



젖소, 육우, 돼지, 가금에 대한 옥수수-주정박(Corn-DDGS)의 영양구성과 사양가치

Jerry Shurson 교수, 송민호
미네소타 주립대학교 축산학과

서 론

연료용 에탄올생산은 미국 농업에 있어서 가장 빠르게 성장하는 산업 중의 하나이다. 지난 2004년 말 현재 미국에서 가동 중이거나 확장 또는 신축 중인 에탄올공장 수는 88개에 달했으며, 이들은 연간 170억 리터의 에탄올을 생산할 수 있는 능력을 가지고 있다. 미국에서 생산되는 연료용 에탄올의 약 40%는 옥수수를 습식가공(wet milling)하여 얻은 옥수수 전분을 원료로 하는 습식에탄올공장(wet mill ethanol plant)에서 생산되며, 그 부산물로서 글루텐휘드, 글루텐밀, 배아박 등을 생산한다. 옥수수를 통째로 파쇄하여 원료로 쓰는 건식에탄올공장(dry-grind ethanol plant)은 미국의 연료용 에탄올산업에서 가장 빠르게 성장하고 있으며, 이들이 연료용 에탄올 총생산량의 나머지 60%를 생산하고 있다. 건식에탄올공장에서 나오는 부산물은 WDG(wet distiller's grains/습고형주정박), DDG(dried distiller's grains/건고형주정박), WDGS(wet distiller's grains with solubles/습주정박), DDGS(dried distiller's grains wth solubles/주정박), WDG에 DDG를 혼합하여 수분함량을 조정한 modified "wet cake", 그리고 잔액을 농축한 CDS(condensed distiller's solubles/농축잔액) 등이 있다. CDS와 WDG를 혼합한 WDGS의 40%는 건조하지 않은 상태로 판매되어 에탄올공장에서 멀지 않은 지역의 낙농가와 육우농가에서 사용된다. WDGS의 나머지 60%는 건조되어 국내에서 젖소, 육우, 돼지 그리고 가금류의 사료로 이용되거나 수출된다. DDGS의 생산은 2005년도에 7백만 톤에 달할 것으로 예상되며 수년 내에 1,400만 톤으로 늘어날 것으로 예측되고 있다.

옥수수는 습식에탄올공장과 건식에탄올공장에서 원료로 사용하는 가장 중요한 곡물이다. 이는 옥수수가

다른 원료에 비해서 발효가능한 전분함량이 많기 때문이다. 건식에탄올공장에서는 옥수수 100kg 당 에탄올 36리터, DDGS 32kg, 그리고 이산화탄소 32kg이 생산된다. 따라서 DDGS의 특정 영양소 함량은 그 원료인 옥수수의 영양소 함량에 3을 곱함으로써 추정할 수 있다. 그러나, 일부 에탄올공장에서는 지역적인 특성, 비용, 곡물의 공급상황에 따라 수수, 보리, 밀 등을 사용하는 바 이들이 생산하는 DDGS는 옥수수를 원료로 한 DDGS와 크게 다르다. 또한 위스키나 맥주공장에서도 DDGS가 생산된다. 이와 같이 원료로 사용된 곡물의 종류가 다르거나 에탄올/주정 제조공정이 다르면 그 부산물인 DDGS의 성분구성이나 각 축종에 대한 사료 및 경제적 가치 또한 달라지게 된다. 표1은 옥수수 DDGS, 글루텐휘드, 글루텐밀 및 맥주박의 영양구성을 보여준다.

