

## Glycine betaine의 급여가 돈육의 품질에 미치는 영향

박구부\* · 허선진\* · 양한술\* · 이정일\*\*\* · 광석준\*\*\* · 이중동\*\*\* · 허남응\*\* · 김진성\*\*\*\* · 주선태\*

경상대학교 동물자원과학부\*, 생명과학부\*\*, 경상남도 첨단양돈연구소\*\*\*,

동아대학교 식품과학부\*\*\*\*

## Effect of Dietary Glycine Betaine on Pork Qualities During Storage

G. B. Park\*, S. J. Hur\*, H. S. Yang\*, J. I. Lee\*\*\*, S. J. Kwck\*\*\*, J. D. Lee\*\*\*, N. E. Huh\*\*\*,

J. S. Kim\*\*\*\* and S. T. Joo\*

Division of Animal Science\*, Division of Natural Science\*\*,

Gyeongsang National University, Gyeongnam Province Advanced Swine Research Institute\*\*\*,

Division of Food Science, Donga University\*\*\*\*

### ABSTRACT

A total of 80 pigs were used to investigate the effect of dietary glycine betaine(*N,N,N*-trimethylglycine) on pork quality during cold storage. About 70 kg pigs were randomly allotted into one of four experimental diet groups(0%, 0.2%, 0.4% and 0.6% glycine betaine). Pigs were slaughtered at approximately 110 kg live weight, and pH, color(CIE L\* a\* b\*), shear force, sarcomere length, lipid oxidation and composition of fatty acid were measured in pork loin for 13 days of cold storage. The concentration of glycine betaine in pork loin was significantly increased( $P < 0.05$ ) with increasing of glycine betaine level in diet. Pork loins from dietary betaine groups showed significantly higher muscle pH and lower CIE b\* values compared to control group after 13 days of storage. There were significant differences in shear force values among pork loins from diet groups at 24 hrs postmortem. However, pork loins from control diet showed longer sarcomere length than those of dietary betaine groups. Dietary glycine betaine increased the ratio of saturated fatty acids and decreased unsaturated fatty acids in pork loins. Especially the ratios of linoleic and myristic acid were decreased with increasing dietary betaine level. However, dietary glycine betaine did not affect lipid oxidation (TBARS) and sensory evaluation during cold storage.

(Key words : Glycine betaine, Pork quality, Pig diet, Pork evaluation)

### I 서 론

글라이신 베타인(Glycine betaine; *N,N,N*-trimethylglycine)은 아미노산인 글라이신의 유도체이며 미생물, 고등식물 및 인간 등의 조직에서 수분과 염의 스트레스 환경 하에 생합성 된다. 또한 비타민 B 복합체인 콜린의 분해에 필수적인 매개체이다. 사람에게 있어 글라이신 베타인은 음식을 통해 섭취되거나 간장에서 콜린의

이화작용을 통해 합성된다(de Zwart 등, 2003). 또한 글라이신 베타인은 당뇨병 환자의 경우 소변을 통해 분비가 증가하나 건강한 사람의 혈청 내에서는 그 농도가 잘 조절되며(Dellow 등, 1999), 글라이신 베타인이 함유된 음식의 섭취를 통해 쉽게 체내 흡수된다(Sizeland 등, 1993). 글라이신 베타인의 주요 공급원은 빵이나 파스타와 같은 곡류 제품이며, 동물성 식품으로는 조개와 계육에서 상대적으로 높은 글라

Corresponding author : Seon-Tea Joo, Division of Animal Science, Gyeongsang National University, Kajwa-dong 900, Jinju 660-701, Korea. Tel : 055-751-5511, Fax : 055-756-7171, E-mail : stjoo@gsnu.ac.kr.

이신 베타인 함량을 나타낸다(de Zwart 등, 2003). 콜린은 레시틴 분자의 중요한 부분을 차지하고 있는 물질인데, 이러한 콜린이 글라이신 베타인 섭취에 의해 인지질화합물로 교체되는 과정에서 레시틴이 체내 지방의 이동을 촉진시킨다(de Zwart 등, 2003). 그러므로 글라이신 베타인은 간장뿐만 아니라 근육 내 지방의 축적과 감소에 영향을 미치게 된다. 따라서 글라이신 베타인의 이러한 지방감소 효과는 저지방 육류 생산을 위한 방안으로 주목 받고 있다(Virtanen과 Campbell, 1994).

가축에 있어 글라이신 베타인 연구를 보면, 돼지에게 글라이신 베타인을 급여하였을 때 사료 효율이 증가되었으며(Campbell 등, 1995; Haydon 등, 1995), 일당증체량이 증가되었다고 보고된 바 있다(Smith 등, 1995). 또한 글라이신 베타인의 급여는 달리는 말의 피로회복 효과가 있다고 보고 되었다(Warren 등, 1999). Lawrence 등(1995)과 Cadogan 등(1993)은 글라이신 베타인의 급여는 돈육의 등지방 두께를 감소시킨다고 하였으며, 등심근 단면적을 증가시키고(Smith 등, 1995), 도체율을 증가시키는 효과(Matthews 등, 1995) 등이 보고 되었다. 또한 돼지에 있어 베타인의 급여는 지방의 함량을 줄이고 육량을 증가시키며(Matthews 등, 2001b), 육계의 도체에 있어 지방의 함량을 줄이는 효과(Saunderson과 MacKinley, 1990) 등이 보고 되었다. 그러나 글라이신 베타인 급여가 돈육의 육질에 미치는 영향에 관하여 연구는 많이 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 글라이신 베타인의 급여가 돈육의 품질에 미치는 영향에 관해서 살펴봄으로써 베타인 급여를 통한 고품질 돈육생산 가능성을 알아보고자 수행하였다.

## II 재료 및 방법

### 1. 공시가축

시험 돼지는 경남 함안군 소재 P 농장에서 사육중인 돼지 중 평균 체중이 70 kg인 80두의 3원교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc)을 이용

하였다. 처리구는 일반 배합사료를 급여한 구를 대조구로 하였으며, 일반 배합사료에 순도 95% 글라이신 베타인(CTC 바이오, 한국)을 0.2% 첨가한 구를 처리구 1, 0.4% 첨가한 구를 처리구 2 그리고 0.6%를 첨가한 구를 처리구 3으로 설정하여 40일간 시험사료를 자유급이하고 출하한 후 도축하여 등심부위를 채취하였다. 채취한 등심은 랩으로 포장한 후 4℃의 냉장고에 놓고 13일간 저장하면서 시험에 공시하였다. 본 사양시험에 사용된 사료의 배합표는 Table 1과 같다.

