

옥수수 주정박의 수준과 Phytase의 첨가 유무가 육계의 생산성과 영양소 이용률에 미치는 영향

홍의철 · 나승환 · 유동조 · 김학규 · 박미나 · 정기철 · 추효준 · 박희두 · 정완태 · 황보 종[†]
농촌진흥청 국립축산과학원

Effects of Dietary Levels of Corn Distiller's Dried Grains with Solubles and Phytase on Performance and Nutrient Utilization of Broilers

E. C. Hong, S. H. Na, D. C. Yu, H. K. Kim, M. N. Park, K. C. Jung, H. J. Choo,
H. D. Park, W. T. Chung and J. Hwangbo[†]

National Institute of Animal Science

ABSTRACT This work was conducted to investigate the effects of the addition level of Corn distiller's dried grains with solubles (CDDGS) and phytase in broiler diets on the broiler performance and the ileal amino acid digestibility. Three eighty four Ross broiler (one-day-old) were assigned randomly to 8 treatments groups (12 birds/pen, 4 pens/treatment) as 4×2 complex factors of CDDGS 4 treatments (0, 5, 10 and 15%) and phytase 2 treatments (0, 500 FTU/kg), and fed experimental diets for 6 weeks (starter, 0~2 wk; grower, 2~4 wk; finisher, 4~6 wk). After the feeding trial was finished, 12 broilers (6 weeks) with similar weights were selected from all treatments to investigate the digestibility of nutrients and amino acids for the first week. The experimental diets contained similar ME and CP of all treatments. Body weight gains and feed intakes were high at phytase treatments ($P>0.05$), but there was no difference in feed intake of the chicks. The amino acid digestibilities of diets were improved for iso-leucine, lysine, threonine, valine, aspartic acid, proline, serine and tyrosine ($P<0.05$). Finally, this work showed that growth performance and amino acid digestibility were improved by the addition of CDDGS and phytase in broiler diets.

(Key words : corn distiller's dried grains with solubles, performance, amino acid digestibility, broiler chicks)

서 론

DDGS(Distiller's Dried Grains with Solubles)는 한 종류 또는 혼합 곡물을 효모로 발효시킨 후 에탄올을 증류하고 남은 증류 잔류물(whole stillage)의 75% 이상을 곡류 증류 산업의 방법으로 농축 건조시킨 제품이라 정의한다(AAFCO, 2002). 여기에 주로 사용되는 연료로서 옥수수, 밀, 보리, 호밀 및 사탕수수 등의 곡물의 이들을 앞에 붙여 명명한다(예, 옥수수 DDGS, 수수 DDGS). 미국에서는 압도적으로 옥수수를 많이 사용하므로, 일반적으로 DDGS라고 하면 주로 옥수수 DDGS를 의미한다.

에너지 대체원으로서 에탄올 생산량의 증가로 사료로 이용 가능한 DDGS의 양도 증가하고 있다. 과거에는, DDGS의 영양소 함량이 불균등하고, 이용률이 낮아 대부분의 DDGS

가 반추가축에 이용되어 왔으며, 가금 사료에서는 약 5%만 이용되어 왔다(Day et al., 1972). 그러나, 최근의 최신 공법의 에탄올 공장에서 생산된 DDGS의 영양적 가치는 가열 방법 등의 개선으로 NRC(1994)에 수록된 것보다 영양소 함량도 높다(USGC, 2006). DDGS는 많은 양의 CP, 아미노산 및 인을 공급할 수 있으며, 단위 가축 사료의 첨가 수준도 증가하는 추세이다.

일반적으로, DDGS의 생산 형태가 밝은 색이 어두운 색보다 lysine, cystine 및 threonine의 소화율이 높다(Ergul et al., 2003). 이외에도 DDGS는 가금 사료에 충분한 인의 공급원으로 생각되고 있다. 미국에서 생산된 DDGS의 인 함량은 평균 0.73%로 NRC(1994)의 값(0.72%)과 거의 유사하다. Martinez Amezcua et al.(2004, 2006)은 DDGS내 인 함량의 약 75%가 생체 이용 가능하며, DDGS의 인 함량의 25%를 이용

[†] To whom correspondence should be addressed : kohb@korea.kr

할 수 있다면, DDGS의 이용성이 더욱 개선될 수 있고, 그 방법으로 *phytase* 사용을 제안하였다.