표1. 옥수수 DDGS, 글루텐휘드, 글루텐밀, 맥주박의 영양구성(DM)

	옥수수 DDGS ¹	글루텐휘드 ²	글루텐밀 ²	맥주박 ²
Crude Protein, %	30.6	23.9	66.9	28.8
Crude Fat, %	10.7	3.3	7.9	
NDF, %	43.6	37.0	9.7	52.9
ADF, %	11.8	11.9	5.1	23.8
ME (swine), kcal/kg	3827	2894	4256	2130
Lysine, %	0.83	0.70	1.13	1.17
Methionine, %	0.55	0.39	1.59	0.49
Threonine, %	1.13	0.82	2.31	1.03
Tryptophan, %	0.24	0.08	0.34	0.28
Calcium, %	0.06	0.24	0.06	0.35
Phosphorus, %	0.89	0.83	0.44	0.56
P availability for swine, %	90	59	15	34

1. Data from Spiehs et al. (2002), University of Minnesota.

2. Data from NRC (1998), Nutrient Requirements of Swine, 10th Revised Edition, National Academy Press.

양질의 옥수수 DDGS는 조지방 함량이 월등히 높아 다른 부산물사료와 구별되며, 인(P)의 소화흡수율이 높을

뿐만 아니라 돼지사료에 첨가되는 무기인(inorganic phosphorus)의 일부를 경제적으로 대체할 수 있다.

같은 건식에탄올공장이라 하더라도 에탄올을 생산하는 발효공정이나 DDGS를 건조하는 방식이 다르기 때문에, 이를 이용하고자하는 축종이나 성장시기에 가장 적합한 영양구성과 색깔을 갖춘 DDGS를 생산하는 에탄올공장을 식별할 필요가 있다. 표2에서 보는 바와 같이 생산공장에 따라 DDGS의 영양구성이 다르다. 수요자가 용도에 맞는 옥수수 DDGS생산자와 취급(수출)업자를 찾는 것을 돋기위해 미국내 주요 에탄올공장에서 생산되는 DDGS샘플의 사진과 영양적 특성을 www.ddgs.umn.edu에 수록해 놓았다.

표 2. 옥수수 DDGS의 영양구성의 평균과 범위(DM)

영양소	평균	범위
Crude protein, %	31.0	28.7–32.9
Crude fat, %	10.6	8.8–12.4
Crude fiber, %	7.2	5.4–10.4
Ash, %	6.1	3.0–9.8
Lysine, %	0.89	0.61–1.06
Phosphorus, %	0.75	0.42–0.99

젖소에 대한 옥수수 DDGS의 사양가치

단백질 함량이 건물기준으로 30% 이상인 옥수수 DDGS는 젖소에게 아주 좋은 단백질 공급원이다. 뿐만 아니라 옥수수 DDGS는 젖소에게 있어서 반추위에서 분해되지 않는 우회단백질(ruminally undegradable protein(RUP)/by-pass protein)의 중요한 공급원이다(표3). 옥수수에 들어있는 분해성 단백질의 대부분은 에탄올을 생산하기 위한 발효과정에서 분해된다. 따라서 옥수수 DDGS에는 우회단백질(RUP)의 비율이 높게 되는 것이다. 옥수수 DDGS에 들어 있는 단백질의 질은 아주 좋으나, 옥수수 자체나 대부분의 옥수수 생산물이 그렇듯이 라이신의 함량이 낮다. 따라서 착유우사료에 반추위에서 분해되지 않도록 가공된(보호된) 라이신과 메치오닌을 보충해 주거나 라이신 함량이 높은 다른 단백질사료를 혼합 이용하는 경우 우유생산이 증가되기도 한다. 일반적으로 옥수수 DDGS를 단백질원으로 급여했을 때의 우유생산수준은 대두박을 단백질원으로 급여했을 때 보다 더 높거나 비슷하다. 대부분의 경우 짙은 색깔의 옥수수 DDGS는 건조과정의 고열로 인해

단백질이 손상되었다는 것을 나타내기 때문에 이러한 DDGS를 착유우에 급여했을 때 우유생산의 감소를 가져올 수도 있다는 것을 유의해야 한다. 지금까지의 연구 결과(Powers 등, 1995)에 의하면, 짙은 색깔의 DDGS를 배합한 사료를 급여한 경우는 황금색깔의 밝은색 DDGS를 배합한 사료를 먹였을 때 보다 우유 생산이 적었다. 따라서 우유생산을 최대화 하기 위해서는 품질이 좋은 황금색깔의 DDGS를 사용해야 한다.