Table 1. Formula of experiment diet(% , as fed basis)

Item	Experiment diet
<b>Ingredients</b>	
Yellow corn	69.25
Soybean meal	14.68
Wheat bran	5.65
Rapeseed meal	3.00
Limestone	1.00
Tricalcium phosphate	0.84
Salt	0.30
Vitamin*	0.10
Mineral**	0.10
Animal fat	1.00
Molasses	4.00
Lysine	0.08
Antibiotics(CTC)***	0.00
Total	100.00
<b>Chemical Composition</b>	
DE(kcal/kg)	3,300.00
Crude protein(%)	14.00
Lysine(%)	0.75

\* Vitamin : vit A, 4,000IU; vit D3, 800IU; vit E, 15IU; vit 3, 2mg; thiamin, 8mg; riboflavin, 2mg; vit B<sub>12</sub>, 16mg; pantothenicacid, 11mg; niacin, 20mg; biotin, 0.02mg.

\*\* Mineral : Cu, 130mg; Fe, 175mg; Zn, 100mg; Mn, 90mg; I, 0.3mg; Co, 0.5mg; Se, 0.2mg.

\*\*\* Antibiotics : Nincomycin, 44ppm; Carbadox, 50ppm; Penicillin, 50ppm; Sulfathiazole, 100ppm; CTC, 100ppm.

## 2. 실험방법

### (1) Glycine betaine 측정

시료 1g을 증류수 5ml과 함께 20ml 튜브에 넣고 Polytron homogenizer(IKA T25basic, MALAYSIA)로 13,500 rpm에서 5초간 균질한 후, 5분간 강하게 vortexing하고 원심분리기(Hanil, Union 5KR, Korea)에서 2,000g로 5분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 샘플의 상층을 제거한 다음, 하층과 동일한 량의 dichloromethane을 넣어 혼합한 후 원심분리기에서 2000g로 5분간 원심분리한 후 수양액 부분을 취하였다. 채취된 시료 5μl에 25μl의 acetone과 2-naphthacyl trifluoromethanesulfonate을 첨가하여 혼합한 후 High performance lipid chromatography(HPLC: Shimadzu, Japan) vial에 넣어 분석하였다. 이때 HPLC의 조건은 아래와 같았다.

Column : C18 or Shodex NH2

Mobile phase : acetonitrile/water = 50/50

Flow rate : 1ml/min

UV wave length for detection : at 194nm

### (2) pH

시료를 일정한 크기(3×3×3cm)로 절단하고 3mm 플레이트로 초평한 후 50ml 튜브에 시료 3g과 증류수 27ml(1:9)를 함께 넣어 Polytron homogenizer로 13,500 rpm에서 5초간 균질하여 pH-meter(ORION 520A, USA)로 측정하였다.

### (3) 육색(Color)

육색은 Minolta chromameter(Minolta CR 301, JAPAN)를 사용하여 동일한 시료표면을 5회 반복하여 명도(lightness)를 나타내는 L\* 값, 적색도(redness)를 나타내는 a\* 값과, 황색도(Yellowness)를 나타내는 b\* 값을 측정하였다. 이때 표준색은 L\* 값이 89.2, a\* 값이 0.921, b\* 값이 0.783인 표준색판을 사용하여 표준화한 후 측정하였다.

### (4) 전단가(Shear force)

전단력 측정은 고기 시료(10×5×5cm)를 zip-per bag에 넣고 90℃에서 30분간 가열한 후 방

냉하여 직경 1.27cm의 원통형 절편으로 만들어 cutting compression probe를 이용하여 Instron Universal Testing Machine(Model 100)으로 측정하였다. 이때 기기의 조건은 아래와 같았다.

Load cell : 5kg

Range 50kg/10LB

Cross head speed : 100/min

Chart speed : 100/min

### (5) 근절길이(Sarcomere length)

근절길이 측정은 Voyle(1971)의 방법을 기초로 하여 시료를 일정한 크기(3×3×3cm)로 자른 후, 용액 A(0.1M KCl+0.039M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>+5mmM EDTA+2.5% Glutaraldehyde)에 넣고 냉장실(2~4℃)에서 2시간 동안 방치한 다음 2시간이 경과 후 용액 B(0.25M KCl+0.29M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>+5mmM EDTA+2.5% Glutaraldehyde)에 넣고 냉장실(2~4℃)에서 17에서 19시간동안 방치하였다. 이후 시료를 근육의 결에 따라 잘게 절단하고 용액 B에 담겨있는 상태에서 균질한 다음, 균질액을 몇 방울을 슬라이드 글라스 위에 떨어트린 후, 헬륨레온 레이저 광선을 비춰 얻어지는 근절의 길이를 측정하였다. 이때 실제 근절길이를 산출하는 공식은 아래와 같았다.

T: 반지름, D: 헬륨레온 레이저와 슬라이드 글라스의 높이

Sarcomere length

$$= \{632.8 \times 10^{-3} \times D \times \sqrt{(T/D)^2 + 1}\} / T$$

### (6) 지방산패도(TBARS: Thiobarbituric Acid Reactive Substances)

지방산화물의 측정은 Burge와 Aust(1978)의 방법을 기초로 하여 50ml test tube에 시료 5g을 BHA 50μl와 증류수 15ml를 가해 polytron homogenizer로 14,000 rpm에서 30초간 균질하였으며, 균질액 1ml를 10ml culture tube에 넣고 여기에 2ml TBA/TCA 혼합용액을 넣어 완전히 혼합한 다음, 90℃ water bath에서 15분간 열처리한 후 10분간 냉각시켜 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리한 시료의 상층을 회수하여 spectrophotometer 531nm에서 흡광도를

측정했다. 이때 TBARS값을 측정하는 공식은 아래와 같았다.

$$TEARS = Absorbance O.D. \times 5.88$$

(7) 지방산 조성(Fatty acid composition)

고기 시료를 Folch 등(1957)의 방법을 이용하여 조지방을 추출하고, 추출된 조지방 시료에 chloroform 1ml을 넣어 녹인 다음, 이중 100µl를 취하여 20ml tube에 넣었다. 이때 1ml의 methylation(methanolic-HCl-3N) 시약을 넣고 water bath에서 60℃로 40분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 방냉하여 hexane 3ml과 증류수 8ml을 넣고 강하게 혼합 하였고, 혼합이 끝난 시료는 24시간 방치하여 층 분리시키고 층 분리가 끝난 상층액 1ml을 Gas chromatography로 분석하였다. 지방산 분석시 Gas chromatography의 조건은 Table 2와 같았다.

