

계분의 상품화 및 자원화

— 계분 재이용을 위한 가공처리법 —



김 정 응
(다다상사 대표)

1. 머릿말

지금도 대부분의 양계농가에서는 계분판매 수입으로 고용노동력의 임금을 지불할 정도로 계분은 양계경영상 상당한 비중을 차지하고 있다. 그러나 계분관리를 소홀히 하면 오히려 인근 주민으로부터 심한 불평의 소리를 듣게 되며 심지어는 환경오염으로 행정고발을 받거나, 때로는 계분이 썩어 들어간 논밭의 주인으로부터 손해배상청구를 받기도 한다.

계분은 아주 훌륭한 유기질 비료이다. 생계분이 가지고 있는 65% 내지 75% 수분만을 제거한다면, 수송비가 적게 들 것이고, 취급하기도 쉬울 것이므로, 깊은 골짜기나 높은 산의 나무까지도 살찌게 할 수 있을 것이고, 표토가 거의 없는 야산을 개간해서 초지조성과 과수원개발도 할 수 있을 것이다. 척박해져 가는 농토도 다시 비옥한 농토로 만들 수가 있을 것이며, 공원이나 도시의 녹지대도 잘 가꿀 수 있을 것이고, 도시의 삭막한 시멘트 벽돌담도 생울타리로 바꾸어 우리의 생활공간을 보다 푸르고 아름답게 가꾸어 갈 수 있을 것이다.

계분은 가끔과 가축의 사료로도 재이용할 수 있다. 금년의 배합사료 생산량은 550만톤에 육박할 것으로 추정되며, 1990년에는 1,600만톤의 배합사료가 있어야 우리 국민의 축산물 수요를 충족시킬 수 있으리라고 전문가들은 말하고 있다. 배

합사료의 수요가 증대함에 따라 필요한 사료원료의 대부분을 외화를 주고 수입해야 하는 우리로서는 가용할 수 있는 국내 부존원료가 있다면 적극적으로 개발 이용해야 할 것이다.

우리 축산관계자들은 계분뿐만 아니라 돈분 및 우분의 사료화에 대해서도 깊은 관심을 가져야 할 것이다.

계분은 경제적 또는 과학적 가공처리가 가능하다. 계분은 25%~35% 조단백질을 가진 사료원료가 될 수 있으며 kg당 약 650Kcal의 대사에너지공급할 수 있고, 브로일러사료에 8~10%, 산란사료에 10~15%, 축우사료에는 25%까지 배합했을 때 산란, 산유, 산육, 건강 등에 좋은 효과를 가져올 뿐만 아니라, 단위 축산물의 생산원가 절감에도 크게 이바지하는 것으로 여러 학자들이 연구 발표해 왔다.

사료자원이 풍부하여 자유 우방국 및 공산국가에까지 수출하고 있는 미국에서도 계분을 탈수건조 및 가수분해하여 DPW(dehydrated poultry waste: 건조계분)라는 사료원료명으로 유통되고 있으며, 미국의 어느 회사에서는 우분을 건조하여 'CALFEED'라는 상품명을 붙여 널리 판매 수출하고 있는 실정이다. 우리나라에서도 계분발효사료는 법적으로 사료로 지정되어 유통할 수 있으나, 생산원가 때문인지 제품의 품질 때문인지 극히 제한된 양이 유통되고 있는 형편이다.

필자는 현재 세계 여러나라에서 널리 사용되고 있는 계분의 가공처리 방법을 여기 소개하므로써 계분의 상품화 및 자원화가 이루어

지도록 일조를 하고자 한다.

2. 우리나라의 생계분 생산량 및 건조계분 생산가능량 추정

계분은 브로일러와 산란육성계 그리고 채란계가 모두 생산하나 브로일러 및 산란육성계 계분은 깔짚과 함께 섞여 나오므로, 계분 그대로 유기질비료로 사용한다고 가정하고 상업적으로 가공처리 가능한 채란계(중계 포함)의 생계분만을 추정해 보면, 현재 사육되고 있는 약 3,000만수의 산란계가 1일 1수 0.17kg 배설한다고 볼 때 총생계분 생산량은 1일 5,000여톤, 월간 150,000여톤, 그리고 연간 180만톤이 될 것으로 추산된다. 이를 가공처리하여 수분 13%미만의 건조계분으로 전환시킨다면 60여톤의 조단백 25% 사료를 생산 가용할 수 있다. 현재