표3. 반추동물에 대한 DDGS의 영양구성

영양소	건물기준, %
Crude protein	30.1
RUP ¹⁾ % of crude protein	55.0
NEmaintenance, Mcal/kg	2.07
NEgain, Mcal/kg	1.41
NElactation, Mcal/kg	2.26
Neutral detergent fiber (NDF)	41.5
Acid detergent fiber (ADF)	16.1
Ether extract	10.7
Ash	5.2
Calcium	0.22
Phosphorus	0.83
Magnesium	0.33
Potassium	1.10
Sodium	0.30
Sulfur	0.44

1) ruminally undegradable protein

Source: Schingoethe (2004)

또한 DDGS는 젖소에게 아주 좋은 에너지사료이다. 양질의 DDGS의 에너지가는 이전에 NRC(2001)가 보고한 에너지가보다 10–15% 더 높고, 중량을 기준으로 할 때 옥수수의 에너지가보다 더 높다. 더욱이 옥수수에 들어있는 전분의 거의 대부분이 발효과정에서 에탄올로 변환되기 때문에, DDGS의 지방과 섬유소 함량은 옥수수에 비해 3배로 증가한다. DDGS는 많은 양의 중성 세제불용성섬유소(NDF)가 들어 있지만 리그닌의 함량은 낮기 때문에 DDGS는 높은 수준의 가소화섬유소를 함유하고 있으며, 옥수수를 먹었을 때와는 달리 소화장애(digestive upsets)를 감소시킨다. 젖소나 육우사양에서 DDGS의 가소화섬유소는 조사료와 농후사료를 부분적으로 대체할 수 있게 한다.

착유우사료에 DDGS를 농후사료와 조사료를 합한 총 건물의 20%까지 사용할 수 있다. 이는 착유우의 사료 섭취량을 감안할 때 하루에 두당 4.5–5.5 kg에 달하는

양이다. 젖소에게 양질의 DDGS를 급여할 경우 기호성에는 문제가 없으나, 영양적으로 균형된 사료를 배합하도록 해야 한다. 착유우사료에 총건물의 20%까지 DDGS를 배합할 때는 라이신의 부족을 보완해 줄 수 있는 다른 단백질사료와 함께 쓸 필요가 있다. 더욱이, 조사료가 주로 화본과 목초가 아닐 경우는 자나치게 많은 양의 단백질이 공급되는 사료가 될 수 있다. 또한 사료 중 인의 농도는 분뇨로 배설되는 인의 양을 최소화 하도록 하기 위해 고려되어야 할 사항이다. 착유우에게 적정량의 섬유소를 조사료로 급여하는 한, 건물섭취량의 20%까지 DDGS를 급여해도 유지율에 영향을 주지 않는다는 것이 지금까지의 연구에서 밝혀졌다.

육우에 대한 옥수수 DDGS의 사양가치

미국의 경우 비육우 사료 내 DDGS는 총건물의 40% 까지 옥수수를 대체하여 성공적으로 이용되고 있다. 이 때 DDGS는 주로 에너지원으로 이용되며, 비육우가 필요로하는 것보다 더 많은 단백질과 인을 공급하게 된다. 한 연구(Ham 등, 1994)에서는 비육우에 대한 옥수수 DDGS의 NEg가 가볍게 눌러서 쪼갠 옥수수(dry-rolled corn)보다 21%나 더 높았다고 보고했다. 대부분의 가축영양학자들은 비육우에 총사료건물의 10~20% 내외의 DDGS를 급여할 경우, DDGS는 옥수수와 동일한 에너지가를 가지는 것으로 보고 있다. 지금까지의 많은 연구에 의하면, 비육우에 DDGS를 총사료건물의 15~20%까지 급여했을 때, 옥수수를 급여한 경우보다 증체율과 사료효율이 향상되었다고 한다. 이러한 생산성 향상은 산중독증(sub-acute acidosis)의 감소는 물론 사료섭취를 거부하는 경우가 적었기 때문이다. 비육우에게 다량의 옥수수를 급여하면 옥수수에 들어있는 전분이 산중독증, 제엽염(laminitis), 지방간을 일으키는 원인이 되기도 한다. 그러나, 옥수수 대신 DDGS를 급여하면 이러한 잠재적인 문제가 크게 줄어든다. 이는 DDGS에 남아있는 전분은 건물중의 2%이내이며 가소화섬유소가 많기 때문이다. 옥수수 DDGS는 기호성이 아주 좋아 소가 잘 먹는다. 뿐만 아니라 DDGS는 도체의 질 또는 도체율에 영향을 미치지 않으며, 쇠고기의 풍미에도 영향을 주지 않는다.

