Glycine betaine 첨가가 돼지의 생산성에 미치는 영향

곽석준* · 김재황*** · 하영주* · 이정일* · 이제룡* · 정재두* · 이중동** · 박구부*** · 고영두***

경상남도 첨단양돈연구소*, 경남도청 축산과**, 경상대학교 축산과학부***

Effects of Dietary Glycine Betaine on the Growth Performance in Pigs

S. C. Kwack*, J. H. Kim***, Y. J. Ha*, J. I. Lee*, J. R. Lee*, J. D. Jung*, J. D. Lee**, G. B. Park*** and Y. D. Ko***

Advanced Swine Research Institute, Gyeongnam Province*,

Livestock Division, Gyeongsangnamdo Provincial Office**,

Division of Animal Science, College of Agriculture, Gyeongsang National University***

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of the addition of glycine betaine to the diet on growth performance in pigs. A total of 400 pigs were divided into 4 feeding stages(Growing Ⅰ: 23.10 ± 1.43, Growing Ⅱ: 37.69 ± 1.62, Finishing Ⅰ: 66.51 ± 3.44 and Finishing Ⅱ: 90.42 ± 2.17 kg of initial body weight) then each feeding stage was divided into 4 treatment groups(Control : 0 %, T1 : 0.2 %, T2 : 0.4 % and T3 : 0.6 % of glycine betaine, respectively). The average daily gain and feed efficiency of T2 and T3 were significantly increased($p < 0.05$) by dietary glycine betaine in stage 1, 2 and 3. This result indicates that dietary glycine betaine could influence the pig growth performance. In feeding stage 4, the average daily gain and feed efficiency were significantly increased in 0.4 % glycine betaine feeding group compared with other dietary groups($p < 0.05$). Results suggest that feeding the pigs 0.4 % glycine betaine could be the most efficient dietary level. Crude protein, ether extract and crude ash digestibilities of 0.4 % glycine betaine fed group were significantly increased compared with those of control group($p < 0.05$). However, no significant difference was found in nutrient digestibilities among glycine betaine fed groups. Apparent faecal amino acid digestibilities of 0.4 % glycine betaine fed group were more significantly higher than that of control group. The 0.4 % glycine betaine fed group was significantly increased in apparent faecal amino acid digestibility compared with those of other glycine betaine fed group. No significant difference was shown in amount of microflora population between control and glycine betaine fed groups. Ammonia and hydrogen sulfide gas emission were significantly decreased in 0.4% glycine betaine feeding group compared with other dietary groups($p < 0.05$).

(**Key words** : Pig, Glycine betaine, Growth performance)

Ⅰ. 서 론

우리나라의 양돈산업은 1997년부터 돼지고기 시장의 완전 개방과 최근의 구제역 발생으로 일본 수출이 중단되는 등 어려운 국면에 처하고 있으나, 국내 돼지 사육두수는 9,046천 두(농림부, 2004)로서 소비량도 꾸준히 증가하고 있다.

Corresponding author : S. C. Kwack, Advanced Swine Research Institute, Shinan-Meon, Sanchung-Gun, GyeongNam 666-962, Korea. Tel : 055-970-7476, Fax : 055-970-7479, E-mail : agaya1007@yahoo.co.kr

이러한 시점에 돼지고기의 국제경쟁력을 높이기 위하여 소비자가 원하는 차별화된 brand 육을 생산하기 위한 많은 연구가 진행되고 있는 가운데 glycine betaine을 돼지사료에 첨가하는 방법이 이루어지고 있다. Glycine betaine은 대부분 유기체에 존재하는 아미노산이며(trimethylglycine), choline이 산화되어 betaine aldehyde가 되고, 이것은 다시 산화되어 훌륭한 methyl 공급원인 glycine betaine이 된다. Glycine betaine은 가뭄과 염분 등 스트레스가 주어지는 환경적인 조건에서 신장의 medullar 세포에 축적되고, 삼투작용으로 유기체에 녹아 있으며(Petronini 등, 1992), 지질을 운반하는 lipotropic 효과를 나타낼 뿐 만 아니라(Finkelstein, 1990; Barak 등, 1993) S-adenosyl-methionine을 경유하여 methyl기를 제공할 수 있다(Kidd 등, 1997; Simon, 1999).

Glycine betaine을 돼지에 급여할 경우 삼투압 균형조절(Bagnasco 등, 1986)과 에너지 이용효율을 증가(Casarin 등, 1997; Matthews 등, 1998)시켜 일당증체량 증가와 생산성을 향상(Matthews 등, 1998; Haydon 등, 1995)시키며, 이로 인하여 등지방 두께가 감소(Cadogan 등, 1993; Cromwell 등, 2000)되고 등심근 단면적이 증가(Smith 등, 1995) 됨으로서 도체율을 향상시키거나 육질을 개선시켜(Cromwell 등, 2000) 돼지에게 좋은 결과를 얻었다고 보고한 것이 있다. 뿐만 아니라, glycine betaine은 인체에서 치매의 진행 완화(Knopman와 Patterson, 2001), 지방간 치료(Graf 등, 2002), 당뇨병 치료효과(Mehta 등, 2002), 동맥경화증과 고혈압효과(Moeckel 등, 2002), 호모시스타인 과다증 치료(Bostom 등, 1995) 등 생리활성 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

이러한 효과가 있는 glycine betaine의 생산은 주로 사탕무우에서 추출하고 있으나 작황에 따라 glycine betaine의 함량이 일정하지 못할 뿐 만 아니라 광합성에 필요한 강한 빛의 조사 및 고가의 초기 기질인 choline의 첨가로 생산단가가 너무 높아 돼지사료로 활용하기에는 어려운 점이 있다. 그러나, 본 연구에 사용한 glycine betaine은 진바이오(경상대학교 생물학과)에서 빛의 조사나 고가의 choline 첨가 없이 glycine betaine을 생산할 수 있는 효모를 개발하여 생산비를 약 60 % 정도 절감 할 수 있게 되어 돼지사료 첨가제로써 대량이용이 가능하게 되었다(수입 glycine betaine : 12,000 원 / kg, 본 연구에 사용한 glycine betaine : 5,000원 / kg).

따라서, 본 연구에서는 효모생산 glycine betaine을 육성돈시기부터 비육 출하시까지(23 ~ 115 kg) 성장단계별로 첨가수준(0.0, 0.2, 0.4 및 0.6 %)을 달리하여 급여하였을 때 돼지의 생산성, 영양소 이용율, 분변내 미생물총 및 유해가스 발생량에 미치는 효과를 구명하여 사료첨가제로서 glycine betaine의 가치를 평가하고자 실시하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험기간

사양시험은 경남 함안군 소재 H농장에서 사육중인 3원교잡종[(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 400 두를 이용하여 육성돈 전기(평균체중 23.10 ± 1.43 kg, 33일간 시험) 80 두, 육성돈 후기(평균체중 37.69 ± 1.62 kg, 32일간 시험) 80 두, 비육돈 전기(평균체중 66.51 ± 3.44 kg, 31일간 시험) 120 두, 비육돈 후기(평균체중 90.42 ± 2.17 kg, 25일간 시험) 120두를 공시하여 수행하였다.

소화시험은 경남 산청군 소재 경남 첨단양돈연구소에서 사육중인 Berkshire(평균체중 82.6 ± 3.5 kg) 12두를 공시하여 사육환경에 적응시키기 위하여 10일간의 예비시험에 이어 본시험을 7일간 수행하였다.

2. 시험설계

Glycine betaine을 Table 1의 시험사료에 첨가하였을 때 각 성장단계별 돼지의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 사육단계를 육성돈 전기와 후기, 그리고 비육돈 전기와 후기로 나누어 시험을 수행하였으며 시험설계는 각각

의 성장단계별로 일반배합사료 만을 급여한 무첨가구와 일반배합사료에 glycine betaine을 0.2, 0.4 및 0.6 % 첨가한 구로 나누어 총 4개 처리구를 두었으며 육성돈은 처리당 4반복, 반복당 5 두 씩, 비육돈은 처리당 3반복, 반복당 10 두 씩 완전임의 배치하였다. 육성돈 전기는 평균체중이 23.10 ± 1.43 kg인 육성돈 80 두(암 40 두, 수 40 두)를 공시하여 33일간, 육성돈 후기는 평균체중이 37.69 ± 1.62 kg인 육성돈 80 두(암 40 두, 수 40 두)를 공시하여 32일간, 비육돈 전기는 평균체중이 66.51 ± 3.44 kg인 비육돈 120 두(암 60 두, 수 60 두)를 공시하여 31일간, 비육돈 후기는 평균체중 90.42 ± 2.17 kg인 비육돈 120 두(암 60 두, 수 60 두)를 공시하여 25일간 실시하였다.