표 1. 건조계분의 비료성분포

성분	샘플 # 1	샘플 # 2
N	3.9%	4.1%
P ₂ O ₅	3.9%	4.0%
K ₂ O	2.4%	4.35%
유기질	61.0%	61%
수분	13.2%	12%

표 2. DPW (dehydrated poultry waste건조계분)의 영양소 구성

성분	미국加州 공정규격	구성비*	비고
수분		2.29	
조단백	최소 25	37.69	*미국 캘리포니아주에서 제조 유통 수출되고 있는 "PROMAC"
조지방		3.48	이라고 불리는 DPW
조회분	최대 35	29.42	의 성분 보증표임
조섬유	최대 15	8.70	
NFE		15.43	
Ca		8.90	
P		2.21	

국내에서 생산되고 있는 소맥피가 50만톤을 밀고 있다는 것을 생각해 보면, 60여만톤의 건조계분은 물량면에서나 그 사료적 가치면에서나 매우 개발가치가 높은 것임을 쉽게 알 수가 있다. (표2, 3참조)

물론 건조계분의 비료적 가치도 다음의 비료 성분표를 보면 매우 높다고 할 수 있을 것이다.

3. 생계분 가공처리 방법

생계분을 가공처리하여 유기질비료로 사용할 것인지 아니면 사료원료로 사용할 것인지에 따라 가공처리 방법을 달리해야 하고, 사료원료 목적으로 가공처리하는 경우에도 최종제품의 수분함량을 몇 퍼센트로 할 것이냐에 따라 건조 방법은 달라진다.

가. 유기질비료 생산을 위한 가공처리 방법

1) 발효 및 기계적 건조방법

이 건조방법은 생계분의 수분함량을 토양미생물이 왕성하게 증식 활동할 수 있는 수준까지 일광건조하거나, 밀기울, 탈지강, 왕겨 등 섬유질이 높은 원료들을 적절히 배합하여 수분의 함량을 조절한 뒤 토양미생물을함께 섞어서 일정기간 두면 발효가 된다. 공정기간을 단축하기 위해 어느 정도 발효가 진행된 계분을 로타리킬른(Rotary Kiln)형 또는 자켓 드라이어 믹서(jacketed dryer-mixer)에 넣어 3~4시간 회전 가열하면 발효가 급속도로 진행되면서 계분내의 수분을 증발시키며 이때 해로운 곤충의 알, 병원체 등이 멸균 소독된다.

발효건조기의 능력은 건조계분 기준으로 100kg 정도 생산하는 작은 기계로부터 2톤 정도 까지 생산하는 큰 기계까지 다양하며, 제조회사에 따라 에너지 소모량 즉 원료비 및 동력비가 크게 차이가 나므로, 비교 검토하여 사용하는 것이 바람직하다. 또한 발효건조기체는 부식에

특집 ● 계분의 처리 이용

표 3. 계분(DPW)의 아미노산 구성(% ,건물기준)

아미노산	기계건조한 DPW	샘플 # 1	샘플 # 2
1. Aspartic acid	1.02	0.95	0.49
2. Threonine	0.48	0.38	0.27
3. Serine	0.51	0.37	0.37
4. Glutamic acid	1.32	1.54	0.48
5. Proline	0.64	0.43	0.41
6. Glycine	2.18	0.43	1.19
7. Alanine	0.67	0.43	0.43
8. Cystine	0.14	0.10	0.07
9. Valine	0.60	0.60	0.37
10. Methionine	0.15	0.15	0.14
11. Isoleucine	0.51	0.46	0.32
12. Leucine	0.77	0.62	0.43
13. Tyrosine	0.37	0.38	0.35
14. Phenylalaine	0.45	0.45	0.29
15. Lysine	0.45	0.69	0.45
16. Histidine	0.20	0.35	0.59
17. Arginine	0.47	0.85	0.30
합계 %	10.9	9.4	7.2

자료원 : Cornell University, 미국

강한 재료로 제작한 것이 좋으나, 가격이 비싼 것이 흠이다. 국내에서도 생계분을 발효건조하여 판매하는 회사가 있으며 기계와 장치를 판매하는 건조기계 전문업체들도 있다.