Table 2. GC conditions for analysis of fatty acid compositions

Item	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 6890 Gas chromatography
Column	5% Phenyl methyl siloxane 30m×320µm
Temperature program	5℃/min
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Initial temperature	50 °C
Initial time	1 min
Final temperature	200 °C
Final time	40 min
Injector temperature	270 °C
Dector temperature	270 °C
Carrier gas	He
Split ratio	90 : 1

(8) 관능검사(Sensory evaluation)

관능적 특성검사를 위해 관능검사 요원 50명을 선별하여 저장기간에 따른 관능적 평가를 실시하였다. 관능평가를 실시하기 전 평가항목

에 대한 방법을 설명 한 후 무작위로 배열시킨 뒤 실시하였다. 시료는 심부 온도 70℃까지 oven에서 가열하고 겉 부분을 제거한 후 일정한 모양으로 잘라서 척도묘사법으로 관능검사를 실시하였다.

신선육은(fresh meat)은 육향(aroma), 육색(color), 이취(off-flavor), 육즙침출정도(purge loss), 기호도(acceptability)를 조사하였고, 조리육(cooked meat)은 육색(color), 육향(aroma), 풍미(flavor), 이취(off-flavor), 다즙성(juiciness), 연도(tenderness), 기호성(acceptability)을 각각 조사하였다.

3. 통계방법

이상의 실험에서 얻어진 성적을 SAS/PC+ (SAS, 1996) system을 이용하여 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

III 결과 및 고찰

1. Glycine betaine의 축적을

글라이신 베타인 급여가 돈육 등심의 글라이신 베타인 축적율에 미치는 영향을 Fig. 1에 나타내었다. 글라이신 베타인의 축적율은 글라이신 베타인 급여율이 높을수록 높게 나타났는데, 대조구는 0.001mg 수준을 나타내었고, 0.2% 글라이신 베타인 급여구는 0.159mg, 0.4% 글라이신

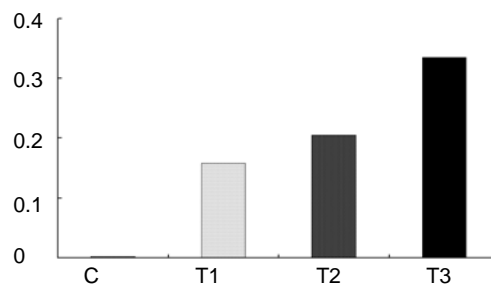


Fig. 1. Effect of dietary glycine betaine on glycine bataine accumulation ratio in pork loin during storage.

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

베타인 급여구는 0.205mg 그리고 0.6% 글라이신 베타인 급여구는 0.335mg/g의 축적율을 나타내었다. de Zwart 등(2003)은 글라이신 베타인은 많은 종류의 식물이나 동물체의 근육 내에 존재하는데, 이는 음식물의 섭취를 통해 흡수되거나 혹은 간에서 콜린의 대사작용을 통하여 합성된다고 보고하였다. Matthews 등(2001b)은 글라이신 베타인의 급여에 의해 돈육 등심 내 글라이신 베타인이 축적된다고 보고하였다. 본 연구에서는 글라이신 베타인을 급여하지 않은 대조구에서도 미량의 글라이신 베타인이 축적되었는데 이는 사료 내에 미량의 글라이신 베타인이 함유된 결과로 사료된다. 또한 글라이신 베타인이 함유된 사료를 급여 시 돼지 등심 내 글라이신 베타인이 축적되며, 급여량이 증가할수록 글라이신 베타인의 축적율을 증가하는 것으로 나타났다.

## 2. Glycine betaine의 급여가 pH의 변화에 미치는 영향

글라이신 베타인 급여가 저장기간 중 돈육 등심의 pH에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 0.4% 글라이신 베타인 급여구는 저장기간의 증가에 따라 등심육의 pH가 유의적으로 ( $P < 0.05$ ) 증가하였으나, 다른 처리구는 저장기간의 경과에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장 1일부터 9일까지는 글라이신 베타인 급여수준에 따른 차이를 나타내지 않았으나, 저장 13일에는 글라이신 베타인 급여구가 대조구에 비교해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높게 나

타났다. Matthews 등(2001a)은 글라이신 베타인의 급여에 의해 돈육의 pH가 증가하였는데, 이는 글라이신 베타인이 근육내 젖산의 대사에 영향을 미치기 때문이라고 하였다. 또한 Warren 등(1999)은 글라이신 베타인 급여에 의해 혈장 내 lactate의 농도가 낮아진다고 보고하여 이러한 결과를 뒷받침해주고 있다. 사후초기 근육의 pH 저하속도는 스트레스(Apple 등, 1995), 전기자극(Chrystall 등, 1984) 및 냉각온도(Greaser, 1986) 등과 같은 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받는다. 또한 사후 몇 시간 동안 일어나는 대사는 육질을 결정하는 주요한 인자로 작용하는데(Kauffman과 Marsh, 1987), 식육의 최종 pH가 높을 경우 연도가 증진되고(Greaser, 1986), 최종 pH가 높은 근육의 경우 빠른 대사가 이루어져 칼슘 이온의 방출도 빠르게 진행되고, calpain들의 활성으로 인해 연도가 향상되는 것으로 보고 되어지고 있다(Etherington 등, 1990). 또한 젖산의 축적에 의한 pH의 감소는 단백질의 변성을 가져오고 이러한 단백질 변성은 보수력을 저하시키는 원인이 되며(Hedrick 등, 1994), Brown과 Mebine(1969)은 낮은 pH에서 마이오 글로빈의 산화가 잘 일어난다고 보고하였다. 본 실험 결과 저장초기에는 글라이신 베타인 급여에 의한 차이가 나타나지 않았으나, 저장 말기에는 글라이신 베타인 급여구가 높은 pH 수준을 나타내었다. 따라서 글라이신 베타인의 급여는 pH 감소를 억제한 결과 대조구에 비교해 저장말기의 육색 및 보수력을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Effect of dietary glycine betaine on pH in pork loin during storage

