

최 종  
연구보고서

글라이신베타인(Glycine betaine)을 이용한

고품질 돈육생산에 관한 연구

A study on production of a value-added  
pork using glycine betaine

연구 기관

경 상 대 학 교

경상남도 첨단양돈연구소

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “글라이신베타인(Glycine betaine)을 이용한 고품질 돈육생산에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 10 월 14 일

주관연구기관명 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 박 구 부

세부연구책임자 : 허 남 응

연 구 원 : 정 태 철

정 진 연

문 상 훈

이 상 식

백 정 화

최 은 영

장 은 옥

황 명 화

협동연구기관명 : 경상남도첨단양돈연구소

협동연구책임자 : 도 창 희

연 구 원 : 곽 석 준

이 정 일

이 제 룡

참여기업 : (주) 진 바이오

대 표 이 사 : 박 정 호

# 요 약 문

## I. 제 목

글라이신베타인(Glycine betaine)을 이용한 고품질 돈육생산에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발의 목적

Glycinebetaine (글라이신베타인, 이하 베타인)의 원료가 되는 사탕무박은 연간 14만톤 (260억원)이 소비되고 있으며, 전량을 수입에 의존하고 있다. 그러므로 동일한 량의 사탕무박에서 저렴한 비용으로 베타인을 대량생산 하므로써 수입대체효과를 가짐과 동시에 이를 가축에게 급여하므로써 가축의 생산성 향상 및 질병에 대한 저항성 높여 농가의 소득증대를 제고할 수 있다. 또한 다양한 생리활성 효과를 가진 베타인의 급여를 통하여 식육의 고품질화를 추구하고자 본 연구를 수행하였다.

### 2. 연구의 필요성

육류시장의 전면 개방으로 국내 축산업은 수입육과의 경쟁 우위에 놓일 것인가 도태될 것인가라는 선택의 기로에 서있다. 따라서 국내산 식육의 브랜드화와 고품질화를 위한 다양한 방법이 강구됨과 동시에 값싼 수입육과의 유일한 경쟁수단으로 여겨진다.

베타인은 다양한 연구에서 가축의 생산성 향상과 육질향상 효과가 있음이 증명되었다. 베타인은 인체에서 치매의 진행완화, 지방간 치료 및 동맥경화와 고혈압을 억제하는 생리활성 효과를 가진다고 보고 되는데, 사탕무박에서 설탕을 추출한 후의 폐자원에서 추출한 베타인을 양돈용 배합사료에 첨가하여 사용할 경우 효모에 함유되어 있는 베타인은 물론 효모와 사탕무박의 조단백, 조섬유 및 기타 미네랄까지 영양원으로 사용되어 사료효율이 크게 개선될 뿐만 아니라, 베타인을 돼지에 급여한다면 사육기간동안 돼지의 생산성을 향상시키고 또한 육질향상을 통하여 식육의 고급화를 추구할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 특성을 지닌 베타인은 수입에 전면 의존하고 있는 상

황이라 베타인의 국산화가 이루어진다면, 수입대체효과뿐만 아니라 저비용의 베타인 개발 및 생산 가능성을 통한 고품질 식육 생산이 가능하게 되어 축산업의 국제경쟁력을 제고할 수 있다. 또한 베타인을 대량생산 할 수 있는 기술을 산업체에 이전하여, 축산뿐만 아니라, 식품,약품 등 관련산업 발전에 일조 할 수 있을 것이다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 국민소득이 증가함에 따라 식육의 품질을 중요시하는 소비 패턴과 아울러 수입육에 맞서 우위를 차지할 수 있는 브랜드 및 고기능성 돈육을 생산을 위한 생리활성 물질을 가진 베타인을 저비용으로 생산코자 함에 있어 생산 공정 확립을 위한 생산 공정 개발과 대량으로 생산할 수 있는 방법의 개발이 이루어짐과 동시에 이러한 생리활성 물질을 가진 베타인을 급여함으로서 돈육 품질에 미치는 효과를 분석하기 위하여 베타인의 사료 급여 수준을 달리하여 최적의 베타인 급여량 구명과 아울러 베타인 급여에 따른 품질 조사 분석을 통해서 돈육 품질 향상을 위한 베타인 축적율, 물리적, 관능적, 이화학적 변화를 통한 육질 변화를 살펴보고, 혈액분석을 통한 스트레스 관련 물질을 살펴봄으로서 돈육산업에 있어 큰 문제점으로 대두되는 이상육(PSE) 발생율과 억제효과를 측정하였다.

이러한 베타인 급여가 사양 성적에 미치는 효과인 사육 단계별 돼지 성장에 미치는 효과 구명을 위하여 고열량을 가진 베타인 첨가 방법의 확립과 급여수준과 급여기간이 사육단계별 돼지 성장에 미치는 효과를 위하여 사육단계별로 조사하였다. 또한 베타인을 이용한 저지방 돈육 생산을 위하여 최적의 급여수준 및 급여기간 설정을 통하여 최종 돈육의 등급결과를 확인함으로써 베타인 급여가 돈육 품질에 미치는 효과를 구명하였다. 이렇게 확립된 베타인 생산방법, 돼지 사양방법 및 최종 도체특성을 일반 농가로의 산업화를 위한 기술 이전을 통해 농가소득 증대 및 국민건강에 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 1. 연구개발 결과

## 가. 베타인 급여에 의한 도체특성 및 육질변화 측정

글라이신베타인의 급여에 따른 돈육의 화학적 조성 중 수분 및 단백질 함량은 글라이신베타인의 급여 효과가 나타나지 않았다. 그러나 지방 함량은 뒷다리 부위에서 베타인을 급여한 처리구에서 높은 함량을 보이며, 회분의 경우 등심에서는 베타인을 급여하지 않은 대조구에서 높은 값을 보여준다.

육색의 경우 베타인 급여구에 있어 저장 말기의 높은 pH로 인한 육색이 개선되며, 저장기간중 지방의 산화에 관계되는 TBA가를 낮추는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 베타인 급여에 의한 포화지방산의 증가에 따른 결과라 사료된다. 또한 베타인 급여에 따른 높은 pH로 인한 높은 보수력은 육의 연도에 영향을 미쳐, 낮은 전단력과 근절길이를 보여준다. 최종적으로 관능검사시 대조구와 베타인 급여구간의 차이가 나타나 소비자가 최종적으로 느끼는 관능특성이 우수한 것으로 나타났다.

혈액 특성에 있어 베타인 급여시 혈액내 지질의 농도가 감소하였고, 적혈구의 수가 증가하며, 혈액응고에 작용하는 혈소판의 수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 베타인 급여구가 대조구에 비해 콜레스테롤 함량을 감소시키는 것으로 나타났다. 그러나 스트레스 관련물질은 대조구와 베타인 급여구간의 차이가 나타나지 않았다.

따라서 본 연구의 결과, 베타인 급여구가 베타인의 급여수준과 급여기간 동안 pH, 육색, 보수력 및 연도 등의 높은 돈육품질 개선 효과를 보이는 것으로, 돈육 산업에 악영향을 미치는 이상육 출현율의 감소뿐만 아니라, 도체등급에 있어 A등급 출현율이 높게 나타났다.

## 나. 베타인 생산공정 확립 및 대량생산 기술개발

베타인 함유 효모를 급여한 돼지의 혈액내 베타인 농도는 유의성 있게 증가되지 않았으나 근육내에는 베타인을 급여하지 않은 대조구에 비해 0.44배 더 축적되었다.

당밀에 대한 시료효모의 적응도는 Brix 36°에서의 성장도가 Brix 19°에서의 성장도보다 약 1.9배 더 높았으며 성장정지기(atationary phase)도 Brix 19°의 배지에서는 24시간 만에 도달하였으나 36°의 경우 72시간만에 도달하였다. 따라서 배지에 첨가한 당의 효율적 이용을 위해서는 배지에 낮은 농도의 탄소원을 첨가해야하나 이럴 경우 발효조의 용량을 확대해야 하므로 산업화를 위해서는 더 많은 시설투자비가 소요되는 단점이 있다.

당 함량 30%를 배지에 첨가하여 발효한 경우 균체 g당 34.2mg의 베타인이 생산

되며 HPLC로 분석할 경우는 112.6mg(11.3%)으로 정량되었다. 그러나 같은 당밀을 사용하여 수분함량 50%, 당함량 20% 로 조절한 반고체배지에 시료효모를 배양한 결과 유의성 있는 함량의 베타인 생산은 없었다. 또한 시료효모에서 세포막 등을 제거하고 세포질을 crude extract 형태로 조제한 다음 이 추출물에 포함된 총 효소를 이용해 글라이신을 메틸화하여 베타인으로 전환 할 수 있는지를 조사하였으나 유의성 있는 결과는 없었으며 따라서 시료효모의 베타인 주 생합성 기작은 glycine의 methylation으로 합성(Waditee 등, 2003)하는 extreme halophile에 속하는 미생물과는 달리 다른 효모나 식물 등과 마찬가지로 코린의 산화에 의해 대사되는 것으로 추측된다.

효모발효에 의한 베타인의 상업적 대량생산을 위한 최적조건은 당의 농도를 20% 혹은 그 이하로 낮추되 종균을 5mM CuSO<sub>4</sub>에서 1차 배양한 다음 미리 충분한 통기를 통해 용존산소량을 최대로 증가시킨 배지에 종균을 접종하되 배양 도중에는 pH의 인위적 조절 및 과도한 통기는 하지 않으면서 24시간 혹은 36시간 배양할 경우 상기 조건에서의 베타인 생산량은 Acid KI 분석법으로 108mg/g, HPLC 분석법으로는 243mg/g 까지 가능함이 본 실험을 통해 입증되었다.

#### 다. 사육 단계별 베타인 급여가 돼지성장애 미치는 효과

##### 1) 사육 단계별 베타인 급여가 돼지성장애 미치는 효과

본 시험에 사용된 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 빛의 조사나 중간대사 산물인 고가의 choline 첨가 없이 베타인 생산 가능한 효모를 이용하여 생산한 순도 99.9%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

사육단계 1시험은 개시체중이 23.10±1.43kg의 3원 교잡종 [(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 자돈 80두를 공시하여 30일간 사양시험을 실시, 사육단계 2시험은 개시체중이 37.69±1.62kg의 자돈 80두를 공시하여 32일간 사양시험을 실시, 사육단계 3시험은 개시체중이 66.51±3.44kg의 육성돈 120두를 공시하여 31일간 사양시험을 실시, 사육단계 4시험은 개시체중이 90.42±2.17kg의 비육돈 120두를 공시하여 25일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 각 사육단계별로 일반배합사료(부경양돈사료)를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인을 0.2% 첨가구

(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한구(Treat 3)로 4개 처리구로 설정하였다. 각 사육단계별 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율 등을 측정하여 글라이신 베타인 첨가수준이 성장특성 및 경제성에 미치는 영향을 조사하였다.

사육단계 1, 2, 3,에서 유사한 결과를 보였는데, 글라이신 베타인 0.4~0.6% 첨가구가 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 유의적으로 증가하고 반면에 사료요구율은 유의적으로 감소하여 글라이신 베타인 첨가가 성장특성에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났고, 사육단계 4에서는 글라이신 베타인 0.4% 첨가구가 대조구나 다른 처리구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 유의적으로 높고 사료요구율 유의적으로 낮아 가장 효과적인 첨가수준으로 밝혀졌다.

## 2) 베타인을 이용한 저지방 기능성 돈육 생산

사양시험 1은 개시체중이  $33.47 \pm 3.74\text{kg}$ 의 버크셔(Berkshire) 육성돈 80두를 공시하여 92일간 사양시험을 실시, 사양시험 2는 개시체중이  $53.74 \pm 5.93\text{kg}$ 의 육성돈 80두를 공시하여 59일간 사양시험을 실시, 사양시험 3은 개시체중이  $90.85 \pm 4.94\text{kg}$ 의 비육돈 80두를 공시하여 22일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 각 사육단계별로 일반배합사료를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인을 0.2% 첨가구(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한구(Treat 3)로 4개 처리구로 설정하였다. 각 사육단계별 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율 등을 측정하여 글라이신 베타인 첨가수준이 성장특성 및 경제성에 미치는 영향을 조사하였다.

사양시험 I에서 일당증체량은 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 다른 처리구에 비하여 높았으며, 0.2% 글라이신 베타인 첨가구에 비하여 유의적으로 높은 일당증체량을 보였다( $P < 0.05$ ). 사료효율은 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높은 사료효율을 보였다( $P < 0.05$ ).

사양시험 II에서 일당증체량은 대조구에 비하여 0.4% 글라이신 베타인 첨가구가 유의적으로 높았으며( $p < 0.05$ ), 일당사료섭취량과 사료효율은 대조구와 글라이신 베타인 첨가구간에 유의적인 차이가 없었다.

사양시험 III에서 일당증체량은 일당증체량은 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 다른 처리구에 비하여 높았으며, 0.2% 글라이신 베타인 첨가구에 비하여 유의적으로 높은 일당증체량을 보였다( $P < 0.05$ ). 일당사료섭취량과 사료효율은 대조구와 글라이신 베타인 첨가구간에 유의적인 차이가 없었다.

## 2. 활용에 대한 건의

인류의 삶의 질이 향상되면서 안전하고 우수한 제품을 신뢰성 있게 소비자에게 공급하는 것이 중요한 시대가 되었다. 즉, 식품을 통해 건강을 유지하려는 소비자의 욕구가 계속 증가함에 따라 식품의 질적향상 및 안전성에 소비자의 관심이 급격히 커지고 있다.