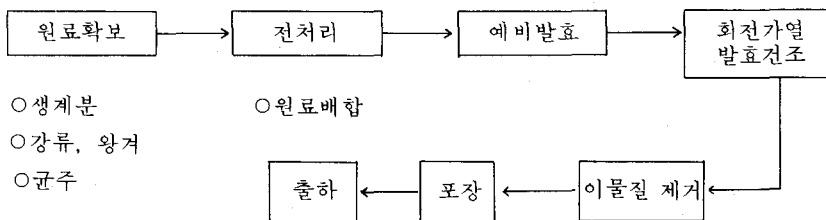
그리고 특히 유의할 사항은 예비발효에 사용되는 토양균주에는 고온섭유소 분해 균주인 바실러스(bacillus) 균주, 아스퍼질루스균주, 락토 바실러스균주 등 여러가지가 있으므로 효능을

분석 검토하여 사용할 것을 권하는 바이다.

2) 단순 건조방법

이 방법은 발효 및 기계식 건조방법에 비해, 공정과 작업이 단순한 반면, 예비발효 또는 생계분의 수분함량 조절 작업 등이 포함되어 있지 않으므로 건조에 따라 에너지 비용이 상대적으로 높은 것이 단점이다.

발효건조법의 공정 모식도



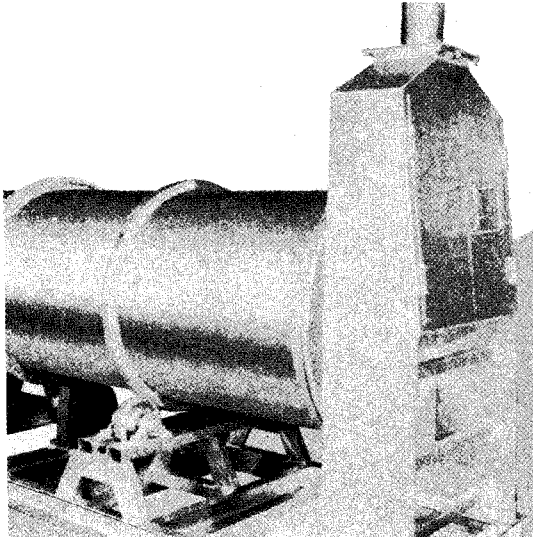


사진 1. 로타리킬른형 발효건조기

이 장치에는 연속식 건조방법과 벨취식 건조방법이 있으며, 직접 열건조방법과 간접 열건조방법이 있으며, 연속식 건조방법에는 로타리킬른형과 수직타워형이 있다. 대체로 연속식은 대량처리에 적합하나 400~600°C의 고열로 20~30분에 건조시키는 방법이며, 벨취식 건조방법은 소량건조에 적합하며 주로 저열(80°C~120°C)로 3~4시간 정도 장시간 건조하는 방법이다.

어떤 방법을 선택 하든지간에 열효율이 높은 장치를 선택함이 가장 중요하다. 최근에는 폐열회수 재이용에 대한 연구가 많이 이루어져서 종전의 건조기보다 열효율면에서 30~40% 개선된 것들이 시장에 소개되고 있다.

이와같은 단순 건조방법을 채택하여 건조할 경우 연료 및 동력비가 톤당 50,000~60,000원 정도(50~60원/kg) 소요되는 것으로 추정된다. 또한 이 방법의 채택에 있어 유의해야 할 사항은 건조된 계분의 판매가격과 총 건조비용을 함께 검토하여 수익성을 검토하는 것이다.

3) 태양열 및 발효건조법

이 방법은 최근 이웃 일본에서 개발되어 우리나라에도 몇몇 양돈장에 돈분처리용으로 설치

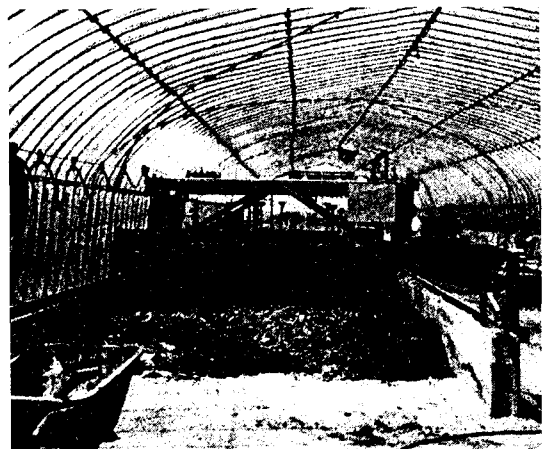
가동되고 있는 것으로 국내 제작도 가능한 장치이다. 가격도 기계능력 크기에 따라 큰 차이가 있으나 시설투자비가 앞에서 소개한 2가지 방법보다는 매우 낮은 방법으로 권장 보급할 가치가 있는 방법이다.

