

육계에서 옥수수 주정박의 아미노산 소화율 조사

황보종^{1,a,†} · 홍의철^{1,a} · 나재천¹ · 김지혁¹ · 강환구¹ · 김민지¹ · 김동욱¹ · 김원²

¹농촌진흥청 국립축산과학원 가금과, ²(주)밀테크

Amino Acids Digestibility of Corn Distillers Dries Grains with Solubles in Broiler Chickens

Jong Hwangbo^{1,a,†}, Eui-Chul Hong^{1,a}, Jae-Cheon Na¹, Ji-Hyuk Kim¹, Hwan-Gu Kang¹, Min-Ji Kim¹,
Dong-Wook Kim¹ and Won Kim²

¹Poultry Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan 330-801, Korea

²Milltech, Co., LTD., Seongnam 463-867, Korea

ABSTRACT To investigate the effects of dietary substituent of corn distiller's dries grains with solubles (CDDGS) on the amino acid digestibility of broiler diet, twenty four Ross broilers (6-wk-old) were used in this study. Basal diet (CP 19%, ME 3,150 kcal/kg) was formulated on corn-soybean meal and two levels of CDDGS (6 and 12%) were supplemented to basal diet. CDDGS levels (0, 6 and 12%) and 4 different sites of chicken intestines (distal end of jejunum, the middle part of the ileum, the distal end of ileum and the distal end of the rectum) were evaluated factorial as 3×4 three arrangement. Statistical analysis did not show any significant interaction between dietary treatments and the sites of the intestines in amino acid digestibility ($P>0.05$). There was no significant difference among the sites of chicken intestines in the digestibility ($P<0.05$). The digestibility of lysine (essential amino acid) and glycine (non-essential amino acid) decreased at increasing supplementation of CDDGS ($P<0.05$). There was no significant difference on the digestibility of other amino acids studied. In conclusion, the result of this work showed that CDDGS can use as alternative resources in broiler diets.

(Key words : CDDGS, amino acid, digestibility, ileum, broiler)

서 론

옥수수는 인류의 식량원으로서 물론 가축의 사료로서도 매우 중요한 위치에 있다. 최근에 들어 바이오 원료로서도 그 중요성이 더해져, 옥수수의 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 특히, 개발도상국에서는 축산물 생산을 위해 옥수수 요구량은 앞으로 10년간 매년 약 3,200만 톤에서 52,800만 톤이 사료원료로서 사용하게 될 것이며, 주로 옥수수를 발효하여 생산된 바이오 연료는 연간 280억 L에서 670억 L까지 성장할 것으로 추정된다(Edgerton, 2009).

따라서 최근의 연구들은 다양한 축종에 대하여 사료용 옥수수를 대체하기 위한 연구(Mateos et al., 2006, 2007; Nyanor et al., 2007; Donkin et al., 2009; Archimede et al., 2010)와 더불어 바이오 에너지 생산에 따른 그 부산물로서, 대량

생산되는 옥수수 주정박(Corn Distiller's Dries Grains with Solubles, CDDGS)의 사료자원으로서 이용가치 증진 향상을 위한 많은 연구가 지속되어 왔다(Waldroup et al., 1981; Parsons et al., 1983; Lumpskin et al., 2003, 2004; Thacker and Widyaratne, 2007).

축종별 아미노산 소화율은 단백질의 생물학적 이용성의 지표(Han and Parsons, 1990; Lemme et al., 2004)로서, 사료의 가치를 결정하는 중요한 지표로 이용된다. NRC(1994)에는 다양한 사료 성분에 대한 아미노산 소화율에 대한 많은 자료들이 있으나, 소화율 측정 부위가 일정치 않아서 그 변이가 심하다(Kadim et al., 2002; Ravindran et al., 1999; Kluth et al., 2005; Rezvani et al., 2008a,b). 아미노산 소화율 측정을 위한 몇몇 연구들은 대부분의 아미노산, 조단백질, 조지방 및 가용성 무질소물이 회장의 중심 부분에서 흡수된다고

^a First two authors equally contributed to this work.