3. 시험사료 및 사양관리

사양시험에 이용된 glycine betaine은 진바이오(경상대학교 생물학과)에서 효모를 이용하여 생산한 순도 99.9 %의 glycine betaine을 공급받아 사용하였으며, 사료에 첨가방법(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)은 100 kg 용 사료 배합기를 이용하여 처리구별로 glycine betaine을 첨가하여 배합한 후 평판 저울로 25 kg 씩 계량하여 급여하였다.

Glycine betaine의 생산 공정도는 Fig. 1과 같으며, 육성돈(전기, 후기) 및 비육돈(전기, 후기) 사료의 배합표는 Table 1와 같다.

육성돈 전기의 경우 돈방의 크기는 2.0 m × 0.8 m(0.32 m^2 / 두)이며, 돈사 구조는 무창 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 전면 플라스틱 베드를 사용하였다. 사료 급여는 25 kg 용 스텐레스 사각 급여기를 사용하여 건식으로 자유채식토록 하였으며, 급수방법은 돈방 벽에 부착되어 있는 니플을 이용하였다.

육성돈 후기의 경우 돈방의 크기는 3.1 m × 1.2 m(0.74 m^2 / 두)이며, 돈사 구조는 개방식 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 1 / 2 트라이바(철망)를 사용하였다. 사료 급여는 50 kg 용 스텐레스 사각 급여기를 사용하여 건식으로 자유채식토록 하였으며, 급수방법은 돈방 벽에 부착되어 있는 니플을 이용하였다.

비육돈 전기 및 후기의 경우 돈방의 크기는 3.1 m × 4.0 m(1.24 m^2 / 두)이며, 돈사 구조는 개방식 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 전면 콘슬랏을 사용하였다. 사료 급여는 75 kg 용 원형사료 습식급여기를 사용하여 자유채식토록 하였다.

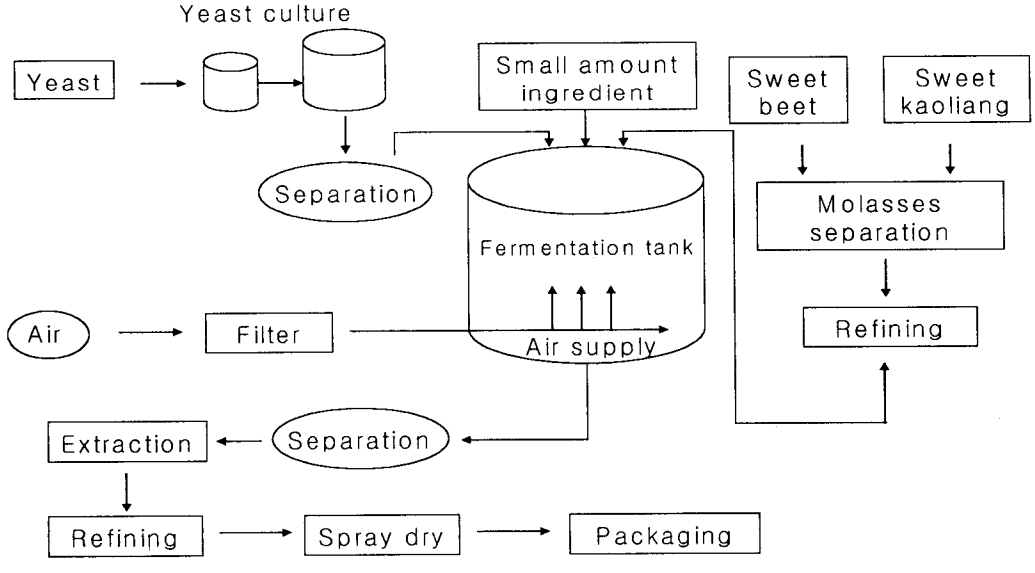

Fig. 1. A schematic presentation for production of glycine betaine.

Table 1. Ingredients and chemical composition of basal diet for feeding trial

Items	Basal diets for			
	Growing pig		Finishing pig	
	Early periods	Late periods	Early periods	Late periods
Ingredients (%)				
Yellow corn	47.57	58.90	67.32	69.25
Soybean meal	31.20	30.85	23.60	14.68
Wheat bran	-	-	-	5.65
Wheat	10.00	-	-	-
Wheat flour	3.00	-	-	-
Rapeseed meal	-	-	-	3.00
Limestone	0.49	0.74	0.43	1.00
Tricalcium phosphate	1.59	1.39	1.92	0.84
Salt	0.10	0.25	0.30	0.30
Vitamin*	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral**	0.10	0.10	0.10	0.10
Animal fat	4.70	4.47	2.16	1.00
Molasses	0.50	3.00	4.00	4.00
L-Lysine HCl	0.20	0.10	0.07	0.08
DL-Methionine	0.15	-	-	-
Antibiotic***	0.30	0.10	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition				
Crude protein (%)	19.50	18.50	16.00	14.00
Lysine (%)	1.20	1.10	0.90	0.75
Methionine (%)	0.36	0.33	0.27	0.23
DE (kcal/kg)	3,515.00	3,500.00	3,400.00	3,300.00

* Vitamin : vit A, 4,000 IU; vit D_3, 800 IU; vit E, 15 IU; vit K_3, 2 mg; thiamin, 8 mg; riboflavin, 2 mg; vit B_{12}, 16 mg, pantothenic acid, 11 mg; niacin, 20 mg; biotin, 0.02 mg.
** Mineral : Cu, 130 mg; Fe, 175 mg; Zn, 100 mg; Mn, 90 mg; I, 0.3 mg; Co, 0.5 mg; Se, 0.2 mg.
*** Antibiotics : Lincomycin, 44 ppm; Carbadox, 50 ppm; Penicillin, 50 ppm; Sulfathiazole, 100 ppm; CTC, 100 ppm.

4. 조사항목 및 분석방법

(1) 사료의 일반성분

일반성분 분석시료는 65 ℃의 건조기에서 3일간 건조시킨 후 분쇄기(hammer mill)를 이용하여 1 mm 입자로 분쇄한 후 사용하였다. 시험사료와 분의 일반성분 중 건물은 상압가열건조법, 조단백질 함량은 조단백질 소화장치와 자동분석기(Kjeldahl Unit, Germany), 조지방은 Soxhlet 추출법을 이용하여 측정하였다(AOAC, 1995).

(2) 증체량

증체량은 시험개시시 체중에서 시험종료시까지의 체중을 측정한 후 종료시 체중에서 개시시 체중을 뺀 후 사육기간으로 나누어 계산하였다.

(3) 사료섭취량

사료섭취량은 시험기간 동안 급여량과 시험 종료 후 잔량을 측정하여 급여량에서 잔량을 제외한 후 사육기간으로 나누어 계산하였다.

(4) 영양소 이용율

처리별 영양소 이용율은 대사 케이지에 시험구별로 각각 1두씩 3반복으로 총 12두를 공시하여 전분채취법으로 7일간 매일 전량의 분을 채취하여 무게를 측정하였다. 그 후, 수거된 분은 무게비율에 따라 계산하여 약 100 g을 분석용으로 채취하였고, 채취된 시료를 60 ℃ 송풍건조기에서 72시간 건조시켜 hammer mill로 분쇄한 후 1 mm screen을 통과한 시료 30 g을 분석용으로 사용하였다.

(5) 분변 내 미생물총

분변 내 미생물총은 사양시험 종료 직후 배설된 즉시의 신선한 분을 10 g씩 채취하여 petri dish에 옮겨 담은 후, 121 ℃에서 15분간 멸균시킨 생리식염수를 이용하여 10^{-1} ~ 10^{-11}까지 십진희석한 다음 균수 측정을 위하여 평판배지에 분주·접종하여 도말하였다. Total *Bacillus*와 *Lactobacillus* sp.는 MRS agar 배지를 이용하여 35 ℃에서 Total *Bacillus*는 24시간, *Lactobacillus* sp.는 48시간 배양하였다. *Salmonella*는 Salmonella-Shigella agar 배지를 *E. Coli*는 MacConkey agar 배지를 이용하여 25 ℃에서 24시간 호기상태로 배양하였으며, 각각의 평판배지에서 생성된 colony 수(30 ~ 300개)는 colony counter를 이용하였다.

