

옥수수주정박이 산란계의 생산성, 영양소이용을 및 분 암모니아 방출에 미치는 효과

신명호¹ · 유한진¹ · 이학림¹ · 이수기¹ · 이봉덕^{1*}

Effects of Corn Distiller's Dried Grains with Solubles on Production Performance, Nutrient Digestibilities and Fecal Ammonia Emission in Laying Hens

M. H. Shin¹ · H. J. Rew¹ · H. R. Lee¹ · S. K. Lee¹ · B. D. Lee^{1*}

ABSTRACT

A layer feeding trial was conducted to investigate the effects of high quality corn distiller's dried grains with solubles(DDGS) on laying performance and nutrient metabolizabilities. A total of 216 Hy-line Brown layers, 23-wk of age, were employed in a 10-wk feeding trial consisting of three dietary treatments(0%, 10%, and 20% DDGS), and six replicates per treatment. All experimental diets were prepared as iso-protein(17%) and iso-calorie(2,780 kcal/kg). At the end of the trial, the effect of DDGS on fecal ammonia emission was also estimated. The use of DDGS up to 20% in layer diets did not affect the feed intake, laying rate, egg weight, and feed conversion ratio($P>0.05$). The DM metabolizability decreased significantly($P<0.05$) by the DDGS supplementation($P<0.05$). The NFE metabolizability decreased gradually as the level of DDGS increased($P<0.05$). The fecal ammonia emission from DDGS-fed birds tended to decrease as the storage days extended. In conclusion, albeit DDGS has some unfavorable effects on DM and NFE

2008년 1월 25일 접수: 2008년 6월 25일 채택

¹ 충남대학교 동물자원생명과학전공(Department of Animal Science, Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-764 Korea)

*교신저자: 이봉덕(E-mail: leebd@cnu.ac.kr)

metabolizabilities, it could be included in layer diets up to 20% level without any harmful effects on laying performance.

Key words: corn distiller's dried grains with solubles, layer, laying performance, nutrient metabolizability, ammonia emission.

1. 서 론

최근 고유가 시대를 맞이하여 화석연료를 대체하기 위한 바이오 연료의 생산이 계속적으로 증가하고 있다. 바이오 연료는 대표적으로 옥수수, 사탕수수, 밀 등으로 부터 얻어지는 에탄올과 식물유로부터 얻어지는 바이오디젤을 들 수 있다. 그 중에 옥수수를 이용한 에탄올 생산이 가장 많은 미국의 경우 그 생산량이 매년 급증하고 있는 실정이다. 2006년에는 미국에서 생산되는 옥수수의 20%가 209억 리터의 에탄올을 생산하는데 사용되었고, 현재 미국의 계획에 의하면 2017년에는 1,320억 리터의 에탄올을 생산한다는 목표를 세우고 있다. 이처럼 옥수수를 이용한 에탄올의 생산은 옥수수 가격상승의 원인이 되고 있다. 옥수수 가격이 상승하면 소맥, 대두 등과 같은 타 곡물의 동반 가격상승도 잇따를 수 있다. 따라서 대부분의 사료용 곡물을 수입에 의존하는 우리나라로서는 옥수수를 대체할 새로운 사료자원의 개발이 절실한 실정이다. 이와 더불어 연료용 에탄올 산업의 부산물인 옥수수 주정박(corn distiller's dried grains with solubles; DDGS)의 사용량도 증가할 것으로 예상된다.

DDGS는 옥수수를 발효시켜 연료용 에탄올을 추출한 후 남은 부산물이다. 미국에서 DDGS 생

산량은 2000년 이후 년 50%씩 성장해 왔으며, 2007년에는 1,940만톤에 달하였고, 2010년에는 2,500만톤으로 증가될 것으로 예상된다(The ProExporter Network®, 2008). 이 경우 미국에서 전량이 소비되기는 어렵고, 생산량의 상당량이 수출되어야 할 것으로 예상된다.

최근 10여 년 동안 가금산업에서는 옥수수와 대두박 그리고 인산칼슘의 대체원료로 DDGS에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 산란계에 15~20%까지 사용할 경우 생산성에는 유의한 차이가 없고 오히려 사료비를 절감하는 효과를 얻을 수 있다고 보고하고 있다(Cheon 등, 2008).