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

하였다(Kamisoyama et al., 2009, 2010; Honda et al., 2009, 2010).

옥수수주정박(CDDGS)는 지난 수십 년 동안 사료 원료로서 이용되어 왔다(Runnels, 1966; Scott, 1970; Waldroup et al., 1981). 과거, 사료 내 DDGS의 사용은 공급량이나 가격이 제한되어 있으며(Waldroup et al., 1981), 영양소의 함량이나 소화율도 일정하지 않아서(Noll et al., 2001), 대략 5%를 사료에 첨가하여 이용하였다(USGC, 2006). Day et al.(1972)의 초기 연구에서는 DDGS를 2.5%와 5% 급여 시, 육계의 증체량이 증가하였다. Waldroup et al.(1981)은 육계 사료 내 에너지 수준이 유지된다면 DDGS를 25%까지 첨가할 수 있으며, 최근 연구에서는 고품질의 DDGS는 비육기 사료의 20% 수준까지 첨가될 수 있다고 하였다(Perez et al., 2011; Shim et al., 2011).

따라서, 본 연구는 육계사료에 대두박 및 옥수수 대체를 위한 CDDGS를 수준별로 급여하였을 때, 소장의 다양한 부위에서 아미노산 소화율을 비교 분석하여 CDDGS의 급여 효과를 평가하고, 정확한 소화율 측정을 위한 시료 채취 부위를 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

본 시험에 사용된 공시계는 Ross종 육계 수컷 24수를 이용하였다. 시험 사료는 한국가금사양표준(2007)에서 제시한 옥수수-대두박 위주의 사료(CP 19%, ME 3,150 kcal/kg)를 기초사료로 하였으며, 주정박을 6%와 12% 첨가한 사료를 시험사료로 하였다(Table 1). Table 2는 본 시험에 사용된 시험사료의 아미노산 함량을 나타낸 것이다. 시험설계는 사료 내에 주정박을 첨가시킨 양에 따른 3처리구(처리구당 8수)로 나누고, 소화물 채취 부위에 따른 4처리구로 나누어 3×4의 복합요인으로 소화율을 조사하였다. 소화율 측정을 위한 시료 수집 부위는 공장의 말단부(DJ, the distal end of the jejunum), 회장의 중부(MI, the middle part of the ileum), 회장의 말단부(DI, the distal end of the ileum) 및 직장의 말단부(DR, the distal end of the rectum)로 하였다(Isshiki et al., 1989; Honda et al., 2011).

2. 사양 관리

시험 사료는 잔량이 없도록 80 g/일을 오전과 오후 2회로 나누어 급여하였으며 자유음수 하였다. 계사 내 온도는 24℃, 습도는 약 60%를 유지하였다. 기타 사양관리는 농촌진흥청

Table 1. Formula and chemical compositions of experimental diets

	CDDGS (%)		
	0	6	12
Ingredients (%)			
Corn (CP 8.3%)	64.25	60.25	58.55
Soybean meal (CP 45.0%)	26.10	24.10	20.00
CDDGS	-	6.00	12.00
Corn gluten meal	4.00	4.00	3.80
Soybean oil	2.00	2.00	2.00
Dicalcium phosphate	1.50	1.50	1.50
Limestone	1.20	1.20	1.20
Salt	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.20	0.20	0.20
DL-Methionine	0.25	0.25	0.25
Vitamin-mineral premix ¹	0.25	0.25	0.25
Chemical compositions²			
ME (kcal/kg)		3,150	
CP (%)		19.0	
Fiber (%)	2.65	2.99	3.23
Lysine (%)	1.16	1.14	1.05
Methionine (%)	0.46	0.46	0.46

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; EE, ether extract; CF, crude fiber; P, phosphorus.

국립축산과학원의 사양 관행에 따라서 수행하였다.

3. 소화율 측정

영양소와 아미노산 소화율을 측정하기 위하여 표시물로서, Cr₂O₃을 사료 내 0.2% 첨가하여 간접적 방법으로 소화율을 측정하였다(Onyango et al., 2005; 황보종 등, 2005, 2007a,b; 홍의철 등, 2008, 2009).

