



미국산과 중국산 DDGS의 급여가 비육돈의 육질 및 아미노산 함량에 미치는 영향

장해동 · 홍종욱¹ · 이종하¹ · 이운선¹ · 이철영² · 유종상 · 이제현 · 김종규³ · 강대경 · 김인호*
단국대학교 동물자원학과, ¹대상팜스코, ²진주산업대, ³단국대학교 화학과

Effects of Corn Distillers Dried Grain with Soluble (DDGS) of American and Chinese Origin on Meat Quality and Amino Acid of Meat in Finishing Pigs

Hae-Dong Jang, Jong-Wook Hong¹, Jong-Ha Lee¹, Un-Sun Lee¹, Chul-Young Lee²,
Jong-Sang Yoo, Je-Hyun Lee, Jong-Gyu Kim³, Dae-Kyung Kang, and In-Ho Kim*

Department of Animal Resource Sciences, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

¹DAESANG Farmsco, Anseong 456-843, Korea

²Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

³Department of Chemistry, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of corn distillers dried grain with soluble (DDGS) in American and Chinese on quality and amino acid of meat in finishing pigs. 120 pigs (Landrace × Yorkshire × Duroc, 64.50 kg average initial body weight) were used in 56 day growth assay. Dietary treatments were included CON (basal diet), ADS (basal diet + DDGS from American) and CDS (basal diet + DDGS from Chinese). The pigs were allotted into four pigs per pen with ten replicates per treatments by completely randomized design. Backfat thickness and lean percentage were not affected by treatment ($p>0.05$). For the meat color, redness was significantly increased in DDGS treatments compared to CON treatment ($p<0.05$). CDS treatment was higher than in ADS treatment ($p<0.001$). Water holding capacity was higher in CON and CDS treatments compared to ADS treatment ($p<0.05$). pH was greater in DDGS treatments than CON treatment ($p<0.05$), and ADS treatment was higher than in CON treatment ($p<0.05$). For the amino acid of meat, CDS treatment significantly increased their arginine, isoleucine, leucine and lysine compared to other treatments ($p<0.05$). DDGS treatment was higher than in CON treatment ($p<0.001$). Methionine, phenylalanine, threonine and valine were significantly increased DDGS treatments than CON treatment ($p<0.05$). Cysteine was greater in CDS treatment than CON and ADS treatments ($p<0.001$). DDGS treatments was higher cysteine than in CON treatment ($p<0.001$). Proline significantly improved in CON treatment compared to CDS treatment ($p<0.05$). Tyrosine was greater in DDGS treatments than CON treatment ($p<0.01$). In conclusion, redness and amino acids of meat were affected by DDGS treatments.

Key words : DDGS, meat quality, finishing pigs

서 론

최근 전 세계적으로 곡류생산의 부족과 곡류 수출국들의 수출 감소로 인해 곡류의 가격은 점차 상승하고 있다. 특히, 에너지 수급의 불균형으로 인해 대체 에너지 원을 찾고 있으며, 대체 에너지로서 바이오 에탄올을 생산하고 있다.

옥수수를 이용한 바이오 에탄올을 생산시 옥수수 전분에서 에탄올과 이산화탄소를 추출하는 공정에서 효소와 효모에 의해 발효 시킨 후 남은 부산물이 있는데 이를 DDGS(Distillers Dried Grains with Solubles)라고 불리운다.

에탄올 및 DDGS 추출공정은 크게 분쇄(Grinding), 곤죽(Mash), 발효(Fermentation), 증류(Distillation)과정을 거친다. 미국 사료 관리 위원회(AAFCO, 1986)의 공식규정에 의하면 DDGS는 곡물 또는 혼합곡물을 효모로 발효시킨 다음 에탄올을 증류, 분리한 후 얻어지는데 발효, 증류가 공과정상 고형물의 3/4 이상을 농축, 건조시킨 제품이라고

*Corresponding author : In-Ho Kim, Department of Animal Resource Sciences, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea. Tel: 82-41-550-3652, Fax: 82-41-553-1618, E-mail: inhokim@dankook.ac.kr

규정하고 사용된 주 곡물의 이름을 앞에 붙이도록 하고 있다. 옥수수의 가공공정에는 건식가공(Dry milling)과 습식가공(Wet milling)이 있는데 에탄올생산은 거의 전부가 건식공정에 의해 이루어진다.

