57.9	4.55	0.23	1.00	3.50	1.01	3.73	0.27	2.05	0.75	
	\bar{X}	59.0	4.51	0.24	0.89	3.40	1.00	3.74	0.25	2.14	0.75	
0%	-1	61.2	5.68	0.34	0.96	4.50	0.92	5.04	0.30	1.75	0.78	25.5
	-2	70.1	5.26	0.23	1.16	4.00	0.86	4.82	0.32	1.48	0.83	25.7
	-3	60.6	5.39	0.30	0.99	4.00	1.05	5.04	0.34	1.65	0.86	27.2
	\bar{X}	64.0	5.44	0.29	1.04	4.20	0.94	4.97	0.32	1.63	0.82	26.1

¹ Organic matter

6. 경제성 분석

제작된 계분건조기의 경제성을 생계분의 초기함수율이 79.2%일 때 최종함수율이 55%가 될 때까지 건조한 성능시험 결과에 의하여 분석하면 다음과 같은

데, 이와 같은 경제성 분석은 다음과 같은 몇가지의 가정을 전제로 했다.

1. 본 경제성 분석은 개발된 건조기의 설계규모인 산란계 15,000수 규모의 농장을 대상으로 한다.

2. 계분건조기의 수명은 5년으로 하고, 감가상각비의 추정은 직선법에 의하며, 폐기시의 잔존가격은 구입가격의 10%로 한다.
3. 기계의 구입가격은 대당 1,500 만원으로 하며, 부가세는 별도로 한다.
4. 건조기의 연간고정비 비율 계산에는 구입가(C)에 대하여 투자에 대한 이자 0.07C, 수리비 0.06C, 보관시설비 0.01C 와 같은 계수를 이용한다.
5. 계분처리를 위한 인부 또는 건조기 운전기사의 노임은 월급으로 60 만원 /월 로 한다.
6. No. 2 경유의 가격은 182 원 /L 로 한다.
7. 전기료는 농사용을 적용하고, 요율등급 갑, 을, 병 중에서 계약용량이 가장 큰 요율인 병의 요율인 32.4 원 /kWh 를 적용한다.
8. 건조된 계분의 판매가격은 60 원 /kg 으로 한다.
분석결과에 의하면, 건조기를 사용하면 비용이 9,300(원/월) 이고, 관행방법의 비용은 600,000(원/월) 이므로, 제작된 건조기를 15,000수 규모의 양계농장에서 사용한다면 590,700(원/월)의 비용을 절감할 수 있을 것으로 추정되었다.

IV. 摘 要

현 단계에서 우리의 양계농은 효율적인 계분건조기의 개발을 절실히 필요로 하며, 이를 위한 설계 및 개발에 필요한 계분의 물성 및 건조특성의 구명이 또한 시급한 선결과제로 대두되고 있다. 이와 같은 시대적 요청에 따라 본 연구는 다음과 같은 목적을 가지고 연구를 수행하였다.

1. 환경공해의 주원인인 계분의 비료화 적정처리를 위한 계분건조기의 설계 및 개발에 필요로 하는 계분의 건조특성을 구명한다.
2. 이를 위하여 시작기를 제작하고 시작기의 건조특성과 성능을 분석하고 발전방향을 제안하는 데 있다.
상기와 같은 연구목적을 달성하고자 본 연구에서는 시작기를 제작하였으며, 1992년 3월 13일과 14일 양일에 걸쳐 시작기를 이용하여 건조시험을 3회 실시하였다. 시험결과의 분석에 따라 다음과 같은 결론을 유도할 수 있었다.
1. 시작기는 계분건조작업을 연속적으로 아무런 문제

없이 수행할 수 있었으며, 건조작업 중에 배기가스로부터 예상되는 악취의 발생은 감지하기가 어려울 정도의 수준으로 나타났으므로 대기오염 공해는 문제가 되지 않을 것이 예상되었다.