Table 2. Amino acid composition of experimental diets

Amino acid	CDDGS ¹ (%)		
	0	6	12
Essential amino acid			
Arginine	1.17	1.16	1.08
Histidine	0.54	0.54	0.52
Iso-leucine	0.80	0.80	0.75
Leucine	1.96	2.04	2.05
Lysine	0.96	0.94	0.86
Phenylalanine	0.99	1.01	0.97
Threonine	0.72	0.73	0.71
Valine	0.90	0.91	0.88
Methionine	0.30	0.31	0.30
Total	8.34	8.44	8.12
Non-essential amino acid			
Alanine	1.12	1.17	1.18
Aspartic acid	1.72	1.69	1.56
Glutamic acid	3.81	3.83	3.69
Glycine	0.78	0.78	0.76
Proline	1.37	1.43	1.45
Serine	0.95	0.97	0.94
Tyrosine	0.71	0.72	0.71
Total	10.46	10.59	10.29

¹CDDGS, corn distiller's dried with solubles.

육계를 diethyl ether로 마취(Abe et al., 1978; Verlinden et al., 2006; Akira et al., 2007)시킨 후 공장의 말단부(메켈계실(Meckel's diverticulum)에서 앞 쪽으로 2 cm 부위), 회장의 중부(회장-맹장 연결 부위 앞 쪽으로 12 cm 부위), 회장의 말단부(회장-맹장 연결 부위 앞 쪽으로 3 cm 부위) 및 직장의 말단부(총 배설강 앞 쪽으로 1 cm 부위)에서 소화 내용물을 즉시 채집(Isshiki et al., 1989)하고, 시료용기에 담아 -20°C에서 냉동 보관하였다.

아미노산 소화율(%) =

$$\frac{\text{사료내 크롬 함량}(\%)}{\text{분내 크롬 함량}(\%)} \times \frac{\text{분 중 아미노산 함량}(\%)}{\text{사료 내 아미노산 함량}(\%)}$$

4. 크롬 및 아미노산 분석

사료와 분의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995) 방법으로 분석하였다. 아미노산 함량은 6 N HCl로 110°C에서 16시간 동안 가수분해시킨 후(Mason, 1984), 아미노산 분석기(HITACHI L-8500A, Japan)를 이용하여 분석하였다.

5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(2002)의 GLM program(two-way ANOVA procedure)을 이용 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균 간의 유의성을 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

본 시험에 나타난 부위별 소화율과 주정박 첨가 수준에 따른 소화율을 Table 3에 나타내었다. CDDGS 첨가 수준과 채취 부위 사이에는 상관관계가 나타나지 않았다. 또한 본 시험의 소화율은 부위에 따라서는 유의적인 차이는 발견되지 않았다($P < 0.05$).

Isshiki et al.(1989)은 소화율 측정을 위하여 공장의 중간 부위, 공장의 말단 부위, 회장의 중간 부위, 회장의 말단 부위 및 직장의 말단 부위에서 시료를 채취할 것을 권장하였다. 직장에서 소화물을 채취한다는 것은 내인성 질소를 함유하고 있는 노와 합쳐지기 전의 분을 의미하므로 가장 정확한 소화율을 측정할 수 있다(Isshiki et al., 1989). 직장에서 채취한 소화물은 대장 내에 있는 미생물에 의해 아미노산의 소화율에 영향을 미칠 수 있다고 사료되나, 본 시험의 결과에서 회장과 직장의 소화율이 크게 차이가 없어, 회장의 말단 부위에서 소화율을 측정하는 것이 좋다고 사료된다.

