

난황항체를 함유한 분무건조전난의 영양적 가치 평가*

홍종욱 · 김인호[§] · 권오석 · 이상환 · 이지훈** · 김지훈*** · 민병준 · 이원백

단국대학교 동물자원과학과, (주)이지바이오시스템,** 애그리브랜드퓨리나코리아***

Nutritional Value Evaluation of Spray-Dried Egg Protein Containing Egg Yolk Antibody*

Hong, Jong Wook · Kim, In Ho[§] · Kwon, Oh Suk · Lee, Sang Hwan

Lee, Ji Hoon** · Kim, Ji Hoon*** · Min, Byoung Joon · Lee, Won Baek

Department of Animal Resource & Science, Dankook University, Chonan 330-714, Korea,

Easy-Bio System,** Inc., 330-810, Korea

Agribrand Purina,*** 330-810, Korea

ABSTRACT

For the Exp. 1, twelve Duroc × Yorkshire × Landrace pigs (6.12 ± 0.24 kg average initial body weight and 21 d average age) were used in an 8-d metabolic assay to determine the effects of replacing spray-dried plasma protein (SDPP) with spray-dried egg protein containing egg yolk antibody (SDCEP) on nutrient and amino acids digestibility in weaning pigs. Experimental animals were fed diets containing SDPP, SDCEP (spray-dried commercial egg protein) and SDAEP. Protein content in the SDPP, SDCEP and SDAEP were 58.20, 45.83 and 41.85%, respectively. Pigs fed the SDPP diet tended to increase the apparent digestibility of dry matter and nitrogen compared to pigs fed the SDAEP diets without significant differences. The ileal digestibility of lysine and methionine for the SDAEP were greater than those for the SDPP, however, there are no significant differences between groups. For Exp. 2, 36 Duroc × Yorkshire × Landrace pigs (4.11 ± 0.05 kg average initial body weight and 14 d average age) were used in a 10-day growth assay to determine the effects on growth performance and nutrient digestibility of replacing SDPP with SDAEP in early-weaning pigs. Experimental animals were fed diets containing CON (corn-dried whey-SBM based diet), SDAEP3 (corn-dried whey-SBM based diet + 3% SDAEP), SDAEP6 (corn-dried whey-SBM based diet + 6% SDAEP). The average daily weight gain of the pigs fed the SDAEP3 diet was higher than that for the pigs fed the CON and SDAEP6 diets (p < 0.05). SDAEP3 significantly increased the digestibility of dry matter and nitrogen compared to the CON and SDAEP6 diets (p < 0.05). (*Korean J Nutrition* 35 (8) : 848~853, 2002)

KEY WORDS : spray-dried egg protein, egg yolk antibody, pigs.

서론

분무건조혈장단백질 (SDPP : spray-dried plasma protein)은 조기이유자돈을 위한 단백질 원료로서^{1,6)} 우수함을 보고한 바 있다. Gatnau와 Zimmerman¹⁾은 조기이유자돈 식이에 있어서 분무건조혈장단백질이 탈지분유 (DSM : dried skim milk)를 효과적으로 대체할 수 있었으며, Sohn 등²⁾과 Hansen 등³⁾은 DSM 혹은 분무건조혈분 (SDBM : spray-dried blood meal)을 함유한 식이를 급여한 자돈과

비교했을 때 SDPP를 급여한 자돈의 성장률이 증가하였고 보고하였다. 그러나 SDPP와 SDBM을 이유자돈식이에 고농도로 급여하였을 경우 메치오닌의 함량이 낮기 때문에,³⁾ SDPP와 SDBM을 함유한 식이에 있어 메치오닌은 제 1 혹은 2 제한 아미노산으로 작용할 수 있다고 하였다.⁴⁾ 또한, SDPP의 가격이 높기 때문에 경제적인 식이배합에 이용하기에는 제한요소가 된다.