2. 비료로서의 가치 및 영양적 가치를 지닌 계분의 건조특성을 보면, 함수율 80%에서 50%까지는 1단계 향률건조를 하며, 그후 50%에서 40%까지는 1단계 감률건조를 한다. 다시 40%에서 23%까지 2단계 향률건조가 있고, 그 뒤에 2단계 감률건조가 있다.
3. 일반적으로 물 1kg을 제거하는데 필요한 소요열량을 2,512kJ /kg(600kcal /kg) 로 계산하여 건조기를 설계하면 적정설계를 할 수 있겠다.
4. 계분의 건조에 따른 성분변화를 분석하고자 실험실에서 건조에 사용된 생계분의 샘플을 사용하여 함수율 70%, 30%, 15%, 0%로 건조하여 각각의 성분변화를 분석하였다.
5. 함수율 79.2%의 생계분을 건조할 때, 시작기에 의하여 건조된 계분의 최종함수율은 건조조건에 따라 38.7~57.9%의 범위를 나타냈으며, 이때의 건조작업능률은 189.8~197.0 kg /h로 분석되었다.
6. 건조작업 중에 소요되는 전력은 9.5~19.3 Wh /kg 이었으며, 연료효율 6.9~9.3kg-H₂O /L 와 열효율 50.2~65.1%에 의한 수분증발량은 124.0~125.4kg-H₂O /h 로 나타났다.
7. 건조기의 열효율을 70%를 기준으로 평가한다면, 시작기의 열효율은 조금 낮은 수준이며, 열관리 계통의 개선을 필요로 하였다.
8. 제작된 계분건조기의 시작기를 15,000수 규모의 양계농장에서 사용한다면 관행의 계분처리 방법에 비하여 약 590,700(원/월)의 비용을 절감할 수 있을 것으로 추정되었다.

V. 引用文献

1. Chang, D. I., K. S. Lee and S. W. Yoo. 1991. Drying of poultry manure by rotary dryer. ASAE Paper No. 915525, ASAE, St. Joseph, MI.
2. Mujumdar, Arun S. 1987. Handbook of In-

- dustrial Drying, Marcel Dekker, Inc.
3. Platin, Bülent E. and Riza Arat. 1987. Determination of optimum working conditions in rotary dryers. Drying 87, ed. A. S. Mujumdar, pp 45-49, Hemisphere Publishing Corp., New York.
 4. 岡本正幹. 1970. 養鶏메뉴얼 :p257-258. 양현당, 일본.
 5. 鶴飼信儀. 1978. 家畜ふん尿の處理利用システム (11). 畜産の研究 33(10): 1259-1265.
 6. 鶴飼信儀. 1979. 家畜ふん尿の處理利用システム (11). 畜産の研究 33(1): 58-62.
 7. 徳滿茂, 和田涉一, 田上尊尋. 1990. 鶏舎惡臭の微生物脱臭施設と實際. 畜産の研究 44(1): 150-154.
 8. 木村俊範, 清水浩. 1989. 家畜ふんの堆肥化に関する基礎的研究(第3報) 排氣分析による乾物減, 水分減の分別. 農業機械學會誌 51(1): 63-70.
 9. 木村俊範, 清水浩. 1989. 家畜ふんの堆肥化における温度上昇の難陽に及ぼす通氣量, 含水率の影響. 農業機械學會誌 51(4): 77-81.
 10. 西村洋. 1990. 家畜ふん尿の堆肥化施設と運用の實際. 畜産の研究 44(1): 175-182.
 11. 石川辛市. 1990. 鶏ふん處理施設選定の條件. 畜産の研究 44(1): 167-174.
 12. 伊藤禮二. 1976. 養鶏經營における鶏ふんの處理と利用. 畜産の研究 32(10): 1259-1265.
 13. 張東日. 1991. 화력계분건조기의 연구개발. 한국 축산기계연구소 연구보고서.
 14. 張東日. 1991. 계분건조기의 설계를 위한 계분의 건조이론. 월간양계 동권 262호(1991. 8): 90-94.
 15. 張東日. 1992. 계분건조기의 개발을 위한 계분의 건조특성. 학술진흥재단 연구보고서.