Kamisoyama et al.(2009, 2010)과 Honda et al.(2009, 2010)은 닭에게 casein 사료를 급여하였을 때, 대부분의 단백질과 아미노산들은 회장의 중심 부위에서 흡수된다고 하였다. 또한 Kamisoyama et al.(2011)와 Honda et al.(2011)은 옥수수, 수수, 밀, 겉보리 및 쌀보리를 포함한 곡류 위주의 사료를 급여하였을 때 소장의 흡수 부위 간에 아미노산 소화율에 대한 유의적인 차이는 없다고 하였다. 본 연구에서도 주정박을 급여한 닭에서 소화기관 부위별에 따른 소화율은 유의적인 차이가 없었다. 이런 결과에 따라 사료 내 대부분의 아미노산이 회장의 중심부에서 흡수되는 것으로 사료된다. 또한 회장에서 추출한 시료를 가지고도 충분히 정확한 소화율을 조사할 수 있다고 사료된다.

CDDGS의 첨가 수준에 따른 소화율은 필수 아미노산 중

Table 3. Comparison of the true digestibilities of amino acids between the sites of intestines and additional levels of CDDGS

Amino acid	The sites of intestine ¹				SEM ³	CDDGS ² (%)			SEM ⁴	Sites	DDGS	Sites× DDGS
	DJ	MI	DI	DR		0	6	12				
Essential amino acid												
Arginine	80.5	82.4	82.2	82.3	2.91	76.8	80.7	79.5	3.89	NS	NS	NS
Histidine	83.2	84.7	86.0	85.9	1.94	77.2	76.6	75.2	2.89	NS	NS	NS
Iso-leucine	84.3	89.1	88.8	88.9	3.33	79.8	77.8	78.9	2.58	NS	NS	NS
Leucine	84.3	87.6	87.3	87.4	2.78	81.3	82.6	80.6	1.79	NS	NS	NS
Lysine	91.9	92.4	94.8	95.5	3.66	84.6 ^a	79.6 ^{ab}	76.6 ^b	2.94	NS	*	NS
Phenylalanine	87.7	91.3	90.3	90.5	3.75	83.7	86.4	84.8	1.95	NS	NS	NS
Threonine	88.8	90.7	90.9	90.1	1.89	78.3	75.6	74.8	2.98	NS	NS	NS
Valine	88.2	93.0	90.9	92.6	2.98	81.4	82.3	81.1	1.69	NS	NS	NS
Methionine	87.4	94.0	94.4	95.1	4.32	82.7	81.3	81.5	1.57	NS	NS	NS
Non-essential amino acid												
Alanine	90.3	94.1	94.6	95.0	2.71	85.1	87.7	86.6	3.93	NS	NS	NS
Aspartic acid	90.7	94.6	94.6	94.3	3.75	84.0	82.3	84.9	1.67	NS	NS	NS
Glutamic acid	93.1	96.0	96.0	95.9	1.92	89.3	86.1	87.7	2.79	NS	NS	NS
Glycine	93.2	97.3	94.5	94.3	2.85	83.7 ^a	77.3 ^b	75.5 ^b	1.78	NS	*	NS
Proline	91.3	95.5	94.8	93.7	3.67	85.1	82.6	86.1	2.13	NS	NS	NS
Serine	87.4	93.2	92.6	92.5	2.44	83.3	81.1	82.1	2.58	NS	NS	NS
Tyrosine	86.3	89.1	88.9	89.3	2.86	81.5	84.8	82.9	2.94	NS	NS	NS

¹The site of intestines for digestibilities (Ishiki et al., 1989). DJ, the distal end of the jejunum; MI, the middle part of the ileum; DI, the distal end of the ileum; DR, the distal end of the rectum.

²CDDGS, corn distiller's dried with solubles.

³Pooled standard error of the mean for 6 birds per treatment.

⁴Pooled standard error of the mean for 8 birds per treatment.

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

lysine의 소화율이 CDDGS 첨가구에서 감소하였고($P<0.05$), 또한 비필수 아미노산에서는 glycine의 소화율이 CDDGS 첨가구에서 감소하였으며($P<0.05$), CDDGS 첨가구 사이에서는 유의차가 없었다. Lysine과 glycine을 제외한 다른 아미노산들은 처리구간에 유의한 차이가 없었다. CDDGS는 충분한 양의 에너지와 아미노산 및 인을 공급할 수 있으나, 그 성분 함량이 생산 공정, 방법 및 지역에 따라 달라지며, CDDGS의 색상 밝기도 소화율에 영향을 준다는 보고(Martinez Amezcua and Parsons, 2007; 황보종 등, 2009)가 있다. 따라서 CDDGS를 가금 사료 배합 시에 영양소 수준을 고려하여야 한다. 본 시험에 사용된 CDDGS의 영양소 수준은 NRC

(1994)에서 제시한 값보다 높았다.