육계 사료에 *phytase* 공급은 증체량과 사료 효율을 증가시키고 아미노산과 유기태 인의 외관상 소화율을 개선시킨다 (Simons et al., 1990; Selle et al., 1999; 황보 중 등, 2007). 또한, 육계의 분뇨에서 질소와 인 배설량이 낮아지면서 주변의 환경이 개선될 수 있다 (Paik, 2003; Camden et al., 2001; Tammim et al., 2004).

따라서, 본 시험은 육계 사료에 옥수수 DDGS의 수준별 급여와 *phytase* 첨가가 육계의 생산성과 영양소 이용률에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

본 시험에 사용된 CDDGS(Corn DDGS)는 CP 26.1%, ME 2,840 kcal/kg의 미국산 CDDGS를 공시하였다.

2. 공시 동물과 시험 설계

공시계는 1일령 시판 육계(Ross 308) 수컷 384수를 이용하여 0주령부터 6주령까지 6주간 사양 시험을 수행하였다. 처리구는 CDDGS 4처리(0, 5, 10, 15%)와 *phytase* 2처리(0, 500 FTU/kg)의 4×2 복합 요인으로 총 8처리구, 처리구당 4반복, 반복당 12수씩 나누어 완전임의 배치하였다. 사양 시험이 끝난 시험계는 유사한 체중을 가진 개체를 처리구당 12수씩 선별하여 1주간 동일한 사료를 급여하면서 소화 시험을 실시하였다. 사양과 소화 시험에 사용된 공시 사료는 옥수수-대두박 위주의 사료를 기초 사료로 하고, CDDGS를 0, 5, 10 및 15%를 첨가하였다. 시험 사료는 한국사양표준(가금, 2007)에서 제시한 육계 초기(CP 23%, ME 3,050 kcal/kg), 육계 전기(CP 21%, ME 3,100 kcal/kg) 및 육계 후기(CP 19%, ME 3,150 kcal/kg)의 영양소 요구량과 동일 수준으로 하였다(Table 1, 2, 3).

3. 사양 관리

시험 사료와 음수는 자유 급여 하고, 24시간 연속 점등 하였으며, 계사 내 평균 온도는 입추 시에는 34℃, 성장 단계에 따라 온도를 점점 낮추어 4주령부터는 24℃로 조절하였다. 계사 내 습도는 초기 약 70%, 전기 및 후기에서는 약 60%를 유지하였다. 기타 사양 관리는 농촌진흥청 국립축산과학원의 사양 관행에 따라서 수행하였다.

4. 조사 항목

1) 사료 섭취량, 체중 및 사료 효율

사양 시험 기간 중 체중과 사료 섭취량은 매주 1회 오전 8시에 사료 급여를 중단하고 오전 10시에 측정하였다. 사료 섭취량은 사료 급여량에서 사료 잔량을 제한 값으로 하고, 사료 효율은 증체량에서 섭취량을 나누어 계산하였다.

2) 회장 소화율 측정

영양소와 아미노산 소화율을 측정하기 위하여 표시물로서 Cr₂O₃을 사료 내 0.2% 첨가하여 간접적 방법으로 소화율을 측정하였다(Kornegay, 1996; Sebastian et al., 1997; Kornegay et al., 1999; Namkung and Leeson, 1999; Zhang et al., 1999; Camden et al., 2001; Dilger et al., 2004; Onyango et al., 2005).

소화 시험이 끝난 육계는 diethyl ether로 마취시킨 후(Abe et al., 1978; Verlinden et al., 2006; Akira et al., 2007) 난황낭부터 회장 말단 부위(회장 끝에서 2 cm되는 부분)까지 3등분하여 상부, 중부, 하부로 나누고, 중부와 하부에서 소화 내용을 즉시 채집하여 시료 용기에 담아 -20℃에서 냉동 보관하였다. 냉동된 소화 내용물은 동결 건조시킨 후, 1 mm 이하로 곱게 분쇄하여 소화율 측정에 사용하였다.

3) 화학 분석과 통계 처리

사료와 분의 일반 성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 의해 분석하고, 아미노산 함량은 6N HCl로 110℃에서 16시간 동안 가수분해 시킨 후(Mason, 1984), 아미노산 분석기(Hitachi L-850A, Japan)를 이용하여 분석하였다.