DDGS가 건조과정을 거치는 동안 과다한 열에 직접 노

출되는 경우, Maillard반응이라고 불리는 화학적 반응을 일으키게 되며, 이런 경우 DDGS에 들어 있는 탄수화물과 단백질의 일부가 가죽이 이용할 수 없는 형태로 바뀌게 된다. 그러므로 육우의 생산성과 사료효율을 최대화하기 위해서는 단내가 나고 정상적인 발효취가 나는 밝은 황금색깔의 DDGS를 사용해야 한다. 색깔이 짙고 열손상을 입은 DDGS는 사료가치가 낮은 만큼 할인된 가격으로 거래되며 이러한 열 손상의 정도는 산성세제불용성질소(ADIN)의 측정을 통하여 알 수 있다. 실험실에서 측정된 ADIN값에 6.25를 곱하여 DDGS 내 이용할 수 없는 단백질 양을 추정 할 수 있으며, 이 값을 DDGS의 조단백함량과 비교해 봄으로서 단백질 손상의 정도를 알 수 있다.

옥수수 DDGS는 칼슘함량이 낮은 반면, 인과 유황이 많이 들어 있다. 조사료 위주로 사육되는 육우에게 옥수수 DDGS를 배합한 사료를 급여하면 인을 공급하기 위한 광물질 첨가제를 별도로 주지 않아도 될만큼 충분한 양의 인을 공급할 수 있다. 비육우의 적정한 생산성을 유지하며 요석(urinary calculi)의 발생을 방지하기 위해서는 사료 내 칼슘과 인의 비율이 1.2:1이상이어야 하며, 또한 7:1 보다는 높지 않아야 하므로, 옥수수 DDGS를 원료로 이용하는 경우 석회석과 같이 칼슘함량이 높은 광물질 또는 단미사료를 이용해서 칼슘과 인의 비율이 위에서 예시한 범위 내에 속하도록 해야 한다. 사료와 물로부터 섭취되는 유황의 양이 전체사료 건물의 0.4%이상이면, 소에게 급성회백뇌연화증(polioencephalomalacia)을 일으킬 수 있고, 구리의 흡수와 대사작용을 방해할 수 있다.

비육우 이외의 다른 성장 단계의 육우에 대한 옥수수 DDGS사양시험연구는 그리 많지 않다. 그러나, 품질이 낮은 조사료를 섭취하는 소에게 DDGS는 에너지와 단백질을 보충해 주는 아주 좋은 사료이며, 특히 인의 함량이 낮은 조사료 위주의 사양에서는 DDGS안에 있는 인의 효과가 뚜렷하게 나타난다. DDGS는 또한 포유중의 송아지를 위한 입붙이기사료로, 방목중의 소를 위한 보충사료로, 혹은 짚류 등 영양가가 낮은 조사료 위주로 사육되는 육성우, 임신우와 처녀소(미경산우)를 위한 보충사료로써 좋은 사료이다.