(6) 분변 내 유해가스 발생량

유해가스 발생량은 비육돈 전기(90 kg)와 출하시(110 kg)에 각각 돈사 바닥에 닿기 직전의 깨끗한 분을 약 200 g씩 3반복으로 채취하여 진공포장용 polyvinyl(W 25 × L 35 cm)에 넣어 가스의 유출이 없도록 sealing한 후, incubator를 이용하여 육성·비육돈사 내부의 적정온도인 20 ℃에서 24시간 발효시켰다. 가스발생량 측정은 가스포집기(Gastec GV-100S, Japan)를 100 ml 용량으로 조절한 후 3회에 걸쳐 가스검지관내로 각각 1분 동안 흡입시켜 검지관에 나타나는 수치의 평균값을 1일 작업시간인 8시간으로 환산하여 조사하였다.

5. 통계분석

본 시험에서 얻어진 결과들은 SAS Package program(1999)를 이용하여 분석하였으며, 처리간 유의차 검정은 Duncan's multiple range test(1955)을 이용하여 5% 수준에서 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 육성돈 전기(23 ~ 45 kg)의 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 육성돈 전기(23 ~ 45 kg)의 생산성에 미치는 효과를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 육성돈 전기 33일간의 일당 증체량은 무첨가구의 0.67 kg과 glycine betaine 0.2 % 첨가구의 0.66 kg과는 차이가 없었으나, 0.4 % 첨가구는 0.72 kg였으며 0.6 % 첨가구에서는 0.74 kg으로서 무첨가구에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 높았다. 일당 사료섭취량은 무첨가구, glycine betaine 0.2 % 첨가구, 0.4 % 첨가구 및 0.6 % 첨가구에서 각각 1.67, 1.63, 1.55 및 1.55 kg으로 처리구간에 차이는 없었으나 무첨가구에 비하여 glycine betaine의 첨가수준을 증가시킬수록 일당 사료섭취량이 낮은 경향이었다. 사료효율은 일당 증체량과 유사한 결과를 보였으며, 무첨가구와 glycine betaine 0.2 % 첨가구 간에는 0.40 ~ 0.41로서 차이가 없었으나, glycine betaine의 첨가수준을 높인 0.4 % 첨가구와 0.6 % 첨가구에서는 각각 0.46, 0.47로서 유의적($p < 0.05$)으로 높았다.

일반적으로, glycine betaine은 choline이 산화되어 betaine aldehyde가 되고, 이것이 다시 산화되면서 인체에 중요한 생리기능을 가진 methyl기의 주요한 공급원인 glycine betaine이 된다(Harper 등, 1975). 특히, glycine betaine은 methyl 그룹의 공여체로써 methionine이나 choline 보다

Table 2. Effects of dietary glycine betaine on the growth performance of growing pigs(Early periods)[1)]

Items	Supplementation levels of glycine betaine(%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Initial weight, kg	23.40 ± 1.67	23.75 ± 1.55	22.25 ± 1.07	23.00 ± 1.41
Final weight, kg	45.50 ± 2.63	45.50 ± 2.65	45.75 ± 2.38	47.15 ± 2.70
Average daily gain, kg	0.67 ± 0.03[b]	0.66 ± 0.04[b]	0.72 ± 0.05[a]	0.74 ± 0.04[a]
Average daily feed intake, kg	1.67 ± 0.60	1.63 ± 0.58	1.55 ± 0.54	1.55 ± 0.54
Gain/feed, kg/kg	0.40 ± 0.02[b]	0.41 ± 0.03[b]	0.46 ± 0.03[a]	0.47 ± 0.02[a]

[1)] Eighty pigs with an average initial weight of 23.10 ± 1.43 kg.
[a,b] Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly($p < 0.05$).

훨씬 더 효과적으로 methyl기를 제공하기 때문에 glycine betaine을 급여할 경우 methionine과 choline의 첨가량을 절약효과(한 등, 1985)가 생기는데, 이는 증체량 뿐만 아니라 사료원가도 절감시킬 수 있는 원인으로 사료된다. Matthews 등(2001a)은 glycine betaine을 0 ~ 0.5 % 수준으로 돼지(69 ~ 115 kg)에게 급여하였을 때 일당 증체량과 사료효율에는 영향을 미치지 않았으나, 일당 사료섭취량은 glycine betaine 급여로 인하여 유의적으로 감소하였으며, glycine betaine을 0.25 % 급여시 사료섭취량은 낮아지는 경향이라고 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다.

이유자돈(5.5 ~ 14 kg)에게 glycine betaine을 급여하면 일당증체량이 증가하는데, 일반적으로 glycine betaine은 methionine으로 전변되므로 함유황 아미노산인 methionine 섭취량의 증가 때문(Matthews 등, 2001c)이라고 하였다. 특히, betaine homocysteine methyltransferase는 glycine betaine의 methyl기가 이동함으로서 methionine이 homocysteine으로의 전환을 촉진시킨다(Matthews 등, 2001c).

돼지의 성장단계에 따라서 glycine betaine의 급여효과는 달라지는데 특히, 성장이 빠른 어린 돼지는 단백질의 결핍 증상이 나타나기 쉬우므로 이 때 glycine betaine을 급여하면 성장효과가 크게 나타난다고 하였다(Lawrence 등, 2002). 본 연구에서는 육성돈 전기에 glycine betaine을 0.4 ~ 0.6 % 첨가할 경우 증체량과 사료효율이 향상되었는데, 이는 Ferna'ndez-Fi'gares 등(2002)이 36 kg의 육성돈에게 glycine betaine을 0.125, 0.25 및 0.5 % 첨가하여 시험한 결과 증체량과 사료효율에는 차이가 없다는 보고와는 상이하였다. 이와 같은 결과는 glycine betaine의 첨가시 돼지의 체중, 급여기간 및 급여수준 등의 차이에서 나타난 결과로 사료된다.

본 결과를 요약하면, 육성돈 전기(23 ~ 45 kg)의 경우 glycine betaine을 사료에 0.4 ~ 0.6 % 첨가하면 함유황아미노산의 섭취량 증가로 육성기의 증체량과 사료효율이 향상됨으로써 비육돈의 출하일령을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 사료비 절감에 의한 양돈 사육 농가에 크게 기여할 것으로 사료된다.

2. 육성돈 후기(37 ~ 70 kg)의 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

육성돈 후기(37 ~ 70 kg)의 32일간 급여시험한 결과는 Table 3과 같다. 일당 증체량은 glycine betaine 0.6 % 첨가구가 1.01 kg으로서 무첨가구를 포함한 다른 모든 처리구에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 높았다. 그러나, 0.2 % 첨가구와 0.4 % 첨가구는 각각 0.91 kg과 0.94 kg으로서 무첨가구(0.96 kg) 보다도 낮았다. 일당 사료섭취량은 무첨가구가 2.23 kg 이었으며, glycine betaine 0.2 % 첨가구와 0.4 % 첨가구는 2.07 kg으로 다소 낮았으며, 0.6 % 첨가구는 2.27 kg으로서 다소 높았다. 그러나, 무첨가구를 포함한

Table 3. Effects of dietary glycine betaine on the growth performance of growing pigs(Late periods)[1)]

Items	Supplementation levels of glycine betaine(%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Initial weight, kg	37.50 ± 1.91	38.00 ± 1.81	37.25 ± 1.65	38.00 ± 1.12
Final weight, kg	68.00 ± 1.86	67.00 ± 1.45	67.25 ± 1.62	70.28 ± 1.75
Average daily gain, kg	0.96 ± 0.02[b]	0.91 ± 0.02[d]	0.94 ± 0.02[c]	1.01 ± 0.02[a]
Average daily feed intake, kg	2.23 ± 0.53	2.07 ± 0.60	2.07 ± 0.60	2.27 ± 0.50
Gain/feed, kg/kg	0.43 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.45 ± 0.01

[1)] Eighty pigs with an average initial weight of 37.69 ± 1.62 kg.
[a,b,c,d] Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly($p < 0.05$).