특히 최근 들어 육류 시장의 전면 개방이 가속화되면서 외국산 축산물의 수입이 자유화되고, 이에 대응한 국내 축산물 브랜드의 경쟁력 확보를 위한 국내산 식육의 브랜드화와 고품질화를 위한 다양한 방법이 강구됨과 동시에 다양한 기능을 가진 기능성 물질을 통한 고품질 식육생산이 절실히 요구된다.

베타인의 급여수준 및 급여기간에 따른 돼지 사육기술의 보급과, 사탕무박에서 설당을 추출한 후의 폐자원에서 추출한 베타인을 양돈용 배합사료에 첨가하여 사용할 경우 효모에 함유되어 있는 베타인은 물론 효모와 사탕무박의 조단백, 조섬유 및 기타 미네랄까지 영양원으로 사용되어 사료효율이 크게 개선될 것이다. 또한 동일한 량의 사탕무박에서 저렴한 비용으로 베타인을 대량생산 하므로써 수입대체효과를 가짐과 동시에 이를 가축에게 급여하므로써 가축의 생산성 향상 및 질병에 대한 저항성 높여 농가의 소득증대에 도움이 될 것이다.

가축의 생산성 향상과 육질 향상효과를 가지고 있는 베타인이 급여된 돈육의 상위등급 출현율이 높아 농가 소득 향상에 기여함과 동시에 베타인이 축적된 식육의 섭취 시 소비자의 건강을 향상시킬 수 있을 것이다.



## SUMMARY

### I . Title

A study on production of a value-added pork using glycine betaine

### II . Objectives and Rationales

#### 1. Objectives of the study

Because all glycine betaine used in Korea has to import, it is necessary to develop a way for extracting glycine betaine from a sugar beet cake cheaply and to find application for producing value-added pork using it. Therefore, the objectives of this study were to develop an efficient extracting method of glycine betaine, and to investigate effects of dietary glycine betaine on growth performance in pig and meat quality of pork.

#### 2. The necessity of the project

As opening meat trade market of the world, domestic meat industry has been suffered with imported meats that has a better meat quality and lower price. Therefore, it is only way to develop a high quality brand-meat as a value-added product for competition with the imported meats. Recently, Korean meat scientists have tried to improve the pork quality using biological activities materials. Extracted glycine betaine from sugar beet cake contains yeast, protein and minerals. Thus, dietary glycine betaine could improve feed efficiency in pigs and improve pork quality. Moreover, glycine betaine has been shown to have a positive biological effect in human. Therefore pork accumulated glycine betaine by

dietary glycine betaine could affect on human health positively.

### **III. The contents and scope of the study**

This study was designed to develop a manufacturing method for extracting glycine betaine from a sugar beet cake cheaply and to develop a brand-meat and high quality meat by dietary glycine betaine in pigs. This study was established properly glycine betaine feeding levels for meat quality improvement, and determined glycine betaine accumulation ratio in muscle, physico-chemical property of meat, and blood characteristics associated with stress. Also this study was investigate effects of dietary glycine betaine on improvement of pork quality and reducing occurrence of PSE(pale, soft, exudative) pork.

Effect of dietary glycine betaine on growth performance were determined by dietary glycine betaine during several feeding periods in pigs. Effects of glycine betaine on meat quality were confirmed with various measurements of pork and carcass grade as levels of glycine betaine accumulated in muscle. Finally inhibition of PSE pork occurrence was confirmed with measuring blood characteristics in pigs.

### **IV. Results and recommendation for application**

#### **1. Results**

##### **A) Effect of dietary glycine betaine on meat quality and characteristics of pork carcasses**

Dietary glycine betaine (DGB) in pigs affected on chemical composition of pork. Moisture and protein concentration were not different among treatments. But intramuscular fat of ham cut from DGB was higher compared to that of control, and belly cut of DGB showed higher ash contents compared to control.

Pork color was improved by DGB due to increased ultimate pH during cold storage of pork. TBA value was showed that DGB was lower compared to control

of during cold storage. Furthermore DGB inhibited lipid oxidation of pork with increasing ratio of saturated fat concentration. Tenderness also improved with DGB due to higher ultimate pH. Lower shear force value and longer sarcomere length were observed in DGB pork. Consequently, panelist gave better palatability score to DGB pork over control with all quality measurements.

DGB also affected on blood characteristics. As increasing level of DGB, lipid concentration was decreased, and numbers of platelet and red cell were increased in blood. It was also observed that cholesterol concentration was decreased as increasing level of DGB. However there were no differences in materials related with stress in blood between DGB and control.

The results from this experiment suggested that increasing level and period of DGB could improve pork quality. Data showed improvement of meat color, water-holding capacity and tenderness of pork with DGB in pig. Finally characteristics of pork carcass were improved with DGB. As increasing DGB level, appearance of A grade that is the best grade for pork carcasses in Korea was increased.

## **B) Development of establish on the progress of products and production on a large scale**

Betaine(glycine betaine, N,N,N-trimethylglycine) is an important osmoprotectant, which is able to restore and maintain osmotic balance of living cells. It is synthesized and accumulated in response to abiotic stress such as high salt concentrations. Most of organisms are not capable of accumulating high level of betaine except several halophile microorganisms. For large production of betaine from the microorganisms, choline has to be supplemented in the media together with exposure of strong light because they are photosynthetic microorganisms. An yeast, which was very resistant to toxic metal ions, and screened in my laboratory, produced 123mg of betaine in one gram of the cells under optimum conditions. When pigs were feeded with diets supplemented with the yeast

accumulated large amounts of betaine, no significant increase of it in the bloods was observed. However, significant level of betaine was detected in the meat of the pig relatively depending upon the concentrations of betaine supplemented in diets.

### **C) Effect of glycine betaine feeding levels and periods on growth performance in pig and low-fat, functional on pork products**

This study investigated the effects of glycine betaine on growth performance in pig. First, a total of 400 pigs were divided into 4 feeding stages (Stage 1: 23.10±1.43Kg, Stage 2: 37.69±1.62, Stage 3: 66.51±3.44Kg and Stage 4: 94.42±2.17Kg initial weight) and then each feeding stages were divided into 4 treatment groups (Control: 0%, T1: 0.2%, T2: 0.4% and T3: 0.6% glycine betaine), respectively. The average daily gain and feed efficiency of T2 and T3 were significantly increased ( $P<0.05$ ) by glycine betaine in stage 1, 2 and 3, whereas feed conversion was significantly decreased ( $P<0.05$ ). Thus, glycine betaine could be influence the pig growth performance. In feeding stage 4, average daily gain and feed efficiency were significantly increased in 0.4% glycine betaine feeding group compare with other dietary groups, although feed conversion was lower than others. We assume that 0.4% glycine betaine feeding was most efficient dietary level. Summing up the a forementioned results, glycine betaine was affected in growth performance. Also, it may be assumed that the pork can be product with the high function and high quality.

Seconds a total of 240 pigs were divided into 3 feeding stages (Stage 1: 33.47±3.74, Stage 2: 53.74±5.93, Stage and 3: 90.85±4.94 initial body weight) and then each feeding stages were divided into 4 treatment groups (Control: 0%, T1: 0.2%, T2: 0.4% and T3: 0.6% glycine betaine, respectively). In feeding stages 1, average daily gain and feed efficiency were significantly increased in 0.6% glycine betaine feeding group compared with other dietary groups. In feeding stages 2, average daily gain of 0.4 and 0.6% glycine betaine groups were significantly higher than the control and 0.2% groups. Average daily feed intake and feed

efficiency were no significant differences between the control and glycine betaine feeding groups. In feeding stages 3, average daily gain of 0.6% glycine betaine groups was higher than the other dietary groups. Average daily feed intake and feed efficiency were no significant differences between the control and glycine betaine feeding groups.

Thus, dietary glycine betaine could be influenced the pig growth performance. As a result of this study, we assume that 0.4~0.6% glycine betaine feeding was most efficient dietary level.

## **2. Recommendation**

Now a days domestic pork industry has been suffering with imported pork that is much cheaper than domestic pork. To compete with imported pork, development of value-added pork using biological activities materials is necessary. As shown in this study, extracted glycine betaine from sugar beet cake contained various nutrients such as yeast, protein and minerals, and feed efficiency could be improved if it added in pig diets. Futhermore dietary glycine betaine could improve pork qualities such as meat color, water-holding capacity and tenderness. Immunobiology activity in pig also could improve with dietary glycine betaine so that it could help pig farmer directly. Surprisingly appearance A grade of pork carcasses could be increased as increasing level of glycine betaine in pig diets. Consequently using glycine betaine as a substitute of pig diets helps not only increasing income of pig farmer but also heath of consumers.

# CONTENTS

<b>I . Outlines of the Project</b> .....	15
1. Objectives of the Project .....	15
2. Necessities of the Project .....	17
3. Scopes of the Project .....	20
<b>II . R &amp; D Status in Domestic and Overseas</b> .....	25
<b>III. Contents of the Project and Its Results</b> .....	27
1. Contents of the Methods .....	27
2. Effect of Dietary Glycine Betaine on Meat Quality .....	30
3. Effect of Dietary Glycine Betaine on Meat Quality and Characteristics of Pork Carcasses .....	61
4. Development of Establish on the Progress of Products .....	84
5. Development of Establish of Production on a Large Scale .....	97
6. Effect of Glycine Betaine Feeding Levels and Periods on Growth Performance in Pig .....	115
7. Effect of Glycine Betaine Feeding with Low-Fat, Functional on Pork Products .....	129
8. Technology of moving for Industry .....	140
<b>IV. Goal Accomplishment and Subsequent Contributions</b> .....	141
<b>V . Application Plan of the Results</b> .....	143
<b>VI. Expectancy of consequence</b> .....	144
<b>VII. Reference</b> .....	145

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	15
제 1 절 연구개발의 목적 .....	15
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	17
제 3 절 연구의 범위 .....	20
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	25
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 .....	27
제 1 절 연구수행 방법 .....	27
제 2 절 베타인 급여에 의한 육질 변화 측정 .....	30
제 3 절 베타인 급여에 따른 도체특성 및 육질변화 측정 .....	61
제 4 절 베타인 생산공정 확립 .....	84
제 5 절 베타인 대량생산 기술개발 .....	97
제 6 절 사육단계별 베타인 급여가 돼지성장에 미치는 효과 구명 .....	115
제 7 절 베타인을 이용한 저지방·기능성 돈육 생산 .....	129
제 8 절 산업화를 위한 기술 이전 .....	140
제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도 .....	141
제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획 .....	143
제 6 장 기대효과 .....	144
제 7 장 참고문헌 .....	145

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

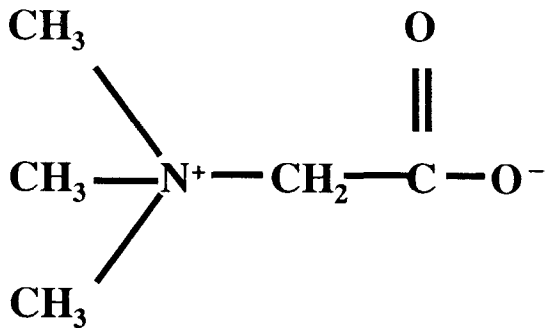
## 제 1 절 연구개발의 목적

Glycinebetaine (글라이신베타인, 이하 베타인)의 원료가 되는 사탕무박은 연간 14만 톤 (260억원)이 소비되고 있으며, 전량을 수입에 의존하고 있다. 그러므로 동일한 량의 사탕무박에서 저렴한 비용으로 베타인을 대량생산 하므로써 수입대체효과를 가짐과 동시에 이를 가축에게 급여하므로써 가축의 생산성 향상 및 질병에 대한 저항성 높여 농가의 소득증대를 제고할 수 있다. 또한 다양한 생리활성 효과를 가진 베타인의 급여를 통하여 식육의 고품질화를 추구하고자 본 연구를 수행함.