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(1999)의 GLM을 이용 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 증체량, 사료 섭취량 및 사료 효율

Table 4는 육계의 성장 단계별 증체량, 사료 섭취량 및 사료 효율을 나타낸 것이다. 육계 초기(0~2주령)에는 증체량, 사료 섭취량 및 사료 효율은 각각 296~310 g/수, 386~401 g/수 그리고 0.76~0.79로 CDDGS나 *phytase* 첨가에 관계없이 모든 처리구에서 유사하게 나타났다. 육계 전기(2~4주령)에 증체량은 *phytase* 급여구에서 1,013~1,041 g/수로 대조구

Table 1. Formula and chemical compositions of experimental diets of early period (0~2 weeks)

	CDDGS (%)			
	0	5	10	15
Ingredients (%)				
Corn (CP 8.3%)	52.65	48.05	45.85	43.55
Soybean meal (CP 45.0%)	30.00	29.65	29.00	26.50
CDDGS	–	5.00	10.00	15.00
Corn gluten meal	9.30	8.60	8.00	8.00
Soybean oil	3.00	3.20	2.00	2.00
Dicalcium phosphate	1.50	1.70	1.50	1.50
Limestone	2.50	2.20	2.00	1.80
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.50	0.50	0.50	0.50
DL-Methionine	0.25	0.30	0.35	0.30
Vitamin-mineral premix ¹	0.50	0.50	0.50	0.50
Antibiotic	0.05	0.05	0.05	0.05
Chemical compositions²				
ME (kcal/kg)	3,050			
CP (%)	23.0			
Lysine (%)	1.45	1.46	1.47	1.43
Methionine+Cystine (%)	1.24	1.24	1.25	1.22

¹Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,100,000 IU; vitamin E, 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg; folic acid, 600 mg; Co, 300 mg; Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

²Calculated values.

*CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles; ME, metabolizable energy; CP, crude protein.

나 CDDGS 단독 처리구에 비해 높게 나타났으나($P<0.05$), phytase 급여구 사이에서는 차이가 없었다($P>0.05$). 사료 섭취량은 CDDGS의 첨가 수준이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, CDDGS 15% 처리구에서 1,637 g/수로 섭취량이 가장 낮게 나타났다($P<0.05$). 사료 효율은 대조구에서 0.56으로 가장 낮았으며($P<0.05$), 다른 처리구들 사이에서는 phytase 처리구가 높은 경향을 보였으나, 처리구간 차이는 없었

Table 2. Formula and chemical compositions of experimental diets of early period (2~4 weeks)

	CDDGS (%)			
	0	5	10	15
Ingredients (%)				
Corn (CP 8.3%)	58.30	54.30	52.20	49.80
Soybean meal (CP 45.0%)	28.50	27.50	28.00	26.00
CDDGS	–	5.00	10.00	15.00
Corn gluten meal	6.00	6.00	4.00	3.00
Soybean oil	3.00	3.00	2.50	3.00
Dicalcium phosphate	1.20	1.20	1.00	1.00
Limestone	1.50	1.50	1.30	1.20
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.50	0.50	0.25	0.25
DL-Methionine	0.25	0.25	0.20	0.20
Vitamin-mineral premix ¹	0.50	0.50	0.30	0.30
Chemical compositions²				
ME (kcal/kg)	3,100			
CP (%)	21.0			
Lysine (%)	1.39	1.39	1.23	1.19
Methionine+Cystine (%)	1.19	1.18	1.04	1.01

¹Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,100,000 IU; vitamin E, 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg; folic acid, 600 mg; Co, 300 mg; Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

²Calculated values.

*CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles; ME, metabolizable energy; CP, crude protein.

다($P>0.05$). 육계 후기(4~6주령)의 증체량과 사료 효율은 phytase 처리구에서 높게 나타났으나($P<0.05$), 사료 섭취량은 CDDGS 5%+phytase 처리구를 제외하고는 전 처리구에서 유사하게 나타났다. 전체 기간 동안의 증체량과 사료 효율 역시 phytase 처리구에서 높게 나타났으며($P<0.05$), 사료 섭취량은 모든 처리구간에 차이가 없었다.

CDDGS는 육계 사료의 원료로서 꽤 오래 전부터 이용되어 왔으며, 초기에는 사육 성적을 개선하는 미지 성장인자의

Table 3. Formula and chemical compositions of experimental diets of finisher period(4~6 weeks)

Ingredients (%)	CDDGS (%)			
	0	5	10	15
Corn (CP 8.3%)	64.25	61.25	58.55	56.65
Soybean meal (CP 45.0%)	26.10	24.10	22.00	19.10
CDDGS	-	5.00	10.00	15.00
Corn gluten meal	4.00	4.00	3.80	3.50
Soybean oil	2.00	2.00	2.00	2.00
Dicalcium phosphate	1.50	1.50	1.50	1.30
Limestone	1.20	1.20	1.20	1.00
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-Methionine	0.25	0.25	0.25	0.25
Vitamin-mineral premix ¹	0.25	0.25	0.25	0.25
Chemical compositions ²				
ME (kcal/kg)	3,150			
CP (%)	19.0			
Lysine (%)	1.09	1.06	1.03	0.98
Methionine+Cystine (%)	0.93	0.90	0.88	0.84

¹ Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,100,000 IU; vitamin E, 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg; folic acid, 600 mg; Co, 300 mg; Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

² Calculated values.

* CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles; ME, metabolizable energy; CP, crude protein.

공급원으로서 DDGS가 저수준(평균 5%)으로 첨가되었다(USGC, 2006). Waldroup et al.(1981)은 육계 사료의 에너지 수준이 일정하면, CDDGS를 25% 수준까지 첨가해도 생산성에서 좋은 결과를 보고하였다. 최근 연구에 따르면, Lumpskin et al.(2004)은 육계 병아리 0~42일령 사이의 DDGS 수준별 급여 시험에서 육계 초기 6%, 육성 비육기 12~15%까지는 안전하고, Wang et al.(2007)은 육계 사료에 CDDGS를 25% 첨가해도 성장에는 영향이 없지만, 사료 효율의 저하를 보고하

였다. 한편, Simons et al.(1990)의 연구에서 0.45% 총 인의 급여 사료에 phytase 첨가(1,500 FTU/kg)는 0~24일령 육계의 증체량과 사료 효율을 향상시켰으며, Cabahug et al.(1999)은 0.23% 비피탄테인 사료에 phytase 첨가(400과 800 FTU/kg)는 7~25일령 육계의 증체량, 사료 섭취량 및 사료 효율의 향상을 보고하였다. 본 시험에서는 다른 연구 결과에서와 같이 CDDGS 단독 첨가구에서 대조구와 유사하거나 낮은 생산성을 보였으나, phytase 첨가구에서 시험계의 생산성이 향상되었다. 최근의 에탄올 공장에서 생산되는 CDDGS는 과거의 방식에서 생산된 것보다 영양소의 질과 함량이 높아(Batal and Dale, 2006), 사료로서의 가치가 향상되고, 게다가 CDDGS가 첨가된 사료에 phytase 첨가는 사료와 CDDGS의 생체 이용성을 더욱 개선시켜(Martinez et al., 2006), 생산성 향상에 도움을 줄 것으로 사료된다.

2. 영양소와 아미노산 소화율

CDDGS 첨가 수준과 phytase 첨가 유무에 따른 영양소와 아미노산 소화율은 Table 5, 6 및 7에 나타내었다. 일반 성분의 경우, 건물과 조단백질의 소화율은 전 처리구간에 차이가 없었으나, 조지방의 소화율은 CDDGS 5% 처리구에서 75.8%로 낮았고($P<0.05$), 조섬유의 소화율은 CDDGS와 phytase 첨가구에서 증가하였다($P<0.05$). 아미노산에 있어서, 총 필수 아미노산의 소화율은 처리구간에 차이가 없었으나, Iso-leucine, lysine, threonine 및 valine의 소화율이 CDDGS와 phytase 첨가구에서 증가하였으며($P<0.05$), arginine, histidine, leucine, phenylalanine 및 methionine의 소화율은 처리구간 차이가 없었다. 총 비필수 아미노산 소화율은 처리구간에 차이가 없었으나, CDDGS와 phytase 첨가구에서 aspartic acid, proline, serine 및 tyrosine의 소화율이 개선되었으며($P<0.05$), alanine, glutamic acid 및 glycine의 소화율은 전 처리구간에 차이가 없었다.

미국곡물협회의 USGC(2006)에서, CDDGS의 사료적 가치 판단의 기준 중 하나는 CDDGS의 색상으로서 사용 곡물의 자연적인 색, DG(distiller's grains)에 첨가되는 DS(distiller's solubles)의 양, 가열량 및 가열 시간에 의해 영향을 받으며, 가열량과 가열 시간의 의한 색상의 변화는 lysine의 소화율에 크게 영향을 끼친다. 밝은 노란색의 CDDGS는 상대적으로 암갈색의 어두운 CDDGS보다 소화율이 높은 경향이 있다(Ergul et al., 2003; USGC, 2006). 그러나 밝은 색깔의 DDGS 샘플 간에도 lysine의 소화율이 달라지는 것은 건조 시간과 온도차 때문인 것으로 보인다(USGC, 2006). 본 시험에 사용된 CDDGS는 밝은 노란색을 띠고 있어 lysine의 소화율이 높