분무건조난단백질 (SDEP : spray-dried egg protein)은 식품 재료로서의 이용성 뿐만 아니라, SDPP를 부분적으로 대체 활용할 수 있으며,^{7,8)} 산란계에 특정 항원을 주입하였을 경우 난황으로 전이된 특이난황항체^{9,10)}를 함유한 달걀을 이용하여 질병의 예방 및 치료제¹¹⁻¹⁴⁾로 이용할 수 있다. 그러나, 난백 단백질내 ovomucoid (100g/kg egg protein)는 트립신 억제 물질중의 하나로,⁴⁾ 난백과 난황내 트립신과 cathepsin D 억제제가 고농도로 포함되어 있어,¹⁵⁾

접수일: 2002년 8월 8일

채택일: 2002년 10월 7일

*This work was supported by grant No. 98-0402-10-01-3 from the basic research program of the Korea Science & Engineering Foundation.

[§]To whom correspondence should be addressed.

조기이유자돈 식이에 6%이상 첨가할 경우 식이섭취량이 감소한다고 하였다.¹⁶⁾

본 연구는 동물성 단백질 원료인 SDPP를 대체하기 위한 기초자료로서 특이항체를 함유한 분무건조난단백질 (SDAEP : spray-dried egg protein containing egg yolk antibody)의 영양적 가치 평가 및 이유자돈에 성장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 실험설계

시험 1

3원교잡종 (Duroc × Landrace × Yorkshire) 이유자돈 12두 (21일령)를 공시하였으며 실험 개시시 체중은 6.12 ± 0.24 kg 이었다. 대사실험은 단국대학교 실험동물사육실에서 6일간 실험식이에 적응할 수 있도록 한 후, 2일간 전분 채취법으로 대사실험을 실시하였다. 전분채취법은 표시물로서 산화크롬 0.2%가 함유된 실험사료를 체중의 5% 급여한 후, 산화철 0.2%가 함유된 실험사료를 급여하여 돼지의 분변 색이 붉은색으로 변하기 전까지의 분변 무게를 건물 기준으로 측정하였다.

실험설계는 Table 1과 같이 단백질 공급원으로 1) SDPP (spray-dried plasma protein), 2) SDCEP (spray-dried commercial egg protein), 3) SDAEP (spray-dried egg protein containing egg yolk antibody)로 3개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 1마리씩 대사 케이지에 완전 임의배치하였다.

시험 2

3원 교잡종 (Duroc × Landrace × Yorkshire) 조기이유자돈 36두 (14일령)를 공시하였으며 실험 개시시 체중은 4.11 ± 0.05 kg 이었다. 사양실험은 단국대학교 실험동물사육실에서 10일간 실시하였다.

실험설계는 Table 2와 같이 1) 옥수수-건조유청-대두박 위주의 대조군 (CON), 2) 대조군 식이에 SDAEP 3% 처리군 (SDAEP3), 3) 대조군 식이에 SDAEP 6% 처리군 (SDAEP6)로 3개 처리로 하여 처리당 4반복, 반복당 3마리씩 완전 임의배치하였다.

2. 실험식이 및 동물관리

시험 1

실험 식이는 Table 1과 같이 동물성 단백질 공급원을 96.24% 첨가하였으며, 다른 영양소는 Nutrient Require-

Table 1. Diet composition for Exp. 1 (as-fed basis)

Ingredients, %	SDPP ¹⁾	SDCEP ¹⁾	SDAEP ¹⁾
Spray-dried plasma protein	96.24	-	-
Spray-dried egg protein ²⁾	-	96.24	96.24
Monocalcium phosphate	0.86	0.86	0.86
Limestone	1.40	1.40	1.40
Salt	0.30	0.30	0.30
Vitamin/trace mineral premix ³⁾	0.50	0.50	0.50
Antibiotic ⁴⁾	0.50	0.50	0.50
Chromic oxide ⁵⁾	0.20	0.20	0.20

1) Abbreviated SDPP, added spray-dried plasma protein; SDCEP, added spray-dried commercial egg protein; SDAEP, spray-dried egg protein containing egg yolk antibody.

2) Spray-dried commercial egg protein and spray-dried egg protein containing egg yolk antibody were added in place of spray-dried plasma protein.

3) Provided per kg of complete diet : 4,800 IU vitamin A, 960 IU vitamin D₃, 20 IU vitamin E, 2.4 mg vitamin K, 4.6 mg vitamin B₁₂, 1.2 mg vitamin B₆, 13 mg pantothenic acid, 23.5 mg niacin, 0.02 mg biotin, 220 mg Cu, 175 mg Fe, 191 mg Zn, 89 mg Mn, 0.32 mg I, 0.5 mg Co and 0.35 mg Se.