모든 처리구에서 유의적인 차이는 없었으나 사료섭취량이 증가할수록 일당 증체량이 증가하는 경향이었다. 사료효율은 무첨가구를 포함한 모든 처리구에서 0.43 ~ 0.45로서 유의적인 차이는 없었지만 무첨가구에 비하여 glycine betaine 첨가구가 다소 높은 사료효율을 보였다. 일부 연구자들의 보고에서 Glycine betaine을 돼지에게 급여하면 사료효율이 개선되는데, 이것은 유지에너지 요구량이 감소하여 에너지 이용율이 개선되기 때문이다(Campbell 등, 1997; Casarin 등, 1997; Matthews 등, 1998; Cromwell 등, 1999). Ferna'ndez-Fi'gares 등(2002)은 제한된 사료를 급여한 자돈의 성장 특성에 glycine betaine 급여효과를 구명하기 위하여 0 ~ 0.5 %의 수준으로 glycine betaine을 급여한 결과, glycine betaine 급여수준이 증가할수록 성장특성에 긍정적인 효과를 보였으며, 특히 에너지를 제한시킨 돼지에서 효과적이라고 보고한 결과로 미루어 볼 때, 본 연구의 결과 육성돈 후기(37 ~ 70 kg)의 경우 glycine betaine을 사료에 0.6 % 첨가할 경우 성장특성에 긍정적인 효과가 있을 것으로 사료된다.

3. 비육돈 전기(66 ~ 100 kg)의 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 비육돈 전기(66 ~ 100 kg)의 생산성에 미치는 효과는 Table 4와 같다. 비육돈 전기 31일간의 일당 증체량은 무첨가구 0.91 kg에 비하여 glycine betaine을 첨가한 0.2 %, 0.4 % 및 0.6 % 첨가구에서 각각 0.94, 1.16과 1.07 kg씩 증체하여 모

Table 4. Effects of dietary glycine betaine on the growth performance of finishing pigs(Early periods)[1)]

Items	Supplementation levels of glycine betaine(%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Initial weight, kg	65.91 ± 3.39	67.27 ± 4.40	65.55 ± 3.46	67.30 ± 2.49
Final weight, kg	94.00 ± 3.67	96.50 ± 4.50	101.37 ± 1.21	100.60 ± 1.44
Average daily gain, kg	0.91 ± 0.04[d]	0.94 ± 0.04[c]	1.16 ± 0.08[a]	1.07 ± 0.04[b]
Average daily feed intake, kg	3.12 ± 0.57[a]	2.82 ± 0.41[b]	3.22 ± 0.52[a]	3.22 ± 0.60[a]
Gain/feed, kg/kg	0.29 ± 0.02[c]	0.34 ± 0.02[b]	0.36 ± 0.02[a]	0.33 ± 0.01[b]

[1)] One hundred twenty pigs with an average initial weight of 66.51 ± 3.44 kg.
[a,b,c,d] Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly($p < 0.05$).

든 처리구에서 증체량이 높았으며($p<0.05$), 첨가구 간에는 0.4 % 첨가구가 0.2 %와 0.6 % 첨가구 보다 높았다($p<0.05$). 일당 사료섭취량은 glycine betaine 0.2 % 첨가구가 2.82 kg으로서 무첨가구를 포함한 다른 모든 처리구의 3.12 ~ 3.22 kg에 비하여 낮았다($p<0.05$). 그러나, 무첨가구와 glycine betaine 0.4 %와 0.6 % 첨가구 간에는 차이가 없었다. Matthews 등(2001a)은 glycine betaine을 0 ~ 0.5 % 수준으로 돼지(69 ~ 115 kg)에게 급여하였을 때 일당 증체량과 사료효율에는 영향을 미치지 않았으나, 일당 사료섭취량은 glycine betaine 급여로 인하여 유의적으로 감소하며, glycine betaine을 0.25 % 급여시 가장 낮은 사료섭취량을 보였다고 하였는데, 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다. 사료효율은 무첨가구(0.29)에 비하여 glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서 0.33 ~ 0.36으로 높았으며, 특히 0.4 % 첨가구는 0.36으로 가장 높았다($p<0.05$). Smith 등(1994a; b)은 비육돈의 성장율과 도체성적에 미치는 glycine betaine의 효과를 구명하기 위하여 0.1 % 수준으로 급여한 결과 일당 증체량은 무첨가구에 비해 높게 나타났다고 보고하여, 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다. Glycine betaine은 quaternary ammonium compound인 choline의 산 유도체로(de Zwart 등, 2003)써 고온 · 다습시 동물에게 급여하면 스트레스를 완화(Augustine와 Danforth, 1999)시키기 때문에 돈사 내 · 외부의 열악한 환경조건에 의한 스트레스가 증가될 경우 glycine betaine의 첨가는 스트레스 감소로 인한 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과로 보아 비육돈 전기(66 ~ 100 kg)의 경우 glycine betaine을 0.4 % 첨가하면 증체량과 사료효율이 증가되어 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

4. 비육돈 후기(90 ~ 115 kg)의 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 비육돈 후기(90 ~ 115 kg)의 생산성에 미치는 효과를 시험한 결과는 Table 5와 같다. 비육돈 후기 25일간 glycine betaine을 급여시험한 결과 증체량은 0.4% 첨가구가 1.08 kg으로서 무첨가구를 포함한 다른 처리구(0.2 % 구와 0.6 % 구)의 0.97 ~ 1.00 kg에 비하여 유의적($p<0.05$)으로 높았다. 일당 사료섭취량은 무첨가구를 포함한 모든 처리구에서 3.23 ~ 3.43 kg으로 유의적인 차이는 없었으나 첨가수준을 0.4 ~ 0.6 %로 높일 경우 사료섭취량은 다소 증가되는 경향을 보였다. 사료효율은 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 0.32로서 무첨가구를 포함한 다른 처리구에 비하여 유의적($p<0.05$)으로 높았다. Matthews 등(1998)은 glycine betaine을 저단백질과 저에너지 사료 또는 적정 단백질과 고에너지 사료 급여시 첨가 급여하면 비육 출하돈의 일당 증체량은 증가된다고 하였다. 특히, 일부 연구자(Webel, 1994; Casarin 등, 1997; Kitt 등, 1999)들은 glycine betaine 급여가 사료섭취량에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 그러나, 사료섭취

Table 5. Effects of dietary glycine betaine on the growth performance of finishing pigs(Late periods)[1)]

Items	Supplementation levels of glycine betaine(%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Initial weight, kg	90.83 ± 1.98	90.17 ± 1.98	90.17 ± 2.38	90.50 ± 2.23
Final weight, kg	115.78 ± 3.84	114.48 ± 5.10	117.17 ± 3.96	115.50 ± 3.42
Average daily gain, kg	1.00 ± 0.10^{b}	0.97 ± 0.18^{b}	1.08 ± 0.08^{a}	1.00 ± 0.07^{b}
Average daily feed intake, kg	3.33 ± 0.48	3.23 ± 0.28	3.40 ± 0.41	3.43 ± 0.44
Gain/feed, kg/kg	0.30 ± 0.03^{b}	0.30 ± 0.05^{ab}	0.32 ± 0.02^{a}	0.29 ± 0.02^{b}

[1)] One hundred twenty with an average initial weight of 90.42 ± 2.17 kg.
[a,b] Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly($p<0.05$).

량이 증가 또는 감소하는 것은 아마도 lysine / calorie 비율 또는 급여되는 사료의 에너지 수준에 의하여 영향을 받을 수 있다고 보고한 결과들이 뒷받침해 주고 있다(Haydon 등, 1995).

일반적으로, 비육돈의 성장은 glycine betaine, 조단백질 및 정미에너지 간의 상호작용에 크게 영향을 받는데, 사료 내 에너지 함량이 높을 때 보다 사료 내 에너지 함량이 낮을 때 glycine betaine을 첨가하면 성장효과는 더욱 크게 나타난다고 하였다(Matthews 등, 1998; Haydon 등, 1995). 특히, 비육돈에게 glycine betaine이 첨가되지 않은 사료를 급여하면 비육 전기간 동안 체중은 직선적으로 증가하지만, glycine betaine이 첨가된 사료를 급여하면 보상성장의 효과를 나타내어 비육전기 보다 비육후기에 체중이 크게 증가하는데, 이러한 이유는 glycine betaine을 급여하면 비육전기에는 지질 대사작용 또는 지방축적이 느리게 일어나기 때문이라고 하였다(Ferna'ndez 등, 2000).