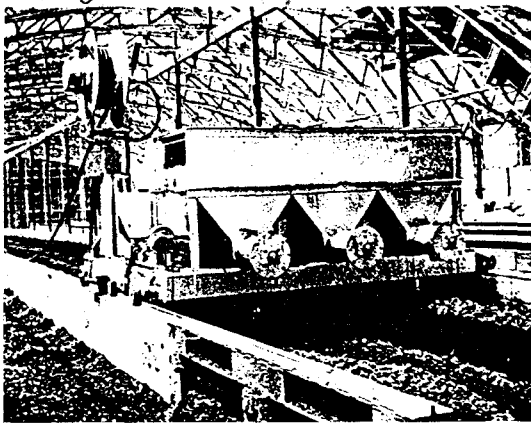
이 건조법의 시설구성내역을 보면, 강풍에 견딜수 있는 아연도 강판파이프로 된 집모양 또는 반원형의 비닐하우스에 건조교반장치가 기계적으로 비닐하우스 한쪽 끝에서 반대쪽 끝으로 왔다 갔다 할 수 있도록 레일(궤도)을 깔거나, 규모가 큰 처리장은 하우스내에서 한 방향으로 계속 돌도록 레일을 깔기도 한다.

(사진 2,3,4 참조)

비닐하우스의 바닥에서 레일까지의 높이는 회사마다 권장하는 높이가 다르나 30cm~70cm 정도이며, 레일위에 건조교반 장치를 올려놓는다. 생계분을 투입하면 태양열, 수분, 각종 영양소 등을 받아 계분내에 토양미생물이 증식하면서 약 80°C의 열을 발산하며, 이 열이 계분내의 수분을 증발시킨다. 외기 온도, 생계분의 수분함량, 기계의 교반능력, 처리장 크기 등에 따라 생계분이 건조되기까지의 시간이 다르나 10일~15일 정도 소요된다. 이 처리장치의 규모는 산란계 5,000수에서 50,000수 정도까지 적용되나, 그 이상도 제작가능한 것으로 생각된다.

사진 2





◁ 사진 3

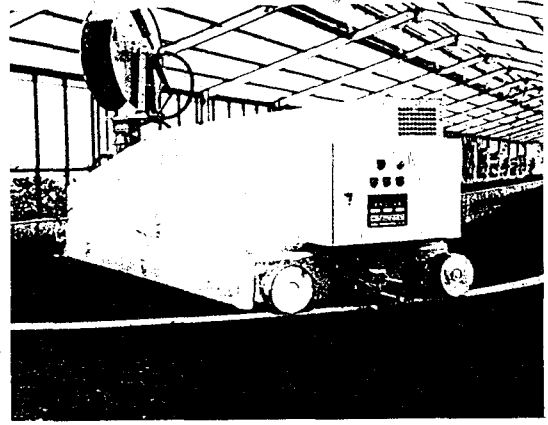


사진 4 ▷

이 방법이 대체로 시설비가 저렴하며, 이 장치를 작동하는데 소요되는 에너지비용 즉 연료비 및 동력비가 적게 든다. 그 이유는 태양열과 발효열에 의해 건조하므로 연료비는 필요치 않기 때문이다.

이 장치의 결점은 첫째, 비닐하우스를 비닐 또는 투명타포린(WOVEN PVC Film)으로 덮는데, 비닐의 경우는 매년 새것으로 갈아 덮어야 하며 타포린은 재질에 따라 2~3년 마다 갈아 줘야 하는 불편과 비용이 지출된다는 점이며 둘째, 상당한 면적을 차지하므로 토지 투자비가 소요되는 점이다. 셋째, 겨울철 대기온도가 영하 15~16°C로 내려갈 때 과연 건조가 잘 될 것 인지는 아직 뚜렷한 해답이 없다. 이론적으로 겨울철에도 하우스 내의 실내온도가 영상 21°C 이상 되어야 발효가 잘 진행되기 때문이다.