4) Provided the following per kg of complete diet : 110 mg of chlortetracycline, 110 mg of sulfathiazole and 55 mg of penicillin.

5) Used as an indigestible marker.

ments of Swine¹⁷⁾ 사양표준에 충족하도록 배합하였다. 체중의 5%를 계산하여 식이급여량으로 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다.

영양소 소화율을 측정하기 위하여 전분채취법으로 채취된 분을 60℃의 건조기에서 72시간동안 건조시킨 후, 분쇄하여 분석에 이용하였다. 분내 건물 및 질소 함량은 Association of Official Analytical Chemists¹⁷⁾에 의하여 실시하였다. 아미노산 함량은 6N HCl로 110℃에서 16시간동안 가수분해시킨 후,¹⁸⁾ 아미노산 분석기 (LKB 4150 alpha, Pharmacia Instrument Co, England)를 이용하여 분석하였다.

시험 2

실험식이는 옥수수-건조유청-대두박 위주의 식이로서 NRC¹⁹⁾ 사양표준을 기초로 하여 3,300 kcal ME/kg, 21.00% CP, 1.50% lysine, 0.90% Ca, 0.80% P를 함유하도록 하였다 (Table 2). 실험식이는 가루 형태로 자유섭식하도록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 체중 및 식이섭취량은 시험종료시에 측정하여 하루 체중증가량, 하루 식이섭취량, 식이효율을 계산하였다.

영양소 소화율을 측정하기 위하여 표시물로서 혼합된 산화크롬을 0.2% 첨가하였다. 크롬이 첨가된 실험식이를 시험종료 5일전부터 급여한 후, 분을 채취하여 60℃의 건조기

Table 2. Composition of diet for Exp. 2 (as-fed basis)¹⁾

Ingredients, %	CON	SDAEP3 ²⁾	SDAEP6 ²⁾
Corn	45.54	46.92	48.31
Soybean meal (48%)	15.96	12.67	9.39
Spray-dried plasma protein	7.50	7.50	7.50
Spray-dried egg protein	-	3.00	6.00
Soybean oil	5.00	3.97	2.93
Dried whey	20.00	20.00	20.00
Spray-dried blood meal	1.75	1.75	1.75
Monocalcium phosphate	1.91	1.89	1.86
Limestone	0.69	0.67	0.66
Antibiotic ³⁾	1.00	1.00	1.00
Copper sulfate	0.08	0.08	0.08
Lysine	0.10	0.10	0.10
DL-Methionine	0.08	0.05	0.02
Vitamin premix ⁴⁾	0.25	0.25	0.25
Mineral premix ⁵⁾	0.15	0.15	0.15

1) Diets were formulated to contain 1.5% lysine, 0.9% calcium and 0.8% phosphorus.

2) Abbreviated SDAEP3, added 3% of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody; SDAEP6, added 6% of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody.

3) Provided 150 g of apramycin per ton of feed.

4) Provided the following per kg of complete diet : 11,025 IU of vitamin A; 1,103 IU of vitamin D₃; 44 IU of vitamin E; 4.4 mg of vitamin K; 8.3 mg of riboflavin; 50 mg of niacin; 29 mg of d-panthothenic; 166 mg of choline and 33 g of vitamin B₁₂.

5) Provided the following per kg of complete diet : 12 mg of Mn; 165 mg of Fe; 165 mg of Zn; 16 mg of Cu; 0.3 mg of I; and 0.3 mg of Se.

에서 72시간동안 건조시킨 후, 분쇄하여 분석에 이용하였다. 분내 건물 및 질소 함량은 Association of Official Analytical Chemists¹⁷⁾에 의하여 실시하였다.

3. 분무건조 전란의 준비

본 실험에 사용한 난황항체를 함유한 분무건조 전란은 어린 가축에게 설사증을 유발시키는 장독성 대장균 K88, K99 그리고 987P로부터 섬모항원을 분리 및 동정하여 산란계에 3주간격으로 12주간 면역한 후, 특이난황항체를 함유한 달걀을 채집, 분무건조기 (model L12, Ohkawara kakohki, Kanagawa, Japan)를 이용하여 건조하였다.