그러나 우리나라에서는 물류비가 차지하는 비중이 크고 수송에 대한 어려움 때문에 아직 DDGS의 사용은 그리 많지 않은 실정이다. 하지만 연료용 에탄올 산업의 확장으로 인한 옥수수 등 원료사료의 가격상승과 그에 따른 공급부족 등을 예상할 때, 향후 국내 사료산업에서 DDGS의 비중은 점차 증가할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 고품질의 DDGS를 산란계용 배합사료에 활용할 경우 산란계의 생산성과 영양소대사율에 미치는 영향을 조사하고, 더 나아가서 계분의 암모니아 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험사료

본 시험에서는 미국산 DDGS를 사용하였으며, 그 영양소 조성은 Table 1에 수록된 바와 같다. 사용한 DDGS의 Hunter's color value는 L* 61.72, a* 4.38, b* 49.26으로써 양질의 황갈색 DDGS임을 알 수 있었다. 시험사료는 DDGS를 0% 함유한 사료를 대조구(T1)로 하고, 대조구

와 동에너지 (TME_n 2,780 kcal/kg)-동단백질 (17.0%)이 되게끔 DDGS를 10%(T2) 및 20%(T3) 첨가한 3가지 사료를 사용하였다. 시험사료들의 배합은 상용 배합물 프로그램(Bestmix 5.04, Adifo.b.v.)을 사용하였다.

2. 사양시험

시험동물은 Hy-line Brown 계통의 23주령 산란계 216수를 3단 철제케이지를 이용해 충남대

Table 1. Nutrient composition of DDGS

	DDGS ^{1,2}
Proximate composition: %, as-fed basis	
Moisture	10.62
Crude protein	26.73
Crude fat	10.00 ³
Crude fiber	6.38
Crude ash	4.61
Calcium	0.03
Phosphorus	0.74
TME _n , kcal/kg	3,206 ⁴
Essential amino acids: %, as-fed basis	
Lysine	0.76
Methionine	0.50
Threonine	1.00
Tryptophan	0.21
Fatty acid composition: %	
Palmitic acid	1.51
Stearic acid	0.19
Oleic acid	2.57
Linoleic acid	5.53
Density, g/L	482.5
Hunter's color values	
L*	61.72
a*	4.38
b*	49.26

¹ Corn distillers dried grains with solubles imported from the US.

² Analyzed values.

³ Extracted 3 h with petroleum ether(AOAC, 1995).

⁴ Calculated.

Table 2. Formula of experimental diets of layers

	Diets ¹		
	T1	T2	T3
Ingredients:	%		
Yellow corn	60,733	56,618	51,959
Wheat middling	1,000	1,000	1,457
Soybean meal	23,807	18,748	13,558
Rapeseed meal	2,000	2,000	2,000
Animal fat	1,637	0,849	0,200
Lysine-HCl		0,075	0,189
DL-Methionine	0,181	0,161	0,145
Salt	0,287	0,250	0,250
Limestone	8,479	8,642	8,809
Dicalcium phosphate	1,567	1,347	1,122
Mineral premix ²	0,200	0,200	0,200
Vitamin premix ³	0,060	0,060	0,060
Choline Cl(50%)	0,050	0,050	0,050
DDGS ⁴		10,00	20,00
	100	100	100
Analyzed composition: %, as-fed basis			
Moisture	11,062	10,978	10,865
Crude protein	17,000	17,000	17,000
Crude fat	4,368	4,344	4,453
Crude fiber	2,162	2,550	2,967
NDF	9,480	11,384	13,389
Crude ash	12,838	12,854	12,910
Calcium	3,700	3,700	3,700
Phosphorus	0,595	0,589	0,583
TMEn ⁵ , kcal/kg	2,780	2,780	2,780
Essential amino acids: %, as-fed basis			
Lysine	0,886	0,863	0,870
Methionine	0,429	0,423	0,418
Threonine	0,651	0,645	0,637
Tryptophan	0,210	0,195	0,179
Density⁶, g/L	703,5	678,5	654,5

¹ T1, 0% DDGS; T2, 10% DDGS; T3, 20% DDGS.

² Provided followings per kg of diet : Cu, 10mg; Fe, 80mg; Mn, 80mg; Zn, 80mg; I, 0,9mg; Se, 0,2mg; Co, 0,5mg.

³ Provided followings per kg of diet: vit. A, 12,000IU; vit. D3, 3,000IU; tocopherol 15mg; vit. K3, 2mg; thiamin, 2,0mg; riboflavin, 6,0mg; pyridoxin, 2mg; vit.B12, 0,03mg; folic acid, 1,0mg; biotin, 0,15mg; niacin, 45mg; D-Ca pantothenate, 15mg; antioxidant, 0,5mg.