CDDGS 생산 중 건조과정은 아미노산, 특히 lysine의 소화율을 감소시킨다(Martinez Amezcua and Parsons, 2007). 본 시험에서 다른 아미노산들은 처리구간 유의적 차이가 없었으나, 필수 아미노산 중 lysine의 소화율이 감소하였다. 또한 비필수 아미노산 중 glycine의 소화율이 CDDGS 첨가구에서 감소하였다($P<0.05$). CDDGS 첨가구에서 lysine과 glycine의 소화율 감소는 아미노산 소화율을 조사한 다른 연구들의 결과와 유사하였다(Parsons et al., 1983; Ergul et al., 2003; Lumpkins et al., 2005; Martinez Amezcua and Parsons, 2007). 보통 CDDGS의 lysine 소화율이 옥수수의 lysine 소

화율(81%)보다 낮으며(NRC, 1994), 이는 CDDGS 생산 과정 중 건조 과정에서 소화율이 낮아졌기 때문이라 사료된다. 육성기 병아리를 이용한 CDDGS의 lysine 소화율은 66%(Parsons et al., 1983), 80%(Lumpkins et al., 2005) 및 71~93% (Combs and Bossard, 1969)인 반면에, White Leghorn 수컷을 이용한 lysine 소화율은 82%(Parsons et al., 1983)와 75%(Lumpkins et al., 2005)로 이전에 보고되었던 lysine 소화율(69.6%)보다 높았다. 이것은 CDDGS의 가소화 영양소의 함량이 과거에 비해 증가되었기 때문이라 사료된다.

적 요

본 시험은 옥수수 주정박의 첨가가 소화 부위별 아미노산 소화율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 공시계는 Ross종 육계 수컷 24수를 이용하였다. 시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료(CP 19%, ME 3,150 kcal/kg)를 기초 사료로 하였으며, 주정박을 6%와 12% 첨가한 사료를 시험사료로 하였다. 시험 설계는 사료 내에 주정박을 첨가시킨 양에 따른 3처리구(처리구당 8수)로 나누고, 소화물 채취 부위에 따른 4처리구로 나누어 3×4의 복합 요인으로 소화율을 조사하였다. 소화율 측정을 위한 시료 수집 부위는 공장 의 말단부(DJ, the distal end of the jejunum), 회장의 중부(MI, the middle part of the ileum), 회장의 말단부(DI, the distal end of the ileum) 및 직장의 말단부(DR, the distal end of the rectum)로 하였다. 주정박 첨가 수준과 채취 부위 사이에는 유의한 상관관계가 없었다. 본 시험의 진정 소화율은 부위에 따라서는 유의적인 차이는 발견되지 않았다($P < 0.05$). CDDGS 첨가 수준에 따른 소화율은 필수 아미노산 중 lysine의 소화율이 CDDGS 첨가구에서 감소하였다($P < 0.05$). 또한 비필수 아미노산에서는 glycine의 소화율이 CDDGS 첨가구에서 감소하였으며($P < 0.05$), 다른 아미노산들은 처리구간에 차이가 없었다. 따라서 CDDGS는 lysine과 glycine 소화율은 대조구에 비해 낮았으나, 대체적으로 대조구와 유사한 소화율을 보여 부존 자원으로써 가금 사료에 이용할 수 있으리라 사료된다.