분무건조된 난황항체를 함유한 분무건조 전란내 K88, K99, 987P 섬모항원에 대한 역가를 ELISA 기법으로 측정하였으며, K88, K99, 987P 섬모항원에 대한 역가는 각각 300,000, 100,000 그리고 100,000이었다.

4. 통계분석

모든 자료는 SAS²⁰⁾의 GLM procedure를 이용 Duncan's multiple range²¹⁾로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

Table 3. Chemical composition of SDPP, SDCEP and SDAEP (Exp. 1)¹⁾

Item	SDPP ²⁾	SDCEP ²⁾	SDAEP ²⁾
Crude protein, %	58.20	45.83	41.85
Indispensable amino acids, %			
Arginine	3.43	2.96	2.58
Histidine	2.18	1.35	1.46
Isoleucine	2.80	2.73	2.58
Leucine	6.48	4.35	4.00
Lysine	4.91	3.58	3.28
Methionine	0.71	1.70	1.69
Phenylalanine	3.88	3.23	3.65
Threonine	3.35	2.09	2.05
Valine	1.72	1.04	1.30
Dispensable amino acids, %			
Alanine	3.83	2.65	1.90
Aspartic acid	6.18	5.91	4.34
Cystine	4.03	4.02	3.43
Glutamic acid	3.72	3.53	2.76
Glycine	2.21	1.49	1.34
Proline	3.22	1.09	1.55
Serine	2.63	2.40	2.11
Tyrosine	2.92	1.71	1.83

1) Amino acids analyzed using AOAC¹⁷⁾ procedures.

2) Abbreviated SDPP, added spray-dried plasma protein; SDCEP, added spray-dried commercial egg protein; SDAEP, spray-dried egg protein containing egg yolk antibody.

결과 및 고찰

시험 1

본 실험에 사용한 단백질 원료들의 아미노산 조성은 Table 3과 같다. SDPP의 조단백질 함량은 58.20%인 것으로 나타났다. 또한 필수 아미노산 중 라이신과 메치오닌의 함량이 각각 4.91과 0.71%로 라이신에 대한 메치오닌의 비율은 14.5%로 나타났다. SDPP나 SDBM과 같은 blood products는 고농도로 이류자돈 식이에 첨가하였을 경우 메치오닌의 함량이 상대적으로 낮기 때문에,²²⁾ Gatnau 등²³⁾과 Gatnau와 Zimmerman²⁴⁾은 식이내 메치오닌의 함량이 충족되지 못해 ($\leq 0.28\%$) SDPP를 6% 이상 첨가할 경우 성장이 감소된다고 하였다. SDAEP의 아미노산 조성은 라이신에 대한 메치오닌의 비율이 51% 이상으로 SDPP보다 높게 평가되었다. 그러나 난백 단백질내 ovomucoid (100 g/kg egg protein)는 트립신 억제 물질중의 하나로,⁴⁾ 난백과 난황내 트립신과 cathepsin D 억제제가 고농도로 포함되어 있어,¹⁵⁾ 조기이류자돈 식이에 6%이상 첨가할 경우 식이 섭취량이 감소한다고 하였다.¹⁶⁾

단백질 공급원에 따라 영양소 소화율은 Table 4에서 보

Table 4. Effects of animal protein source supplementation on nutrient digestibility in weaned pigs (Exp. 1)¹⁾

Item	SDPP ²⁾	SDCEP ²⁾	SDAEP ²⁾	SE ³⁾
Dry matter, %	85.45	82.31	83.97	2.14
Nitrogen, %	85.88	83.26	84.54	1.70
Indispensable amino acids, %				
Arginine	88.07 ^b	91.57 ^{ab}	93.55 ^a	1.30
Histidine	89.07	92.84	93.48	1.46
Isoleucine	86.14	87.57	87.33	1.76
Leucine	90.15	88.81	90.06	1.40
Lysine	90.21	91.65	94.91	1.64
Methionine	86.52	87.37	91.15	2.88
Phenylalanine	93.26	89.83	92.55	1.56
Threonine	94.07	87.45	88.16	4.22
Valine	95.05	95.72	96.28	1.26
Dispensable amino acids, %				
Alanine	89.26	87.06	89.56	1.41
Aspartic acid	90.45	91.76	88.07	1.58
Cystine	85.26	86.19	86.01	1.88
Glutamic acid	85.13	82.37	81.97	2.40
Glycine	88.99	87.02	88.77	1.86
Proline	88.16	85.85	89.97	2.93
Serine	92.01	86.40	85.99	2.85
Tyrosine	90.07	87.55	86.50	1.55

1) Twelve pigs with an average initial weight of 6.12 ± 0.24 kg.
 2) Abbreviated SDPP, added spray-dried plasma protein; SDCEP, added spray-dried commercial egg protein; SDAEP, spray-dried egg protein containing egg yolk antibody.
 3) Pooled standard error.