Treatments	Storage period (days)			
	1	5	9	13
C	5.50 ± 0.09	5.52 ± 0.10	5.56 ± 0.07	5.51 ± 0.07 <sup>C</sup>
T1	5.50 ± 0.08	5.50 ± 0.01	5.56 ± 0.02	5.56 ± 0.03 <sup>A</sup>
T2	5.47 ± 0.04 <sup>b</sup>	5.52 ± 0.04 <sup>ab</sup>	5.58 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.56 ± 0.01 <sup>Aa</sup>
T3	5.52 ± 0.06	5.54 ± 0.07	5.59 ± 0.05	5.61 ± 0.04 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>A,B,C,D</sup> Means in the same column with different letters are different( $P < 0.05$ ).

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different letters are different( $P < 0.05$ ).

Table 4. Effect of dietary glycine betaine on meat color in pork loin during storage

Treatments	Storage period (days)				
	1	5	9	13	
L*	C	49.49 ± 4.00 <sup>b</sup>	47.02 ± 2.09 <sup>b</sup>	49.00 ± 3.91 <sup>b</sup>	56.99 ± 2.25 <sup>a</sup>
	T1	49.25 ± 3.79 <sup>b</sup>	49.84 ± 2.60 <sup>b</sup>	47.22 ± 2.21 <sup>b</sup>	55.88 ± 2.29 <sup>a</sup>
	T2	47.09 ± 2.93 <sup>b</sup>	47.07 ± 2.16 <sup>b</sup>	47.01 ± 2.45 <sup>b</sup>	56.81 ± 2.34 <sup>a</sup>
	T3	47.88 ± 2.55 <sup>b</sup>	49.47 ± 3.45 <sup>b</sup>	47.50 ± 3.10 <sup>b</sup>	55.88 ± 1.39 <sup>a</sup>
a*	C	12.69 ± 1.93 <sup>Bb</sup>	17.05 ± 1.93 <sup>ABa</sup>	16.80 ± 1.63 <sup>Aa</sup>	7.94 ± 1.11 <sup>c</sup>
	T1	12.75 ± 1.27 <sup>Bb</sup>	16.39 ± 2.26 <sup>ABa</sup>	16.39 ± 2.26 <sup>Aa</sup>	7.80 ± 0.93 <sup>c</sup>
	T2	15.90 ± 3.16 <sup>Aab</sup>	18.00 ± 3.85 <sup>Aa</sup>	13.69 ± 1.59 <sup>Bb</sup>	7.07 ± 0.73 <sup>c</sup>
	T3	15.12 ± 3.12 <sup>Aa</sup>	14.94 ± 2.34 <sup>Ba</sup>	15.75 ± 2.04 <sup>ABa</sup>	7.52 ± 1.13 <sup>b</sup>
b*	C	5.27 ± 1.56 <sup>b</sup>	7.41 ± 1.10 <sup>a</sup>	6.82 ± 1.23 <sup>ABa</sup>	7.45 ± 1.15 <sup>Aa</sup>
	T1	4.45 ± 1.11 <sup>b</sup>	7.54 ± 1.35 <sup>a</sup>	7.54 ± 1.35 <sup>Aa</sup>	6.61 ± 1.09 <sup>ABa</sup>
	T2	4.98 ± 2.07 <sup>b</sup>	7.29 ± 2.65 <sup>a</sup>	5.42 ± 1.30 <sup>Bb</sup>	6.63 ± 1.07 <sup>ABab</sup>
	T3	4.79 ± 2.08 <sup>b</sup>	7.03 ± 1.81 <sup>a</sup>	5.72 ± 1.59 <sup>Bab</sup>	5.87 ± 1.31 <sup>Bab</sup>

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>A,B,C,D</sup> Means in the same column with different letters are different(P < 0.05).

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different letters are different(P < 0.05).

### 3. Glycine betaine의 급여가 육색의 변화에 미치는 영향

글라이신 베타인 급여에 의한 돈육등심의 육색 변화를 보면 명도값 L\*는 저장기간의 증가에 의해 모든 처리구에서 유의적으로(P < 0.05) 증가하였다. 그러나 글라이신 베타인 급여 수준에 의한 L\*는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Matthews 등(2001b)은 0.250%의 글라이신 베타인 급여에 의해 뒷다리 육은 CIE L\* 값이 감소하였으나, 등심육은 글라이신 베타인 급여에 의한 CIE L\* 값의 변화가 없었다고 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 적색도 a\*는 모든 처리구에서 저장기간이 경과할수록 유의적으로(P < 0.05) 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 기간 별 적색도의 변화를 보면 저장 5일까지는 0.4%와 0.6% 급여구가 대조구와 0.2% 급여구에 비해 유의적으로 높은 적색도를 나타내었으나, 저장 9일 이후에는 글라이신 베타인 급여에 의해 주목할만한 적색도의 변화를 나타내지 않았다. 황색도 b\*는 모든 처리구에서 저장기간의 경과에 의해 유의적으로(P < 0.05) 증가하는 경향을 나타

내었다. 저장 1일부터 5일까지는 처리구간의 b\*의 변화가 없었으나, 저장 9일에는 0.4%와 0.6% 글라이신 베타인 급여구가 대조구와 0.2% 글라이신 베타인 급여구에 비해 유의적으로(P < 0.05) 낮게 나타났다. 또한 저장 13일에는 0.6% 급여구가 가장 낮은(P < 0.05) b\* 값을 나타내었다. 육색은 소비자가 식육을 구매하는 가장 중요한 기준이 되므로(Zhu와 Brewer, 1998), 육의 품질에 중요한 요소가 된다. 이러한 육색은 저장기간이 경과할수록 메트마이오글로빈의 형성율이 증가하기 때문에 육색이 퇴색되는데(Ledward와 Macfarlane, 1971), 저장기간 동안 빛의 노출은 육색 변질에 영향을 미치며(Zhu와 Brewer, 1998), 어두운 곳에 있는 식육보다는 밝은 곳에 있는 식육이 메트마이오글로빈이 더 많이 축적된다(Lawrie, 1991). Matthews 등(1998)은 0.125%의 글라이신 베타인 급여에 의해 돈육의 육색이 저하되었다고 보고하였는데 본 연구에서는 명도값 L\*와 적색도 a\*는 글라이신 베타인 급여에 의한 주목할만한 차이를 나타내지는 않았으나 황색도 b\*는 글라이신 베타인 급여 수준이 높은구가 저장 말기에 낮게 나타났다.