⁴ Corn distillers dried grains with solubles from the US.

⁵ Calculated values.

⁶ Density of experimental diets.

학교 동물사육장의 개방계사에서 10주간 실시하였다. 점등관리는 일일 17시간 점등하였고, 시험구는 3처리 6반복으로 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다. 사료와 물은 자유롭게 섭취할 수 있게 하였다.

3. 측정 항목 및 방법

사료섭취량은 7일 단위로 총 급여량에서 잔량을 제외하여 측정하였다. 산란율은 시험기간 동안 매일 오후 1시에 수집한 산란 개수와 연관, 파란 등을 합한 총 산란개수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하여 산란율을 계산(hen-day 산란율로 매일 측정)하였다. 난중은 수집된 전부를 칭량하여 총난중과 계란 수로 나누어 평균 난중을 매일 측정하였다.

영양소대사율 측정은 처리구별로 4수씩 선발하여 대사케이지에 수용하여 3일간의 예비기간을 거친 후 전분채취법으로 3일간 분을 채취하였다. 채취한 분은 건조기에서 65°C로 3일간 건조 후 분쇄기로 분쇄 후 시험사료와 함께 AOAC법(1995)에 준하여 분석을 실시하였다.

계분의 암모니아 측정은 처리구별로 3수씩 50g을 다른 이물질의 침입을 배제하여 생분을 채취하고, 이를 500mL의 용기에 담아 외부온도를 38°C로 유지하며 0일~7일까지 용기내의 암모니아 농도를 Gastec과 NH₃ gas 검지관(Gastec, Kitagawa, Japan) 이용해 측정하였다.

4. 통계 분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS(2000)의 GLM을 이용하여 5% 수준에서 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 산란율, 난중 및 사료요구율

Hy-line Brown 계통의 산란계 216수에 DDGS 0%, 10% 및 20% 수준으로 첨가한 시험사료를 10주간 급여했을 때 결과를 Table 3에 수록하였다. 시험기간 동안 산란계 1마리의 평균 사료섭취량은 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 평균난중은 DDGS 20% 처리구가 약간 낮게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 총난중의 경우 DDGS 20% 처리구가 다른 처리구에 비해 낮게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다. 그리고 난생산 사료요구율에도 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 산란율의 경우는 DDGS를 10% 첨가한 처리구가 대조구에 비해 약간 높았고, DDGS를 20% 첨가한 처리구는 다른 처리구에 비해 낮게 나타나는 경향이 있지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Cheon 등(2008)은 Hy-line Brown 계통의 산란계 900수를 이용해 사료에 DDGS를 0%, 10%, 15%, 20% 수준까지 단계적으로 첨가하여 10주간 급여한 결과 DDGS의 첨가수준이 높아질수록 산란율이 감소하는 경향을 보였지만 유의성은 나타나지 않았다고 하여서 본 시험과 유사한 결과를 보이고 있다. 또한 Roberson 등(2005)은 산란계 사료에 DDGS를 0%, 10%, 15%, 20% 첨가한 연구에서 DDGS의 첨가수준이 높아질수록 52~53주령에 산란율이 감소한다고 보고하였다. 이와 같이 DDGS의 첨가수준이 높아질수록 산란율이 낮아지는 경향이 보이는 것은 DDGS의 첨가량이 증가함에 따라 사료의 밀도가 감소하기 때문으로 생각된다(Table 2). Lumpkins 등(2005)은 22주령에서 44주령까지

일반적인 사료(2871kcal TME/kg)와 저밀도 사료(2,805kcal TME/kg)에 DDGS를 0%, 15% 첨가하여 급여하였을 때, 저밀도 사료 처리구에서 26~34주령에 산란율이 약간 감소하였고 63주령에는 난중이 감소하였다고 보고하였다.