평균 옥수수 1 Bushel(25.4 kg)에서 추출할 수 있는 에탄올은 10.2 L, DDGS 8.2 kg, CO₂ 8.2 kg으로 구성된다(Tilstra, 2005). DDGS의 일반 조성분의 함량은 조단백질 30%, 조지방 10%, 조섬유 7.2%, lysine 0.90% 및 인 0.75%으로 구성되어 있다. 하지만, DDGS의 영양소 함량 변이는 대부분 옥수수 품종과 옥수수 재배지의 지리적인 위치에 따른 일반적인 변이 때문이다.

Whitney와 Shurson(2001)의 연구에서는 NRC(1998)와 비교하여 고품질 DDGS는 인 소화율을 증가시킨다고 하였으며, Spiels 등(2002)는 지방, lysine 및 ME함량이 높다고 하였다. Whitney 등(2000)의 연구에서도 최근 DDGS의 성분은 NRC(1998)과 비교하여 아미노산 소화율이 높다고 하였다.

최근 들어 돼지에 있어 DDGS의 이용에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. Weigel 등(1997)의 연구에서는 육성돈에 7.5%의 DDGS와 비육돈에서 10%의 DDGS를 급여시 생산성에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 다른 연구에서도 10%의 DDGS는 육성돈-비육돈에서 있어서 에너지와 단백질을 충분하게 대체할 수 있다고 하였다(Wahlstrom and German, 1968; Cromwell *et al.*, 1984; Harper and Forsyth, 1998). Whitney 등(2006)의 연구에서도 육성-비육돈에서 DDGS를 0, 10, 20, 및 30%를 첨가한 사료를 급여 할 경우 성장률과 도체특성이 미치는 영향에 대해 시험한 결과, 성장률과 도체중 및 도체율에서는 10%의 DDGS를 함유한 처리구가 대조구와 거의 차이가 없었다고 보고하였다.

따라서, 본 연구는 미국과 중국의 DDGS의 급여가 비육돈의 육질과 아미노산 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 시험설계

3원 교잡종(Landrace × Yorksire × Duroc) 120두를 공시하였으며, 평균개시체중은 64.50 kg 으로 56일간 실시하였다.

시험설계는 CON(basal diet), ADS(basal diet + DDGS from American) 및 CDS(basal diet + DDGS from Chinese)로 3처리로 하여 처리당 10반복, 반복당 4마리씩 임의 배치하였다.

시험사료와 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 가루사료로서 비육전기 사료는 ME 3,450 kcal/kg, CP 21% 및 Lysine 1.20%이고 비육후기 사료는 ME 3,600 kcal/kg, CP 17.75% 및

Lysine 0.95% 수준으로 하여 자유 채식토록 하였으며(Table 1), 물은 자동 급이기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다.

조사항목 및 방법

1) 육질 분석

육질 분석에 사용된 돈육은 각 처리별로 평균체중에 도달한 10두씩을 선발하여 도살 후 4 °C냉장고에 24시간 저장 후 반도체 등심 부위(*M. longissimus dorsi*)를 분할 정형하여 분석에 이용하였다. 육즙 손실(drip loss)은 시료를 2 × 2 × 2cm 두께의 일정한 모양으로 정형한 후 polyethylene bag에 넣어 4 °C냉장실에서 7일간 보관하면서 7일 후 발생하는 수분감량을 측정하였다. 육의 pH 값은 도축 24시간후 좌도체 등심제 10늑골부위에서 pH meter(77p, Istek, Korea)를 이용하여 직접 등심에 유리전극을 꽂아 측정하였다. 육색은 Chromameter(Model CR-210, Minolta Co., Japan)를 사용하여 각 sample 당 5회 반복하여 측정하였으며, 이때 표준색판은 L(lightness)=89.2, a(redness)=0.921, b(yellowness)=0.783으로 하였다. 관능검사는 훈련된 5명의 관능검사요원을 구성하여 수행하였으며, National Pork Producers Council(NPPC, 1994) 기준안에 의해 신선육의 육색(color:1-5), 근내지방도(marbling:1-5), 경도(firmness:1-5)를 조사하였다. 등심단면적은 구적기(MT-10S, MT precision, Japan)를 이용하여 등심단면적을 측정하였다. 보수력은 Hofmann 등(1982)의 방법으로 측정하여 구적기(MT-10S, MT precision, Japan)로 면적을 구하고 육의 표면적을 수분의 면적으로 나눈값을 표시하였다. 등지방 두께 및 정육율 측정은 시험 개시시와 종료시에 PIGLOG 105(PIGLOG SFK tech, Denmark)를 이용하여 각 처리당 10두씩 측정하였다.