본 연구의 결과, 비육돈 후기(90 ~ 115 kg)의 경우 glycine betaine을 0.4 % 첨가할 경우 증체량이 높아지고 사료효율이 개선되어 생산성은 향상되지만 비육 출하돈의 생산성에 미치는 효과를 보다 명확하게 구명하기 위해서는 glycine betaine의 급여수준, 급여기간, lysine / calorie 비율 및 급여사료의 단백질과 에너지 수준 등의 상호효과에 대한 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

5. 영양소 소화율

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 비육돈의 영양소 소화율은 Table 6과 같다. 건물 소화율은 무첨가구가 74.92 %였으며, glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서도 75.01 ~ 75.63 %로서 무첨가구와 유의한 차이는 없었다. 조단백질 소화율은 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 82.56 %로서 무첨가구의 77.34 %에 비하여 크게 향상되었으며($p < 0.05$), glycine betaine 첨가구 상호 간에는 차이가 나타나지 않았다. 조지방 소화율 역시 조단백질 소화율과 같은 경향이었다. 즉, glycine betaine 0.4 % 첨가구가 80.18 %로서 무첨가구의 75.82 %에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 높았다. 그러나, glycine betaine 첨가구 간에는 차이가 없었으며, 또한 무첨가구와 glycine betaine 0.2 % 첨가구와 0.6 % 첨가구 간에도 유의적인 차이는 없었다. 유기물 소화율은 건물 소화율과 같은 경향으로서 무첨가구가 62.27 %였으며, glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서도 62.67 ~ 63.62 %로서 무첨가구와 유의적인 차이가 없었다.

Glycine betaine은 아미노산인 glycine의 유도체로서 수용성비타민인 choline의 분해에 필수적인 매개체로 작용하며, 또한 glycine betaine은 잠정적으로 지질운반 인자(lipotropic factor)로서의 효과를 나타내며(Finkelstein, 1990; Barak 등, 1993), S-adenosyl-methionine을 경유하여 methyl기를 제공할 수 있다(Kidd 등, 1997; Simon, 1999). 특히, choline은 lecithin 분자의 중요한 부분을 차지하고 있는 물질로서 glycine betaine 섭취에 의해 인지질 화합물로 교체되는 과정에서 lecithin이 체내 지방의 이동을 촉진시켜 근육내 지방의 축적과 감소에 영향을 미칠 뿐만 아

Table 6. Effect of dietary glycine betaine on nutrient digestibilities(%) of finishing pigs

Items	Supplementation levels of glycine betaine(%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Dry matter	74.92 ± 1.32	75.01 ± 1.21	75.63 ± 1.09	75.26 ± 1.45
Crude protein	77.34 ± 0.98^{b}	79.10 ± 1.17^{ab}	82.56 ± 1.13^{a}	79.08 ± 1.21^{ab}
Ether Extract	75.82 ± 1.20^{b}	77.40 ± 1.19^{ab}	80.18 ± 1.26^{a}	77.37 ± 1.26^{ab}
Organic matter	62.27 ± 1.56	62.71 ± 1.03	63.62 ± 1.38	62.67 ± 1.72

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

니라(de Zwart 등, 2003) 저지방 육류 생산을 위한 방안으로 주목받고 있다(Virtanen과 Campbell, 1994).

본 연구의 결과 glycine betaine을 0.4 % 첨가시 조단백질 소화율의 증가는 Kidd 등(1997)과 Simon(1999)의 보고에서와 같이 glycine betaine이 S-adenosyl-methionine을 경유하여 methyl기를 제공했기 때문으로 사료된다. 그리고, 조지방 소화율의 증가는 glycine betaine이 지질운반 인자로서의 효과(Finkelstein, 1990; Barak 등, 1993)와 체내 지방의 이동 촉진 효과(de Zwart 등, 2003) 뿐만 아니라 choline이 산화되어 methyl기의 공급원인 glycine betaine으로 되는 과정에서(Harper 등, 1975) choline이 지방수송을 촉진시키고, 또한 간 자체의 지방산 이용을 촉진함으로서 지방의 비정상적인 축적을 방지하였기 때문으로 사료된다.

6. Amino acid 소화율

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 비육돈의 외견상 amino acid 소화율에 미치는 효과를 분석한 결과 Table 7과 같다. 평균 아미노산 소화율은 무첨가구와 glycine betaine 0.2 % 첨가구, 0.4 % 첨가구 및 0.6 % 첨가구에서 각각 69.80, 73.54, 78.28 및 73.29 %로서 glycine betaine을 첨가할 경우 무첨가구보다 높았다. 특히, glycine betaine 0.4 % 첨가구가 무첨가구를

Table 7. Effects of dietary glycine betaine on apparent amino acid digestibilities (%) of finishing pigs

Items	Supplementation levels of glycine betaine (%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Arginine	71.09 ± 1.03^{b}	72.78 ± 1.91^{b}	78.31 ± 2.04^{a}	71.89 ± 1.00^{b}
Histidine	70.82 ± 1.47^{b}	73.55 ± 1.67^{ab}	77.35 ± 1.33^{a}	71.04 ± 1.54^{b}
Isoleucine	69.53 ± 3.98	71.08 ± 1.68	77.47 ± 2.71	72.48 ± 2.36
Leucine	68.07 ± 2.21	70.38 ± 1.35	75.16 ± 1.89	70.81 ± 1.27
Lysine	71.69 ± 1.49^{b}	72.91 ± 2.44^{ab}	77.86 ± 1.58^{a}	73.35 ± 1.60^{ab}
Phenylalanine	72.06 ± 1.78^{b}	77.83 ± 2.63^{ab}	80.48 ± 1.01^{a}	76.75 ± 2.73^{ab}
Threonine	70.54 ± 2.05	72.70 ± 3.60	75.36 ± 1.52	71.06 ± 1.30
Valine	64.26 ± 2.66^{c}	74.74 ± 1.50^{ab}	79.52 ± 1.07^{a}	73.58 ± 1.35^{b}
Alanine	65.84 ± 4.92^{b}	68.98 ± 0.57^{b}	79.19 ± 1.21^{a}	68.08 ± 2.56^{b}
Glycine	73.96 ± 2.38^{b}	78.23 ± 1.02^{ab}	83.35 ± 1.53^{a}	85.47 ± 1.81^{a}
Serine	71.92 ± 3.98	75.83 ± 2.08	77.91 ± 2.51	78.21 ± 1.36
Tyrosine	68.77 ± 4.78	71.53 ± 2.43	76.26 ± 1.49	70.82 ± 2.68
Glutamic acid	70.32 ± 3.11^{b}	79.37 ± 2.93^{ab}	82.68 ± 3.00^{a}	75.34 ± 1.07^{ab}
Aspartic acid	72.97 ± 1.72^{b}	74.21 ± 1.31^{b}	80.26 ± 0.99^{a}	73.01 ± 1.30^{b}
Proline	65.05 ± 3.51	68.69 ± 2.68	72.36 ± 2.05	66.73 ± 1.94
Total mean	69.80	73.54	78.28	73.29

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

포함한 다른 첨가구에 비하여 높았다. 필수아미노산 중 arginine의 소화율은 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 78.31 %로서 무첨가구를 포함한 다른 첨가구의 71.09 ~ 72.78 %에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 높았다. 또한, histidine, lysine, phenylalanine 및 valine의 소화율은 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 높았다. 그러나, glycine betaine의 첨가수준 간에는 차이가 없었다. 특히, glycine betaine 0.4 % 첨가구에서는 valine의 소화율(79.52 %)이 무첨가구의 소화율(64.26 %)에 비하여 크게 향상되었다. 비필수아미노산인 alanine과 aspartic acid의 소화율은 glycine betaine을 0.4 % 첨가함으로서 각각 79.19 %와 80.26 %로서 무첨가구를 포함한 다른 첨가구의 소화율에 비하여 유의적($P < 0.05$)으로 높았다. 또한, glycine과 glutamic acid의 소화율은 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 높았다. 그러나, glycine betaine의 첨가수준 간에는 차이가 없었다.