돼지에 대한 옥수수 DDGS의 사양가치

양돈산업은 미국에서 옥수수DDGS의 사용이 가장 빠르게 늘어나는 분야다. 양질의 옥수수 DDGS는 옥수수와 똑 같은 가소화 및 대사에너지기를 가지고 있다. 그러나, 옥수수의 경우와 마찬가지로 옥수수 DDGS에는 조단백질함량에 비해 라이신함량이 낮다. 트립토판은 라이신 다음으로 적게 들어 있는 제한아미노산(second limiting amino acid)이며, 양돈사료에 10%이상의 옥수수 DDGS를 배합할 경우는 사료배합표를 짤 때 이점이 고려되어야 한다. Whitney 등(2000)은 양질의 황금색깔의 옥수수 DDGS에 들어있는 라이신의 회장소화율(ileal digestibility coefficient)이 53.6%였으나, 짙은 색깔의 옥수수 DDGS의 라이신은 전혀 소화가 되지 않았다고(소화율 0%) 보고 했다. 이는 황금색깔을 띤 DDGS의 라이신과 다른 아미노산소화율이 짙은 색깔의 열손상을 입은 DDGS에 비해 훨씬 높다는 것을 말해 준다. DDGS를 돼지사료로 쓸 때 만족할 만한 돼지생산성을 보장하기 위해서는 오직 밝은 색깔, 즉 황금색깔의 DDGS를 사용해야 한다. 옥수수 DDGS는 돼지가 사용할 수 있는 가용인(available phosphorus)의 탁월한 공급원이다. Whitney 등(2001)은 옥수수 DDGS내 인의 상대적 가용성은 인산칼슘의 90%였다고 했다. 옥수수와 대두박을 혼합한 육성돈사료에 석회석 0.15%와 함께 양질의 옥수수 DDGS 10%를 첨가하면, 옥수수 8.85%, 대두박 1%, 그리고 인산칼슘 0.3%를 대체할 수 있다.

돼지사료로 양질의 황금색깔 옥수수 DDGS를 사용하고 있는 미국의 양돈업자들은 임신돈 및 포유돈사료를 비롯해서 육성-비육돈사료에 DDGS를 10%까지 배합하여 우수한 생산성을 올리고 있다. 또한 상당수의 양돈업자들은 체중 7kg이상의 이유자돈사료에 양질의 DDGS를 5%까지 배합하여 만족할 만한 성적을 얻고 있다. 미네소타 주립대학의 연구결과에 의하면 양돈사료에 이보다 훨씬 높은 비율로 DDGS를 배합해도 생산성이거나 육질에 영향을 미치지 않는다고 한다. 그러나, 이러한 주장은 DDGS에 곰팡이독소(mycotoxins)가 없으며 가소화아미노산과 가용인을 기준으로 사료를 배합할 때만 유효하다. 대부분의 에탄올공장들이 품질관리의 일환으로 입고되는 옥수수에 곰팡이독소의 감염 여부를 철저히 검사하기 때문에 옥수수 DDGS에 곰팡이

독소가 감염돼 있을 위험성은 매우 낮다. 미네소타 주립대학의 연구 결과를 기초로 하여 산정한 돼지사료에 양질의 옥수수 DDGS 배합수준은 다음 표4와 같다.

표4. 돼지사료에 황금색깔의 옥수수 DDGS 배합수준

성장단계별	최대 배합비율
이유자돈 > 7 kg	25%
육성비육돈	20%
임신돈	50%
포유돈	20%

Whitney와 Shurson(2004)교수에 의하면 가소화아미노산을 기초로 사료가 배합될 경우, 체중이 7kg이상인 자돈의 2기(phase II)와 3기(phase II) 이유사료에 DDGS를 25%까지 배합해도 DDGS를 넣지 않은 사료를 먹인 자돈과 동일하게 자란다고 한다. 그러나, 자돈의 체중이 7kg이하 일 때 DDGS첨가사료를 급여하면 중체량과 사료섭취량이 감소될 수도 있다고 한다.