(색인어: 옥수수 주정박, 아미노산, 소화율, 회장, 육계)

사 사

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

인용문헌

- 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.
- Archimede H, Gonzalez-Garcia E, Despois P, Etienne T, Alexandre G 2010 Substitution of corn and soybean with green banana fruits and *Gliricidia sepium* forage in sheep fed hay-based diets: effects on intake, digestion and growth. *J Anim Phy Anim Nutr* 94:118-128.
- Combs GF, Bossard EH 1969 Further studies on available amino acid content of corn distillers dried grains with solubles. *Proc Dist Feed Res Counc* 24:53-58.
- Day EJ, Dilworth BC, McNaughton J 1972 Unidentified growth factor sources in poultry diets. In "Proceeding Distillers Feed Research Council Conference". pp 40-45.
- Donkin SS, Koser SL, White HM, Doane PH, Cecava MJ 2009 Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 92:5111-5119.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Edgerton MD 2009 Increasing crop productivity to meet global needs for feed, food, and fuel. *Plant Physiol* 149:7-13.
- 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.).
- Han Y, Parsons CM 2009 Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal, and poultry by product meal by various methods. *Poultry Sci* 69:1544-1552.
- Honda K, Kamisoyama H, Ikegami K, Hasegawa S 2011 Amino acid digestibility of rice at different sites of chicken intestines. *J Poult Sci* 48:85-91.
- Honda K, Kamisoyama H, Isshiki Y, Hasegawa S 2009 Effects

- of dietary fat levels on nutrient digestibility at different sites of chicken intestines. *J Poultry Sci* 46:291-295.
- Honda K, Kamisoyama H, Kubo S, Motoori T, Hasegawa S 2010 Effects of dietary fat levels on amino acid digestibility at different sites of chicken intestines. *J Poultry Sci* 47:225-235.
- Isshiki Y, Nakahiro Y, Yamauchi K, Zhou ZX 1989 Fistulation technique for the middle and caudal parts of the jejunum and the middle part of chickens. *Jpn J Poultry Sci* 26:314-321.
- Kadim IT, Moughan PJ, Ravindran V 2002 Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken-comparison of ileal and excreta amino acid digestibility in the chicken. *Br Poultry Sci* 43:588-597.
- Kamisoyama H, Honda K, Hasegawa S 2011 Comparison of amino acid digestibility of dietary cereals at different sites of chicken intestines. *J Poultry Sci* 48:19-24.
- Kamisoyama H, Honda K, Isshiki Y, Hasegawa S 2009 Effects of dietary protein levels on the nutrient digestibility at different sites of chicken intestines. *J Poultry Sci* 46:193-197.
- Kamisoyama H, Honda K, Kubo S, Hasegawa S 2010 Effects of dietary protein levels on amino acid digestibility at different sites of male adult chicken intestines. *J Poultry Sci* 47:220-226.
- Kluth H, Mehlhorn K, Rodehutschord M 2005 Studies on the intestine section to be sampled in broiler studies on precaecal amino acid digestibility. *Arch Anim Nutr* 59:271-279.
- Lemme A, Ravindran V, Bryden WL 2004 Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Sci J* 60:423-437.
- Lumpkins BS, Batal AB, Dale NM 2004 Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Sci* 83:1891-1896.
- Lumpkins BS, Batal AB, Dale NM 2005 The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci* 84:581-586.
- Lumpkins BS, Dale NM, Batal AB 2003 Phosphorus bioavailability of distiller's dried grains plus solubles. Presented at the Poultry Science Association Mtg., Madison, WI. July 6-9, 2003. ABSTR. #289.
- Mason VC 1984 Metabolism of nitrogen compound in the large gut {Emphasis on recent findings in the sheep and pigs}. *Proc Nutr Soc* 43:45-53.
- Mateos GG, Lopez E, Latorre MA, Vicente B, Lazaro RP 2006 Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Anim Sci* 82:57-63.
- Mateos GG, Lopez E, Latorre MA, Vicente B, Lazaro RP 2007 The effect of inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize. *Anim Feed Sci & Tech* 135:100-112.
- Matinez 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.
- National Research Council 1994 Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington DC.
- Noll S, Stangeland V, Speers G, Brannon J 2001 Distillers grains in poultry diets. 62nd Minnesota Nutrition Conf. and Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium, Bloomington, MN. Sep. 11-12, 2001.
- Nyannor EK, Adedokun SA, Hamaker BR, Ejeta G, Adeola O 2007 Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. *J Anim Sci* 85:196-203.
- Onyango EM, Bedford MR, Adeola O 2005 Efficacy of an envolved *Escherichia coli* phytase in diets for broiler chicks. *Poultry Sci* 84:248-255.
- Parsons CM, Baker DH, Harter JM 1983 Distillers dried grains with solubles as a protein source for the chick. *Poultry Sci* 62:2445-2451.
- Perez VG, Jacobs CM, Barnes J, Jenkins MC, Kuhlenschmidt MS, Fahey GC Jr, Parsons CM, Pettigrew JE 2011 Effect of corn distillers dried grains with solubles and *Eimeria acervulina* infection on growth performance and the intestinal microbiota of young chicks. *Poultry Sci* 90:958-964.
- Ravindran V, He LI, Ravindran G, Bryden WL 1999 A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *Br Poultry Sci* 40:266-274.
- Rezvani M, Kluth H, Elwert C, Rodehutschord M 2008a Effect of ileum segment and protein sources on net disappearance of crude protein and amino acids in laying hens. *Br Poultry Sci* 49:28-36.
- Rezvani M, Kluth H, Rodehutschord M 2008b Comparison of