Table 4. Body weight gain, feed intake, and feed efficiency on the additive levels of CDDGS and phytase in the diet of broiler chicks¹

	Control	Phytase ²	CDDGS 5%	CDDGS 5% + phytase	CDDGS 10%	CDDGS 10% + phytase	CDDGS 15%	CDDGS 15% + phytase	SEM ³
0~2 weeks									
BWG (g/bird)	296	304	301	310	303	308	297	302	10.4
FI (g/bird)	391	394	391	401	386	399	390	394	16.8
Feed efficiency	0.76	0.77	0.77	0.77	0.79	0.77	0.76	0.77	0.008
2~4 weeks									
BWG (g/bird)	957 ^b	1,035 ^a	968 ^b	1,041 ^a	956 ^b	1,031 ^a	942 ^b	1,013 ^a	23.7
FI (g/bird)	1,698 ^a	1,688 ^a	1,674 ^{ab}	1,670 ^b	1,644 ^{bc}	1,668 ^b	1,637 ^c	1,672 ^b	11.9
Feed efficiency	0.56 ^b	0.61 ^a	0.58 ^{ab}	0.62 ^a	0.58 ^{ab}	0.62 ^a	0.58 ^{ab}	0.61 ^a	0.021
4~6 weeks									
BWG (g/bird)	1,008 ^b	1,099 ^a	1,002 ^b	1,088 ^a	995 ^b	1,075 ^a	992 ^b	1,085 ^a	15.8
FI (g/bird)	1,923 ^{ab}	1,918 ^{ab}	1,928 ^{ab}	1,854 ^b	1,937 ^a	1,872 ^{ab}	1,955 ^a	1,952 ^a	11.9
Feed efficiency	0.52 ^b	0.57 ^a	0.52 ^b	0.59 ^a	0.51 ^b	0.57 ^a	0.51 ^b	0.56 ^b	0.024
0~6 weeks									
BWG (g/bird)	2,261 ^b	2,438 ^a	2,271 ^b	2,439 ^a	2,254 ^b	2,414 ^a	2,231 ^b	2,400 ^a	39.4
FI (g/bird)	4,012	4,000	3,993	3,925	3,967	3,939	3,982	4,018	52.8
Feed efficiency	0.56 ^b	0.61 ^a	0.57 ^b	0.62 ^a	0.57 ^b	0.61 ^a	0.56 ^b	0.60 ^{ab}	0.019

¹CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles; BWG, body weight gains; FI, feed intakes.

²Phytase 500 FTU/kg added to the experimental diets.

³Pooled standard error of the mean for 96 laying hens per treatment.

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

Table 5. Apparent ileal digestibilities of nutrients of experimental diets¹ (%)

	Control	Phytase ²	CDDGS 5%	CDDGS 5% + Phytase	CDDGS 10%	CDDGS 10% + phytase	CDDGS 15%	CDDGS 15% + phytase	SEM ³
Dry matter	66.4	68.6	67.5	68.1	66.9	67.4	65.7	66.6	1.64
Crude protein	65.5	67.1	68.2	67.0	65.8	66.6	67.1	67.8	2.01
Ether extract	79.8 ^a	80.8 ^a	75.8 ^b	78.5 ^{ab}	76.8 ^{ab}	80.2 ^a	75.2 ^{ab}	78.9 ^a	1.10
Crude fiber	35.6 ^b	40.4 ^{ab}	42.7 ^a	41.6 ^a	42.2 ^a	43.5 ^a	41.8 ^a	42.2 ^a	2.21
Crude ash	41.4 ^b	46.8 ^a	45.3 ^{ab}	50.5 ^a	44.1 ^b	48.9 ^a	43.7 ^{ab}	48.1 ^a	2.02
Calcium	39.3 ^b	42.6 ^{ab}	44.8 ^a	46.0 ^a	44.7 ^a	45.5 ^a	43.8 ^a	44.7 ^a	1.46
Phosphorus	36.4 ^b	38.7 ^{ab}	42.9 ^a	44.2 ^a	41.3 ^a	43.9 ^a	40.6 ^{ab}	43.6 ^a	1.77

¹CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles.

²Phytase 500 FTU/kg added to the experimental diets.

³Pooled standard error of the mean for 96 laying hens per treatment.