Whitney 등(2001)은 육성비육돈에 0%(대조구), 10%, 20%, 30%의 옥수수 DDGS를 배합한 사료를 급여할 때 성장율과 도체율 및 육질에 미치는 영향을 연구했다. 사료는 라이신(아미노산)총량을 기준으로 배합되었고, 지방보충제로 대두유를 3% 추가 했다. 대조구와 DDGS 10%사료시험구 돼지들의 성장율은 차이가 없었으나, DDGS 20%와 30%사료시험구의 돼지들은 대조구나 DDGS 10%사료시험구의 돼지들 보다 일당중체량이 낮았다. 그러나, 평균 일당사료섭취량에는 차이가 없었다. 사료효율은 대조구, DDGS 10%와 20%사료시험구가 모두 비슷했으나, DDGS 30%사료시험구에서는 감소되었다. DDGS 20%와 30%사료시험구의 돼지 성장율이 낮은 것은 사료중에 트립토판의 부족 때문이었을 가능성이 높다. 이는 가소화아미노산을 기준으로 사료를 배합하고 트립토판이 풍부한 다른 단미사료와 함께 사용하면 문제가 되지 않는다. 대조구 및 모든 DDGS시험사료를 급여한 돼지의 정육율이나 육질(muscle quality)에는 차이가 없었다. 그러나, 육성비육사료에 DDGS의 배합비율이 높아짐에 따라 삼겹살의 경도(firmness)가 감소되었으며, 지방산의 불포화도를 나타내는 요드가(iodine value)는 증가되었다. 시장에 따라 다르기는 하지만, 일반적으로 돼지고기 지방의 질에 대한 DDGS사료의 영향은 문제가 되지 않는다.

DDGS의 이용이 질병에 대한 저항력에 끼치는 영향을

일아보기 위하여 *Lawsonia intracellularis*에 감염된 육성비육돈의 사료에 DDGS를 10% 또는 20% 첨가했을 때 이 질병으로 인한 소장손상(intestinal lesion)의 길이, 범위 및 발생정도를 알아보기 위한 연구가 실시되었다 (Whitney 등, 2003). 그 중 한 연구에서는 육성비육돈 사료에 DDGS를 10%첨가한 경우 BMD(bacitracin methylene disalicylate)와 chlortetracycline을 권장 수준 사용했을 때와 같이 소화기관손상의 길이, 범위 및 발생정도가 감소되었다. 그러나, 이들 항균제와 DDGS를 함께 급여했을 때 부가적인 상승효과는 발견되지 않았다.

Wilson 등(2003)은 그 동안에 연구된 임신돈사료와 포유돈사료에 대한 DDGS최대 배합비율 50%(임신돈)와 20%(포유돈)의 적정 여부를 확인하기 위하여 같은 모돈을 대상으로 2회의 번식주기에 걸쳐 사양시험을 실시했다. 그결과 2번째 번식주기에 DDGS배합사료를 먹인 시험구의 모돈의 이유자돈수가 대조구인 옥수수-대두박사료를 먹인 모돈에 비해 더 증가한 것으로 나타났다. 이러한 이유자돈수의 증가는 모돈에게 고섬유사료를 먹였을 때에 이유자돈수가 늘어난 것과 같은 현상을 보인 것이다. 그러나 모든의 임신 및 포유사료에 이보다 낮은 수준으로 DDGS를 배합했을 때도 이유자돈수가 늘어나는지에 대해서는 아직까지 연구된 바가 없다.

아직 출판되지 않은 미네소타주립대의 연구에 의하면 이유사료를 가용인을 기준으로 배합하고 양질의 옥수수 DDGS를 사용하면 배설물에 인의 농도가 감소된다 고 한다. 그러나, 일반적으로 DDGS를 포함한 사료의 건물소화율이 약간 떨어지기 때문에 인의 총배설량은 약간 감소하거나 별 차이가 없는 것이 보통이다. 옥수수 DDGS와 파이테이즈(phytase)를 함께 사용하면 인 배출이 크게 감소될 것이다.

가금에 대한 옥수수 DDGS의 사양가치

옥수수 DDGS는 가금사료에 상당한 양의 에너지, 아미노산, 인을 공급한다. 양질의 황금색깔의 대사에너지가 kg당 2,865 kcal, 2,975 kcal인 DDGS를 각각 칠면조와 브로일러, 산란계를 대상으로 사양시험한 결과 사료 이용효율에 문제가 없었다. 생산공장에 따라 DDGS의 에너지가에 차이가 있다는 점을 감안하여 DDGS를 가