한 등(1985)은 체내에서 methyl기는 근육대사에 중요한 역할을 하는 creatine을 형성하고, 뇨를 통해 배설되는 물질 중의 일부 물질을 methyl화 시키며, epinephrine과 같은 일부 호르몬을 합성하고, 아미노산 합성에 관여하는 등 중요한 역할뿐만 아니라, methyl기 전이반응(transmethylation)에서 유리된 methyl기로부터 homocystein과 결합함으로서 methionine이 생성되기 때문에 choline과 더불어 homocystein은 필수아미노산인 methionine의 일부를 대치할 수 있다고 하였다. 이 등(1994)은 일반적으로 아미노산 소화율이 낮은 것은 내생 아미노산의 농도가 높기 때문이라고 하였으며, 특히 Holmes 등(1974)과 Sauer 등(1980)은 분에서보다 회장에서 특정 아미노산의 소화율이 높은 것은 대장에서 아미노산을 합성하여 미생물체 단백질이 증가함으로 분으로 배설되는 아미노산의 함량을 증가시켰기 때문이며, 분에서보다 회장에서 아미노산의 소화율이 낮은 것은 대장에서 아미노산의 분해가 있었기 때문이라고 하였다(Sauer 등, 1977a, b; Tanksley와 Knabe, 1980). 본 연구 결과에서 glycine betaine을 0.4 % 급여함으로서 valine의 소화율이 크게 향상되는데, 이는 내생 아미노산의 농도가 낮기 때문이며, 대장 내 미생물에 의해서 아미노산이 분해된 것으로 사료된다(김 등, 1993; 이 등, 1994). 그러나, 이와 같이 대장에서 아미노산의 합성이나 분해는 사료 단백질의 성분과 에너지원의 양에 의해서 좌우(Misir와 Sauer, 1982)되기 때문에 분과 회장에서의 아미노산 소화율에 대한 보다 광범위한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과, glycine betaine을 0.4 % 첨가함으로서 아미노산 소화율이 크게 향상된 것은 체내 대사과정에서 methyl기의 전이반응에 의해 필수아미노산인 methionine의 충분한 공급으로 아미노산의 분해가 효율적으로 이루어졌을 뿐만 아니라 뇨로 배설되는 일부 물질을 methyl화시켜 내생 아미노산의 농도가 낮아진 결과로 사료된다.

7. 분변 내 미생물총

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 분변 내 미생물총에 미치는 영향에 대하여 분석한 결과는 다음 Table 8과 같다. 미생물의 Total *Bacillus*는 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 2.47×10^9 cfu / g으로서 무첨가구(4.58×10^8 cfu / g)와 glycine betaine 0.2 % 첨가구의 9.03×10^8 cfu / g와 0.6 % 첨가구의 7.47×10^8 cfu / g에 비하여 높은 경향이었다. 유산균인 *Lactobacillus* sp.의 경우에는 무첨가구를 포함한 glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서 $1.27 \sim 3.50 \times 10^9$ cfu / g으로서 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. *E. Coli(coliforms)*는 glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서는 $1.17 \sim 8.70 \times 10^5$ cfu / g 수준이었으며, 무첨가구의 4.17×10^6 cfu / g에 비하여 감소하였다. 그러나, *Salmonella*는 무첨가구를 포함한 모든 처리구에서 출현되지 않았다.

본 연구의 결과, glycine betaine을 0.4 % 수준으로 첨가할 경우 유해균인 *Coliforms*의 감소는 장내 유익균인 *Lactobacillus* sp.가 맹장내에 안정적으로 정착하여 장내 유해균을 경쟁적으로 배제(competitive exclusion)시킨 결과로 사료된다.

Table 8. Effect of dietary glycine betaine on the microflora population(cfu/g) in the feces of finishing pigs

Items	Supplementation levels of glycine betaine (%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Total *Bacillus*	4.58×10^8	9.03×10^8	2.47×10^9	7.47×10^8
Lactobacillus sp.	1.27×10^9	2.93×10^9	3.50×10^9	1.56×10^9
E. Coli	4.17×10^6	8.70×10^5	1.17×10^5	8.23×10^5
Salmonella	nd[1)]	nd	nd	nd

[1)] ND : not detected.

8. 분변 내 유해가스 발생량

Glycine betaine의 첨가(0.0, 0.2, 0.4, 0.6 %)가 배설된 분의 유해가스 발생량에 미치는 영향과 효과를 구명하기 위하여 시험한 결과는 Table 9와 같다. 비육돈 전기(90 kg)에 채취한 분변내에서 발생한 NH_3 가스 발생량은 glycine betaine 0.4% 첨가구가 8.00 ppm으로서 가장 낮았으며, 무첨가구를 포함한 다른 처리구에서는 17.33 ~ 21.00 ppm으로 높았다($p < 0.05$). H_2S 가스 역시 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 4.00 ppm으로서 가장 낮았으며, 무첨가구를 포함한 다른 처리구는 8.33 ~ 11.00 ppm으로 높았다($p < 0.05$). 비육돈 후기(110 kg)에 채취한 분변 내에서 NH_3 가스 발생량은 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 14.00ppm으로서 가장 낮았으며, 무첨가구를 포함한 다른 처리구에서는 20.33 ~ 22.67 ppm으로 높았다($p < 0.05$). H_2S 가스 역시 glycine betaine 0.4 % 첨가구가 7.00 ppm으로서 가장 낮았으며, 무첨가구를 포함한 다른 처리구에서는 10.00 ~ 12.67 ppm으로 높았다($p < 0.05$).

일반적으로, 동물체내에서 단백질, 아미노산 등이 분해되면서 발생되는 암모니아(NH_3)는 포유동물의 경우 urea, 조류의 경우에는 uric acid로 전환되어 배설되는데, 생성된 urea 또는 uric acid의 20 ~ 25 %는 장관내 미생물에 의해서 암모니아로 분해되어 미생물단백질 합성에 이용되거나 혈액으로 다시 흡수되는 것으로 알려져 있다(Wrong 등, 1981). 즉, glycine betaine을 첨가함으로서 암모니아를 생산하는 urease를 분비하는 장내 유해미생물의 번식을 억제하여 (Visek, 1978; Pollmann, 1986) 암모니아의 발생

Table 9. Effect of dietary glycine betaine on ammonia and hydrogen sulfide gas emission from the feces of finishing pigs

Items		Supplementation levels of glycine betaine(%)			
		0.0	0.2	0.4	0.6
		..... (ppm)			
90kg	NH_3	21.00 ± 0.82^a	17.67 ± 1.25^a	8.00 ± 0.82^b	17.33 ± 1.70^a
	H_2S	11.00 ± 1.41^a	8.33 ± 1.70^{ab}	4.00 ± 0.82^b	9.33 ± 1.25^a
110kg	NH_3	22.67 ± 2.06^a	22.00 ± 1.63^a	14.00 ± 1.63^b	20.33 ± 0.94^a
	H_2S	12.67 ± 0.47^a	10.00 ± 1.63^{ab}	7.00 ± 0.82^b	10.33 ± 0.47^{ab}

[a,b] Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly($p < 0.05$).

량을 감소시킨 것으로 사료된다. 분 중의 암모니아 가스는 50 ppm일 때 동물의 생산능력이 감소되며 계속적으로 노출될 경우 폐렴의 가능성이 증가되며, 황화수소(H_2S)는 계분이나 돈분이 분해될 때 다량 발생되며, 유독성이 매우 강하기 때문에 20 ppm일 때 동물은 약한 공포를 느끼며 식욕 감소 및 신경과민 현상이 일어난다(Barker와 Zublena, 1995). 이러한 암모니아와 황화수소 가스의 수준으로 볼 때 glycine betaine의 첨가는 가스 제거효과가 큰 것으로 인정되었다.

전 등(1996)은 돼지에 효소, 생균제 및 유카제를 급여한 결과 돈분의 암모니아태질소 농도는 무첨가구에 비하여 약 23 %가 감소한다고 하였으며, 암모니아 가스의 발생원인은 사료단백질이 장내에서 분해·흡수되지 못하고 배설되기 때문(한 등, 1984; 노 등, 1995)이라고 보고한 결과에 비추어 볼 때 사료단백질의 소화·이용성을 높이는 것이 암모니아 가스의 발생량을 줄일 수 있는 가장 효과적인 방법이라고 사료된다.