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

Table 6. Apparent ileal digestibilities of essential amino acids of experimental diets¹ (%)

	Control	Phytase ²	CDDGS 5%	CDDGS 5% + phytase	CDDGS 10%	CDDGS 10% + phytase	CDDGS 15%	CDDGS 15% + phytase	SEM ³
Arginine	69.0	72.0	72.8	73.6	71.4	73.1	73.2	74.4	2.29
Histidine	70.5	72.9	70.1	73.3	72.7	74.0	71.4	73.6	3.15
Iso-leucine	71.1 ^b	72.8 ^{ab}	73.4 ^{ab}	74.8 ^a	75.9 ^a	76.5 ^a	74.2 ^{ab}	75.7 ^a	1.77
Leucine	72.3	75.5	75.2	77.2	74.6	76.8	72.9	74.1	2.48
Lysine	75.7 ^b	78.8 ^{ab}	76.6 ^{ab}	80.0 ^a	78.7 ^{ab}	79.5 ^a	75.8 ^b	77.6 ^{ab}	1.46
Phenylalanine	75.4	77.6	78.8	80.3	79.2	81.5	77.3	79.4	3.27
Threonine	70.5 ^b	72.4 ^{ab}	71.7 ^{ab}	73.9 ^{ab}	74.8 ^{ab}	76.1 ^a	72.2 ^{ab}	74.5 ^{ab}	2.17
Valine	72.8 ^b	75.7 ^{ab}	74.6 ^{ab}	76.7 ^{ab}	76.1 ^{ab}	78.6 ^a	74.8 ^{ab}	76.3 ^{ab}	1.67
Methionine	81.4	83.1	83.8	84.5	85.6	87.4	82.7	84.8	2.51
Total EAA	73.2	75.6	75.2	77.1	76.6	78.2	74.9	76.7	2.35

¹CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles; EAA, essential amino acid.

²Phytase 500 FTU/kg added to the experimental diets.

³Pooled standard error of the mean for 96 laying hens per treatment.

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

Table 7. Apparent ileal digestibilities of non-essential amino acids of experimental diets¹ (%)

	Control	Phytase ²	CDDGS 5%	CDDGS 5% + hytase	CDDGS 10%	CDDGS 10% + phytase	CDDGS 15%	CDDGS 15% + phytase	SEM ³
Alanine	75.4	78.2	79.1	81.3	80.8	82.6	78.7	80.4	3.16
Aspartic acid	79.1 ^b	83.8 ^a	80.7 ^{ab}	82.7 ^{ab}	83.3 ^{ab}	85.4 ^a	80.4 ^{ab}	82.5 ^{ab}	1.89
Glutamic acid	79.2	80.4	78.5	81.6	80.7	82.0	79.1	81.7	2.81
Glycine	74.3	76.2	70.6	72.8	73.5	75.7	71.4	73.6	3.24
Proline	80.3 ^a	82.5 ^a	77.3 ^{ab}	80.2 ^a	79.7 ^a	81.8 ^a	76.5 ^b	78.4 ^{ab}	2.23
Serine	74.6 ^{ab}	76.7 ^a	72.9 ^b	75.6 ^{ab}	75.1 ^{ab}	77.6 ^a	73.8 ^{ab}	75.1 ^{ab}	1.50
Tyrosine	72.2 ^b	75.1 ^{ab}	76.8 ^a	78.2 ^a	76.3 ^a	79.5 ^a	74.4 ^{ab}	77.2 ^a	2.47
Total NEAA	76.4	79.0	76.6	78.9	78.5	80.7	76.3	78.4	3.08

¹CDDGS, corn distiller's dried grains with solubles; NEAA, non-essential amino acid.

²Phytase 500 FTU/kg added to the experimental diets.

³Pooled standard error of the mean for 96 laying hens per treatment.

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

다고 사료되지만, 한 가지 색상의 DDGS만을 사용하여 색상에 따른 lysine의 소화율은 구명하지 못하였다. 그 외의 아미노산 소화율은 대조구와 차이가 없었다.