나. 사료원료로 가공처리하는 방법

생계분을 가공처리하여 DPW(건조계분)사료로 재이용하려면 생계분이 가지고 있는 다음의 문제점들을 해결해야 한다.

이론적으로는 유기질 비료로 가공처리하는 방법과 같으나 일정한 품질의 계분사료를 생산하기 위해서는, 일정한 제조공정을 통과하면 균일한 제품이 생산되는 시스템이어야 한다. 아울러 가공처리비가 저렴해야 하며, 공정기간이 가능한 짧고 단순하며 노동력이 적게 필요한 시스템일수록 상업성이 있다고 생각된다.

유기질비료로 사용할 경우에는 건조계분의 수분함량이 20~25% 정도라도 취급상 별 문제가 없으나, 사료로 사용코자 할 경우 최종제품인 건조발효계분의 수분함량은 13% 미만이어야 함

문 제 점	해 결 방 안
1. 이물질 (유리, 플라스틱, 철물, 비철금속류, 나무, 발톱 등)	정선기, 자석분리기를 제조공정 중에 설치하면 제거가능
2. 병원체 (Coliform, E. Coli, Salmonella)	80°C 이상에서 2일 이상 직접 또는 간접열로 가열하면 박멸됨
3. 항생물질 (penicillin, streptomycin, erythromycin)	사료관리지침에 의해 인체에 유해한 항생물질은 사용불가하므로 문제없음
4. 악취	수분 10% 미만이면 악취 없음
5. 높은 수분함량	가장 경제적으로 제거하는 시스템사용으로 해결

새도 거의 없고, 그리고 사료원료로서 사용도 가능하다.

미국, 유럽의 경우에는 천연가스, 또는 벙커 C유 등의 가격이 우리보다 훨씬 저렴하여 직접 또는 간접열로 단순건조방식을 채택할 수 있으며 실제 120°C에서 3~4시간 또는 400~600°C에서 30분~1시간정도 가열하여 건조시키는 방법이 널리 보급되고 있다.

앞에서와 같은 단순건조방법의 경우 연료비와 동력비가 건조계분 M/T당 50,000~60,000원 정도 소요되므로 이 방법은 경제적으로 타당하지 않다.

최근 미국에서 발명특허를 얻은 시스템으로 건조비용이 아주 저렴하여 널리 보급되고 있는 시스템을 소개한다.

기계적 발효건조시스템(BRILL DIGESTER SYSTEM)

이 시스템은 천연가스나 벙커C유 등 연료를 전혀 사용하지 않고 오직 동력에 의한 기계가동

만으로 발효건조를 하는 장치다.

이 시스템도 발효건조에 근거를 둔 것이므로 투입되는 생계분의 수분함량이 50% 이하인 경우 효율이 높고 또한 건조시간도 48시간 정도로 짧아진다. 따라서 산란계가 바로 배출한 생계분의 수분 함량은 75%이나 여름철에는 80% 이상 올라간다. 이같은 수분함량이 높은 생계분은 수분함량을 50% 수준으로 낮추기 위해 톱밥, 왕겨, 짚분말 등을 발효기에 함께 투입해 줘야 하나 투입전에 예비배합을 할 필요는 없다. 왜냐하면 발효기 내에 배합장치가 들어있기 때문이다.

이 시스템은 기계가 설치된 장소의 실내온도가 21°C 이상일 때 발효가 왕성히 일어나므로 겨울철과 이른봄 및 늦가을 이는 실내온도 유지에 비용이 드는 것이 결점이다. 그러나 옥외에 설치하고 그 위에 비닐 하우스를 쳐 준다면 실내온도 유지에 필요한 연료비를 절감할 수 있을 것이다.

시스템의 구성과 능력

시 스템 구 성	발효기능력		건 조 능 력		수분20% 건조계분 주간생산량
	50%수분원료 벨취당투입량	벨취당 발효기간	20%수분제품 벨취당생산량	벨취당 건조시간	
1대 발효기/1대 건조기	7톤	2일	4.4톤	12시간	15.4톤
2대 발효기/1대 건조기	14톤	2일	8.8톤	12시간	30.8톤
3대 발효기/1대 건조기	21톤	2일	13.2톤	12시간	46.2톤
1대 발효기/1대 건조기결합형	5.25톤	56시간	3.3톤	56시간	10.0톤

