

축우사료(TMR)에 대한 DDGS의 진정한 가치



박 홍 석
전북대학교 교수, USGC
DDGS 컨설턴트

DDGS란 옥수수로부터 연료용 에탄올을 생산하고 남는 옥수수 주정박이다. 주정박은 지난 100여년 이상을 가축사료로 이용되어왔다. 그러나 근래에 와서 옥수수 주정박 DDGS가 사료원료로서 새로운 주목을 받게 되는 것은 예전의 음료용 알코올 제조 때 소량씩 생산되던 것과는 달리 그 생산량이 엄청나게 늘어난 때문이다.

2008년 8월, 미국의 식량 농업정책 연구소(FAPRI, Food and Agricultural Policy Research Institute)에서 연구 발표한 미국의 연도별 DDGS 생산량 추이를 보면, 2006/07 년도에 1,500만 톤, 2009/10년도에 3,500만 톤, 그리고 궁극적으로 2013/14년도에는 4,300만 톤까지 늘어날 것으로 예측하고 있다.

지금까지 이 예측은 잘 맞아 들어가고 있고, 앞으로도 이 예측대로 생산량 증가가 지속되면, 2013/14 년도 DDGS 생산량은 2006/07년도 미국의 대두박 총생산량과 맞먹는 량이 된다. 대두박 생산량 증가가 매우 완만한 것을 감안하면, 수십여 년에 걸쳐 증가한 대두박 생산량을 불과 5년 내에 따라잡

게 되는 것이다.

이런 DDGS 생산 증가 추세 예측은 오히려 보수적 예측이라는 견해도 있다. 국제 오일 값이 고공을 행진하는 한 옥수수로부터 연료용 에탄올 생산은 계속 빠른 속도로 증가할 것이며, 따라서 DDGS 생산량도 빠르게 증가하리란 것이다. 점점 더 많은 질 좋은 옥수수가 에탄올 생산에 사용될 것이며, 앞으로 이제까지와 같이 양질의 옥수수를 저렴하게 사료로 이용할 수 있는 시대가 지나가고 있는 지도 모를 일이다.

1. DDGS의 생산 공정

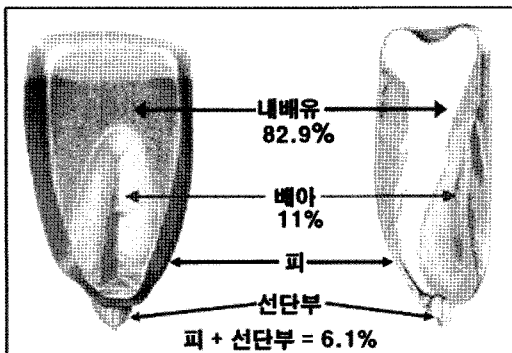
옥수수 DDGS가 생산되는 과정을 새삼스럽게 살펴 보고자함은 생산 과정이나 DDGS 영양 성분을 고려할 때, 축우에 있어 DDGS는 단백질 사료인 동시에 에너지 사료이고, 섬유질 사료인 동시에 발효 사료이고, by-pass protein과 by-pass fat 원료이기도 하다.

DDGS는 옥수수 발효과정에서 증식한

효모세포와 모든 발효산물을 포함하고 있기 때문에 일종의 yeast culture라고도 할 수 있는 것이다. 근본적으로 옥수수 알갱이는 네 부분으로 구성되어 있다(그림1). 옥수수의 가장 큰 부분인 배유는 전체의 82-83%를 차지하며, 주로 전분으로 구성되어 있다.

이 부분이 바로 발효를 통하여 에탄올이 생산되는 원료가 되는 것이다. 두 번째로 큰 부분은 배아로 전체의 11-12%를 차지하며, 주로 옥수수기름이 모여 있는 곳이다. 옥수수의 껍질(옥피)은 전체의 5% 정도를 차지하며, 선단부는 약 1% 정도 차지하는데, 전체의 5-8%를 차지하는 옥피와 선단부는 주로 섬유질로 이루어져 있고 DDGS의 섬유질 원천이 된다.

현재 이백 여개가 넘는 미국 에탄올 생산 공장에서는 대부분 그림2에서 보여주는 바와 같은 건식 가공방법을 사용한다. 정선된 옥수수가 에탄올 공장에 도착하면 발효 과정을 거치기 전에 먼저 햄머밀을 이용하여 곱게 분쇄한 후 물을 가한다.