본 연구의 결과, glycine betaine을 0.4 % 첨가함으로서 사료단백질의 이용성을 증가시켜 분변 내 유해세균의 발육과 번식을 억제함으로서 성장을 촉진시킬 뿐만 아니라 축사환경의 개선에도 큰 효과가 기대된다.

Ⅳ. 요 약

본 연구는 glycine betaine 첨가가 육성돈과 비육돈의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 성장단계를 육성기 2단계와 비육기 2단계로 나누어 실시하였다. 각 사육단계별로 일반배합사료 급여구(대조구)와 glycine betaine을 0.2, 0.4, 0.6 % 첨가하여 총 4개 처리구로 설정하였다. 육성돈 전기시험은 개시체중이 23.10 ± 1.43 kg의 3원 교잡종[(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 육성돈 80 두를 공시하여 33일간 사양시험을 실시하였으며, 육성돈 후기시험은 개시체중이 37.69 ± 1.62 kg의 육성돈 80 두를 공시하여 32일간 사양시험을 실시하였다. 비육돈 전기시험은 개시체중이 66.51 ± 3.44 kg의 비육돈 120 두를 공시하여 31일간 사양시험을 실시하였으며, 육성돈 후기시험은 개시체중이 90.42 ± 2.17 kg의 비육돈 120 두를 공시하여 25일간 사양시험을 실시하였다. 각 사육단계별 증체량, 사료섭취량, 사료효율, 영양소 소화율, 아미노산 소화율, 분변내 미생물총 및 유해가스를 측정하여 glycine betaine 첨가수준이 돼지의 생산성에 미치는 영향을 조사하였다.

육성돈 전기의 일당 증체량은 glycine betaine 0.4 % 첨가구와 0.6 % 첨가구에서 각각 0.72 kg과 0.74 kg으로서 대조구(0.67 kg)에 비하여 약 7.5 ~ 10.5 %로 크게 향상되었다($p < 0.05$). 사료효율 역시 0.4 % 첨가구와 0.6 % 첨가구에서 각각 0.46과 0.47로서 대조구(0.40)에 비하여 약 15.0 ~ 17.5 %가 향상되었다($p < 0.05$). 육성돈 후기의 일당 증체량은 glycine betaine 0.6 % 첨가구에서 1.01 kg으로서 대조구(0.96 kg)에 비하여 약 5.2 %가 향상되었다($p < 0.05$). 비육돈 전기와 후기의 일당 증체량은 glycine betaine 0.4 % 첨가구에서 각각 1.16 kg과 1.08 kg으로서 대조구의 0.91 kg과 1.00 kg에 비하여 약 27.5 %와 8.00 %가 향상되었다($p < 0.05$). 사료효율 역시 0.4 % 첨가구에서 각각 0.36과 0.32로서 대조구의 0.29와 0.30에 비하여 약 24.1 %와 6.7 %가 향상되었다($p < 0.05$). 조단백질, 조지방 및 조회분의 소화율은 glycine betaine 0.4 % 첨가구에서 각각 82.56 %, 80.18 % 및 52.92 %로서 대조구의 77.34 %, 75.82 % 및 46.61 %에 비하여 약 6.8 %, 5.6 % 및 13. 5%가 향상되었으며($p < 0.05$), glycine betaine 첨가구간에는 유의적인 차이가 없었다. 아미노산 소화율은 대조구에 비하여 glycine betaine 첨가구가 높았으며, glycine betaine 첨가구간에는 0.4 % 첨가구에서 유의적으로($p < 0.05$) 높았다. *Lactobacillus* sp.는 대조구를 포함한 glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서 $1.27 \sim 3.50 \times 10^9$ cfu / g으로서 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. *E. Coli*는 glycine betaine을 첨가한 모든 처리구에서는 $1.17 \sim 8.70 \times 10^5$ cfu / g 수준으로 발현하여 대조구의 4.17×10^6 cfu / g에 비하여 감소하였다. 그러나, *Salmonella*는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 출현되지 않았다. 비육기 전기의 NH_3 가스 발생량은 gly-

cine betaine 0.4 % 첨가구가 8.00 ppm으로서 가장 낮았으며, 대조구를 포함한 다른 처리구에서는 17.33 ~ 21.00 ppm으로 높았다($p < 0.05$). H_2S 가스 발생량은 0.4 % 첨가구가 4.00 ppm으로서 가장 낮았으며, 대조구를 포함한 다른 처리구는 8.33 ~ 11.00 ppm으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 비육돈 후기의 경우에도 비육돈 전기와 같은 경향이었다.

이상의 결과를 종합하면, 비육돈 전기(66.51 kg)에 glycine betaine을 0.4 % 첨가함으로서 일당증체량은 약 27.5 %, 사료효율은 약 24.1 %가 개선될 뿐 만 아니라 영양소 소화율 개선 및 유해가스 발생량이 감소되었다. 따라서, glycine betaine을 비육돈 전기에 0.4 % 수준으로 첨가할 경우 돼지의 생산성 향상 뿐 만 아니라 친환경 축산에 의한 농가소득 증대에도 크게 기여할 것으로 사료된다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis(15th ed.), Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC, USA.
2. Augustine, P. C. and Danforth, H. D. 1999. Influence of betaine and salinomycin on intestinal absorption of methionine and glucose and on the ultrastructure of intestinal cells and parasite development stage in chicks infected with *Eimeria acervulina*. Avian Dis. 43:89-97.
3. Bagnasco, S., Balaban, R., Fales, H. M., Yang, Y. and Burg, M. 1986. Predominant osmotically active organic solutes in rat and rabbit renal medullas. J. Biol. Chem. 261:5872-5877.
4. Barak, A. J., Beckenhauer, H. C., Junnila, M. and Tuma, J. D. 1993. Dietary betaine promotes generation of hepatic S-adenosyl methionine and protects the liver from ethanol-induced fatty infiltration. Alcohol. Clin. Exp. Res. 17:552-555.
5. Barker, J. C. and Zublena, J. P. 1995. Livestock manure nutrient assesment in North Carolina. 7th International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes. 98-106.
6. Bostom, A. G., Shemin, D., Nadcau, M. R., Shih, V., Stabler, S. P. and Allen, R. H. 1995. Short term betaine therapy fails to lower elevated fasting total plasma homocysteine concentration in heodialysis patients maintained on chronic folic acid supplementation. Atherosclerosis. 113:129-132.
7. Cadogan, D. J., Campbell, R. G., Harrison, D. and Edwards, A. C. 1993. The effects of betaine on the growth performance and carcass characteristics of female pigs. In: E. S. Batterham(ed). Manipulating Pig Production IV. pp 219. Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia.
8. Campbell, R. G., Morley, W. C. and Zabaras-Krick, B. 1997. The effects of betaine on protein and energy metabolism of growing pigs. In: P. D. Cranwell (ed.) Manipulating Pig Production VI. p. 243. Australasian Pig Science Assoc., Werribee, Australia.
9. Casarin, A., Forat, M. and Zabaras-Krick, B. J. 1997. Interrelationship between betaine(Betafin-BCR) and level of feed intake on the performance parameters and carcass characteristics of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 75 (Suppl. 1):75(Abstr).
10. Cromwell, G. L., Lindemann, M. D., Randolph, J. R., Monegue, H. J., Laurent, K. M. and Parker, G. R. 1999. Effects of betaine as a carcass modifier in finishing pigs fed normal and reduce energy diets. J. Anim. Sci. (Suppl. 1):179(Abstr).
11. Cromwell, G. L., Lindemann, M. D., Randolph, J. R., Laurent, K. M., Parker, G. R. and Coffey, R. D. 2000. Effects of betaine levels in reduced energy diets for finishing pigs. J. Anim. Sci. 78 (Suppl. 1):189(Abstr).
12. de Zwart, F. J., Slow, S., Payne, R. J., Lever, M., George, P. M. and Gerrard, J. A. 2003. Glycine betaine and glycine betaine analogues in common foods. Food Chemistry. 83:197-204.
13. Ferna'ndez, C., Lo'pez-Saex, A., Gallego, L. and de la Fuente, J. M. 2000. Effect of source of betaine on growth performance and carcass traits in lambs. Animal Feed Science and Technology. 86: 71-82.
14. Ferna'ndez-Fi'gares, I., Wary-Cahen, D., Steele, N. C., Campbell, R. G., Hall, D. D., Virtanen, E. and Caperna, T. J. 2002. Effect of dietary on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig. J. Anim. Sci. 80:421-428.
15. Finkelstein, J. D. 1990. Methionine metabolism in mammals. J. Nutr. Biochem. 1:228-237.
16. Graf, D., Kurz, A. K., Reinehr, R., Fischer, R., Kircheis, G. and Hussinger, D. 2002. Prevention of bile acid-induced apoptosis by betaine in rat liver.