2) 아미노산 조성

아미노산 분석은 시료 10 g에 6N HCl 100 mL를 가하여 질소가스를 주입한 후 밀봉하여 110°C에서 24시간 가수분해시킨 후, 증발농축기로 50°C에서 염산을 증발시켰다. 최종 증발 건조되어 있는 증발플라스크에 0.2N sodium citrate buffer(pH 2.2)로 50 mL되게 희석시킨 용액을 아미노산 자동분석기에 주입하여 분석하였다. Cystein과 methionine은 6N-HCl로 가수분해시키면 파괴되므로 산 가수분해 전에 과개미산으로 안정상태인 cysteic acid methionine sulfone으로 전환시킨 후 상기 아미노산 분석 방법으로 분석하였다.

통계처리

모든 통계처리는 SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan,

Table 1. Compositions of experimental diet (as-fed basis)

Ingredients, %	Early finishing			Late finishing		
	CON	American DDGS	Chinese DDGS	CON	American DDGS	Chinese DDGS
Corn	38.96	34.25	33.92	42.55	32.19	31.31
Corn flour	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Wheat	6.50	6.50	6.50	9.69	10.00	10.00
Cassava	4.50	4.50	4.50	6.00	6.00	6.00
Wheat middling	4.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00
Rice bran	1.00	1.00	1.00	2.50	2.50	2.50
SBM (CP 48%)	32.28	28.22	28.03	22.37	17.26	17.43
Palm kernel meal				2.00	2.00	2.00
DDGS (American)		10.00			15.00	
DDGS (Chinese)			10.00			15.00
Animal fat	3.20	2.20	2.66	4.64	4.58	5.25
Molasses	3.60	3.60	3.60	3.50	3.50	3.50
Sucrose	0.50	0.50	0.50	0.70	0.70	0.70
Limestone	1.40	0.98	0.94	1.08	1.13	1.09
MCP	0.60	0.58	0.55	0.65	0.60	0.56
Salt	0.35	0.35	0.35	0.38	0.38	0.38
D-LysineHCl	0.34	0.58	0.69	0.44	0.70	0.80
DL-Methionine	0.03	0.01	0.02			
Threonine		0.01	0.02			
Choline	0.09	0.07	0.08	0.05	0.02	0.04
Phytase	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Vit-Min premix ¹⁾	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
OTC	0.10	0.10	0.10			
CTC	0.10	0.10	0.10			
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ²⁾						
DE (kcal/kg)	3,450	3,450	3,450	3,600	3,600	3,600
Crude protein (%)	21.00	21.00	21.00	17.75	17.75	17.75
Crude fat (%)	5.05	5.08	5.05	8.00	8.00	8.00
Crude ash (%)	5.74	5.70	5.64	5.50	5.75	5.41
Lysine (%)	1.20	1.20	1.20	0.95	0.95	0.95
Calcium (%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Phosphorus (%)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹⁾ Supplied per kg diet: vitamin A, 9,000 IU; vitamin D₃, 1,200 IU; vitamin E, 40 IU; vitamin K (menadione bisulfate complex), 3.0 mg; vitamin B₂, 5.2 mg; vitamin B₆, 2.6 mg; vitamin B₁₂, 26 µg; niacin, 32 mg; d-pantothenic acid (as d-calcium pantothenate), 20 mg; Cu, 15 mg; Fe, 70 mg; Zn, 50 mg; Mn, 50 mg; I, 0.5 mg; Co, 0.3 mg and Se, 0.2 mg.

²⁾ Calculated values.

1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다. 또한, 처리간의 평균을 orthogonal contrast를 이용하여 CON vs DDGS와 ADS vs CDS로 분리하여 검정하였다.