### ■ Glycinebetaine 이란?

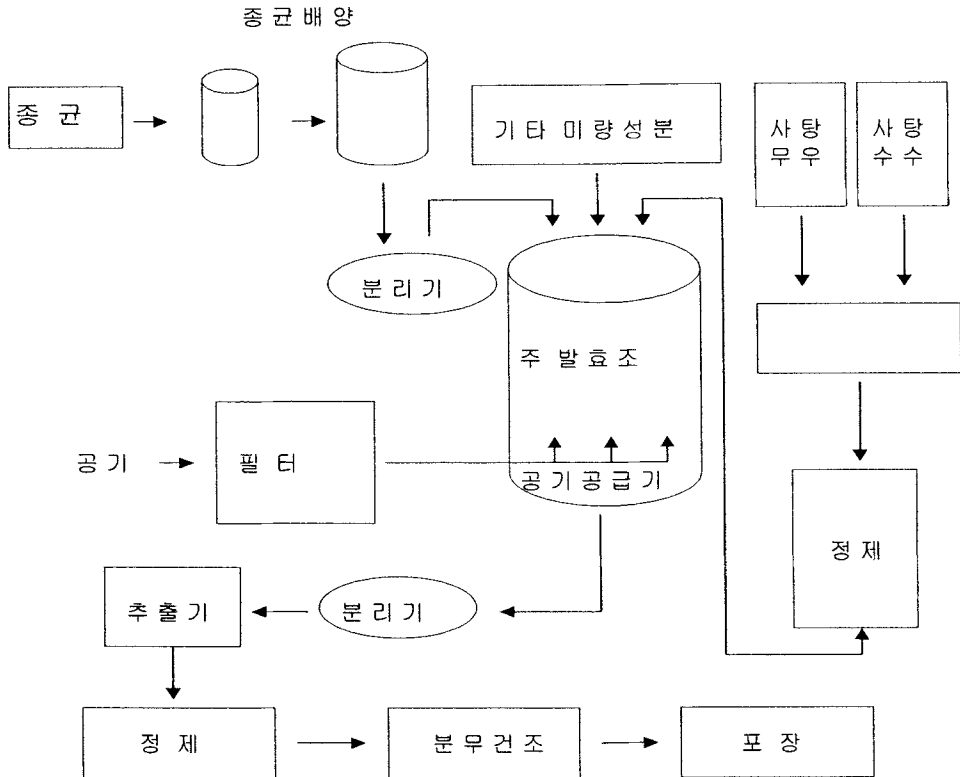
- ▶ 아미노산 글라이신의 유도체
- ▶ 미생물, 고등식물 및 인간 등의 스트레스 환경 하에서 생합성
- ▶ 식물에 살포시 고염, 저온 등 극도의 스트레스 환경에서 성장 및 생존율이 향상되며, 낙화 및 낙과방지를 통해 생산성이 증가

가. 구조





## ■ Glycinebetaine 합성



### ■ 베타인 급여가 인체에 미치는 생리활성 효과

- ▶ 치매진행 완화
- ▶ 지방간의 치료
- ▶ 동맥경화와 고혈압에 효과
- ▶ 화장품(파운데이션)의 원료로 사용

### ■ 베타인 급여가 가축에 미치는 생리활성 효과

- ▶ 일당증체량 증가 효과
- ▶ 에너지이용 효율 증가 효과
- ▶ 세포내 삼투압 균형에 중요한 역할

- ▶ 돈육에서 도체지방의 함량 감소 효과
- ▶ 베타인은 돼지의 근육조직에 축적이 가능하다고 보고
- ▶ 고온, 질병 등 환경스트레스를 완화시키는 효과

#### ■ 베타인 급여가 돈육의 품질에 미치는 효과

- ▶ 육량증가 효과
- ▶ 등심근 단면적을 증가시키는 효과
- ▶ 보수력을 높이고 가열감량을 줄이는 효과
- ▶ 도체의 정육율 증가
- ▶ 등지방두께 감소 효과

상기 기술한 생리활성 효과를 가진 베타인은 사탕무박을 원료로 하고, 미생물을 이용하여 저렴하고 간단한 발효방법으로 생산한 후 출하전(비육전기·비육후기) 일정기간 동안 돼지사료에 첨가 급여하여, 돼지의 생산성을 개선함과 동시에 베타인이 축적된 고품질육으로 개발하며, 또한 국내 및 수출시장 확대를 위한 산업적인 기술개발 연구에 목적이 있다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

#### ■ 저비용의 베타인 개발과 생산 가능성을 발견

- ▶ 베타인의 상업적 생산은 사탕무에서 추출 정제하고 있으나 작황에 따라 함량이 일정치 않고 또한 저장을 위한 상당한 추가 비용(1개월: 4000원/kg 베타인)이 발생한다.
- ▶ 이러한 단점을 개선하는데는 one-step 생산이 가능한 발효법이 최적의 대안이다.
- ▶ 베타인을 생산하는 미생물에 대한 연구가 시도되었다.
- ▶ 베타인 생산 미생물은 주로 광합성 cyanobacteria 이어서 강한 빛의 조사와 고가의 코린을 중간 대사산물로 첨가해 주어야 하므로 베타인의 상업적 대량생산은 보고된 바가 없다.
- ▶ 본 연구팀에서 분리·개량한 효모는 빛의 조사는 물론 코린의 첨가 없이도 배양균체 ml당 120mg의 베타인을 생산할 수 있는 초기연구에 성공하였다.
- ▶ 또한 사탕무에서 설탕을 추출한 후의 폐자원인 사탕무는 48~54%의 당 및 2.3%

의 베타인이 함유되어 이를 배지로 사용할 경우 베타인 생산시 원재료비를 절감할 수 있을 것이다.

- ▶ 사탕무박 당밀을 발효할 경우 Kg당 1.2Kg의 건조효모 균체가 생산되고, 56g의 베타인이 추가로 생산되어 사탕무 당밀 Kg당 총 65g의 베타인이 생산된다.
- ▶ 효모균체 자체를 탈수, 탈취하여 양돈용 배합사료에 첨가하여 사용할 경우 효모에 함유되었는 베타인은 물론 효모와 사탕무박의 조단백, 조섬유 및 기타 미네랄까지 영양원으로 사용되어 사료효율이 크게 개선될 것이다.
- ▶ 베타인의 다양한 기능으로 인해 수요개발과 판매가 용이하여 성공가능성이 높다.
- ▶ 베타인을 생산할 수 있는 생명과학 벤처기업((주) 진바이오)과 협력할 수 있다.

### ■ 2001년 육류시장의 전면개방으로 축산업은 무한경쟁의 시기에 돌입

- ▶ 육류시장의 전면 개방으로 국내 축산업은 수입육과의 경쟁 우위에 놓일 것인가 도태될 것인가라는 선택의 기로에 서있다.
- ▶ 식육의 브랜드화와 고품질화만이 값싼 수입육과의 유일한 경쟁수단이다.
- ▶ 국내산 식육의 브랜드화와 고품질화를 위한 다양한 방법을 강구되고 있다.
- ▶ 많은 연구들이 비용적인 문제와 육질향상의 두 가지 측면 모두를 만족할만한 결과를 가져오지 못하고 있는 실정이다.
- ▶ 다양한 기능을 가진 기능성 물질을 통한 고품질 식육생산이 절실히 요구된다.

### ■ 돼지에 베타인의 급여는 매우 중요하다.

- ▶ 베타인은 다양한 연구에서 가축의 생산성 향상과 육질향상 효과가 있음이 증명되었다.
- ▶ 베타인은 인체에서 치매의 진행완화, 지방간 치료 및 동맥경화와 고혈압을 억제하는 생리활성 효과를 가지고 있다.
- ▶ 베타인은 돼지의 근육내에 축적시킬 수 있다.
- ▶ 가축의 생산성을 향상과 육질 향상효과를 가지고 있는 베타인이 축적된 식육의 섭취시 소비자의 건강을 향상시킬 수 있을 것이다.

### ■ 돼지에게 베타인 급여를 통해 축산업의 국제 경쟁력을 제고할 수 있다.

- ▶ 저렴한 비용으로 베타인을 대량생산 할 수 있는 기술을 산업체에 이전하여, 축산뿐만 아니라, 식품, 약품 등 관련산업 발전에 일조 할 수 있을 것이다.

- ▶ 베타인 생산기술의 국산화를 통하여 수입대체 효과를 가져올 수 있을 것이다.
- ▶ 베타인을 돼지에 급여한다면 사육기간 동안 돼지의 생산성을 향상시키고 또한 육질향상을 통하여 식육의 고급화를 추구할 수 있을 것이다.
- ▶ 식육의 고품질화를 통하여 축산업의 국제경쟁력을 제고할 수 있을 것이다.

## 1. 기술적 측면

- ▶ 베타인의 상업적 생산은 사탕무에서 추출 정제하고 있으나 작황에 따라 함량이 일정치 않고 또한 저장을 위한 상당한 추가 비용이 발생한다.
- ▶ 베타인을 생산하는 미생물에 대한 연구가 시도되었다.
- ▶ 이러한 미생물은 광합성 cyanobacteria 이어서 강한 빛의 조사와 고가의 코린을 첨가해 주어야 하므로 베타인의 상업적 대량생산은 보고된 바가 없다.
- ▶ 본 연구팀에서 분리·개량한 효모는 빛의 조사는 물론 코린의 첨가 없이도 배양균체 1ml당 120mg의 베타인을 생산할 수 있는 초기연구에 성공하였다.
- ▶ 또한 사탕무에서 설탕을 추출할 때 생성되는 폐자원인 당밀을 배지로 사용하여 원재료비를 절감할 수 있을 것이다.
- ▶ 조섬유 공급원으로 조사료에 사용되는 사탕무박을 발효하여 베타인의 생산을 증가시키고 이를 배합사료 원료로 첨가할 경우 베타인 급여를 추가로 증가시킬 수 있다.
- ▶ 베타인의 다양한 기능으로 인해 수요개발과 판매가 용이하여 성공가능성이 매우 높다.
- ▶ 베타인을 생산할 수 있는 생명과학 벤처기업((주) 진바이오)을 보유하고 있다.

## 2. 경제·산업적 측면

- ▶ 부가가치가 높은 베타인의 대량생산은 축산뿐만 아니라 식품, 의약, 화장품 등 여러 관련분야에 이용 가능성이 높다.
- ▶ 전적으로 수입에 의존하고 있는 고가의 베타인을 저렴한 가격으로 생산함으로써 수입대체 효과와 수출상품으로 개발가능성이 매우 크다.
- ▶ 년 14만톤 (260억원)이 수입되어 조섬유 공급원으로 사용되는 사탕무박을 가공하

여 베타인 함량을 높은 경제성 있는 양돈용 배합사료 원료로 개발할 수 있으며, 약 1.2조원의 양돈용 배합사료 시장의 1%만 대체해도 120억원의 경제 효과가 발생될 것이다.

- ▶ 상업적으로 돼지에게 급여하기 위해서는 다량의 베타인이 필요하고, 경제성 측면에서 보았을 때 저렴한 베타인의 생산이 필수적이다.
- ▶ 베타인은 돼지의 생산성을 향상시키므로 축산농가의 부가가치를 제고할 수 있을 것이다.
- ▶ 식육의 고품질화를 통한 축산업의 국제경쟁력을 제고할 수 있다.

### 3. 사회·문화적 측면

- ▶ 식문화의 서구화와 국민소득의 증가에 따라 소비자들은 식육의 품질을 중요시하게 되었다.
- ▶ 베타인의 지방감소 효과로 인하여 고지방 식품을 기피하는 소비자의 기호에 맞출 수 있는 고품질육의 개발이 가능하다.
- ▶ 국민소득의 증가와 함께 건강에 대한 소비자의 욕구가 증대되었고, 고품질화 및 차별화된 브랜드육의 선호도가 증가되어 고품질 브랜드육의 생산이 절실하다.
- ▶ 생리활성 물질이 함유된 식품의 선호도가 증가하고 있다.
- ▶ 고품질 브랜드육은 제품에 대한 확실한 정보를 제공함으로써 소비자들의 신뢰를 구축할 수 있을 것이다.
- ▶ 수입육에 경쟁할 수 있는 고품질, 저생산비의 양돈 경영기법 및 사양방법을 개발해야 한다.
- ▶ 고품질 브랜드육의 생산은 수입육과의 품질경쟁에서 비교우위를 가질 수 있을 것이다.

## 제 3 절 연구의 범위

### 1. 제 1 차년도

가. 베타인 급여에 따른 육질 변화 측정

○ 돈육의 품질검사

- 부위 : 등심, 삼겹, 앞다리, 뒷다리 - 저장온도 : 4℃
- 저장기간 : 1, 5, 9, 13일
- 실험항목 : pH, TBARS, 육색, 조직감, 보수력, 지방산 변화, 콜레스테롤 함량, 관능평가, 근질길이, 베타인 축적률, 전수분, 조지방, 회분, 조단백질 함량
- 스트레스 관련물질(cortisol, CPK, LDL 등) 조사로 스트레스 감소효과 검증
- 도체특성 및 도체성적 조사(PSE 발생률 조사, 부분육수율, 등지방두께 등)

**나. 사탕무박과 당밀을 사용한 베타인 생산공정 확립**

- 당밀을 첨가한 사탕무박을 배지로 하여 액체배양법으로 베타인생산

**다. 반고체 배지사용 베타인 생산기술 확립**

- 반고체 배지를 사용한 베타인 대량생산 공정 개발

**라. 사육 단계별 베타인 급여가 돼지성장에 미치는 효과 구명**

- 열량과 에너지를 고려하여 베타인을 사료에 첨가하는 방법 확립
- 베타인을 양돈 사료내 첨가하는 방법 확립
- 베타인 급여수준과 급여기간이 사육단계별 돼지 성장에 미치는 효과
- 사육단계별 최적 급여수준 및 급여기간 설정
    - 이유자돈 ~ 체중 25Kg
    - 체중 25Kg ~ 체중 50Kg
    - 체중 50Kg ~ 체중 70Kg
    - 체중 70Kg ~ 체중 90Kg
  - 베타인 첨가사료의 사료효율 및 일당증체량 등 성장특성 검증

- 베타인 첨가사료의 사육기간 단축 가능성 검증

## 2. 제 2 차년도

### 가. 베타인 급여에 따른 도체특성 및 육질변화 측정

#### ○ 비육돈의 육질조사

- 이상육(PSE, DFD) 발생정도 측정
- 일반성분(수분, 조지방, 조단백, 조회분) 변화 측정
- 물리적 성질(육색, 보수력, 연도, 근절길이) 및 화학적 성질 변화 (지방산, 콜레스테롤) 측정
- 저지방 기능성 고품질 돈육의 상위등급 생산가능성 검증
- 도체특성 및 도체성적 조사(PSE 발생률 조사, 부분육수율, 등지방두께 등)

### 나. 베타인 사료의 산업화를 위한 기술이전

#### ○ 산업화를 위한 기술이전

- 베타인 기술개발 이전(세부1, 세부2)

### 다. 베타인 대량생산 기술개발

#### ○ 베타인 대량 생산기술 개발

- 대용량 발효조를 사용한 베타인 생산

### 라. 베타인 사료의 산업화를 위한 기술이전

#### ○ 산업화를 위한 베타인 생산기술이전

- (주) 진바이오 기술이전
- 베타인 기술개발 이전(세부, 협동)
- 사육 단계별 적정 첨가수준 및 첨가량 기술이전(협동)