Hepatology. 36:829-839.
17. Harper, H. A., Rodwell, V. W. and Mayes, P. A. 1975. Review of physiological chemistry. p. 197.
18. Haydon, K. D., Campbell, R. G. and Prince, T. J. 1995. Effect of dietary betaine additions and amino:calorie ratio on performance and carcass traits of finishing pigs. J. Anim. Sci. 73(Suppl. 1): 83(Abstr).
19. Holmes, J. H., Bayley, G. H. S., Leadbeater, P. A. and Hornwy, F. D. 1974. Digestion of protein in small and large intestine of the pig. Brit. J. Nutr. 32:479.
20. Kidd, M. T., Ferket, P. R. and Garlich, J. D. 1997. Nutritional and osmoregulatory functions of betaine. Poultry Sci. 53:125-139.
21. Kitt, S. L., Miller, P. S., Lewis, A. J. and Chen, H. Y. 1999. Effects of betaine and space allocation on growth performance, plasma urea concentration, and carcass characteristics of growing and finishing barrows. J. Anim. Sci. 77(Suppl. 1):53(Abstr).
22. Knopman, D. and Patterson, M. 2001. An open-label, 24-week pilot study of the methyl donor betaine in alzheimer disease patients. Alzheimer Disease and Associated Disorders. 15(3):162-165.
23. Lawrence, B. V., Schinckel, A. P., Adeola, O. and Cera, K. 2002. Impact of betaine on pig finishing performance and carcass composition. J. Anim. Sci. 80:475-482.
24. Matthews. J. O., Southern, L. L., Higbie, A. D., Persica, M. A. and Bidner, T. D. 2001a. Effects of betaine on growth, carcass composition, pork quality, and plasma metabolites of finishing pigs. J. Anim. Sci. 79:722-728.
25. Matthews. J. O., Southern, L. L., Pontif, J. E., Higbie, A. D. and Bidner, T. D. 1998. Interactive effects of betaine, crude protein, and net energy in finishing pigs. J. Anim. Sci. 76:2444-2455.
26. Matthews. J. O., Southern, L. L., Bidner, T. D. and Persica, M. A. 2001c. Estimation of the total sulfur amino acid requirement and the effect of betaine in the diets deficient in the total sulfur amino acids for the wearing pig. J. Anim. Sci. 79:1557-1565.
27. Mehta, K., Van Thiel, D. H., Shah, N. and Mobarhan, S. 2002. Nonalcoholic fatty liver disease : pathogenesis and the role of antioxidants. Nutr. Rev. 60(9):289-293.
28. Misir, R. and Sauer, W. C. 1982. Effect of starch infusion at the terminal ileum on nitrogen balance and apparent digestibilities of nitrogen and amino acids in pigs fed and meat and bone and soybean meal diets. J. Anim. Sci. 55:599.
29. Moeckel, G. W., Shadman, R., Fogel, J. M. and Sadrzadeh, S. M. H. 2002. Organic osmolytes betaine, sorbiol and inositol are potent inhibitors of erythrocyte membrane ATPases. Life Sci. 71:2413-2424.
30. Petronini, P. G., de Angelis, E. M., Borghetti, P., Borghetti, A. F. and Wheelers, K. P. 1992. Modulation by betaine of cellular responses to osmotic stress. Biochem. J. 282:69-73.
31. Pollmann, D. S. 1986. Probiotics in pig diets. J. Anim. Nut. 193-205.
32. SAS. 1999. SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, U.S.A.
33. Sauer, W. C., Just, A., Jorgensen, H., Fekadu, M. and Eggum, B. O. 1980. The influence of diet composition on the apparent digestibility of crude protein and amino acids at the terminal ileum and overall in the pigs. Acta. Agriculture Scandinavica. 31:449.
34. Sauer, W. C., Stothers, S. C. and Phillips, G. P. 1977a. Apparent and availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. Can. J. Anim. Sci. 57:585.
35. Sauer, W. C., Stothers, S. C. and Parker, R. J. 1977b. Apparent and true availabilities of amino acids in wheat and milling by-products for growing pigs. Can. J. Anim. Sci. 57:775.
36. Simon, J. 1999. Choline, betaine and methionine interaction in chickens, pigs and fish(including crustaceans). World Poult. Sci. J. 55:353-374.
37. Smith, J. W. II., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Richert, B. T., Owen, K. Q., Bergstrom, J. R. and Blum, S. A. 1994b. The effects of supplementing growing-finishing swine diets with betaine and (or) choline on growth and carcass characteristics. Kansas State University Swine Day Report. Kansas State University, Mahattan, KS, USA. p. 158.
38. Smith, J. W. II., Owen, K. Q., Lohrmann, J. L. and Blum, S. A. 1994a. The effects of dietary carnitine, betaine and chromium nicotinate supplementation on growth and carcass characteristics in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 72:274
39. Smith, J. W., Nelssen, J. L., Goodband, R. D.,

Tokach, M. D., Richert, B. T., Owen, K. Q., Bergstrom, J. R. and Blum, S. A. 1995. The effects of supplementing growing-finishing swine diets with betaine and choline on growth and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 73(Suppl. 1):83(Abstr.).

40. Tanksley, T. D. jr. and Knabe, D. A. 1980. Availability of amino acid for swine. Proc. Arkanasas Nutr. Conf., Dept. Anim. Sci. Univ. of Arkanasas. Fayetteville.
41. Virtanen, E. and Campbell, R. 1994. Reduzierung der Ruckenspeckdicke durch Einsatz von betaine bei Mastchweinen. Handbuch der tierischen Veredlung. Verlag H. Kamlage, Onsnabruek, Deutschland, vol. 19, pp. 145-150.
42. Visek, W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. J. Anim. Sci. 1447-1469.
43. Webel, D. M. 1994. Effect of betaine supplementation on growth performance, carcass characteristics and nitrogen retention of finishing pigs. M. S. thesis. Univ. of Illinois, Urbana.
44. Wrong, O. M., Edomonds, C. J. and Chadwick, V. S. 1981. Nitrogen compounds. In: The large Intestine: Its role in mammalian nutrition and homeostasis. J S, New York. 133-211.
45. 김인배, 한인규, 최윤재. 1993. Cannula 설치 돼지에서 원료 사료의 아미노산 소화율 측정 연구. 한국영양사료학회지. 17(2):57-70.
46. 노선호, 문홍길, 한인규, 신인수. 1995. 사료 중 성장촉진제가 돼지의 성장에 미치는 영향. 한국축산학회지. 37(1):66-72.
47. 농림부. 2004. 농업주요통계(9월).
48. 이진희, 한인규, 하종규, 김진욱, 김인배. 1994. 돼지에 있어서 대두박의 아미노산 소화율 측정. 한국영양사료학회지. 18(5):345-362.
49. 전병수, 곽정훈, 유용희, 차장옥, 박홍석. 1996. 효소, 생균 및 유카제의 첨가가 돼지의 성장과 분 악취 발생성분에 미치는 영향. 한국축산학회지. 38(1):52.
50. 한인규, 김기남, 명규호, 박양자, 이규호, 이연숙, 박현숙, 원향례, 장유경, 하종규. 1985. 비타민·광물질 영양학. 향문사.
51. 한인규, 이상철, 이진희, 이금기, 이정치. 1984. 생균제제의 성장촉진 효과에 관한 연구; Ⅰ. 브로일러에 대한 *lactobacillus sporogenes*의 성장촉진 효과와 분변 및 장내 세균총의 변화에 미치는 영향. 한국축산학회지. 26(2):150-157.

(접수일자 : 2005. 1. 6. / 채택일자 : 2005. 3. 14.)