4. Glycine betaine의 급여가 전단력에 미치는 영향

글라이신 베타인의 급여가 저장기간중 돈육 등심의 전단력에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 저장기간의 경과에 따라 모든 처리구의 전단가는 유의적으로( $P < 0.05$ ) 감소하는 경향을 나타내었으며, 처리구간의 전단력 차이에서는 글라이신 베타인 급여구가 대조구에 비교해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높은 전단력을 나타내었다. 또한 저장 9일까지는 0.4% 글라이신 베타인 급여구가 가장 높은( $P < 0.05$ ) 전단력을 나타내었으며, 저장 13일에는 0.2% 글라이신 베타인 급여구가 유의적으로( $P < 0.05$ ) 가장 높은 전단력을 나타내었다. Geesink 등(1995)은 pH와 온도 감소율은 사후 1일에서 전단가를 결정하는 중요한 영향을 미친다고 보고하였으며, 전단가는 식육의 연도를 결정하는 중요한 요인이 된다고 보고하였다. Smulders 등(1990)은 사후 3시간에 pH를 이용한 근절길기와 전단가와와의 관련성에서 느린 해당작용( $pH3 > 6.3$ )에서 근절길기와 관능적 연도는  $r=0.84$ 로 높은 관련성이 있다고 보고하였다. O'Halloran 등(1997)은 사후 해당작용이 빠른 등심근육이 관능적, 조직적 특성에서 연도가 좋게 평가되었고, 유의적으로 낮은 전단가를 보였으며, 사후 2일에서 해당작용이 느린 등심근육이 더 짧은 근절길기를 가졌다고 보고하였다. Matthews 등 (2001b)은 글라이신 베타인 급여에 의해 돈육의 전단력은 변화가 없었다고 보고하였으며, 0.125%의 글라이신 베타인 급여가 돈육

의 상강도나 경도에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다(Matthew 등, 1998). 몇몇 연구(Campbell 등, 1997; Casarin 등, 1997; Cromwell 등, 1999)에서 글라이신 베타인 급여에 의해 계육의 단백질 함량이 높아졌으며, 돈육의 지방 함량은 줄고 적육의 함량이 증가한다고 보고하였는데, 본 연구결과 글라이신 베타인의 급여는 돈육 등심의 단백질 함량을 증가시킨 결과 전단력이 높게 나타난 것으로 사료된다.

5. Glycine betaine의 급여가 근절길이에 미치는 영향

글라이신 베타인 급여가 저장기간중 돈육 등심의 근절길이 변화에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 모든 처리구에서 저장기간이 경과할수록 근절길이는 증가하는 경향을 나타내었으며, 처리구간에 근절의 길이는 0.6% 글라이신 베타인 급여구가 전 저장기간동안 가장 짧은( $P < 0.05$ ) 근절길이를 나타내었으며, 대조구의 근절길이는 전 저장기간동안 가장 길게 나타났다. 사후 근절길이의 감소는 육의 질감을 증가시키는 중요한 원인이다(Herring 등, 1965). 이러한 육의 질감은 근원섬유 구조를 붕괴시키는 단백질 분해효소의 활성화에 영향을 미치는 pH의 직접적인 효과에 의해 주로 영향을 받지만(Watanabe 등, 1996), 비 효소적 기작으로는 근원섬유 단백질에 직접적으로 영향을 미치는  $Ca^{2+}$ 의 효과(Takahashi 등, 1987) 등이 있다. Tornberg(1996)는 생육에서 근섬유의 수축은 근

Table 5. Effect of dietary glycine betaine on shear force in pork loin during storage

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods			
	1	5	9	13
	..... Kg/cm <sup>2</sup> .....			
C	3.13 ± 0.67 <sup>Da</sup>	3.00 ± 0.75 <sup>BCa</sup>	2.93 ± 0.67 <sup>Ba</sup>	1.70 ± 0.41 <sup>Cb</sup>
T1	3.65 ± 0.40 <sup>Ca</sup>	2.87 ± 0.55 <sup>Cb</sup>	2.63 ± 0.52 <sup>Cc</sup>	2.28 ± 0.60 <sup>Ad</sup>
T2	4.43 ± 0.66 <sup>Aa</sup>	3.60 ± 0.81 <sup>Ab</sup>	3.34 ± 0.51 <sup>Ab</sup>	2.07 ± 0.65 <sup>ABc</sup>
T3	3.98 ± 0.84 <sup>Ba</sup>	3.21 ± 0.46 <sup>Bb</sup>	2.71 ± 0.54 <sup>BCc</sup>	1.98 ± 0.50 <sup>Bd</sup>

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>A,B,C,D</sup> Means in the same column with different letters are different( $P < 0.05$ ).

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different letters are different( $P < 0.05$ ).

Table 6. Effect of dietary glycine betaine on sarcomere length in pork loin during storage

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods			
	1	5	9	13
	..... $\mu\text{m}$ .....			
C	0.75 $\pm$ 0.05 <sup>Ac</sup>	0.83 $\pm$ 0.04 <sup>Ab</sup>	0.87 $\pm$ 0.08 <sup>Ab</sup>	0.94 $\pm$ 0.08 <sup>ABa</sup>
T1	0.67 $\pm$ 0.12 <sup>ABb</sup>	0.70 $\pm$ 0.11 <sup>Bb</sup>	0.78 $\pm$ 0.16 <sup>Bab</sup>	0.83 $\pm$ 0.16 <sup>BCa</sup>
T2	0.73 $\pm$ 0.04 <sup>Ac</sup>	0.85 $\pm$ 0.07 <sup>Ab</sup>	0.91 $\pm$ 0.12 <sup>Aab</sup>	1.00 $\pm$ 0.22 <sup>Aa</sup>
T3	0.61 $\pm$ 0.17 <sup>Bc</sup>	0.65 $\pm$ 0.08 <sup>Bbc</sup>	0.73 $\pm$ 0.11 <sup>Bab</sup>	0.80 $\pm$ 0.11 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>A,B,C,D</sup> Means in the same column with different letters are different ( $P < 0.05$ ).