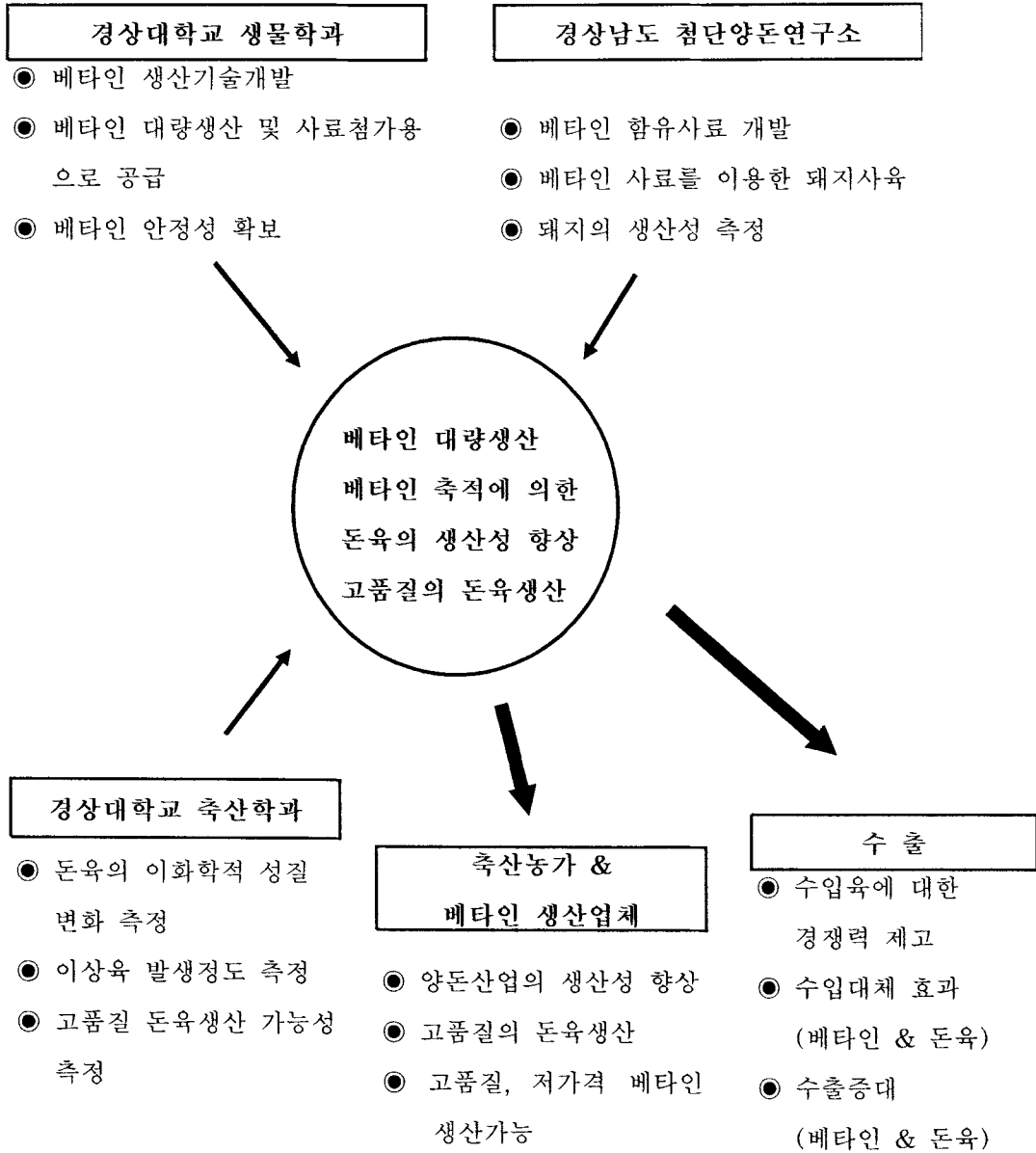
- 베타인이 함유된 사료를 이용하여 돼지를 사육하는 기술이전

#### 마. 베타인을 이용한 저지방 기능성 돈육 생산

- 비육기에 베타인 급여수준과 급여기간이 돼지에 생산에 미치는 영향
  - 비육후기용 베타인 첨가제 개발
    - 첨가제로서의 가치 구명
    - 가축에 대한 사료로서의 안전성 검토
  - 저지방 기능성 고품질 돈육 생산을 위한 최적 급여수준 및 급여기간 설정
    - 체중 30Kg~115Kg 까지
    - 체중 70Kg~115Kg 까지
    - 체중 90Kg~115kg 까지
  - 베타인 첨가사료의 사료효율 및 일당증체량 등 성장특성 검증



### 3. 연구의 내용



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

베타인을 사탕무에서 추출하여 판매하고 있으며, 식물체를 원료로 사용할 경우 균질성이 떨어져 품질의 항상성이 낮다. 이에 반응기에서 one-step으로 배양된 미생물에서 생산하는 방법을 대안으로 모색하고 있다. 베타인을 생산하는 대부분의 미생물은 광합성 cyanobacteria 이어서 강한 빛의 조사와 고가의 코린을 첨가해 주어야 하므로 미생물에 의한 베타인의 상업적 대량생산은 보고된 바가 없다. 빛의 조사 및 중간대사물질인 고가의 코린 첨가 없이도 베타인 생산 가능한 효모를 본 과제의 세부연구 책임자가 분리하는 기술에 성공하여, 양돈사료용 베타인 생산에 응용할 수 있다.

또한 베타인 급여가 돈육 품질에 미치는 효과로서는 등지방두께 감소 효과(Cadogan 등, 1993; Cromwell 등, 2000), 육량증가 효과(Cromwell 등, 2000)뿐만 아니라 등심근 단면적을 증가시키는 효과(Smith 등, 1995)가 있다고 보고하였으며, 보수력을 높이고 가열감량을 줄일 수 있다고 보고하였다(Matthews 등, 2001).

베타인은 낮은 단백질과 낮은 에너지사료 그리고 적당한 단백질과 높은 에너지를 급여한 비육출하돈의 일당중체량을 증가시킨다고 보고하였다(Matthews 등, 1998). 도체율 증가 및 에너지이용 효율 증가 효과(Casarin 등, 1997; Mathews 등, 1998)와 세포내 삼투압 균형에 중요한 역할(Bagnasco 등, 1986)을 구명하였다. 베타인은 대부분 유기체에 존재하는 아미노산이며(trimethyl-glycine) 그리고 콜린의 이화작용에서 발생하는 필수적인 중간산물이다. 베타인은 물과 소금 스트레스 아래에서 조직에 축적되며 삼투적인 작용으로 유기체에 녹아있으며(Petronini 등, 1992), 베타인은 잠정적으로 lipotropic 효과를 나타내며(Finkelstein, 1990; Barak 등, 1993), 그리고 S-adenosyl-methionine을 경유하여 methyl기를 제공 할 수 있다. 또한 육계에서 도체지방의 함량 감소 효과(Saunderson 과 MacKinley, 1990)

상기한 많은 연구결과들이 돼지의 생산성과 육질에 미치는 긍정적인 효과를 구명하였으나 일부 연구에서는(Webel 등, 1995; Øverland 등, 1999) 베타인의 긍정적인 효과를 발견하지 못하였는데, 이는 베타인의 품질이 떨어지고 또한 급여량과 급여기간의 조절이 적정하지 못했기 때문인 것으로 사료된다. 그러므로 효과를 극대화 할 수 있는 베타인의 생산과 함께 돼지사육시 적절한 급여량과 급여기간에 관한 연구가 절실히 필요한 실정이다.

베타인을 가축에게 급여하기 위해서는 저렴한 가격으로 대량생산이 가능해야 하나 현존하는 베타인 생산방법은 생산단가가 높아 축산으로의 이용이 불가능한 상태이다. 저렴한 가격으로 베타인을 대량생산할 수 있는 기술개발이 시급하다. 따라서 대부분의 연구자들은 베타인을 대량으로 생산하는 기술개발에 노력할 것이나 저렴한 가격으로 베타인을 생산할 수 있는 방법이 요구될 것이다. 저렴한 가격으로 생산된 고품질 베타인의 수출이 가능할 것이므로 국내 축산업은 값싼 수입산 식육과 경쟁하기 위하여 고품질화·브랜드화를 추구 할 수 있고 고기능성 물질의 급여를 통한 식육의 고품질화 연구가 이루어짐과 동시에 식육의 고품질화는 국내 축산업의 국제경쟁력을 제고하는 방법이 될 것이다.

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1 절 연구수행 방법

본 연구과제의 최종 목표인 베타인을 이용한 고품질 돈육을 생산하기 위하여 베타인을 생산하고 생산된 베타인을 돼지에게 급여한 후 도축하여 육의 품질을 측정하기 위하여 최신의 이론적, 실무적인 방법을 동원하여 연구를 수행하였다.

#### 1. pH

살아있는 가축의 pH는 중성에 가까우나 도축과 함께 혐기적 환경에 놓여지고 젖산의 축적으로 인해 pH는 계속해서 감소하다가 숙성과 함께 다시 식육의 pH는 어느 정도 증가하게 된다. 식육의 pH는 식육의 연도와 보수력, 육색 및 미생물 수준 등과 밀접한 관련이 있어 식육의 pH를 측정함으로써 식육의 연도, 보수력, 육색들을 추정할 수 있고, 저장기간에 따라 pH의 변화가 나타나므로 저장성 또한 어느 정도 추정이 가능하다. 또한 식육의 pH를 측정함으로써 식육의 품질변화를 예측할 수 있고, 식육의 안정성 확보를 위한 기본적인 정보를 얻을 수 있다.

#### 2. 지방산패도(TBARS)

식육은 부위에 따라 5%에서 많게는 40%이상 지방을 함유하고 있는데 이러한 지방은 저장기간이 증가할수록 산화과정을 거치게 되어 malonaldehyde나 ketone, alcohol 등의 물질을 생성하게 되는데 이러한 지방분해산물의 함량을 측정하여 지방의 산패정도를 측정하는 방법으로 TBARS값은 저장기간이 증가할수록 커지게 된다. 또한 지방의 산패도가 증가할수록 TBARS값은 커지게 되므로 TBARS를 측정함으로써 육의 저장성을 추정할 수 있다.

#### 3. 육색 (Color)

소비자는 선홍색의 고기만을 신선한 육으로 판단한다 그러므로 식육의 색은 소비자 가 육의 품질을 평가하는 가장 중요한 지표가 된다. 식육의 색은 가축의 품종, 성별, 나이, 사료 등에 따라 크게 영향을 받으며, 식육의 색은 저장기간이 증가할수록 고유

의 색을 잃어 가는 경향을 보인다. 따라서 육색을 측정하므로써 식육의 품질을 추정할 수 있다.

#### 4. 조직감 (Shear force)

소비자는 육을 씹었을 때 부드러운 느낌을 주는 육을 선호하게 되는데, 육을 가열한 후 절단하면서 그 부드럽고 질감의 정도를 측정할 수 있다. 도축후 가축의 근육은 사후강직 현상으로 인하여 단단해지게 되나 이후 사후강직이 해제되면서 점차 부드러워지게 된다.

#### 5. 보수력 (Water-holding capacity)

보수력이란 70%이상 수분을 함유하고 있는 식육이 물리, 화학적인 압력에 대하여 수분을 보유하려는 성질을 말한다. 일반적으로 수분의 함량이 높을수록 육은 높은 풍미를 가지게된다. 육을 저장기간동안 보수력을 측정하므로써 식육의 품질을 추정할 수 있다.

#### 6. 지방산 조성

지방산은 지방을 구성하는 성분으로써 가축의 품종, 성별, 연령, 사료 등에 크게 영향을 받으며, 지방산들의 조성은 육의 물리, 화학적인 성질을 결정하며, 육의 풍미에도 작용하게 된다. 지방산이 저장성에 영향을 미친다.

#### 7. 콜레스테롤 함량

육의 콜레스테롤 함량은 소비자가 육을 기피하는 가장 중요한 요인으로 작용하고 있다. 그러므로 육의 콜레스테롤 함량을 낮추는 방법들이 연구되어지고 있다.

#### 8. 관능평가

관능평가는 소비자의 시각, 후각, 촉각, 미각을 이용하여 식육의 품질을 측정하는 방법으로 관능검사 요원들이 식육을 직접 관찰하고 섭취하면서 품질의 고, 하를 측정하게 된다.

#### 9. 근절길이

근절이란 근육의 가장 기본적인 구조 단위로서 근절의 길이가 짧을수록 육은 질겨지게 되고 근절의 길이가 길수록 육은 상대적으로 부드럽게 된다. 근절길이의 정도를 이용하여 육의 품질을 추정할 수 있다.

#### 10. 일반성분

육은 일반적으로 수분, 단백질, 지방, 탄수화물이 주요 구성물질이다. 이러한 일반성분의 함량을 측정하므로써 식육의 품질을 측정할 수 있다. 국내 소비자들은 일반적으로 지방의 함량이 높은 부위의 육을 더 선호한다. 그러므로 일반성분의 비율을 측정하므로써 육의 품질을 추정할 수 있다.

#### 11. 스트레스 관련물질

혈액의 성분은 인체의 대사작용과 밀접하게 관련되어 있는데, 가축이 스트레스를 받거나 질병에 걸렸을 경우 혈액내 특정한 물질의 함량이 증가하거나 혹은 감소하게 된다. 따라서 혈액내 성분들의 함량을 측정하여 가축의 면역력이나 건강상태 및 스트레스 감수성 등을 추정할 수 있다.

#### 12. 도체특성 및 도체성적 조사

도축시 육류등급사에 의한 도축판정 결과를 토대로 식육의 품질을 측정할 수 있다. 등급이 높은 육의 출현이 많을 시는 육질 증가 효과가 크다고 추정할 수 있다.