여주고 있다. 건물 및 질소 소화율에 있어서는 SDPP 급여구가 높게 평가되었으나, 처리군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 필수아미노산의 소화율에 있어서는 라이신과 메치오닌의 소화율이 분무건조단백질 급여구 (SDCEP와 SDAEP)가 SDPP 처리군보다 높게 평가되었으나 처리군간에 통계적인 차이를 보이지 않았다. 트레오닌, 세린, 글루타민산, 루이신, 타이로신 그리고 페닐알라닌에서 SDPP 처리군의 소화율이 높았으나, 처리군간에 통계적인 차이는 없었다. 또한, 프롤라인, 메치오닌, 라이신, 히스티딘의 소화율은 SDAEP 처리군에서 가장 높았으나 통계적으로 차이를 보이지 않았다.

시험 2

실험식이를 급여한 조기이유자돈에 대한 하루 체중증가량, 하루 식이섭취량 그리고 식이효율은 Table 5와 같다. 총 10일간의 사양시험기간에서 나타난 결과를 비교해 보면, 하루 체중증가량에 있어서는 SDAEP를 3% 첨가한 처리군이 가장 높게 평가되었으며, SDAEP를 6% 첨가한 처리군

Table 5. Effects of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody on growth performance in early weaned pigs (Exp. 2)¹⁾

Item	CON	SDAEP3 ²⁾	SDAEP6 ²⁾	SE ³⁾
Average daily weight gain, g	132 ^b	147 ^a	124 ^b	10
Average daily food intake, g	206	224	192	15
Gain/Feed	0.642	0.657	0.645	0.015

1) Thirty six pigs with an average initial weight of 4.11 ± 0.05kg.
 2) Abbreviated SDAEP3, added 3% of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody; SDAEP6, added 6% of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody.
 3) Pooled standard error.
 ab: Means in the same row with different superscripts differ (p < 0.05).

Table 6. Effects of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody on nutrient digestibility in early weaned pigs (Exp. 2)¹⁾

Item	CON	SDAEP3 ²⁾	SDAEP6 ²⁾	SE ³⁾
Dry matter, %	85.22 ^b	88.29 ^a	83.21 ^b	0.21
Nitrogen, %	81.69 ^b	85.44 ^a	80.26 ^b	0.69

1) Thirty six pigs with an average initial weight of 4.11 ± 0.05 kg.
 2) Abbreviated SDAEP3, added 3% of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody; SDAEP6, added 6% of spray-dried egg protein containing egg yolk antibody.
 3) Pooled standard error.
 ab: Means in the same row with different superscripts differ (p < 0.05).

이 유의하게 낮았다 (p < 0.05). 하루 식이섭취량에 있어서는 SDAEP3 처리군이 가장 높았으며, SDAEP6 처리군이 가장 낮았으나 처리군간에 유의적인 차이는 보이지 않았다 (p > 0.05). 식이효율에 있어서는 SDAEP3 처리군이 가장 높게 평가되었으나 처리군간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. Owen 등¹⁰⁾은 조기이유자돈 식이에 분무건조단백질 (SDEP : spray dried egg protein)을 6%이상 첨가할 경우 식이섭취량이 감소한다고 하였다. 그러나 Nessmith 등⁷⁾은 이유자돈에 있어서 SDPP를 SDEP로 6%까지 대체하였을 경우 성장에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 그러나 Kato와 Matsuda⁴⁾은 난백단백질내의 ovomucoid (100 g/kg egg protein)가 트립신 억제 물질중의 하나라고 하였으며, 이로 인해서 단백질 소화를 억제하여 성장에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

실험식이를 급여한 조기이유자돈에 대한 영양소 소화율은 Table 6에 나타내었다. 실험기간동안 건물 및 질소 소화율에 있어서는 난황항체를 함유한 SDAEP를 3% 첨가한 처리군이 가장 높게 평가되었으며, SDAEP6 처리군이 가장 낮게 평가되었다 (p < 0.05). 이는 난백단백질의 항영양소 인자인 ovomucoid에 의해 나타난 것으로 사료되며 본 실험의 결과에서는 3%의 SDAEP 첨가가 적절한 첨가 수준인 것으로 사료된다.