2. 영양소 대사율

산란기에 DDGS 0%, 10% 및 20% 수준으로 첨가한 시험사료를 급여한 결과, 그 영양소 대사율은 Table 4에 보는 바와 같다. 건물대사율의 경우 DDGS를 첨가한 처리구들에서 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 조지방 대사율은

DDGS를 첨가한 처리구가 다소 높은 결과를 보였지만 유의성은 나타나지 않았다($P>0.05$). NDF의 대사율은 DDGS를 첨가한 처리구와 대조구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 가용무질소물의 대사율은 DDGS 첨가 수준이 높아질수록 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). Ca의 대사율은 DDGS를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 다소 낮은 경향이 있지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. P의 대사율은 DDGS를 첨가한 처리구가 다소 높은 결과를 보이지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Table 3. Effects of DDGS in layer diets on the performance of layers¹

Items	Diets ²			SEM ⁵
	T1	T2	T3	
Feed intake, g/bird/day	124.44	124.04	124.10	1.75
Laying rate ³ , %	89.57	90.78	85.63	3.49
Egg weight, g/egg	64.87	64.83	63.79	0.84
Feed conversion ⁴	2.33	2.29	2.45	0.04

¹ Hy-line Brown layers were used.

² See Table 2.

³ Hen-day egg production rate.

⁴ Total feed intake /total egg weight.

⁵ Standard error of the mean.

Table 4. Effects of different levels of DDGS in layer diets on nutrient metabolizability of layers¹

Diets ²	Nutrients					
	Dry matter	Crude fat	NDF	NFE	Ca	P
	----- % -----					
T1	76.27 ^a	80.60	49.79	90.80 ^a	68.93	15.82
T2	71.38 ^b	86.27	46.17	87.89 ^b	51.75	18.34
T3	72.37 ^b	85.15	50.82	85.00 ^c	52.84	17.61
SEM ³	1.28	3.92	2.15	0.83	9.06	5.85

¹ Hy-line Brown layers were used.

² See Table 2.

³ Standard error of the mean.

^{a-c} Means with different superscripts in the same row significantly differ($P<0.05$).

3. 계분의 암모니아 발생량

산란계 사료 내 DDGS의 첨가 수준에 따른 계분의 암모니아 발생에 미치는 영향을 Table 5 과 Figure 1에 수록하였다. 계분의 암모니아 가스 농도가 매우 높은 것은 신선한 분을 포집통에 보관하면서 측정하였기 때문이다. 1일차의 경우 대조구에 비해 DDGS를 첨가한 처리구가 다소 높게 나타났지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 2일차의 경우 DDGS를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 암모니아 발생량이 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 5일차 이후부터 DDGS를 첨가한 처리구에서 암모니아가 다소 적게 발생하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Spiehs 등(2000)은 육성돈-비육돈에게 급여한 옥수수-대두박 기초사료에 DDGS 0%, 20%를 첨가한 후 분뇨를 채취하여 0,2,5,8 주에 황화수소와 암모니아를 측정하였다. 그 결과 DDGS를 첨가한 처리구와 대조구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 본 시험과 유사한 결과를 보이고 있다.

이와 반면 최근 Roberts 등(2007)은 Hy-line W-36 계통의 산란계 216수를 이용하여 단백질 수준이 일반적인 사료와 단백질 수준을 낮춘 사료에 DDGS를 10%를 첨가하여 계분의 암모니아 발생을 측정한 결과, 단백질 수준이 일반적인 사료에 DDGS를 10% 첨가한 처리구에서의 암모니아 발생량이 대조구보다 50% 가까이 낮았다고 보고한 바 있다.

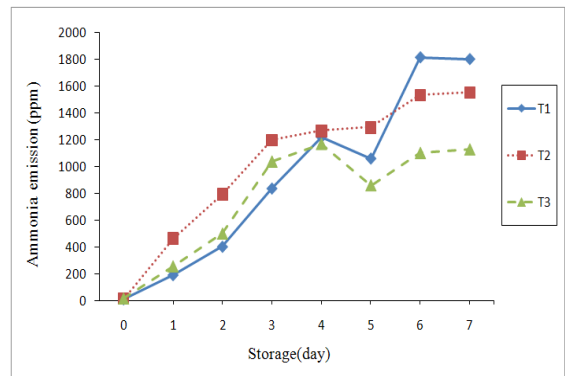


Figure 1. Effects of DDGS in layer diets on ammonia emission from excreta of layers

Table 5. Effects of DDGS in layer diets on ammonia emission from excreta of layers¹

Diets ²	Storage(day)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
	----- ppm -----							
T1	13	193	404 ^b	837	1,220	1,060	1,813	1,800
T2	16	465	795 ^a	1,200	1,267	1,293	1,533	1,553
T3	19	257	501 ^{ab}	1,036	1,167	860	1,100	1,126
SEM ³	3.49	145.50	138.03	262.88	415.12	352.94	343.66	442.89

¹ Hy-line Brown layers were used.