#### 13. 사료효율

사료효율이란 섭취한 단위무게의 사료에 대한 체중 증가율을 말하는 것으로써 사료 섭취량에 비해 체중증가가 클수록 사료효율이 높은 것이다.

#### 14. 일당증체량

하루동안 가축이 사료를 섭취하여 발생하는 체중의 증가분을 말한다.

#### 15. 돼지 도체등급

돼지도체등급은 등급판정사가 도체중량과 등지방두께, 외관 그리고 육질을 평가하여 A, B, C, D등급으로 구분한다.

## 16. 핵자기 공명분광법

핵자기공명 스펙트럼은 원자의 화학적 환경과 원자의 수에 따라 특징적인 공명흡수선을 보여주므로 핵자기 공명법은 간단한 유기물의 분석에 아주 적합하다. 일반적으로 중수소가 포함된 화합물을 용매로 사용하며, glycine betaine은 염과 같은 성질을 나타내므로 중수(D<sub>2</sub>O)를 용매로 사용한다.

## 17. 배양

생물체(주로 미생물 및 발생중인 동식물의 배)나 생물체의 일부(기관 · 조직 · 세포 등)를 적당히 인공적으로 조절한 환경조건에서 생육시키는 것을 말하며, 이 경우 외적 조건으로 온도 · 습도 · 빛 · 기체상의 조성(이산화탄소나 산소의 분압) 등이 중요하다. 배지를 포함한 배양법 전체의 개량에 의하여 종래에는 불가능하다고 여겼던 배양이 가능하게 되어 생물학 · 의학 · 농학 등에 많은 공헌을 하고 있다.

# 제 2 절 베타인 급여에 의한 육질 변화 측정

## 1. 공시재료

시험에 공시한 돼지는 80두의 3원교잡종[(Landrace ×Yorkshire)×Duroc]을 이용하였으며, 70kg부터 시험사료를 급여하여 110kg에 이를 때 도축하여 혈액분석과 육질분석 시험에 공시하였다. 시험에 공시된 시험구는 경상남도첨단양돈연구소(산청군 소재)에서 사육된 돼지로 (주)대화산업(진주시 소재)에서 6시간 동안 계류를 실시한 후 도축하였다. 도축된 돼지는 경상대학교 식육과학연구실로 이송하여 저장기간별 물리 · 이화학적 특성을 분석하였다.

## 2. 실험방법

### 가. pH

시료를 적당한 크기로 절단하고 3mm 플레이트로 초핑한 후 50ml 튜브에 시료 3g 과 증류수 27ml(1 : 9)를 함께 넣어 Polytron homogenizer(IKA T25basic, MALAYSIA)로 13,500rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter(ORION 520A, USA)로 측

정하였다.

#### 나. 지방산패도 (TBARS)

지방산화물의 측정은 Burge와 Aust(1978)의 방법을 기초로 하여 시료 5g에 BHA 50 $\mu$ l와 증류수 15ml를 가해 polytorn homogenizer로 14,000rpm에서 30초간 균질화시킨 후 균질액 1ml를 시험관에 넣고 여기에 2ml TBA/TCA혼합용액을 넣어 완전히 혼합한 다음 90 $^{\circ}$ C waterbath에서 15분간 열처리한후 10분간 냉각시켜 3000rpm에서 10분간 원심분리 시킨다. 원심분리한 sample의 상층을 회수하여 spectrophotometer 531nm에서 흡광도를 측정했다.

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

#### 다. 육색 (Color)

육색은 Minolta chromameter(Minolta CR 301, JAPAN)를 사용하여 동일한 시료를 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.

#### 라. 전단가(Shear force)

전단력 측정은 가열 감량 실험 후의 방냉된 고기를 직경 1.27cm의 원통형 절편으로 만들어 cutting compression probe를 이용하여 Instron Universal Testing Machine(Model 100)에 의해 측정되었다. 이때 기기의 조건은 아래와 같다.

Load cell : 5kg

Range 50kg/10LB

Cross head speed : 100/min

Chart speed : 100/min



#### 마. 지방산 조성 & 조지방 (fatty acid & crude fat)

고기 시료를 Folch 등 (1957)의 방법을 이용하여 조지방을 추출하여 조지방함량 결과에 사용하고, 추출된 조지방 시료에 chloroform 1ml을 넣어 녹인 다음, 이중 100 $\mu$ l를 취하여 20ml tube에 넣는다. 이때 1ml의 methylation (methanolic-HCl-3N) 시약을 넣고 waterbath에서 60 $^{\circ}$ C로 40분간 반응시킨다. 반응이 끝난후 방냉시키고, hexane 3ml과 증류수 8ml을 넣고 강하게 vortexing 한다. vortexing이 끝난 시료는 방치하여 층분리시키고 층분리가 끝나면 1ml을 따서 Gas chromatography로 분석한다.

Table 1. GC conditions for analysis of fatty acid compositions

Item	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 6890 Gas chromatography
Column	5% Phenyl methyl siloxane 30m $\times$ 320 $\mu$ m
Temperature program	5 $^{\circ}$ C/min
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Initial temperature & time	50 $^{\circ}$ C & 1 min
Final temperature & time	200 $^{\circ}$ C & 40min
Injector & detector temperature	270 $^{\circ}$ C
Carrier gas	He
Split ratio	90 : 1

#### 바. 콜레스테롤 (cholesterol)

고기 시료 2g을 20ml tube에 넣고 10ml saponification (30% KOH 6 : ethanol 94) 시약을 넣고 균질화 (homogenizing) 시킨다. 균질화된 시료는 60 $^{\circ}$ C에서 1시간동안 반응시킨 후 방냉시킨다. 이후 증류수 5ml와 hexane 10ml를 넣고 강하게 vortexing 시킨 후 방치하여 층분리 시키고 상층 1ml을 취하여 완전히 건조시킨다. 건조된 시료에 pyridine 200 $\mu$ l와 sylon BFT 100 $\mu$ l를 넣어 섞어준 후 G.C로 분석한다.

Table 2. GC conditions for analysis of cholesterol contents

Item	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 6890 Gas chromatography
Column	SAC-5 30m×0.25mm ID, 0.25 $\mu$ m
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Initial temperature	265 $^{\circ}$ C
Final temperature	280 $^{\circ}$ C
Injector temperature	300 $^{\circ}$ C
Dector temperature	300 $^{\circ}$ C
Carrier gas	He
Split ratio	100 : 1

#### 사. 관능검사 (Sensory evaluation)

관능적 특성변화는 정확한 소비자의 관점에서 평가를 하기 위해 경상대학교내에 있는 재학생들 중 50명을 무작위로 선별하여 저장기간에 따른 관능적 평가를 실시하였다. 관능평가를 실시하기 전 평가항목에 대한 기초적인 방법만 설명을 한 후 온도, 부위에 따른 평가를 무작위로 배열시킨 뒤 실시하였다. 그리고, 경상대학교 식육가공연구실내에 있는 잘 훈련된 평가요원 15명의 평가와 비교를 하였다.

시료를 심부 온도 70 $^{\circ}$ C까지 oven에서 가열하고 겉부분을 제거한 후 일정한 모양으로 잘라서 척도묘사분석에 이용하였다.

신선육은(fresh meat)은 냄새(aroma), 육색(color), 기호도(acceptability)를 조사하였고, 조리육(cooked meat)은 육색(color), 풍미(flavor), 다즙성(juiciness), 연도(tenderness), 기호성(acceptability)을 각각 조사하였다.

#### 아. 근절길이 (Sarcomere length)

근육을 일정한 크기 (3×3)로 자른 후 solution A(0.1M KCl + 0.039M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + 5mmM EDTA + 2.5% Glutaraldehyde)에 넣고 냉장실 (2~4 $^{\circ}$ C)에서 2시간 동안 방치한다. 2시간이 경과 후 Solution B (0.25M KCl + 0.29M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + 5mmM EDTA + 2.5% Glutaraldehyde)에 넣고 냉장실 (2~4 $^{\circ}$ C)에서 17에서 19시간동안 방치한다. 이후

sample을 근육의 결에 따라 잘게 절단하고 Solution B에 담겨있는 상태에서 균질화한 다음 슬라이드 글라스 위에 퍼서 놓아두고 근절길이 측정기에 옮겨 근절을 찾아 길이를 잰다. 근절길이를 측정하는 공식은 아래와 같다.

T: 반지름 D: 헬륨레온 레이저와 슬라이드 글라스의 높이

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

#### 자. 혈액분석

혈액분석은 돼지 경동맥으로부터 혈액을 채취한 후 혈액계수기(Vet-ABC, USA)와 혈액생화학 분석기 (Express Plus, USA)를 이용하여 자동으로 분석하였다.

#### 차. 보수력(water holding capacity)

분쇄한 시료를 미리 무게를 단 tube에 취한 다음 70℃의 water-bath에서 30분간 가열 후 냉각하여 3000rpm에서 10분간 원심분리하여 그 무게를 측정하였다. 별도로 동일한 시료에 대하여 수분함량을 drying oven 105℃에서 건조시켜 측정하였다.

$$\text{보수력 loss(\%)} = \frac{\{(수분함량(\%)/100 * (\text{시료의 채취량}(g) - \text{탈수량}(g))\}}{\text{수분함량}(\%)/100 * \text{시료의 채취량}(g)} \times 100$$

### 3. 통계 분석

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

#### 4. 결과 및 고찰

##### 가. pH

Table 3. Effect of dietary glycine betaine on pH

Treatments	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	5.50±0.09 <sup>D</sup>	5.52±0.10 <sup>DC</sup>	5.56±0.07 <sup>D</sup>	5.51±0.07 <sup>D</sup>
	T1	5.50±0.08 <sup>D</sup>	5.50±0.01 <sup>D</sup>	5.56±0.02 <sup>D</sup>	5.56±0.03 <sup>CD</sup>
	T2	5.47±0.04 <sup>Db</sup>	5.52±0.04 <sup>CDab</sup>	5.58±0.05 <sup>Da</sup>	5.56±0.01 <sup>CDa</sup>
	T3	5.52±0.06 <sup>CD</sup>	5.54±0.07 <sup>BCD</sup>	5.59±0.05 <sup>CD</sup>	5.61±0.16 <sup>BCD</sup>
Belly	C	5.71±0.18 <sup>ABCD</sup>	5.76±0.13 <sup>ABC</sup>	5.74±0.09 <sup>BCD</sup>	5.92±0.14 <sup>A</sup>
	T1	5.63±0.09 <sup>BCDc</sup>	5.64±0.11 <sup>ABCDc</sup>	5.90±0.07 <sup>ABa</sup>	5.77±0.06 <sup>ABCDb</sup>
	T2	5.80±0.22 <sup>ABC</sup>	5.83±0.16 <sup>A</sup>	5.83±0.04 <sup>AB</sup>	5.86±0.07 <sup>AB</sup>
	T3	5.76±0.10 <sup>ABCD</sup>	5.75±0.05 <sup>ABCD</sup>	5.83±0.06 <sup>AB</sup>	5.82±0.05 <sup>ABC</sup>
Picnic	C	5.86±0.06 <sup>AB</sup>	5.72±0.24 <sup>ABCD</sup>	5.78±0.14 <sup>ABCD</sup>	5.76±0.10 <sup>ABCD</sup>
	T1	5.71±0.09 <sup>ABCDb</sup>	5.80±0.13 <sup>Aab</sup>	5.99±0.23 <sup>Aa</sup>	5.85±0.05 <sup>ABab</sup>
	T2	5.63±0.06 <sup>BCD</sup>	5.78±0.21 <sup>AB</sup>	5.99±0.13 <sup>A</sup>	5.92±0.15 <sup>A</sup>
	T3	5.98±0.25 <sup>A</sup>	5.79±0.11 <sup>AB</sup>	5.82±0.18 <sup>ABC</sup>	5.84±0.23 <sup>AB</sup>
Ham	C	5.64±0.06 <sup>BCD</sup>	5.72±0.15 <sup>ABCD</sup>	5.69±0.13 <sup>BCD</sup>	5.81±0.29 <sup>ABC</sup>
	T1	5.60±0.01 <sup>BCDb</sup>	5.59±0.04 <sup>ABCDb</sup>	5.73±0.18 <sup>BCDab</sup>	5.90±0.17 <sup>Aa</sup>
	T2	5.73±0.27 <sup>ABCD</sup>	5.73±0.19 <sup>ABCD</sup>	5.72±0.15 <sup>BCD</sup>	5.96±0.17 <sup>A</sup>
	T3	5.83±0.31 <sup>AB</sup>	5.82±0.11 <sup>A</sup>	5.76±0.17 <sup>ABCD</sup>	5.96±0.10 <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).

등심의 pH는 저장기간동안 큰 차이를 나타내지 않았으며, 처리구간의 비교에서는

T3구가 다른 처리구에 비교해 높은 pH를 나타내었다. 삼겹의 pH는 저장기간이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었으나 처리구간에는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 앞다리의 pH는 저장기간이나 처리구간의 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 뒷다리 부위의 pH는 저장 후기에 T3구가 다른 처리구에 비교해 높은 값을 나타내었다. pH는 육의 보수력, 연도, 육색등에 영향을 미치는 요인이며, 일반적으로 pH가 높은 경우 육색, 연도, 보수력이 우수하게 된다. 본 연구에서 등심과 뒷다리 부위에서 T3구가 높은 pH를 나타내므로써 육질면에서는 다른구에 비교해 우수할 것으로 사료된다.