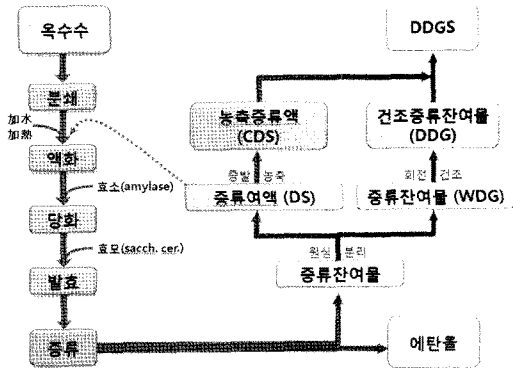
[그림 1] 옥수수의 구성

여기에 Na염을 가하여 pH를 조절한 다음 열을 가하여 액화 시킨다. 이 혼합물에 전분 분해효소, 아미라제를 넣어 전분을 포도당으로 분해(당화) 시킨다.

다음으로 여기에 효모를 넣어 발효시키는데, 효모는 주로 *Saccharomyces cer.*를 이용한다. 이 발효과정을 통하여 옥수수의 가장 큰 구성성분인 전분이 모두 사라지고, 알코올로 발효 되지 않는 부분 즉, 단백질과 지방, 그리고 섬유질 성분이 남게 되며, 이 혼합물을 증류하여 에탄올을 얻는다.

이후부터는 DDGS 생산을 위한 과정이 진행된다. 먼저 물과 모든 고형물 혼합물(whole stillage)을 증류조에서 수거하여 원심분리를 통해 액상 부분(DS, distillers soluble, 또는 thin stillage라고함)과 고형물 부분(WDG, wet distillers grain)을 분리한다. 액상부분은 수분을 증발시켜 농축(DS) 시키거나 건조시켜 사료로 쓰기도하나, 건조한 증류잔여물(DDG)과 섞어 DDGS를 생산한다.

이러한 과정을 통하여 원래 옥수수의 27-30%가 DDGS로 생산되며, 원료 옥수수의 품질이나 발효 효율성에 따라 차이가 있으나 DDGS에는 대략 단백질이 27-36%, 지방이 10-15%, 그리고 섬유질(NDF)이 28-44% 함유되게 된다(표1).



[그림 2] 옥수수 에탄올 DDGS의 생산 공정.

<표 1> 옥수수와 에탄올 발효 후 남은 DDGS의 영양 성분변화.

성분	옥수수	DDGS
고형물(DM) / %	88.2	89.1
CP, %	9.5	27-36
Fat, %	3.5	10-15
NDF, %	6.8	28-44
ADF, %	1.6	14-24
Ash, %	1.2	2.9

2. 축우에게 DDGS는 우수한 단백질 사료이다.

젖소와 육우에 있어 DDGS는 저렴하고 우수한 단백질 사료이다. 양질 DDGS의 단백질 함량은 고형물 기준으로 30% 이상이다. DDGS는 단백질 함량이 높을 뿐만 아니라, 그림3에서 보여주는 조사연구의 하나처럼 반추위 미분해 단백질(RUP, Rumen Undegradable Protein) 즉 반추위 보호단백질을 다량 함유하고 있다.

반추위서 쉽게 분해될 수 있는 옥수수의 단백질들은 알코올 발효 과정 중 이미 분해되어 옥수수의 보호단백질 RUP가 DDGS에 농축되고, 발효과정 중 증식되는 상당량의 효모가 그대로 남아 DDGS에 포함되기 때문이다.

어떤 연구(Ains 등, 1987)에 따르면 DDGS는 대두박에 비해 반추위에서 분해되지 않는 단백질 함량이 1.8배나 된다고 한다. 그리고 알코올 발효 중 증식된 효모 세포가 지니고 있던 상당량의 단백질은 건조과정 중에 열처리되어 반추위에서 20% 정도 밖에 분해되지 않는다고 한다.

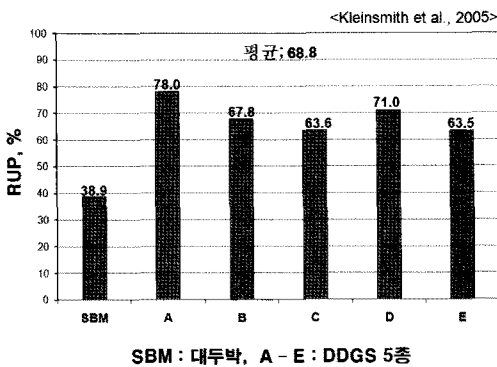
그림3은 무작위로 선발한 5 개 에탄올 공장에서 취한 DDGS 샘플과 대두박의 RUP 함량을 조사한 시험결과이다. DDGS가 생산된 에탄올 공장에 따라 RUP 함량 변이가 크지만 평균 68.8%로 대두박 38.9%에 비해 1.8배 가까이 더 높음을 알 수 있다.