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different letters are different ( $P < 0.05$ ).

질이 짧아짐에 따라 증가하였고, 근질이 짧아질수록 전단가는 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구결과 글라이신 베타인의 급여는 돈육 등심의 근절길이를 감소시키는 것으로 나타났으며, 이러한 근절길이의 감소는 전단가의 증가를 가져왔을 것으로 사료된다. 글라이신 베타인 급여에 의한 등심근의 근절길이 감소에 대한 정확한 기작은 밝혀지지 않고 있으나, Silva(1999)는 사후 근육의 해당작용은 온도와 pH에 미치는 영향으로 육의 연도에 주요한 결정인자로 작용한다고 보고하였다. 또한 본 연구에서 글라이신 베타인의 급여는 저장 말기 돈육등심의 pH를 증가시키는 것으로 나타났으나 전단가는

낮아지는 경향을 나타냄으로써 pH 증가에 따른 전단가의 변화가 다른 연구와 일치하지 않는 경향을 나타내었다. 그러므로 글라이신 베타인의 급여가 pH와 근절길이의 변화 및 전단가의 변화에 미치는 영향에 관한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 6. Glycine betaine의 급여가 지방산화 및 지방산 조성에 미치는 영향

글라이신 베타인 급여가 저장기간동안 돈육 등심의 지방산화에 미치는 영향을 Table 7에 나타내었다. 저장기간이 경과할수록 모든 처리구의 지방산패도는 유의적으로( $P < 0.05$ ) 증가하

Table 7. Effect of dietary glycine betaine on TBARS in pork loin during storage

Treatments	Storage period(days)			
	1	5	9	13
	..... mgMA/kg meat .....			
C	0.20 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0.21 $\pm$ 0.01 <sup>bc</sup>	0.22 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.24 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
T1	0.20 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0.20 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.21 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.24 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>
T2	0.19 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.20 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.22 $\pm$ 0.03 <sup>ab</sup>	0.23 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
T3	0.20 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	0.20 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.22 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.24 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>2)</sup> MA : Malondialdehyde.

<sup>A,B,C,D</sup> Means in the same column with different letters are different ( $P < 0.05$ ).

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different letters are different ( $P < 0.05$ ).



Table 8. Effect of dietary glycine betaine on fatty acid in pork loin during storage

Treatments <sup>1)</sup>	Fatty acid (%)			
	C	T1	T2	T3
Myristic acid (14 : 0)	1.55 <sup>A</sup>	1.35 <sup>B</sup>	1.44 <sup>AB</sup>	1.40 <sup>AB</sup>
Palmitic acid (16 : 1)	20.07 <sup>AB</sup>	19.57 <sup>B</sup>	21.54 <sup>A</sup>	20.63 <sup>AB</sup>
Palmitoleic acid (16 : 0)	3.15 <sup>B</sup>	2.96 <sup>C</sup>	3.42 <sup>A</sup>	2.57 <sup>D</sup>
Stearic acid (18 : 0)	13.15 <sup>B</sup>	13.94 <sup>B</sup>	13.69 <sup>B</sup>	15.25 <sup>A</sup>
Oleic acid (18 : 1)	43.56	43.90	43.75	43.37
Linoleic acid (18 : 2)	14.96 <sup>A</sup>	14.45 <sup>AB</sup>	12.56 <sup>C</sup>	13.09 <sup>B</sup>
Linolenic acid (18 : 3)	1.36	1.42	1.49	1.47
Arachidonic acid (20 : 4)	2.20	2.41	2.11	2.22
SFA/USFA	34.77 / 65.23	34.86 / 65.14	36.67 / 63.33	37.28 / 62.72

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>2)</sup> SFA/USFA: saturated fatty acid/unsaturated fatty acid.

<sup>A,B,C,D,E,F</sup> Means in the same row with different letters are different ( $P < 0.05$ ).

였으나, 처리구간의 지방산패도는 전 저장기간 동안 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 지방의 산화는 육색소의 산화를 야기하여 육색을 저하시키고, 이취를 발생시키며 식육의 품질을 저하시킨다. 본 연구결과 돼지에 있어 글라이신 베타인 급여는 돈육 등심의 지방산화 억제에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

글라이신 베타인의 급여가 돈육 등심내 지방산 조성에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 8) 글라이신 베타인의 급여에 의해 불포화지방산의 함량은 감소하고 포화지방산의 함량은 증가하는 결과를 나타내었다. 특히 linoleic acid와 myristic acid는 글라이신 베타인의 급여 수준이 높을수록 감소하는( $P < 0.05$ ) 경향을 나타내었다. 그러나 stearic acid는 글라이신 베타인 급여 수준이 높은 0.6% 급여구에서 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높게 나타났다. Fernandez 등(1998)은 글라이신 베타인 급여에 의해 단가 불포화 지방산의 함량은 증가하였고, 다가 불포화 지방산의 함량은 감소하였다고 보고하여 본 연구와는 다소 차이를 보였다. 지방산의 조성은 식육의 품질에 크게 작용하는데, 그 이유는 지방산의 조성에 따라 지방의 경도나 응집성에 차이가 나고, 불포화 지방산과 포화지방산의 비율에 따

라 식육의 저장성에 영향을 받기 때문이다(Wood 등, 2003). 또한 포화지방산의 증가는 지방의 경도를 증가시키는 작용을 하며, 본 연구에서 글라이신 베타인의 급여에 의한 포화지방산의 증가는 지방 함량이 낮은 등심의 연도에는 크게 영향을 미치지 않았을 것으로 사료된다.