#### 나. TBARS

Table 4. Effect of dietary glycine betaine on lipid oxidation (TBARS)

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
		MA <sup>2)</sup> mg/kg			
Loin	C	0.20±0.02 <sup>c</sup>	0.21±0.01 <sup>bc</sup>	0.22±0.01 <sup>b</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>
	T1	0.20±0.02 <sup>c</sup>	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.21±0.03 <sup>b</sup>	0.24±0.05 <sup>a</sup>
	T2	0.19±0.06 <sup>b</sup>	0.20±0.02 <sup>b</sup>	0.22±0.03 <sup>ab</sup>	0.23±0.04 <sup>a</sup>
	T3	0.20±0.03 <sup>c</sup>	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.22±0.03 <sup>b</sup>	0.24±0.02 <sup>a</sup>
Belly	C	0.20±0.05 <sup>d</sup>	0.25±0.01 <sup>c</sup>	0.30±0.01 <sup>Ab</sup>	0.34±0.04 <sup>Aa</sup>
	T1	0.19±0.05 <sup>d</sup>	0.25±0.03 <sup>c</sup>	0.30±0.02 <sup>Ab</sup>	0.33±0.07 <sup>ABa</sup>
	T2	0.20±0.01 <sup>d</sup>	0.26±0.03 <sup>c</sup>	0.30±0.01 <sup>Aab</sup>	0.32±0.03 <sup>Ba</sup>
	T3	0.21±0.05 <sup>d</sup>	0.25±0.05 <sup>c</sup>	0.28±0.05 <sup>Bb</sup>	0.32±0.03 <sup>Ba</sup>
Picnic	C	0.20±0.05 <sup>c</sup>	0.23±0.02 <sup>b</sup>	0.23±0.03 <sup>b</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>
	T1	0.21±0.02 <sup>b</sup>	0.23±0.01 <sup>b</sup>	0.23±0.02 <sup>b</sup>	0.25±0.07 <sup>a</sup>
	T2	0.20±0.02 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>ab</sup>	0.23±0.02 <sup>ab</sup>	0.25±0.03 <sup>a</sup>
	T3	0.20±0.03 <sup>b</sup>	0.22±0.03 <sup>ab</sup>	0.22±0.02 <sup>ab</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>
Ham	C	0.21±0.05 <sup>c</sup>	0.21±0.07 <sup>c</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.29±0.05 <sup>Aa</sup>
	T1	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.22±0.02 <sup>b</sup>	0.23±0.01 <sup>b</sup>	0.28±0.03 <sup>ABa</sup>
	T2	0.20±0.03 <sup>d</sup>	0.22±0.02 <sup>c</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.27±0.01 <sup>Ba</sup>
	T3	0.20±0.05 <sup>c</sup>	0.20±0.03 <sup>c</sup>	0.24±0.03 <sup>b</sup>	0.26±0.04 <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>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( $p<0.05$ ).

TBARS는 지방의 산패정도를 나타내는 것으로써 TBARS값이 높을수록 산패가 많이 진행된 것이다. 저장기간 동안의 지방산패도를 보면 모든 부위의 근육에서 저장기간이 증가할수록 TBARS값이 증가하는 경향을 나타내었다. 등심, 앞다리 그리고 뒷다리의 TBARS값은 처리구간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 삼겹부위에서는 저장 9일 이후부터 T2와 T3구가 다른구에 비교해 유의적으로 낮은 TBARS값을 나타내었다. 본 연구결과 돼지에 있어 베타인의 급여가 저장기간 동안 삼겹부위의 지방산패도 함량을 낮추는 것으로 사료된다.

다. 육색

1) 명도

Table 5. Effect of dietary glycine betaine on meat color (L\*)

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	49.49±4.00 <sup>DEb</sup>	47.02±2.09 <sup>DEFb</sup>	49.00±3.91 <sup>CDb</sup>	56.99±2.25 <sup>Aa</sup>
	T1	49.25±3.79 <sup>DEb</sup>	49.84±2.60 <sup>b</sup>	47.22±2.21 <sup>DEb</sup>	55.88±2.29 <sup>Aa</sup>
	T2	47.09±2.93 <sup>Eb</sup>	47.07±2.16 <sup>DEFb</sup>	47.01±2.45 <sup>DEb</sup>	56.81±2.34 <sup>Aa</sup>
	T3	47.88±2.55 <sup>Eb</sup>	49.47±3.45 <sup>CDEb</sup>	47.50±3.10 <sup>DEb</sup>	55.88±1.39 <sup>Aa</sup>
Belly	C	51.52±1.55 <sup>CDab</sup>	53.30±3.41 <sup>ABab</sup>	54.90±3.00 <sup>Aa</sup>	49.96±5.87 <sup>CDEb</sup>
	T1	56.04±1.77 <sup>Aa</sup>	54.60±1.52 <sup>Aa</sup>	54.86±1.34 <sup>Aa</sup>	44.36±2.38 <sup>Gb</sup>
	T2	54.41±1.87 <sup>ABa</sup>	54.58±2.53 <sup>Aa</sup>	54.88±4.04 <sup>Aa</sup>	48.73±3.54 <sup>DEFb</sup>
	T3	52.81±2.34 <sup>BCb</sup>	53.88±2.91 <sup>Ab</sup>	54.35±1.68 <sup>Aa</sup>	45.16±2.30 <sup>FGc</sup>
Picnic	C	49.18±2.62 <sup>DEb</sup>	49.43±1.84 <sup>CDEb</sup>	48.71±3.55 <sup>CDb</sup>	54.40±2.70 <sup>ABa</sup>
	T1	47.06±3.67 <sup>E</sup>	50.75±2.95 <sup>BC</sup>	47.31±3.01 <sup>DE</sup>	48.53±5.13 <sup>DEF</sup>
	T2	46.49±1.62 <sup>Eb</sup>	49.30±2.63 <sup>CDEab</sup>	48.81±2.62 <sup>DEab</sup>	50.85±4.05 <sup>BCDa</sup>
	T3	46.56±3.93 <sup>Eab</sup>	45.79±3.26 <sup>Fab</sup>	44.87±1.73 <sup>Eb</sup>	48.70±4.01 <sup>DEFa</sup>
Ham	C	46.64±1.31 <sup>Ec</sup>	49.20±3.76 <sup>CDEbc</sup>	51.38±2.90 <sup>BCab</sup>	53.55±5.02 <sup>ABCa</sup>
	T1	49.63±3.04 <sup>DE</sup>	48.08±3.20 <sup>CDEF</sup>	49.25±3.53 <sup>CD</sup>	50.94±6.22 <sup>BCD</sup>
	T2	49.29±4.14 <sup>DEb</sup>	46.49±1.95 <sup>EFb</sup>	53.71±2.30 <sup>ABa</sup>	47.63±5.01 <sup>DEFGb</sup>
	T3	47.08±4.61 <sup>E</sup>	47.89±5.60 <sup>CDEF</sup>	46.29±3.51 <sup>D</sup>	45.96±3.63 <sup>EFG</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).

L\*는 육의 밝기를 나타내는 명도값으로써 L\*값이 높을수록 육색은 나빠지게 된다. 모든 부위의 근육에서 저장기간이 증가할수록 명도값도 증가하였다. 등심부위의 명도

값은 저장초기에 베타인 급여구가 대조구에 비교해 낮은 명도값은 나타내었다. 저장 13일후 삼겹, 앞다리 그리고 뒷다리 부위의 명도값은 대조구에 비교해 베타인 급여구가 낮은 명도값은 나타내었다. 본 실험결과 베타인 급여가 저장말기의 삼겹, 앞다리 그리고 뒷다리 부위의 명도값은 낮추는 것으로 사료된다.

1) 적색도

Table 6. Effect of dietary glycine betaine on meat color (a\*)

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	12.69±1.93 <sup>BCD<sub>b</sub></sup>	17.05±1.93 <sup>AB<sub>a</sub></sup>	16.80±1.63 <sup>A<sub>a</sub></sup>	7.94±1.11 <sup>GH<sub>c</sub></sup>
	T1	12.75±1.27 <sup>BCD<sub>b</sub></sup>	16.39±2.26 <sup>AB<sub>a</sub></sup>	16.39±2.26 <sup>BCD<sub>a</sub></sup>	7.80±0.93 <sup>GH<sub>c</sub></sup>
	T2	15.90±3.16 <sup>A<sub>ab</sub></sup>	18.00±3.85 <sup>A<sub>a</sub></sup>	13.69±1.59 <sup>FG<sub>b</sub></sup>	7.07±0.73 <sup>H<sub>c</sub></sup>
	T3	15.12±3.12 <sup>AB<sub>a</sub></sup>	14.94±2.34 <sup>BCD<sub>a</sub></sup>	15.75±2.04 <sup>DE<sub>a</sub></sup>	7.52±1.13 <sup>H<sub>b</sub></sup>
Belly	C	7.36±1.48 <sup>G<sub>b</sub></sup>	8.10±1.78 <sup>E<sub>b</sub></sup>	8.29±1.23 <sup>GH<sub>b</sub></sup>	13.19±2.80 <sup>CD<sub>a</sub></sup>
	T1	6.70±1.00 <sup>G<sub>b</sub></sup>	7.46±0.93 <sup>E<sub>b</sub></sup>	8.13±0.97 <sup>GH<sub>b</sub></sup>	17.76±2.59 <sup>A<sub>a</sub></sup>
	T2	8.25±1.78 <sup>FG<sub>b</sub></sup>	7.33±0.69 <sup>E<sub>b</sub></sup>	7.76±1.60 <sup>H<sub>b</sub></sup>	15.56±2.28 <sup>ABC<sub>a</sub></sup>
	T3	7.02±0.67 <sup>G<sub>b</sub></sup>	7.45±1.09 <sup>E<sub>b</sub></sup>	7.77±0.47 <sup>H<sub>b</sub></sup>	15.17±1.64 <sup>BC<sub>a</sub></sup>
Picnic	C	13.89±3.07 <sup>ABC<sub>b</sub></sup>	18.04±2.05 <sup>A<sub>a</sub></sup>	16.54±2.69 <sup>A<sub>a</sub></sup>	12.39±2.26 <sup>DE<sub>b</sub></sup>
	T1	15.59±1.74 <sup>A</sup>	17.15±2.61 <sup>AB</sup>	16.38±2.31 <sup>AB</sup>	15.65±3.83 <sup>AB</sup>
	T2	14.92±3.67 <sup>AB</sup>	17.48±2.96 <sup>AB</sup>	15.62±2.67 <sup>ABC</sup>	14.84±2.43 <sup>ABC</sup>
	T3	15.15±1.15 <sup>AB<sub>b</sub></sup>	17.14±2.00 <sup>AB<sub>a</sub></sup>	17.08±2.45 <sup>A<sub>a</sub></sup>	13.74±1.55 <sup>BC<sub>b</sub></sup>
Ham	C	13.41±2.80 <sup>ABC<sub>a</sub></sup>	13.61±4.38 <sup>CD<sub>a</sub></sup>	11.23±3.25 <sup>EF<sub>ab</sub></sup>	10.02±2.62 <sup>FG<sub>b</sub></sup>
	T1	12.10±3.13 <sup>CDE</sup>	13.33±2.89 <sup>D</sup>	14.22±1.41 <sup>BCD</sup>	13.16±2.54 <sup>CD</sup>
	T2	10.96±2.40 <sup>DE<sub>b</sub></sup>	15.94±1.09 <sup>ABC<sub>a</sub></sup>	9.98±3.08 <sup>FG<sub>b</sub></sup>	10.54±2.54 <sup>EF<sub>b</sub></sup>
	T3	9.93±3.83 <sup>EF<sub>b</sub></sup>	12.92±2.85 <sup>D<sub>ab</sub></sup>	12.92±2.85 <sup>DE<sub>ab</sub></sup>	14.59±2.82 <sup>BCD<sub>a</sub></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( $p < 0.05$ ).

$a^*$ 값은 육의 적색도를 나타내는 것으로서 일반적으로  $a^*$ 이 높을수록 육색이 좋게 나타난다. 등심부위의 적색도는 저장기간이 증가할수록 감소하였으며, 처리구간에는 뚜렷한 적색도의 변화를 나타내지 않았다. 삼겹과 앞다리 부위의 적색도 역시 저장기간과 처리구간의 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 저장 13일째 뒷다리 부위에서 베타인 급여구가 대조구에 비교해 높은 적색도를 나타냄으로써 베타인 급여가 저장말기의 뒷다리 부위의 적색도를 높이는 것으로 사료된다.