요약 및 결론

실험 1은 단백질 원료인 분무건조혈장단백질 (SDPP)을 대체하기 위한 기초자료로서 특이항체를 함유한 분무건조난단백질 (SDAEP)의 영양적 가치를 평가하기 위하여 실시하였다. 3원교잡종 이유자돈 12마리 (21일령)를 공시하였으며 실험 개시시 체중은 6.12 ± 0.24 kg 이었다. 시험설계는 단백질 공급원으로 1) 분무건조혈장단백질 (SDPP), 2) 분무건조일반 난단백질 (SDCEP), 3) 난황항체를 함유한 분무건조난단백질 (SDAEP)로 3개 처리로 하였다. 본 실험에 사용한 단백질 원료인 SDPP의 조단백질 함량은 58.20%인 것으로 나타났으며, 필수 아미노산 중 라이신과 메치오닌의 함량이 각각 4.91과 0.71%로 라이신에 대한 메치오닌의 비율은 14.5%로 나타났다. 또한 SDAEP의 아미노산 조성은 라이신에 대한 메치오닌의 비율이 51% 이상으로 SDPP보다 높게 평가되었다. 건물 및 질소 소화율에 있어서는 SDPP 급여구가 높게 평가되었으나, 처리군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 필수아미노산의 소화율에 있어서는 라이신과 메치오닌의 소화율이 분무건조난단백질 급여구 (SDCEP와 SDAEP)가 SDPP 급여구보다 높게 평가되었으나 처리군간에 통계적인 차이를 보이지 않았다. 실험 2는 난황항체를 함유한 분무건조 전란단백질을 조기 이유자돈 식이에 첨가하였을 경우 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 3원 교잡종 조기이유자돈 36두 (14일령)를 공시하였으며, 실험설계는 옥수수-대두박-건조유청 위주의 대조군 (CON), 2) 대조군 식이에 난황항체를 함유한 분무건조 난단백질 3% 처리군 (SDAEP3), 3) 대조군 식이에 난황항체를 함유한 분무건조 난단백질 6% 처리군 (SDAEP6)으로 하였다. 사양실험에서 나타난 결과를 비교해 보면, 하루 체중증가량에 있어서는 SDAEP3 처리군이 가장 높게 평가되었다 ($p < 0.05$). 건물 및 질소 소화율에 있어서는 SDAEP3 처리군이 가장 높게 평가되었으며, SDAEP6 처리군이 가장 낮게 평가되었다 ($p < 0.05$). 결론적으로, 단백질 공급원인 SDEP의 영양소 이용율은 SDPP와 비교하여 차이가 없으며, SDPP를 대체하여 사용할 경우 3%까지 대체가 가능한 것으로 사료된다.