## 7. Glycine betaine의 급여가 관능검사에 미치는 영향

글라이신 베타인의 급여가 저장기간동안 돈육 등심의 관능적 특성에 미치는 영향을 Table 9에 나타내었다. 신선육의 관능검사에서 육색은 저장 1일차에 글라이신 베타인 급여구가 대조구에 비교해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높게 나타났으나 저장기간이 경과한 이후에는 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. 그러나 신선육의 육향과 전체적인 기호도 및 가열육 관능검사시 육향, 연도, 다즙성 그리고 기호도에서는 처리구간의 주목할만한 차이를 나타내지 않았다. Øverland 등(1999)은 1%의 글라이신 베타인 급여가 돈육의 관능적 특성에는 아무런 영향을 미치지 않는다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다. 본 연구결과 글라이신 베

Table 9. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in pork loin during storage

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods				
	1	5	9	13	
Fresh meat color	C	3.3 <sup>C</sup>	3.5	3.4	3.3
	T1	3.8 <sup>A</sup>	3.6	3.5	3.4
	T2	3.5 <sup>B</sup>	3.7	3.6	3.5
	T3	3.9 <sup>A</sup>	3.6	3.4	3.4
Fresh meat flavor	C	4.2	4.5	4.5	4.2
	T1	4.1	4.6	4.4	4.1
	T2	4.3	4.6	4.5	4.3
	T3	4.4 <sup>c</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.3 <sup>c</sup>
Fresh meat Acceptability	C	4.3 <sup>bc</sup>	4.4 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>c</sup>
	T1	4.4	4.4	4.5	4.2
	T2	4.3	4.4	4.5	4.3
	T3	4.3	4.2	4.3	4.1
Cooked meat flavor	C	3.2	3.3	3.5	3.5
	T1	3.3	3.4	3.5	3.4
	T2	3.4	3.2	3.6	3.3
	T3	3.4	3.3	3.6	3.5
Cooked meat tenderness	C	3.6	3.8	4.0	4.1
	T1	3.5	3.8	3.9	4.2
	T2	3.5	3.6	3.8	4.1
	T3	3.4	3.7	3.8	4.0
Cooked meat juiciness	C	3.9	3.8	4.0	4.1
	T1	3.8	3.7	3.9	4.1
	T2	3.7	3.9	3.9	4.0
	T3	3.7	3.7	3.7	4.0
Cooked meat acceptability	C	4.2	4.3	4.5	4.4
	T1	4.1	4.2	4.5	4.6
	T2	4.2	4.4	4.4	4.5
	T3	4.2	4.3	4.6	4.6

Color(5 : intensive, 1 : poor), Flavor(5 : good, 1:bed), Tenderness(5 : soft, 1 : tough), Juiciness(5 : Juicy, 1 : dry), Acceptability(5 : good, 1:bed).

<sup>1)</sup> C : commercial diet, T1 : containing 0.2% glycine betaine, T2 : containing 0.4% glycine betaine, T3 : containing 0.6% glycine betaine.

<sup>A,B,C,D</sup> Means in the same column with different letters are different( $P < 0.05$ ).

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row with different letters are different( $P < 0.05$ ).

타인 급여가 돈육 등심의 관능적 품질에 미치는 영향은 없는 것으로 사료된다.

#### IV 요약

80두의 3원교잡종 돼지를 이용하여, 40일간 글라이신 베타인이 함유된 시험사료를 급여한 후 도축하여 글라이신 베타인 급여가 돈육 등심의 품질에 미치는 효과를 측정하였다. 돈육 등심내 글라이신 베타인의 축적율은 글라이신 베타인의 급여량이 높을수록 높게 나타났다( $P <$

0.05). 0.4% 글라이신 베타인 급여구는 저장기간의 증가에 따라 등심육의 pH가 유의적으로 ( $P < 0.05$ ) 증가하였으며, 저장 13일에는 글라이신 베타인 급여구가 대조구에 비해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높은 pH를 나타내었다. 글라이신 베타인 급여 수준에 의한 명도값( $L^*$ )은 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 적색도( $a^*$ ) 또한 글라이신 베타인의 급여에 의한 주목할만한 경향을 나타내지 않았다. 황색도  $b^*$ 는 저장 9일에 0.4%와 0.6% 글라이신 베타인 급여구가 대조구와 0.2% 글라이신 베타인 급여구에 비교해

유의적으로( $P < 0.05$ ) 낮게 나타났다. 또한 저장 13일에는 0.6% 급여구가 가장 낮은( $P < 0.05$ ) 황색도 값을 나타내었다. 글라이신 베타인 급여에 의한 전단력 차이에서는 글라이신 베타인 급여구가 대조구에 비교해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높은 전단가를 나타내었다. 또한 저장 9일까지는 0.4% 글라이신 베타인 급여구가 가장 높은( $P < 0.05$ ) 전단력을 나타내었으며, 저장 13일에는 0.2% 글라이신 베타인 급여구가 유의적으로( $P < 0.05$ ) 가장 높은 전단력을 나타내었다. 근절의 길이의 변화를 보면 0.6% 글라이신 베타인 급여구가 전 저장기간동안 가장 짧은( $P < 0.05$ ) 근절길이를 나타내었으며, 대조구의 근절 길이는 전 저장기간동안 가장 길게 나타났다. 지방산패도의 변화는 저장기간이 경과할수록 모든 처리구의 지방산패도는 유의적으로( $P < 0.05$ ) 증가하였으나, 처리구간의 지방산패도는 전 저장기간동안 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 글라이신 베타인의 급여에 의해 불포화 지방산의 함량은 감소하고 포화지방산의 함량은 증가하는 결과를 나타내었다. 특히 linoleic acid와 myristic acid는 글라이신 베타인의 급여 수준이 높을수록 감소하는( $P < 0.05$ ) 경향을 나타내었다. 신선육의 관능검사에서 육색은 저장 1일차에 글라이신 베타인 급여구가 대조구에 비교해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높게 나타났으나 저장기간이 경과한 이후에는 처리구간의 육색은 차이가 나타나지 않았다. 그러나 신선육 육향과 전체적인 기호도 및 가열육 관능검사는 처리구간의 주목할만한 차이를 나타내지 않았다.