² See Table 2.

³ Standard error of the mean.

^{a,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.05$).

IV. 적 요

본 시험은 옥수수 주정박(corn distiller's dried grains with solubles: DDGS)의 산란계용 배합 사료에 첨가시 산란계의 생산성 및 영양소 대사율, 계분의 암모니아 발생에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다. 23주령의 Hy-line Brown 계통의 산란계 216수에 DDGS를 0% 함유한 사료를 대조구(T1)로 하고, 대조구와 동에너지(TME_n 2,780 kcal/kg)-동단백질(17.0%)이 되게끔 DDGS를 각각 10%(T2), 20%(T3) 첨가한 3가지 사료를 10주간 급여하였다. 시험설계는 3처리 6반복 반복당 12수씩 완전임의 배치법을 사용하였다. 조사항목으로 사료섭취량, 산란율, 난중 및 난생산 사료요구율, 영양소대사율 및 계분의 암모니아 발생을 측정하였다. 본 시험에서 사료섭취량, 산란율, 난중 및 난생산 사료요구율 등의 산란 생산성은 모든 처리구 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 영양소 대사율에 있어 건물의 대사율의 경우 DDGS를 첨가한 처리구들에서 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 조지방과 NDF의 대사율은 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 가용무질소물의 대사율은 DDGS 첨가 수준이 높아질수록 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). Ca과 P의 대사율은 DDGS 첨가구들과 대조구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 계분의 암모니아 발생은 DDGS 첨가수준이 높을수록 암모니아 발생이 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 결론적으로 산란계사료에서 DDGS를 10~20%까지 옥수수-대두박을 대체하여 사용할 경우, 건물과 NFE 대사율을 감소시키는 효과가 있지만, 산란성적에 아무런 영향이 없이 사용할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Method of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
2. Batal, A. B. and N. M. Dale. 2003. Mineral composition of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 12:400-403.
3. Cheon, Y. J., H. L. Lim, M. H. Shin, A. Jang, S. K. Lee, J. H. Lee, B. D. Lee and C. K. Son. 2008. Effects of corn distiller's dried grains with solubles on production and egg quality in laying hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21:1318-1323.
4. Cromwell, G. L., K. L. Herkelman and T. S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679-686.
5. Fastinger, N. D., J. D. Latshaw and D. C. Mahan. 2006. Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poult. Sci.* 85:1212-1216.
6. Lumpkins, B. S. and A. B. Batal. 2005. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.* 84:581-586.
7. Lumpkins, B. S., A. B. Batal and N. M. Dale. 2005. Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *J. Appl. Poult. Res.* 14:25-31.
8. Martinez-Amezcuca, C., C. M. Parsons and S. L. Noll. 2004. Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poult. Sci.* 83:971-976.
9. Martinez-Amezcuca, C., C. M. Parsons and D. H. Baker. 2006. Effect of microbial phytase and citric acid on phosphorus bioavailability,

- apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poult. Sci.* 85:470-475.
10. National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry* (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
 11. Parsons, C. M., D. H. Baker and J. M. Harter. 1983. Distillers dried grains with solubles as a protein source for the chick. *Poult. Sci.* 62:2445-2451.
 12. Renewable Fuels Association. 2005. *Homegrown for the homeland: Ethanol industry outlook 2005*. Accessed May 2005. http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook/outlook_2005.pdf
 13. Roberson, K. D. 2003. Use of distillers dried grains with solubles in growing-finishing diets of turkey hens. *Poult. Sci.* 82:389-393.
 14. Roberson, K. D., J. L. Kalbfleisch, W. Pan and R. A. Charbeneau. 2005. Effect of corn distillers dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. *Poult. Sci.* 84:44-51.
 15. SAS. 2000. *SAS/STAT User's Guide: Version 6*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
 16. Spiehs, M. J., M. H. Whitney, G. C. Shurson, and R. E. Nicolai. 2000. Odor characteristics of swine manure and nutrient balance of grow-finish pigs fed diets with and without distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 78:69 (Suppl. 2).
 17. Spiehs, M. J., M. H. Whitney and G. C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639-2645.
 18. Stein, H. H., M. L. Gibson, C. Pedersen and M. G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:853-860.
 19. The ProExporter Network[®], 2008. <http://www.proexporter.com> Accessed October 23, 2008.