결과 및 고찰

육질

비육돈 사료 내 미국산과 중국산 DDGS의 첨가급여가

육질에 미치는 효과는 Table 2에 나타내었다. 육색에 있어서는 적색도에서 DDGS 처리구가 CON 처리구와 비교하여 높았으며($p < 0.01$), 특히, CDS 처리구가 ADS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.001$). 보수력에 있어서는 CON과 CDS 처리구가 ADS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.05$). pH에 있어서는 DDGS 처리구가 CON 처리구에 비해 높았으며($p < 0.001$), ADS 처리구가 CDS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 정육율, 관

Table 2. Effects of corn distillers dried grain with soluble(DDGS) in American and Chinese on meat quality in finishing pigs

Items	CON ¹⁾	ADS ¹⁾	CDS ¹⁾	SE ²⁾	Provability ³⁾	
					CON vs DDGS	ADS vs CDS
Sensory evaluation ⁴⁾						
Color	2.0	2.3	2.3	0.06	***	NS
Marbling	1.9	2.0	2.1	0.07	NS	NS
Firmness	2.1	2.0	2.1	0.07	NS	NS
Backfat thickness (mm)						
Initial	9.9	9.4	10.9	0.95	NS	NS
Finish	15.7	15.3	15.0	1.44	NS	NS
Lean percentage (%)						
Initial	55.6	56.1	59.2	3.19	NS	NS
Finish	59.4	59.7	59.7	1.44	NS	NS
Meat color						
Lightness (L)	57.24	57.56	57.55	1.71	NS	NS
Redness (a)	16.91 ^b	17.24 ^b	18.41 ^a	0.21	**	***
Yellowness (b)	9.64	8.80	9.22	0.36	NS	NS
Water holding capacity (%)	55.10 ^a	39.23 ^b	53.52 ^a	3.25	NS	*
Drip loss (%)	12.90	12.77	13.73	0.11	NS	NS
pH	5.53 ^c	5.61 ^b	5.71 ^a	0.02	***	*
Loin muscle area, cm ²	40.64	39.45	39.06	3.47	NS	NS

¹⁾CON, basal diet; ADS, containing DDGS from American; CDS, containing DDGS from Chinese.

²⁾Pooled standard error.

³⁾Provability of contrast: NS, no significant; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

⁴⁾Meat color: 1, Pale pinkish gray; 3, Reddish pink; 5, Dark purplish red; Marbling content: 1, Devoid to practically devoid; 3, Small to modest; 5, Moderately abundant of more; Firmness: 1, Soft; 3, Middle; 5, Firm.

^{ab}Means in the same row with different superscripts differ ($p < 0.05$).

능평가(육색, 마블링, 경도), 등지방두께, 드립감량 및 등심단면적에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). Whitney 등(2006)의 연구에서는 육성-비육돈에 DDGS를 급여하였을 때 DDGS의 급여량이 증가할수록 도체중, 도체율, 등심 단면적이 감소한다고 하였다. 등지방 두께와 정육율에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 하였다. 이는 DDGS의 급여시 성장률에 대해서 부정적 효과를 나타내지만 도체 특성에는 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 육질에 있어서도 마블링, 경도, pH, drip loss, cooking loss 및 shear force에서 DDGS의 급여에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. Widmer 등(2008)의 연구에서도 DDGS 급여시 육질에 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서도 관능평가(육색, 마블링, 경도), 등지방 두께, drip loss 및 등심 단면적에서 처리구간 차이를 나타내지 않았다. 적색도와 pH에 있어서는 DDGS 급여시 상승시키는 효과를 나타내었으며, 특히, 중국산 DDGS가 미국산 DDGS에 비해 유의적으로 높게 나타내었다. 따라서, 중국산 DDGS가 육질에 있어 적색도와 pH에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 하지만, 보수력에 있어서는 미국

산 DDGS가 중국산 DDGS에 비해 유의적으로 감소한 것은 추후 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