축우에게 DDGS 단백질의 품질은 비교적 좋은 편이다. 그러나 고능력 유우나 고능력 육우에게는 옥수수와 마찬가지로 라이신이 제1제한 아미노산으로 나타날 수 있다.

고능력 유우에게 DDGS를 다량 급여할 때 보호 라이신이나 보호 메치오닌을 사료에 첨가하거나 라이신 함량이 높은 다른 단백질 사료와 혼합해 주거나 하면 산유량이 높아지는 경우가 있는데 그 이유가 여기에 있다.

그러나 대개의 경우 적절한 수준의 DDGS를 급여하면 대두박 사료에 비해 산유량이 같거나 오히려 높아지기도 한다. 품질이 좋

지 않은 DDGS는 색깔이 진한 갈색을 띄우게 되는데, 건조 과정 중에 과열된 것으로 산유량이 감소할 수 있으며, 산유량을 극대화하기 위해서는 노란 황금색을 띄우는 양질 DDGS를 급여하는 것이 좋음은 물론이다.



[그림 3] DDGS와 대두박의 RUP(반추위 보호단백질) 함량 비교.

3. 축우에게 DDGS는 저렴한 에너지사료이다.

DDGS의 에너지 함량은 대두박은 물론 옥수수보다 높다. 많은 학자들은 현재 미국 공장들에서 에탄올 발효 후 생산되는 DDGS의 에너지가가 과소평가되고 있으며, 실제로는 NRC(2001)에서 발표한 것 보다 최소한 10-15%는 높다고 믿고 있다. 축우를 대하여는 전통적 에너지 사료로 쓰이는 옥수수에 비해 20-25% 정도의 에너지를 더 함유하고 있다고 믿고 있다.

옥수수의 주 에너지 공급자이고, 옥수수 고형물의 80% 이상을 차지하는 전분이 발효

과정에서 에탄올로 전환되어 사라지는 대신 DDGS에 농축된 단백질 과 지방, 그리고 섬유질이 대신 에너지를 공급하게 되는 것이다. DDGS에 다량 함유된 섬유질은 반추위에서 쉽게 발효되기 때문에 그 만큼의 전분과 같은 에너지를 공급할 수 있다.

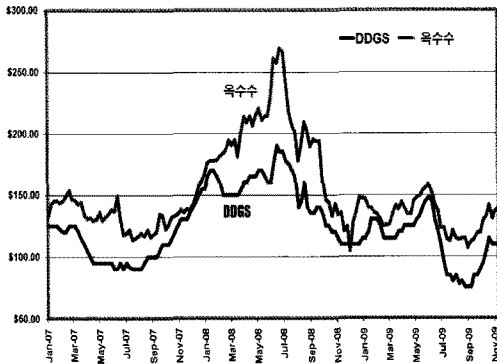
국내에 수입된 DDGS의 가격은 옥수수에 비해 높게 형성되어 왔지만, DDGS의 주산지 미국에서는 옥수수의 90-95% 선에서 DDGS가격이 유지되어오고 있다(그림 4). 생산과 수요의 법칙에 따라 미국 내에선 DDGS 가격이 옥수수보다 저렴하게 형성되기 때문이다.

전통적으로 사료 단백질 값은 사료 에너지 값보다 비싸다. 그러나 아이러니 하게도 DDGS가 대량 공급됨에 따라 축우 특히 육우의 경우에는 이런 가격 구조가 역전되어, 비록 단백질함량이 옥수수에 비해 크게 높다 하여도, 옥수수 보다 저렴하기 때문에 DDGS가 옥수수를 대신하는 에너지원으로 쓰여 질 수 있는 것이다.

우리나라 사료공장이나 TMR 사료 컨설턴트들은 말하기를 DDGS는 최저비용 사료배합비 계산 때 컴퓨터가 DDGS를 받지 않기 때문에 DDGS 사용할 수 없다고 하기도 한다. 그러나 TMR 사료에 옥수수를 사용하는 한 우리나라에서도 DDGS를 사용할 여지는 충분히 있을 것이다.