3) 황색도

Table 7. Effect of dietary glycine betaine on meat color (b\*)

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	5.27±1.56 <sup>ABb</sup>	7.41±1.10 <sup>CDEa</sup>	6.82±1.23 <sup>BCDa</sup>	7.45±1.15 <sup>BCDEFa</sup>
	T1	4.45±1.11 <sup>ABCb</sup>	7.54±1.35 <sup>BCDa</sup>	7.54±1.35 <sup>BCDa</sup>	6.61±1.09 <sup>DEFGa</sup>
	T2	4.98±2.07 <sup>ABCb</sup>	7.29±2.65 <sup>CDEFa</sup>	5.42±1.30 <sup>Db</sup>	6.63±1.07 <sup>FGab</sup>
	T3	4.79±2.08 <sup>ABCb</sup>	7.03±1.81 <sup>CDEFGa</sup>	5.72±1.59 <sup>Cdab</sup>	5.87±1.31 <sup>Gab</sup>
Belly	C	4.24±1.19 <sup>BCc</sup>	5.49±0.70 <sup>EFGHbc</sup>	5.90±1.57 <sup>CDb</sup>	8.69±1.59 <sup>ABCa</sup>
	T1	4.70±0.92 <sup>ABCb</sup>	5.33±0.85 <sup>GHb</sup>	5.89±0.93 <sup>CDb</sup>	8.15±2.09 <sup>BCa</sup>
	T2	4.69±0.75 <sup>ABCb</sup>	5.63±1.22 <sup>DEFGHb</sup>	5.82±1.90 <sup>CDb</sup>	7.60±1.34 <sup>BCDEa</sup>
	T3	3.40±1.10 <sup>Cc</sup>	4.93±1.01 <sup>Hb</sup>	5.85±0.65 <sup>CDb</sup>	7.21±1.61 <sup>CDEFa</sup>
Picnic	C	6.12±1.83 <sup>Ab</sup>	9.40±2.07 <sup>Aa</sup>	9.21±1.99 <sup>Aa</sup>	10.00±1.70 <sup>Aa</sup>
	T1	5.46±2.04 <sup>ABb</sup>	9.33±1.50 <sup>ABa</sup>	8.20±1.69 <sup>ABa</sup>	8.21±2.06 <sup>BCa</sup>
	T2	5.68±1.74 <sup>ABb</sup>	9.24±1.74 <sup>ABa</sup>	8.07±1.99 <sup>ABa</sup>	8.86±0.71 <sup>ABa</sup>
	T3	5.77±1.65 <sup>ABb</sup>	7.02±1.89 <sup>CDEFGab</sup>	8.19±2.10 <sup>ABa</sup>	8.09±1.01 <sup>BCDa</sup>
Ham	C	5.71±1.14 <sup>ABb</sup>	8.18±3.38 <sup>ABCa</sup>	7.29±1.42 <sup>BCab</sup>	7.93±1.26 <sup>BCDa</sup>
	T1	5.32±1.98 <sup>ABb</sup>	6.93±1.16 <sup>CDEFGa</sup>	7.80±1.65 <sup>ABa</sup>	8.43±1.45 <sup>BCa</sup>
	T2	5.37±1.35 <sup>ABb</sup>	7.21±1.95 <sup>CDEFGa</sup>	7.40±2.04 <sup>BCa</sup>	6.19±1.54 <sup>EFGab</sup>
	T3	4.35±1.81 <sup>BCc</sup>	5.40±1.36 <sup>FGHc</sup>	7.19±1.36 <sup>BCb</sup>	8.82±1.08 <sup>ABa</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).

b\*는 육의 황색도를 나타내는 것으로서 일반적으로 b\*값이 높을수록 육이나 지방의 색은 나빠지게 된다. 모든 근육부위에서 황색도는 저장기간이 증가할수록 높게 나타났다. 등심과 삼겹부위의 황색도는 T2와 T3구가 다른구에 비교해 낮은 황색도 값을

나타내었다. 앞다리 부위의 황색도 역시 대조구에 비교해 베타인 급여구가 낮은 황색도 값을 나타내었다. 그러나 뒷다리 부위의 황색도는 처리구간의 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.

## 라. 전단가

### 1) 등심부위 전단가

Table 8. Effect of dietary glycine betaine on shear force in loin

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).

전단력(Shear force)은 육을 절단시 소요되는 힘을 말하며, 전단력이 낮을수록 육은 연하게 된다. 등심부위의 전단력은 모든 처리구에서 저장기간이 증가할수록 감소하였으며, 베타인 급여구가 대조구에 비교하여 높은 전단력값을 나타냄으로써 베타인 급여에 의해 육은 단단해지는 것으로 사료된다.

2) 뒷다리부위 전단가

Table 9. Effect of dietary glycine betaine on shear force in ham

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods			
	1	5	9	13
	Kg/cm <sup>2</sup>			
C	5.50±0.59 <sup>Aa</sup>	2.64±0.44 <sup>Bc</sup>	2.50±0.32 <sup>Bc</sup>	2.90±0.52 <sup>Ab</sup>
T1	5.03±0.45 <sup>Ca</sup>	3.44±0.62 <sup>Ab</sup>	3.08±0.72 <sup>Ac</sup>	2.62±0.25 <sup>Bd</sup>
T2	5.46±0.36 <sup>Ba</sup>	3.40±0.63 <sup>Ab</sup>	2.88±0.36 <sup>Ac</sup>	2.76±0.21 <sup>ABc</sup>
T3	5.17±0.33 <sup>Ca</sup>	3.16±0.56 <sup>Ab</sup>	2.93±0.69 <sup>Ab</sup>	2.91±0.14 <sup>Ab</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).

뒷다리 부위의 모든 처리구에서 저장기간이 증가할수록 전단력이 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 처리구간에는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.

마. 보수력

Table 10. Effect of dietary glycine betaine on water holding capacity in ham

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
		%			
Loin	C	57.84±13.93 <sup>Aab</sup>	52.18±2.57 <sup>ABab</sup>	61.41±10.87 <sup>a</sup>	42.33±1.85 <sup>b</sup>
	T1	37.20±5.96 <sup>B</sup>	39.55±7.64 <sup>B</sup>	44.68±18.81	35.36±18.91
	T2	49.29±5.25 <sup>ABa</sup>	61.28±8.29 <sup>Aa</sup>	51.37±5.90 <sup>a</sup>	33.99±6.29 <sup>b</sup>
	T3	59.97±13.14 <sup>A</sup>	54.17±9.69 <sup>AB</sup>	48.76±17.46	39.60±14.60
Belly	C	47.02±6.32 <sup>ABb</sup>	67.67±2.79 <sup>Aa</sup>	59.01±3.98 <sup>Aa</sup>	40.29±9.15 <sup>b</sup>
	T1	37.94±4.81 <sup>B</sup>	34.00±9.49 <sup>C</sup>	36.31±7.53 <sup>B</sup>	41.41±11.41
	T2	41.23±6.34 <sup>ABab</sup>	53.24±4.95 <sup>Bab</sup>	62.56±17.01 <sup>Aa</sup>	38.51±12.66 <sup>b</sup>
	T3	56.23±12.18 <sup>A</sup>	48.41±9.07 <sup>B</sup>	53.66±11.22 <sup>AB</sup>	53.51±12.62
Picnic	C	52.53±3.29	56.95±8.02	62.87±4.59	53.80±10.40
	T1	49.81±22.57	42.73±20.68	49.58±3.70	51.20±4.57
	T2	41.64±6.35 <sup>ab</sup>	33.64±19.47 <sup>b</sup>	65.09±17.95 <sup>a</sup>	42.98±11.40 <sup>ab</sup>
	T3	50.46±1.48	47.41±1.32	53.46±12.02	47.02±29.57
Ham	C	50.65±5.14 <sup>Aa</sup>	46.27±4.66 <sup>ABab</sup>	55.63±6.04 <sup>a</sup>	38.29±5.73 <sup>p</sup>
	T1	34.72±2.67 <sup>B</sup>	32.63±3.04 <sup>B</sup>	41.58±10.87	46.64±9.39
	T2	46.98±8.33 <sup>A</sup>	40.96±5.11 <sup>AB</sup>	47.92±4.84	45.74±10.80
	T3	49.07±7.23 <sup>A</sup>	42.12±6.72 <sup>AB</sup>	50.32±5.12	36.99±12.36

<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).

보수력은 물리, 화학적인 외부 자극에 대하여 식육이 수분을 유지하려는 성질을 말한다. 식육에 있어서는 보수력이 높을수록 풍미가 우수하게 된다. 본 실험결과 모든 근육부위에서 대조구와 베타인 급여구간의 보수력의 차이는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 따라서 베타인 급여가 식육의 보수력에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

바. 관능평가

1) 등심부위 관능평가

Table 11. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in loin

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:bad), Tenderness (5:soft, 1:tough), Juiciness (5:Juicy, 1:dry), Acceptability (5:good, 1:bad)

<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( $p < 0.05$ ).

등심부위에 대한 관능검사 결과 저장 1일차에 신선육의 육색은 대조구에 비교해 배 타인 급여구가 높은 육색을 나타내었다. 그러나 다른 관능검사 항목은 처리구간에 차이를 나타내지 않았다.

2) 삼겹부위 관능평가

Table 12. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in belly

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
Fresh meat color	C	3.3 <sup>B</sup>	3.5 <sup>B</sup>	3.5 <sup>B</sup>	3.4
	T1	3.4 <sup>B</sup>	3.6 <sup>A</sup>	3.5 <sup>B</sup>	3.4
	T2	3.5 <sup>AB</sup>	3.5 <sup>B</sup>	3.6 <sup>A</sup>	3.5
	T3	3.6 <sup>A</sup>	3.6 <sup>A</sup>	3.4 <sup>C</sup>	3.4
Fresh meat flavor	C	4.2	4.3	4.2	3.9
	T1	4.2	4.5	4.3	3.8
	T2	4.1	4.5	4.4	3.9
	T3	4.3	4.4	4.2	4.0
Fresh meat Acceptability	C	4.2	4.2	4.3	4.3
	T1	4.3	4.1	4.2	4.2
	T2	4.3	4.1	4.2	4.3
	T3	4.5	3.9	4.1	4.0
Cooked meat flavor	C	4.3	4.4	4.5	4.2
	T1	4.2	4.3	4.5	4.3
	T2	4.3	4.4	4.6	4.2
	T3	4.3	4.5	4.5	4.1
Cooked meat tenderness	C	3.9 <sup>A</sup>	3.9 <sup>A</sup>	4.1	4.3
	T1	3.8 <sup>B</sup>	3.5 <sup>B</sup>	4.0	4.3
	T2	3.7 <sup>C</sup>	3.6 <sup>B</sup>	4.1	4.2
	T3	3.7 <sup>C</sup>	3.5 <sup>B</sup>	3.9	4.1
Cooked meat juiciness	C	3.2	3.8	3.8	3.6
	T1	3.3	3.8	3.7	3.5
	T2	3.2	3.6	3.8	3.6
	T3	3.1	3.7	3.7	3.6
Cooked meat acceptability	C	4.2	4.5	4.5	4.2
	T1	4.1	4.5	4.5	4.1
	T2	4.2	4.3	4.6	4.3
	T3	4.2	4.4	4.5	4.3

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

<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( $p < 0.05$ ).

삼겹부위에 대한 관능검사 결과 저장1일부터 9일까지 베타인 급여구가 대조구에 비하여 육색이 좋은 것으로 나타났다. 그러나 가열육의 연도는 베타인 급여구가 대조구에 비하여 낮게 나타남으로써 돼지에 있어 베타인의 급여는 삼겹의 연도를 떨어뜨리는 것으로 사료된다.

3) 앞다리부위 관능평가

Table 13. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in picnic.

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

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

<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( $p < 0.05$ ).

앞다리 부분의 관능검사 결과 모든 항목에서 처리구와 대조구간의 뚜렷한 값의 차이를 나타내지 않았다.

4) 뒷다리부위 관능평가

Table 14. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in ham.

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
Fresh meat color	C	4.2	4.3	4.2	4.1
	T1	4.1	4.3	4.3	4.0
	T2	4.3	4.5	4.1	4.1
	T3	4.4	4.6	4.3	4.2
Fresh meat flavor	C	3.9	3.8	3.7	4.0
	T1	3.8	3.7	3.7	4.2
	T2	3.8	3.8	3.5	4.1
	T3	3.7	3.6	3.8	4.0
Fresh meat Acceptability	C	4.2	4.0	4.3	4.5
	T1	4.1	4.3	4.4	4.5
	T2	4.3	4.2	4.5	4.6
	T3	4.2	4.1	4.2	4.5
Cooked meat flavor	C	3.9	3.8	4.0	4.2
	T1	3.8	3.7	4.1	4.2
	T2	3.9	3.8	4.1	4.3
	T3	3.7	3.7	4.2	4.1
Cooked meat tenderness	C	3.7	3.7	4.0	4.2
	T1	3.6	3.8	4.2	4.1
	T2	3.5	3.6	4.1	4.2
	T3	3.7	3.8	4.1	4.0
Cooked meat juiciness	C	3.8	3.8	3.7	4.3
	T1	3.8	3.7	3.7	4.1
	T2	3.7	3.6	3.8	4.2
	T3	3.6	3.5	3.7	4.1
Cooked meat acceptability	C	4.2	4.4	4.1	4.0
	T1	4.2	4.2	4.2	4.2
	T2	4.1	4.3	4.3	4.1
	T3	4.3	4.4	4.2	4.1

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

<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).

뒷다리 부분의 관능검사 결과 모든 항목에서 처리구와 대조구간의 뚜렷한 값의 차이를 나타내지 않았다.

### 사. 혈액분석 결과

#### 1) 혈액성분 분석

Table 15. Effect of dietary glycine betaine on blood Characteristics.

Treatments <sup>1)</sup>	Blood Characteristics <sup>2)</sup>							
	WBC (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	RBC (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	HGB (g/dl)	HCT (%)	PLT (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	MCV (μ/m <sup>3</sup> )	MCH (qg)	MCHC (g/dl)
C	17.33	6.38 <sup>B</sup>	12.26	24.70	155.00 <sup>C</sup>	55.66 <sup>A</sup>	19.20 <sup>A</sup>	34.53 <sup>B</sup>
T1	16.83	6.37 <sup>B</sup>	12.46	34.86	129.00 <sup>D</sup>	55.00 <sup>A</sup>	19.53 <sup>A</sup>	35.76 <sup>A</sup>
T2	17.00	7.15 <sup>A</sup>	12.03	35.23	196.33 <sup>B</sup>	49.33 <sup>B</sup>	16.83 <sup>C</sup>	34.13 <sup>B</sup>
T3	17.06	7.10 <sup>A</sup>	12.16	12.16	259.33 <sup>A</sup>	50.00 <sup>B</sup>	17.20 <sup>B</sup>	34.36 <sup>B</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>WBC: white blood cell count, RBC: red blood cell count, HGB: hemoglobin, HCT: hematocrit, PLT: platelet count, MCV: mean cell volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration.

<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( $p < 0.05$ ).