아미노산 조성

육성-비육돈 사료내 미국산과 중국산 DDGS의 첨가급여가 아미노산 조성에 미치는 효과를 Table 3에 나타내었다. 필수아미노산에 있어서는 Arginine, Isoleucine, Leucine 및 Lysine 함량에서 CDS 처리구가 다른 처리구에 비해 가장 높았다($p < 0.05$), 특히, DDGS 처리구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.001$). Methionine, Phenylalanine, Threonine 및 Valine 함량에서는 DDGS 첨가구가 CON 처리구와 비교하여 높았으며($p < 0.05$), Histidine 함량에서는 처리구간에 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 비필수 아미노산에서 Cysteine 함량은 CDS 처리구가 CON과 ADS 처리구와 비교하여 가장 높았으며($p < 0.05$), 특히, DDGS 첨가구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.001$). Proline 함량은 CON 처리구가 CDS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), Tyrosine 함량에 있어서는 DDGS 첨가구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았으나($p < 0.01$), Alanine, aspartate acid, glu-

Table 3. Effects of corn distillers dried grain with soluble(DDGS) in American and Chinese on meat of amino acid in finishing pigs

Items	CON ¹⁾	ADS ¹⁾	CDS ¹⁾	SE ²⁾	Provability ³⁾	
					CON vs DDGS	ADS vs CDS
Essential						
Arg	1.34 ^c	1.40 ^b	1.47 ^a	0.01	***	*
His	1.11	1.07	1.05	0.01	NS	NS
Isole	0.85 ^c	1.00 ^b	1.09 ^a	0.01	***	**
Leu	1.74 ^b	1.81 ^{ab}	1.84 ^a	0.02	*	NS
Lys	1.85 ^c	1.93 ^b	2.02 ^a	0.01	***	**
Met	0.57 ^b	0.60 ^a	0.61 ^a	0.01	*	NS
Phe	0.88 ^b	0.94 ^a	0.94 ^a	0.01	***	NS
Thr	0.96 ^b	1.03 ^a	1.06 ^a	0.01	***	NS
Val	0.93 ^b	1.11 ^a	1.13 ^a	0.02	***	NS
Nonessential						
Ala	1.29	1.29	1.28	0.03	NS	NS
Asp	2.23	2.23	2.23	0.03	NS	NS
Cys	0.42 ^c	0.45 ^b	0.52 ^a	0.01	***	***
Glu	4.01	4.07	4.09	0.02	NS	NS
Gly	0.94	0.94	0.95	0.01	NS	NS
Pro	1.63 ^a	1.45 ^{ab}	1.42 ^b	0.05	*	NS
Ser	1.02	1.00	0.98	0.02	NS	NS
Tyr	0.77 ^b	0.83 ^a	0.84 ^a	0.01	**	NS

¹⁾CON, basal diet; ADS, containing DDGS from American; CDS, containing DDGS from Chinese.

²⁾Pooled standard error.

³⁾Provability of contrast: NS, no significant; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

^{abc}Means in the same row with different superscripts differ ($p < 0.05$).

tamate, glycine 및 serine 함량에 있어서는 처리구간에 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). Hahn 등(1995)과 Henry(1995)의 연구에서는 육성돈에 DDGS의 급여시 사료 내 비필수 아미노산의 함량의 증가로 인해 아미노산의 불균형이 증가하여 섭취량이 감소한다고 하였다. Widmer 등(2007)의 연구에서는 고단백 DDGS와 corn germ 급여시 아미노산 소화율에서 corn germ을 급여한 처리구에 DDGS를 급여한 처리구가 아미노산 소화율이 증가한다고 하였다. 본 시험에서는 DDGS를 급여한 처리구가 대조구에 비해 필수와 비필수 아미노산 조성에 유의적으로 증가한 것으로 보아 아미노산의 소화율이 증가하여 육내에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

요 약

시험동물은 3원 교잡종(Landrace×Yorksire×Duroc) 120두를 공시하였으며 평균개시체중은 64.50 kg으로 56일간 실시하였다. 시험 설계는 CON(basal diet), ADS(basal diet + DDGS from American) 및 CDS(basal diet + DDGS from Chinese)로 3처리로 하여 처리당 10반복, 반복당 4마리씩 임의 배치하였다. 육질에서 등지방 두께와 정육율은 처리