DDGS의 섬유질이 원래 옥수수의 탄수화물과 유사한 범위에서 소화된다고 가정하고 옥수수와 DDGS의 성분을 감안하여 Atwater

의 생리열가를 적용해 계산해 보아도 DDGS 에너지는 옥수수에 비해 최소한 10%는 높다. 다시 말해서 DDGS 가격이 옥수수에 비해 10-20% 정도 높을 경우에는 DDGS를 에너지사료로 간주하고 사용할 수 있다는 계산이 되는 것이다.



[그림 4] DDGS와 옥수수의 가격 변화추이

4. DDGS는 섬유질 사료이다.

에탄올 발효 중 옥수수의 모든 전분이 사라지고 다른 영양소와 더불어 모든 섬유질이 DDGS에 농축되기 때문에 DDGS의 탄수화물은 대부분 섬유질이다. 반추위에서 옥수수 섬유질이 잘 소화된다는 사실은 아주 오래 전부터 알려져 왔다.

근래 Dehaan 등(1983)이 연구 발표한 바에 따르면, 옥수수겨의 NDF 함량은 69% 정도인데, 반추위 미생물에 의한 소화율은 87% 이었고, 소화속도는 시간당 6.2%로 매우 빠르다고 하였다. 좀더 최근 연구(Sayer, 2004)로는 *in situ* 실험을 행한 결과로서 비육말기 육우 반추위에서 DDGS 섬유질 소화율은

79-84%, 소화 속도는 시간당 1.7-2.1%이었다.

실제 비육우 반추위에서의 섬유질 소화 성적이 약간 낮은 것은 비육말기의 육우 반추위 pH가 매우 낮은 때문일 것으로 생각된다. 다른 여러 연구 결과를 살펴보아도 반추위에서 DDGS 섬유질 소화는 매우 빠르게 진행되며, 소화율이 높다는 것을 알 수 있다. 그러나 DDGS 섬유질은 잘게 분쇄되어 있기 때문에 조사료로서의 역할 즉, 반추위에서 물리적 역할은 전혀 할 수 없다.

반대로, 소화가 잘되기 때문에 가소화 섬유질 공급 능력은 매우 우수하다. 이는 에너지 공급은 물론, 그보다 먼저 건전한 반추위 미생물 균형과 반추위의 활발한 발효 활동 유지를 위해 매우 중요하다. 일반적으로 DDGS를 적정량 급여할 경우 비육우, 특히 비육말기의 소화불량이나 반추위 pH 저하 방지에 큰 도움이 된다는 사실이 속속 관찰되고 있다. DDGS 수급이 가능한 미국의 비육단지나 비육우 농가에서는 사료비 절감을 위하여 전통적인 옥수수대두박 사료를 벗어나 DDGS와 옥수수대 또는 대두피 사료 방식을 택하고 있다.

5. 우리나라에서의 젖소와 한우에 대한 DDGS 사양시험 결과.

DDGS가 본격적으로 생산되어온 지난 20여 년 동안 젖소와 육우에 대한 많은 시험연구가 미국을 중심으로 진행되어왔다. 연구결과 젖소와 육우에 대한 적정 급여 수준은

<표 2> TMR 사료에 DDGS를 사용했을 때 젖소의 산유성적.

DDGS 사용수준 시험동물두수	시험 1		시험 2	
	0	10%	0	20%
시험동물두수	56	56	65	68
건물섭취량, kg/d	23.6	22.1	23.9	24.4
산유량, kg/d	33.7	33.1	33.6	35.5
4% FCM, kg/d	31.2	32.2	33.3	35.6
유지방, %	3.62	3.86	4.00	4.03
유단백, %	3.12	3.19	2.98	3.04
MUN, mg/dL	15.1	12.6	9.6	12.7

사료의 15-20% 정도인 것으로 의견이 모아졌고, 그렇게 권장되고 있다.

실제 미국에서 사용되고 있는 DDGS가 사용되고 있는 현황을 보아도 권장 사용 수준과 비슷하다. DDGS는 주로 젖소와 비육우 사료에 이용되는데, 총생산량의 80%가 젖소와 육우 사료로 사용되고 있고, 나머지는 돼지와 닭 사료로 사용되고 있다.