Literature cited

- Gatnau R, Zimmerman DR. Spray-dried porcine plasma (SDPP) as a source of protein for weanling pigs. *J Anim Sci* 68 (Suppl. 1): 374 (Abstr.), 1990
- Sohn KS, Maxwell CV, Buchanan DS. Plasma protein as an alternative protein source for early weaned pigs. *J Anim Sci* 68 (Suppl. 1): 362 (Abstr.), 1991
- Hansen JA, Nelssen JL, Goodband RD, Weeden TL. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. *J Anim Sci* 71: 1853-1862, 1993
- Kato Y, Matsuda T. Glycation of proteinous inhibitors: loss trypsin inhibitory activity by the blocking of arginine and lysine residues at their reactive sites. *J Agric Feed Chem* 45: 3826-3831, 1997
- Kats LJ, Nelssen JL, Tokach MD, Goodband RD, Hansen JA, Laurin JL. The effect of spray-dried porcine plasma on growth performance in the early-weaned pig. *J Anim Sci* 72: 2075-2081, 1994
- Grinstead GS, Goodband RD, Dritz SS, Tokach MD, Nelssen JL, Woodworth JC, Molitor M. Effects of a whey protein product and spray-dried animal plasma on growth performance of weanling pigs. *J Anim Sci* 78: 647-657, 2000
- Nessmith Jr WB, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL, Bergstrom JR, Smith II JW, Owen KW, Richert BT. The effect of substituting spray-dried whole egg from grading plants only for spray-dried animal plasma in phase I diets. *J Anim Sci* 73 (Suppl. 1): 171 (Abstr.), 1995
- Nessmith Jr WB, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL, Bergstrom JL, Dritz SS, Longmiller JA, Smith II JW. Evaluation of various specialty protein sources as replacements for spray-dried animal plasma in diets for segregated early-weaned pigs. *Kansas Agri. Exp. Sta. Rep. of Prog. No. 772*. pp.34-38, *Kansas State Univ.*, 1996
- Rose ME, Orlans E, Buttress N. Immunoglobulin classes in the hens egg: their segregation in yolk and white. *Eur J Immunol* 4: 521, 1974
- Bar-Joseph M, Malkinson M. Hen egg yolk as a source of antiviral antibodies in the enzyme linked immunosorbent assay (ELISA): a comparison of two plant viruses. *J Virol Methods* 1: 179, 1980
- Yokoyama H, Peralta RC, Diaz R, Sendo S, Ikemori Y, Kodama Y. Passive protective effect of chicken egg yolk immunoglobulins against experimental enterotoxigenic *Escherichia coli* infection in neonatal piglets. *Zentralbl Veterinarmed [A]*. 43: :217-223, 1992
- Yokoyama H, Peralta RC, Sendo S, Ikemori Y, Kodama Y. Detection of passage and absorption of chicken egg yolk immunoglobulins in the gastrointestinal tract of pigs by use of enzyme-linked immunosorbent assay and fluorescent antibody testing. *Am J Vet Res* 54: 867-872, 1993
- Yokoyama H, Hashi T, Umeda K, Icatlo Jr FC, Kuroki M, Ikemori Y, Kodama Y. Effect of oral egg antibody in experimental F 18+ *Escherichia coli* infected in weaned pigs. *J Ver Med Sci* 59: 917-921, 1997
- Marquardt RR, Jin LZ, Kim JW, Fang L, Frohlich AA, Baidoo SK. Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88+ infection in neonatal and early-weaned piglets. *FEMS Immunol Med Microbiol* 23: 283-288, 1999
- Hartmann AE. Der nachweis von trypsin- und cathepsin D-inhibitoren in fur die versuchstierier hrung bestimmten einzel- und alleinfuttermitteln. Thesis. Freie universita t Berlin. Germany. pp.208, 1995
- Owen KQ, Nelssen JL, Tokach MD, Goodband RD, Dritz SS, Kats JL. Spray-dried egg protein in the diets for early-weaned

- starter pigs. Kansas Agri. Exp. Sta. Rep. of Prog. No. 695. pp.50-53, *Kansas State Univ.*, 1993
- 17) AOAC. Official method of analysis. 16th revision. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., 1995
 - 18) Mason VC. Metabolism of nitrogen compound in the large gut. Emphasis on recent findings in the sheep and pig. *Proc Nutr Soc* 43: 45-53, 1984
 - 19) NRC. Nutrient requirements of swine, 10th revision. National Academy Press, Washington. D. C, 1998
 - 20) SAS. SAS user's guide. Release 6.12 revision. SAS Institute. Inc., Cary, N. C., 1996
 - 21) Duncan DB. Multiple range and multiple F tests. *Biometric* 11: 1-42, 1955
 - 22) Owen KQ, Nelssen JL, Goodband RD, Toach MD, Kats JL, Friesen KG. Added dietary methionine in starter pig diets containing spray-dried blood products. *J Anim Sci* 73: 2647-2654, 1995
 - 23) Gatnau R, Zimmerman DR, Diaz T, Johns J. Determination of optimum levels of spray-dried porcine plasma (SDPP) in diets for weanling pigs. *J Anim Sci* 69 (Suppl. 1): 699 (Abstr.), 1991
 - 24) Gatnau R, Zimmerman DR. Determination of optimum levels of inclusion of spray-dried porcine plasma (SDPP) in diets for weanling pigs feed in practical conditions. *J Anim Sci* 70 (Supple. 1): 60 (Abstr.), 1992