간에 차이가 없었다($p > 0.05$). 육색은 적색도에서 DDGS 처리구가 CON 처리구와 비교하여 높았으며($p < 0.05$), CDS 처리구가 ADS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.001$). 보수력은 CON과 CDS 처리구가 ADS 처리구와 비교하여 높았다($p < 0.05$). pH은 DDGS 처리구가 CON 처리구에 비해 높았으며($p < 0.001$), ADS 처리구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 아미노산 함량에서 arginine, isoleucine, leucine 및 lysine은 CDS 처리구가 다른 처리구와 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$), 특히, DDGS 처리구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.001$). Methionine, phenylalanine, threonine 및 valine은 DDGS 첨가구가 CON 처리구와 비교하여 높았다($p < 0.05$). 비필수아미노산에서 cysteine 함량은 CDS 처리구가 CON과 ADS 처리구와 비교하여 가장 높았으며($p < 0.05$), 특히, DDGS 첨가구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.001$). Proline은 CON 처리구가 CDS 처리구와 비교하여 유의적으로 높았고($p < 0.05$). Tyrosine은 있어서는 DDGS 첨가구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($p < 0.01$). 결론적으로 DDGS 급여시 적색도와 아미노산 조성에 효과가 있는 것으로 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 단국대학교 전략연구사업단 지원사업, 대상팜 스코, 지식경제부/한국산업기술평가원 지정 진주산업대학교 동물생명산업센터의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. AAFCO (1986). Association of American Food Control Officials. USA.
2. Cromwell, G. L., Stahly, T. S., and Monegue, H. J. (1984) Distillers dried grains with solubles for growing-finishing swine. Pages 15-16 in Swine Res. Rep. No. 284, Kentucky Agric. Exp. Sta., Lexington.
3. Duncan D. B. (1995) Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **11**, 1-42
4. Hahn, J. D., Biehl, R. R., and Baker, D. H. (1995) Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine. *J. Anim. Sci.* **73**, 773-784.
5. Harper, A. and Forsyth, D. (1998) Relative value of feed-stuffs for swine. In Pork Industry Handbook - 112. Iowa State Univ. Extension, Ames.
6. Henry, Y. (1995) Effects of dietary tryptophan deficiency in finishing pigs, according to age or weight at slaughter or live weight gain. *Livest. Prod. Sci.* **41**, 63.
7. Hofmann, K., Hamm, R., and Bluchel, E. (1982) New information on the determination of water binding in meat by the filter paper press method. *Fleischwirtsch* **62**, 87-94.
8. NPPC (2000) Composition & Quality Assessment Procedures. E. Berg, ed. Natl. Pork Prod. Council, Des Moines, IA.
9. NRC. (1998) Nutrient Requirements of Swine. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
10. SAS (1996) SAS/STAT User's Guide : Version 6, 11th edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
11. Spiehs, M. J., Whitney, M. H., and Shurson, G. C. (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.
12. Tilstra, H. D. (2005) DDGS Days at Long View, Land Olakes Purina Feed LLC.
13. Wahlstrom, R. C. and German, C. (1968) A study of distillers byproducts in growing-finishing swine rations. Pages 1-5 in Anim. Sci. Series No. 68-27, South Dakota Agric. Exp. Sta., Brookings.
14. Weigel, J. C., Loy, D., and Kilmer, L. (1997) Feed Co-products of the dry corn milling process. renewable fuels assoc. and natl. corn growers assoc., washington, DC and St. Louis, MO.
15. Whitney, M. H. and Shurson, G. C. (2001) Availability of phosphorus in distiller's dried grains with solubles for growing swine. *J. Anim. Sci.* **79**(Suppl. 1), 108 (Abstr.)
16. Whitney, M. H., Spiehs, M. J., Shurson, G. C., and Baidoo, S. K. (2000) Apparent ileal amino acid digestibilities of corn distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* **78**(Suppl. 1), 185 (Abstr.)
17. Whitney, M. H., Shurson, G. C., Johnston, L. J., Wulf, D. M., and Shanks, B. C. (2006) Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* **84**, 3356-3363.
18. Widmer, M. R., McGinnis, L. M., and Stein, H. H. (2007) Energy, phosphorus, and amino acid digestibility of high-protein distillers dried grains and corn germ fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* **85**, 2994-3003.
19. Widmer, M. R., McGinnis, L. M., Wulf, D. M., and Stein, H. H. (2008) Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* published online Mar 28.

(2008.09.17 접수/2008.10.27 수정1/2008.10.31 수정2/
2008.11.03 채택)