최근 우리나라에서도 젖소와 한우에 대하여 TMR 사료를 이용하는 실제 농가 사양시험이 실시되었으며, 그 결과는 다음과 같다. 먼저 착유우에 대한 DDGS 급여 시험은 2008년에 경기도 이천과 의왕에 소재한 두 농가에서 실시하였는데, 한 농가에서는 DDGS를 TMR 사료의 10% 수준, 그리고 또 다른 농가에서는 20% 수준으로 사용하였으며, 시험 결과는 위의 표 2에 요약하였다.

DDGS 10%에 있어서나 20% 수준에 있어서 젖소들의 사료섭취량, 산유량, 유지율 모두 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 수치상으로는 10% DDGS를 사용

했을 때, 산유량은 조금 낮은 듯 했으나 유지율이 높아 4% 유지율 보정유(FCM) 생산은 오히려 많았고, DDGS를 20% 사용했을 때에는 수치상로는 산유량과 유지율 모두 DDGS를 급여한 쪽이 유리하였다.

다른 나라에서 실시한 시험결과들에 미루어 예상되었던 바이지만, 우리나라 여건에서도 TMR 사료에 DDGS를 10% 또는 20% 사용하여도 젖소들의 산유 성적에는 아무런 이상이 없고 오히려 유리할 수 있는 시험결과이었다고 할 수 있다.

한우에 대한 DDGS 급여시험은 비육말기 한우 32두를 가지고 2009년 9월 1일부터 6개월에 걸쳐 충북 음성에서 한 농가에서 실시하였는데, 시험결과는 표 3에 요약하여 보여주고 있다.

이 시험에 사용한 한우가 비육말기였고, 시험후기 즉 2010년 1, 2월 기온이 평상시와 달리 섭씨 영하 20도를 넘나드는 이상 강추위가 지속되어 대조구나 시험구를 막론하고 전체적인 성적은 부진한 편이었다. 젖소 사

양시험에서와 마찬가지로 DDGS 20%를 TMR 사료에 넣어 급여했을 때 한우의 비육 성적은 수치적인 우위를 보였으나 대조구와 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

수치상으로는 DDGS를 급여한 한우들의 증체가 높았고 FCR도 유리하게 나타났는데, 이는 DDGS의 실제 에너지가가 높기 때문이 아닌가하는 논의가 있었다. 시험구 TMR의 DDGS는 주로 대조구 TMR의 루핀과 대치하여 사용하였는데, 이들은 서로 사료성분 함량이 비슷하였으나 가격은 루핀이 시험 현장 도착가격으로 460원/kg인데 비해 DDGS가 320원/kg으로 루핀이 훨씬 높았었다.

때문에 단위당 TMR 가격은 대조구가 304.7원/kg 그리고 DDGS 급여 처리구가 208.9원/kg으로 DDGS 함유 TMR이 저렴해졌으며, 이에 상응하는 한우의 증체당 사료비가 절감된 것으로 나타났다.

이상 젖소와 한우를 대상으로 우리나라 사육 조건에서 실시한 두 개의 사양시험은 연료용 에탄올 제조 후 생산되는 옥수수 DDGS가 미국에서 일반적으로 사용되고 있는 것처럼, 우리나라에서도 젖소와 한우 TMR 사료에 20%까지 사용할 수 있으며, 생산 성적이 같거나 더 좋은 결과를 기대할 수 있음을 보여주었다고 할 수 있다.

<표 3> DDGS 20% 함유 TMR 사료급여 한우의 증체 성적.

DDGS 사용수준 시험동물수	대조구	시험구
	0% 16두	20% 16두
개시체중, kg/h	532.0	537.7
종료체중, kg/h	662.3	674.5
증체량, kg/h	130.3	136.8
일당증체량, kg/h/d	0.72	0.76
일당사료(DM)섭취량, kg/h/d	9.2	9.4
FCR	12.8	12.4

결론적으로, 대량 공급이 가능해진 축우 TMR 사료 원료로서 DDGS는 표 1에서 보여주는 것처럼 영양소 함량의 변이가 심하고 건조 과정 중에 과열처리 되어 영양소 특히 단백질과 아미노산 결합이 일어나 영양소 이용률이 떨어지는 경우가 있을 수 있으나 양질의 DDGS를 선택하기만 하면, 축우에게 단백질과 RUT 자원으로, 저렴한 사료 에너지 공급원으로, 우수한 가소화 섬유질 공급원으로, 그리고 보호지방 공급원으로 활용할 수 있는 사료자원이라고 하겠다. ☐