본 시험에서 CDDGS 처리구의 인 소화율 개선은 CDDGS

생산 과정 중 발효 과정에서 피트산(phytic acid)을 감소시켜 인의 생체 이용성 증가에 기인할 것으로 사료된다(Batal and Dale, 2006; Martinez and Parsons, 2007). Phytase가 가금류에서 단백질이나 아미노산 소화율을 개선시킨다는 평가는 다

양하다(Ravindran et al., 1999; Selle et al., 2000; Shirley and Edwards, 2003; Coweison et al., 2004; Johnson et al., 2004). 단백질과 아미노산은 사료내 피트산염과 결합되어 부분적으로 소화되지 않으며(Selle et al., 2000), phytase에 의해 킬레이트에 의한 결합을 끊어주어 소화율이 개선되는 것이라 사료된다. 따라서, 인의 이용성이 높아진 CDDGS에 phytase의 첨가에 따라, 영양소 이용률이 더욱 개선되고, 질소와 인의 배설양도 감소될 것으로 사료된다. 추후, CDDGS와 phytase와의 관련 연구가 지속적으로 필요하다.

적 요

본 시험은 육계 사료내 CDDGS의 첨가 수준과 phytase의 첨가 유무가 육계의 생산성과 영양소 이용률에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다. 공시계는 시판 육계(Ross 308) 수컷 384수를 공시하였으며, CDDGS 4처리(0, 5, 10, 15%)와 phytase 2처리(0, 500 FTU/kg)의 4×2 복합 요인으로 총 8처리구, 처리구당 4반복, 반복당 12수를 체중별로 완전임의 배치하였다. 사양 시험이 끝난 육계는 체중이 유사한 개체를 12수씩 선별하여 1주간 동일 사료 급여 후 1주간 소화 시험을 실시하였다. 시험 사료는 육계 초기(0~2주), 전기(2~4주)와 후기(4~6)의 기본 사료에 CDDGS를 0, 5, 10 및 15% 첨가하였으며, ME가와 CP는 일정하게 유지하였다. 육계 사양기간 동안의 증체량과 사료 효율은 phytase 처리구에서 높게 나타났다($P<0.05$), 사료 섭취량은 모든 처리구간에 차이가 없었다. 일반 성분의 경우, 건물과 조단백질의 소화율은 전 처리구간에 차이가 없었으나, 조지방의 소화율은 CDDGS 5% 처리구에서 75.8%로 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 조섬유의 소화율은 CDDGS와 phytase 첨가구에서 소화율의 증가를 보였다($P<0.05$). 필수 아미노산의 경우, iso-leucine, lysine, threonine 및 valine에서 소화율이 증가하였으며($P<0.05$), 비필수 아미노산은 aspartic acid, proline, serine 및 tyrosine에서 소화율이 개선되었다($P<0.05$). 따라서, 본 시험에서 육계 사료 내 CDDGS와 phytase 첨가는 육계의 생산성과 영양소 이용률을 개선시켰다.

사 사

본 연구는 2008년 농촌진흥청 국립축산과학원의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- AAFCO 2002 Official publication of the Association of American Feed Control Officials Inc Oxford IN.
- Abe M, Shibui H, Iriki T 1978 Effects of liquid feeding of concentrate from a pail on growth and on the digestibility of the diet in young calves. *Br J Nutr* 39(3):469-482.
- Akira K, Shuhei I, Tomoko H 2007 Effects of cecectomy on digestion and retention time of digesta in rats. *Anim Sci J* 78(1):47-54.
- AOAC 1995 Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC USA p:1-43.
- Batal AB, Dale NM 2006 True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J Appl Poult Res* 15:89-93.
- Cabahug S, Ravindran V, Selle PH, Bryden WL 1999 Response of broiler chickens to microbial phytase as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. I. Effects on bird performance and toe ash content. *Br Poult Sci* 40:660-666.
- Camden BJ, Morel PCH, Thomas DV, Ravindran V, Bedford MR 2001 Effectiveness of exogenous microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus and other nutrients in maize-soya-bean meal diets for broilers. *Anim Sci* 73:289-297.
- Cowieison AJ, Acamovic T, Bedford MR 2005 The effect of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. *Br Poult Sci* 45: 101-108.
- Day EJ, Dilworth BC, McNaughton J 1972 Unidentified growth factor sources in poultry diets. In "Proceeding Distillers Feed Research Council Conference". pp 40-45.
- Dilger RN, Onyango EM, Sands JS, Adeola O 2004 Evaluation of microbial phytase in broiler diets. *Poult Sci* 83:962-970.
- Duncan DB 1995 Multiple range and multiple F tests. *Bio-metrics* 11:1-42.
- Ergul T, Martinez Amezuca C, Parsons CM, Walters B, Brannon J, Noll SL 2003 Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci* 82(Suppl. 1):70 (Abstr.).
- Johnston SL, Williams SB, Southern LL, Binder TD, Bunting LD, Matthews JO, Oloctt BM 2004 Effect of phytase addi-