산란계 사육수수별 소요시스템 능력

산 란 계 사육수수	1일생계분배출량		소 요 시 스템	주간건조계분 수분20%생산량	비 고
	50%수분	80%수분			
38,500수	7톤	4톤	1대발효기/1대건조기	15.4톤	1일 1수 80%수분 계분 104gr
77,000수	14톤	8톤	2대 발효기/1대건조기	30.8톤	배 출
115,500수	21톤	12톤	3대 발효기/1대건조기	46.2톤	
28,800수	5.25톤	3톤	1대 발효기/1대건조기 결합형	10톤	

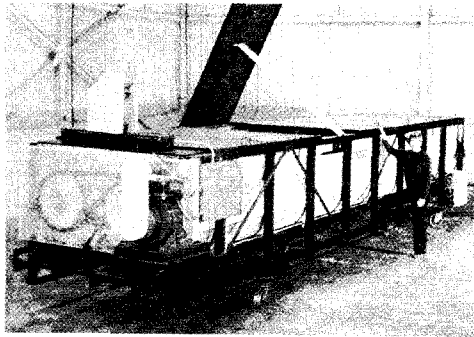


사진 5. 기계적 발효 건조 장치

건조된 계분의 수분함량은 건조시간에 따라 10%~20%로 조절이 가능하다.

수분이 80%인 생계분을 60%, 톱밥, 왕겨 분쇄분, 볏짚분말을 중량기준으로 40%를 혼합시키면 발효기에 투입된 원료의 수분함량이 이론적으로 54% 정도 되며 이 정도의 원료는 발효 효율이 매우 좋은 것으로 메िका 측에서 주장하고 있다.

동력은 2대발효기/1대건조기시스템의 1벨취 발효건조에 640KWH가 소모된다고 하는데, 이 시스템이 1벨취(batch)당 8.8톤을 생산하므로, 동력은 건조계분 톤당 72.7KWH가 소모되므로 한화로 약 20,360원의 동력비가 지출되는 셈이다. 지금까지 소개한 어떤 가공처리 방법보다도 경제적인 비용으로 건조할 수 있다.

물론 이 비용은 수분 20%까지 건조하는데 소요되는 비용이므로 13% 미만으로 수분함량을 낮추려면 이보다 더 많은 비용이 들 것으로 추산된다.

현재의 사료원료 가격을 기준으로 영양소함량이 유사한 소맥피 또는 탈지강과 비교할 때 수분함량을 13% 미만으로 건조한 발효계분은

kg당 100원 이상의 가치가 있는 것으로 추정된다.

3. 맺는말

지금까지 말씀드린 계분의 상품화 및 자원화는 양계산업, 나아가 축산업에 관련하는 사람들 모두의 당면 과제라고 생각된다.

환경오염 문제를 해결하고 부족한 유기질비료를 생산 공급하고, 아니면 절대량이 부족한 사료원료 문제를 해결하는 길은 계분뿐만 아니라 돈분, 우분을 재이용할 수 있는 방법을 강구하는 것이다.

앞에서 잠깐 언급한 바 있지만 건조비용이 매우 저렴하고, 건조된 계분의 품질이 균일하면 서 용도에 맞아야 하며 공정이 단순하여 미숙련공도 가동할 수 있는 장치이어야 하며, 노동력이 적게 소요되는 건조발효 장치가 보급된다면 계분의 상품화 및 자원화는 이루어질 수 있을 것이다. 시설투자비, 감가상각비, 생계분가격(생계분으로 판매할 때의 가격), 인건비, 동력비, 연료비, 기계보수, 톱밥, 왕겨 및 짚류의 분말 등 수분%를 낮추기 위한 일종의 충전제 구입비 등을 모두 건조원가에 계상하고도 상당한 이윤이 보장되는 그런 시스템이 있다면, 축분의 재이용은 누가 강요하지 않더라도 자연스럽게 이루어질 것이다. 다행히 계분발효사료는 사료관리법상으로도 유통할 수 있도록 조치가 되어 있기에 정말 다행한 일이 아닐 수 없다.

양계업자 모두가 거의 버리다시피 하는(특히 여름철)계분을 건조발효하여 자가사료 배합에 이용할 수도 있을 것이고, 사료공장에 의뢰하여 주문배합시 원료로 사용해 주도록 요청할 수도 있을 것이며, 남은 양은 판매를 할 수도 있을 것이다.

닭고기 · 돼지고기는 당신의 건강을 보장해 줍니다.