금류의 사료로 사용할 때는 대사에너지가를 kg당 2,755 kcal (과대평가를 피하기 위하여)로 보면 무난 할 것이다. 그러나 이 값은 NRC(1994)의 2,490 kcal 보다 높다는 것을 유의 해야 한다. 최근의 연구에 의하면 황금색깔 옥수수 DDGS의 아미노산함량과 소화율이 NRC(1994)에 보고된 값보다 더 높은 것으로 나타났다. 예를 들면, 가금류에 대한 라이신의 소화율은 NRC(1994)의 65%보다 높은 83%에 달한다. 또한 옥수수 DDGS는 인의 함량이 높다(0.65–0.78%). 옥수수에 들어 있는 인의 가용성과는 달리, 가금류에 대한 옥수수 DDGS에 들어있는 인의 가용율은 54 – 68%이다. 옥수수 DDGS의 나트륨함량은 0.01 – 0.48%사이에 분포되어 있다. 따라서 나트륨함량이 높은 옥수수 DDGS를 사용할 때는 묽은 변과 계란에 뚫이 묻는 문제를 피하기 위해 사료 중 나트륨함량을 조정할 필요가 있다. 옥수수 DDGS에는 40ppm에 달하는 크산토필(xanthophylls)이 들어 있으며 이러한 크산토필함량의 효과로 산란계와 브로일러에 DDGS 10% 배합사료를 급여하면 난황의 색깔과 브로일러의 피부색깔을 상당히 증가시킨다는 사실이 현장실험을 통해 확인되었다.

옥수수 DDGS의 최대 배합수준은 브로일러의 경우 10%까지이고, 산란계사료에는 15%까지 권장되나, 사료배합과정에서 에너지와 아미노산함량을 적절히 조정한다면 닭사료에 대한 DDGS배합율을 더 높일 수 있다.

가금류의 사료에 옥수수 DDGS를 배합 할 때는 가소화 아미노산함량을 기준으로 사료배합표를 작성해야 한다. 특히 라이신, 메치오닌, 씨스틴, 트레오닌 등은 반드시 가소화아미노산함량을 기준으로 해야 한다. 그리고 트립토판과 알지닌의 함량이 최소한의 적정수준이 되도록 해야 한다. 이는 옥수수 DDGS의 단백질 중에 이들 아미노산이 제2의 제한요소이기 때문이다.

참고문헌

- Ham, G.A., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, E.M. Larson, D.H. Shain, and R.P. Huffman. 1994. Wet corn distiller's byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles(DDGS) as a source of protein and energy for ruminants. *J. Anim. Sci.* 72:3246–3257.
- National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine, 10th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers dried grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388–396.
- Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11–12, Ottawa, ON, Canada. pp 30–47.
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for DDGS produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639
- Whitney, M.H., M.J. Spiehs, G.C. Shurson, and SK Baidoo. 2000. Apparent ileal digestibilities of corn DDGS produced by new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 78:185 (Suppl. 1).
- Whitney, M.H., M.J. Spiehs, and G.C. Shurson. 2001. Availability of phosphorus in DDGS for growing swine. *J. Anim. Sci.* 79:108 (Suppl. 1).
- Whitney, M.H., G.C. Shurson, L.J. Johnston, D. Wulf, and B. Shanks. 2001. Growth performance and carcass characteristics of grow–finish pigs fed increasing levels of DDGS. *J. Anim. Sci.* 79:108 (Suppl. 1).
- Whitney, M.H., G.C. Shurson, R.M. Guedes, C.J. Gebhart, and N.L. Winkleman. 2003. Effect of corn DDGS and/or antimicrobial regimen on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. Presented at the 2003 Midwest ASAS/ADSA Meeting, Des Moines, IA. March 18, 2003.
- Whitney, M.H. and G. C. Shurson. 2004. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn DDGS originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 82: 122–128.
- Wilson, J.A., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and S.K. Baidoo. 2003. Effects of adding DDGS to gestation and lactation diets on reproductive performance and nutrient balance in sows. Presented at the 2003 Midwest ASAS/ADSA Meeting, Des Moines, IA. March 2003



미국곡물협회

110-755 서울시 종로구 수송동 146-2 이마빌딩 303호
Tel: 02-720-1891 Fax: 02-720-9008
E-mail: seoul@grains.org www.grains.org