## V 인용 문헌

- Brown, W. D. and Mebine, L. B. 1969. Autoxidation of oxymyoglobins. *J. Bio. Chem.* 244:6696-6701.
- Campbell, R. G., Cadogan, D. J., Morley, W. C., Uusitalo, R. and Virtanen, E. 1995. Interrelationships between dietary methionine and betaine on the growth performance of pigs from 65 to 100kg. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):82(Abstr.).
- 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.
- Cardogan, 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.* pp219. Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia.
- Casarin, A., Forat, M. and Zabaras-Krick, B. J. 1997. Interrelationships between-betaine(Betafin-BCR) and level of feed intake on the performance parameters and arcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 75(Suppl. 1):75(Abstr.)
- Cromwell, G. L., Lindemann, M. D., Randolph, J. R., Monegue, H. J., Laurent, K. M. and Parker, G. R. 1999. Efficacy of betaine as a carcass modifier in finishing pigs fed normal and reduced energy diets. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 1):179(Abst.).
- 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.
- Dellow, W. J., Chambers, S. T., Lever, M., Lunt, H. and Robson, R. A. 1999. Elevate glycine betaine excretion in diabetes mellitus patients is associated with proximal tube dysfunction and hyperglycemia. *Diabetes Research and Clinical Practice.* 43:91-99.
- Etherington, D. J., Taylor, M. A. J., Wakefield, D. K., Cousins, A. and Dransfield, E. 1990. Proteinase (cathepsin, B, D. L. and calpains) levels and conditioning rates in normal, electrically stimulated and high-ultimate-pH chicken muscle. *Meat Sci.* 28:99-109.
- Fernandez, C., Gallego, L. and Lopez-Bote, C. J. 1998. Effect of betaine on fat content in growing lambs. *Animal Feed Science and Technology.* 73: 329-338.
- Geesink, G. H. 1995. Postmortem muscle proteolysis and beef tenderness with special reference to the action of the calpain/calpastatin system. Ph. D. Dissertation. Utecht, The Netherland.
- Greaser, M. L. 1986. In: *Muscle as food. Conversion of muscle to meat.* Academic Press, New York.
- 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.).
- Hedrick, H. B., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Judge, M. D. and Merkel, R. A. 1994. *Principles of meat science.* 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, IA.
- Herring, H. K., Cassens, R. G. and Briskey, E. J. 1965. Further studies onbovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fiber diameter. *J. Food Sci.* 30:1049-1054.
- Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R. and Roncales.

1986. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Sci.* 16:267-282.
17. Kauffman, R. G. and Marsh, B. B. 1987. In the science of meat and meat products. 3rd. eds. J. F. Price and B. S. Scheigert. Food and Nutrition Press, Inc., Westport. CT. USA. p. 349.
  18. 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.
  19. Lawrence, B. V., Schinckel, A. P., Adeola, O. and Cera, K. 1995. Performance of pigs fed betaine from 60 to 110kg body weight. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):195(Abstr.).
  20. Lawrie, R. A. 1991. The eating quality of meat color. In *Meat Science*, 5 Edition, pp. 184-190. Pergamon Press Inc. New York.
  21. Ledward, D. A. and Macfarlane, J. J. 1971. Some observations on myoglobin and lipid oxidatin in frozen beef. *J. Food Sci.* 36:987-990.
  22. Matthews. J. O., Southern, L. L., Bidner, T. D. and Persica, M. A. 2001a. Effects of betaine, pen space, and slaughter handling method on growth performance, carcass traits, and pork quality of finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 79:967-974.
  23. Matthews. J. O., Southern, L. L. and Pontif, J. E. 1995. Effect of betaine(Betafin-BCR) on growth and carcass characteristics of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):195(Abstr).
  24. Matthews. J. O., Southern, L. L., Pontif, J. E., Higbie, A. D. and Binder, T. D. 1998. Interactive effects of betaine, crude protein, and net energy in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:2444-2455.
  25. Matthews, J. O., Soughern, L. L., Higbie, A. D., Persica, M. A. and Bidner, T. D. 2001b. Effects of betaine on growth, carcass characteristics, pork quality, and plasma metabolites of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 79:722-728.
  26. O'Halloran, G. R., Troy, D. J., Buckley, D. J. and Reville, W. J. 1997. The relationship between early postmortem pH and the tenderisation of beef muscles. *Meat Sci.* 45:239-251.
  27. Øveland, M., RØrvik, K. A. and Skrede, A. 1999. Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and sensory quality of pork. *J. Anim. Sci.* 77:2143-2153.
  28. Page, J. K., Wulf, D. M. and Schwotzer, T. R. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *J. Anim. Sci.* 79:678-687.
  29. Saunderson, C. L. and Mackinlay, J. 1990. Changes in body weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. *Br. J. Nutr.* 63:339-349.
  30. Silva, J. A., Patarata, L. and Martins, C. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.* 52:453-459.
  31. Sizeland, P. C. B., Chambers, S. T., Lever, M., Bason, L. M. and Robson, R. A. 1993. Organic osmolytes in human and other mammalian kidneys. *Kidney International.* 43:448-453.
  32. 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.).
  33. Smulders, F. J. M., Marsh, B. B., Swartz, D. R., Russell, R. L. and Hoenecke, M. E. 1990. Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Sci.* 26:89-99.
  34. Takahashi, G., Wang, S. M., Lochner, J. V. and Marsh, B. B. 1987. Effect of 2-Hz and 60-Hz electrical stimulation on the microstructure of beef. *Meat Sci.* 19:65-76.
  35. Tornberg, E. 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Sci.* 43:175-191.
  36. Virtanen, E. and Campbell, R. 1994. Reduzierung der Ruckenspeckdicke durch Einsatz von betaine bei Mastschweinen. *Handbuch der tierischen Veredlung.* Verlag H. Kamlage, Onsnabruock, Deutschland, 19:145-150.
  37. Voyle, C. A. 1971. Sarcomere length and meat quality. 17th European meeting of meat Research Works. 95.
  38. Warren, L. K., Lawrence, L. M. and Thompson, K. N. 1999. The influence of betaine on untrained and trained horses exercising to fatigue. *J. Anim. Sci.* 77:677-684.
  39. Watanabe. A., Daly, C. C. and Devine, C. E. 1996. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Sci.* 42:67-78.
  40. Wheeler, T. L., Shackelford, S. D. and Koohmaraie, M. 2000. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *J. Anim. Sci.* 78:958-965.
  41. Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R. and Enser, M. 2003. Effect of fatty acid on meat quality: a review. 66:21-32.
  42. Zhu, L. G. and Brewer, M. S. 1998. Discoloration of fresh pork as related to muscle and display conditions. *J. Food Sci.* 63:763-767.

(접수일자 : 2004. 6. 30. / 채택일자 : 2004. 10. 18.)

Glycine betaine (mg)