- tion and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total tract nutrient digestibility in pigs. *J Anim Sci* 82:705-714.
- Kornegay ET, Zhang Z, Denbow DM 1999 Influence of microbial phytase supplementation of a low protein/amino acid diet on performance, ileal digestibility of protein and amino acids, and carcass measurements of finishing broilers. In: phytase in *Animal Nutrition and Waste Management*, second revised ed. BASF Corporation, Mount Olive NJ pp. 557-572.
- Kornegay ET, Denbow DM, Yi Z, Ravindran V 1996 Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soybean meal-based diets containing three levels of non-phytate phosphorus. *Br J Nutr* 75:839-852.
- Lumpkins BS, Batal AB, Dale NM 2004 Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poult Sci* 83:1891-1896.
- Martinez Amezuca C, Parsons CM 2007 Effect of increased heat processing and particle size on phosphorus bioavailability in corn distillers dried grains with solubles (DDGS). *Poultry Sci* 86:331-337.
- Martinez Amezuca C, Parsons CM, Baker DH 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.
- Martinez Amezuca C, Parsons CM, Noll S 2004 Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Sci* 83:971-976
- Mason VC 1984 Metabolism of nitrogen compound in the large gut (Emphasis on recent findings in the sheep and pig). *Proc Nutr Soc* 43:45-53.
- Namkung H, Leeson S 1999 Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids. *Poult Sci* 78:1317-1319.
- National Research Council 1994 *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev ed. National Academy Press Washington DC.
- Onyango EM, Bedford MR, Adeola O 2005 Efficacy of an evolved *Escherichia coli* phytase in diets for broiler chicks. *Poult Sci* 84:248-255.
- Paik I 2003 Application of phytase, microbial or plant origin, to reduce phosphorus excretion in poultry production. *Asian-Aust J Anim Sci* 16:124-135.
- Ravindran V, Hew LI, Ravindran G, Bryden WL 1999 A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in feed ingredients for poultry. *Br Poult Sci* 40:266-274.
- SAS 1999 SAS user guide. release 6.11 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA.
- Sebastian S, Touchburn SP, Chavez ER, Lague PC 1997 Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. *Poult Sci* 76:1760-1769.
- Selle PH, Ravindran V, Caldwell RA, Bryden WL 2000 Phytase and phytate: consequences for protein utilization. *Nutr Res Rev* 13:255-278.
- Selle PH, Ravindran V, Pittolo PH, Bryden WL 1999 An evaluation of microbial phytase in sorghum-based diets. *Proc Aust Poult Sci* 11:97-100.
- Shirley RB, Edwards HM 2003 Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poult Sci* 82:671-680.
- Simons PCM, Versteegh HAJ, Jongbloed AW, Kemme PA, Slump P, Bos KD, Wolters MGE, Beudeker RF, Verschoor GJ 1990 Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br J Nutr* 64:525-540.
- Tamim NM, Angel R, Christman M 2004 Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult Sci* 83:1358-1367.
- U.S. Grains Council 2006 *Use of DDGS in Poultry Diets*. DDGS User Handbook p. 1-13.
- Verlinden A, Heata M, Hermans JM 2006 The effects of inulin supplementation of diets with or without hydrolysed protein source on digestibility, faecal characteristics, haematology and immunoglobulins in dogs. *Br J Nutr* 96(5):936-944.
- Waldroup PW, Owen JA, Ramsey BE, Whelchel DL 1981 The use of high levels of distillers dried grains plus solubles in broiler diets. *Poultry Sci* 60:1479-1484.
- Wang Z, Cerrate S, Coto C, Yan FF, Waldroup PW 2007 Utilization of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets using a standardized nutrient matrix. *Inter J Poult Sci* 6:470-477.
- Zhang X, Roland DA, McDaniel GR, Rao SK 1999 Effect of

Natuphos[®] phytase supplementation to feed on performance and ileal digestibility of protein and amino acids in broilers. *Poult Sci* 78:1567-1572.

한국가금사양표준 2007 농촌진흥청 국립축산과학원.
황보 중 안정현 정완태 오상집 이현정 김원 이선업 홍의철

2007 Phytase 수준별 급여가 육계의 생산성, 인의 배설과 흡수 및 회장과 분에서 소화율에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(3):207-215.

(접수: 2009. 9. 17, 수정: 2009. 9. 29, 채택: 2009. 9. 29)