- amino acid digestibility determined prececcally or based on total excretion of cecectomized laying hens. *Poultry Sci* 87:2311-2319.
- Runnels TD 1966 The biological nutrient availability of corn distiller's grains with solubles in broiler feeds. *Proc Dist Feeds Res Council* 21:11-15.
- SAS 2002 SAS/STAT Software for PC. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Scott ML 1970 Twenty-five years of research on distiller's feeds for broilers. *Proc Dist Feed Res Council* 25:19-24.
- Shim MY, Pesti GM, Bakalli RI, Tillman PB, Payne RL 2011 Evaluation of corn distillers dried grains with solubles as an alternative ingredient for broilers. *Poultry Sci* 90:369-376.
- Thacker PA, Widyaratne GP 2007 Nutritional value of diets containing graded levels of wheat distillers grains with solubles fed of broiler chicks. *J Sci Food Agric* 87:1386-1390.
- U.S. Grains Council 2006 Use of DDGS in Poultry Diets. DDGS User Handbook pp. 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, heamatology 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.
- 한국가금사양표준 2007 농촌진흥청 축산과학원.
- 홍의철 나승환 유동조 김학규 박미나 정기철 추효준 박희두 정완태 황보종 2009 옥수수 주정박의 수준과 Phytase의 첨가 유무가 육계의 생산성과 영양소 이용률에 미치는 영향. *한국가금학회지* 36(3):247-255.
- 홍의철 정완태 강근호 박희두 서옥석 나재천 김원 노환국 황보종 2008 육계에 있어서 옥수수 주정박의 진정 대사에너지가 측정 및 사료내 첨가가 생산성과 에너지 영양소 이용률에 미치는 영향. *한국가금학회지* 35(4):381-389.
- 황보종 안정현 정완태 오상집 이현정 김학규 이선업 홍의철 2007a Phytase 첨가가 산란계의 생산성, 난질, 질소와 인의 배설량 및 회장 소화율에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(2):119-128.
- 황보종 안정현 정완태 오상집 이현정 김학규 이선업 홍의철 2007b Phytase 수준별 급여가 육계의 생산성, 인의 배설과 흡수 및 회장과 분에서 소화율에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(3):207-215.
- 황보종 홍의철 박희두 나승환 김학규 유동조 박미나 정기철 추효준 2009 옥수수 DDGS의 색상과 Phytase의 첨가가 육계 회장 아미노산 소화율에 미치는 영향. *한국가금학회지* 36(4):351-356.
- 황보종 홍의철 이병석 배해득 김원 노환국 김재황 김인호 2005 건조한 남은 음식물을 이용한 *Aspergillus oryzae* 균주 배양조건과 그 배양물 급여가 닭의 영양소 이용률에 미치는 영향. *한국가금학회지* 32(4):291-300.

(접수: 2012. 11. 2, 수정: 2012. 11. 27, 채택: 2012. 12. 4)