혈액분석결과 적혈구(RBC)와 혈소판 (PLT)의 숫치는 베타인 급여에 의해 증가하였으며, 세포의 량과 헤모글로빈 (MCH), 헤모글로빈 농도는 베타인 급여에 의해 감소하는 경향을 나타내었다. 베타인의 급여에 의해 산소의 운반작용을 하는 적혈구의 수가 증가하였으며, 혈액의 응고나 지혈작용을하는 혈소판의 수가 증가하였다. 그러나 베타인 급여에 의하여 세포의 량이나 헤모글로빈의 량은 감소하는 경향을 나타내었다.

## 2) 혈액내 중성지질 함량

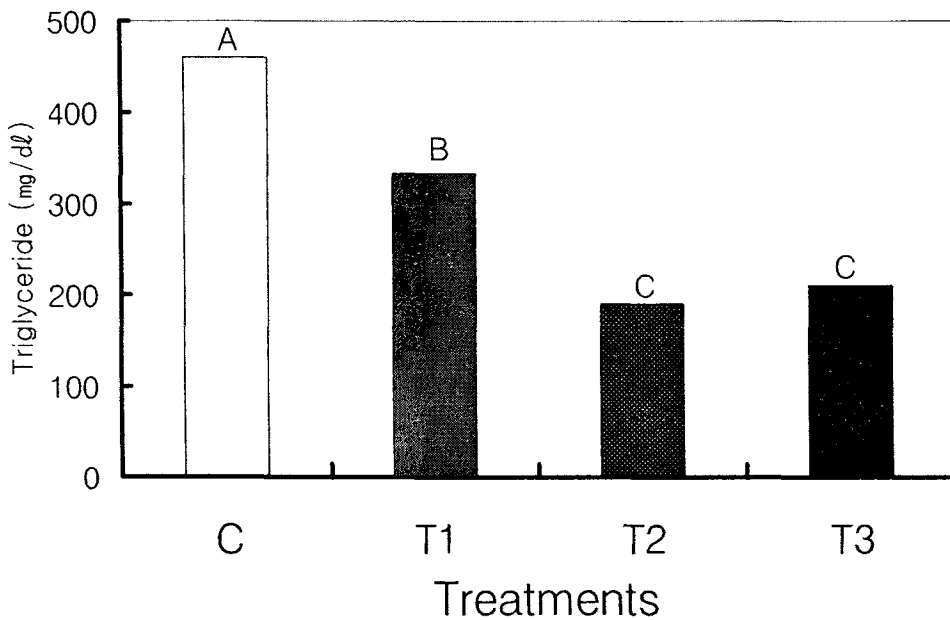


Figure 1. Effect of dietary glycine betaine on triglyceride.

C: commercial diet, T1: containing 0.2% glycine betaine, T2: containing 0.4% glycine betaine, T3: containing 0.6% glycine betaine.

혈액내중성지질의 함량은 베타인 급여구가 대조구에 비해 낮게 나타났다. 이러한 연구결과 베타인의 급여가 돼지의 혈중 중성지질의 농도를 낮추는 것으로 사료된다.

### 3) 혈액 내 Creatine phosphate 분석

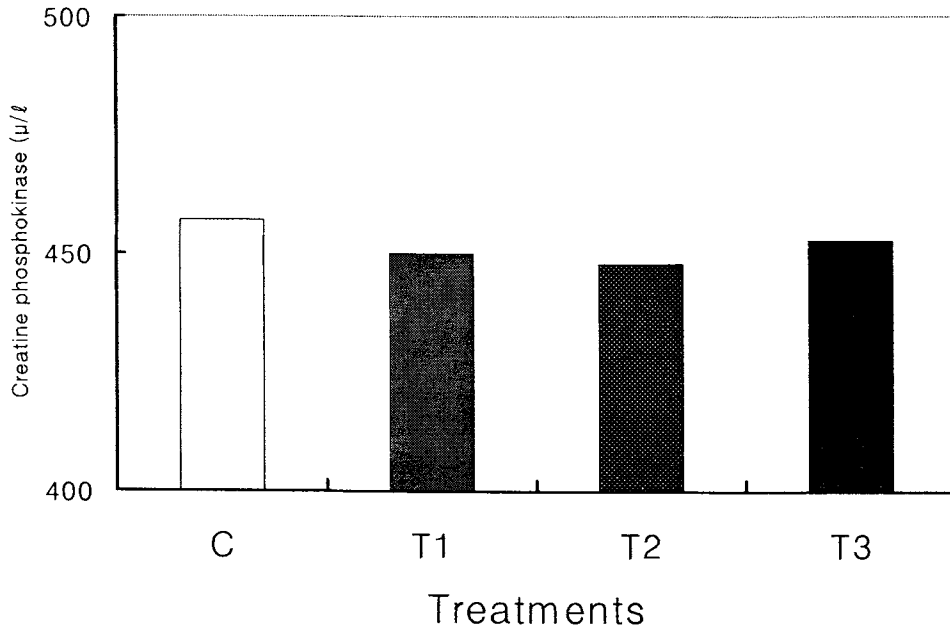


Figure 2. Effect of dietary glycine betaine on creatine phosphate.

C: commercial diet, T1: containing 0.2% glycine betaine, T2: containing 0.4% glycine betaine, T3: containing 0.6% glycine betaine.

Creatine phosphokinase의 농도는 돼지 유전자형에 의해 영향을 받을 수 있는 것으로, 스트레스에 민감한 동물이 일반적으로 높은 농도를 나타낸다. 그러나 본 연구에서는 베타인 급여에 의한 Creatine phosphokinase 농도의 차이는 나타나지 않았다.

### 4) 혈액내 glucose 함량 분석

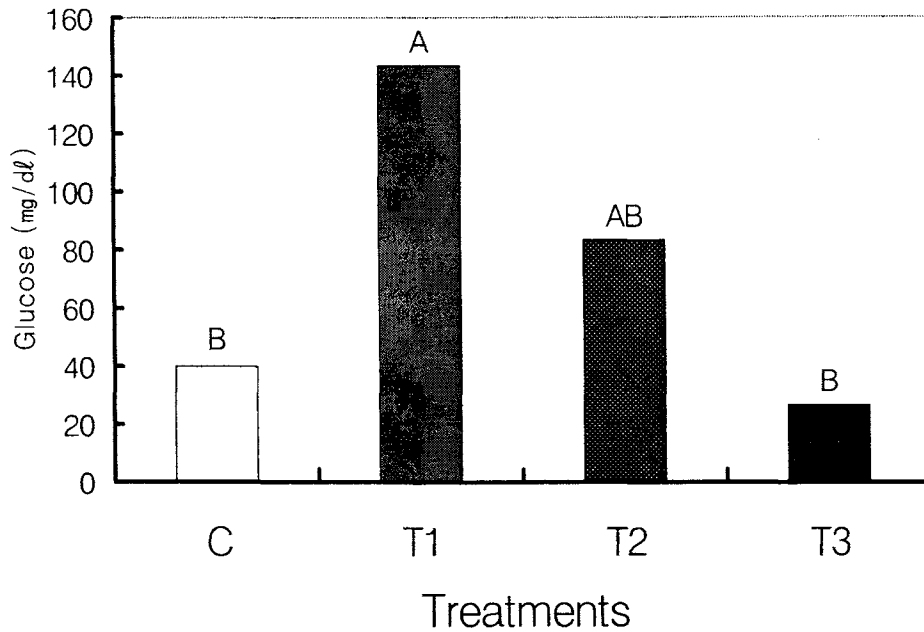


Figure 3. Effect of dietary glycine betaine on glucose.

C: commercial diet, T1: containing 0.2% glycine betaine, T2: containing 0.4% glycine betaine, T3: containing 0.6% glycine betaine.

돼지는 스트레스에 의해 혈중 Glucose의 농도가 증가하는데, 본 연구에서는 T1과 T2구가 대조구와 T3구에 비교해 높은 Glucose 함량을 나타내었다. 그러나 이러한 Glucose 농도의 증가가 베타인 급여에 의한 영향인지 수송중 스트레스에 의한 영향인지에 관해서는 좀더 세밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

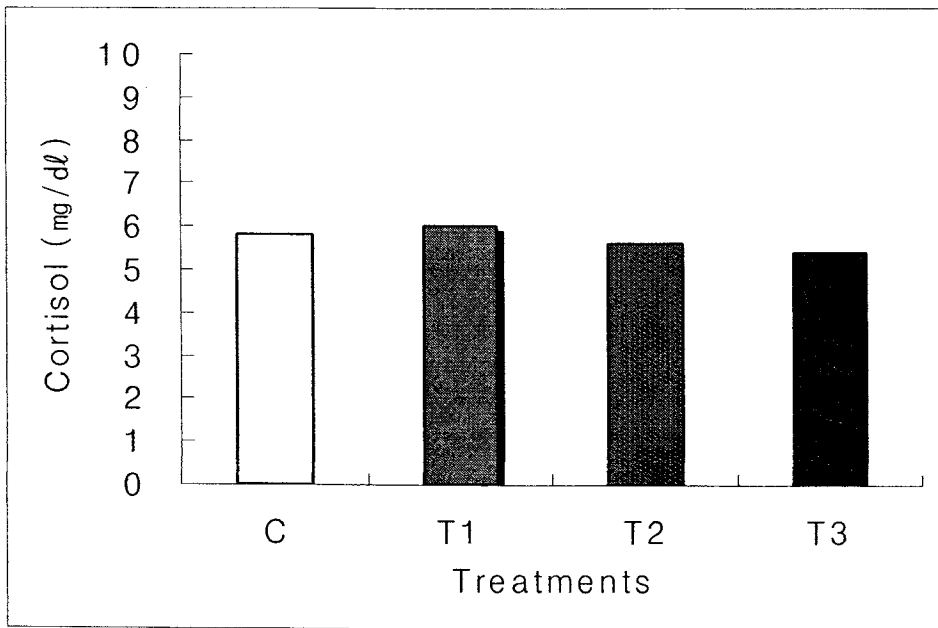


Figure 4. Effect of dietary glycine betaine on cortisol

C: commercial diet, T1: containing 0.2% glycine betaine, T2: containing 0.4% glycine betaine, T3: containing 0.6% glycine betaine.

돼지는 도축전 스트레스가 육의 품질에 영향을 미치게 되는데, 혈장내의 cortisol은 단백질과 결합되어 있으나 체내에서는 유리 형태로 작용하는 부신피질스테로이드 호르몬으로서 동물의 심리적인 스트레스를 측정하는 지표로 이용된다. Figure 4의 결과 베타인 급여에 의한 cortisol 농도의 차이는 나타나지 않았다.



자. 지방산 조성

Table 16. Effect of dietary glycine betaine on fatty acid composition.

Treatments <sup>1)</sup>	Fatty acid (%)								
	Myristic acid	Palmitic acid	Palmitoleic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Arachidonic acid	SFA/USFA <sup>2)</sup>	
Loin	C	1.55 <sup>AB</sup>	20.07 <sup>ABC</sup>	3.15 <sup>ABC</sup>	13.15 <sup>DC</sup>	43.56 <sup>ABC</sup>	14.96 <sup>AB</sup>	3.56 <sup>AB</sup>	34.77/65.23
	T1	1.35 <sup>AB</sup>	19.57 <sup>BCD</sup>	2.96 <sup>ABCDE</sup>	13.94 <sup>ABCD</sup>	43.90 <sup>ABC</sup>	14.45 <sup>AB</sup>	3.83 <sup>A</sup>	34.86/65.14
	T2	1.44 <sup>AB</sup>	21.54 <sup>A</sup>	3.42 <sup>AB</sup>	13.69 <sup>BCD</sup>	43.75 <sup>ABC</sup>	12.56 <sup>B</sup>	3.60 <sup>AB</sup>	36.67/63.33
	T3	1.40 <sup>AB</sup>	20.63 <sup>AB</sup>	2.57 <sup>BCDE</sup>	15.25 <sup>AB</sup>	43.37 <sup>ABC</sup>	13.09 <sup>B</sup>	3.69 <sup>AB</sup>	37.28/62.72
Belly	C	1.55 <sup>AB</sup>	18.89 <sup>BCD</sup>	2.13 <sup>E</sup>	12.76 <sup>DE</sup>	45.65 <sup>AB</sup>	16.69 <sup>AB</sup>	2.33 <sup>B</sup>	33.20/66.80
	T1	1.42 <sup>AB</sup>	18.98 <sup>BCD</sup>	2.27 <sup>CDE</sup>	14.31 <sup>ABCD</sup>	42.63 <sup>BC</sup>	17.27 <sup>AB</sup>	3.17 <sup>AB</sup>	34.71/65.34
	T2	1.61 <sup>AB</sup>	18.44 <sup>CD</sup>	2.54 <sup>BCDE</sup>	15.01 <sup>ABC</sup>	42.09 <sup>C</sup>	17.18 <sup>AB</sup>	3.12 <sup>AB</sup>	35.06/64.92
	T3	1.30 <sup>AB</sup>	18.31 <sup>CD</sup>	2.45 <sup>CDE</sup>	15.71 <sup>A</sup>	45.28 <sup>AB</sup>	14.72 <sup>AB</sup>	2.24 <sup>B</sup>	35.32/64.69
Picnic	C	1.37 <sup>AB</sup>	18.11 <sup>D</sup>	2.21 <sup>DE</sup>	12.73 <sup>DE</sup>	43.73 <sup>ABC</sup>	18.34 <sup>A</sup>	3.52 <sup>AB</sup>	32.21/67.80
	T1	1.51 <sup>AB</sup>	19.84 <sup>BCD</sup>	2.25 <sup>CDE</sup>	14.26 <sup>ABCD</sup>	45.25 <sup>AB</sup>	12.61 <sup>B</sup>	4.28 <sup>A</sup>	35.61/64.39
	T2	1.54 <sup>AB</sup>	19.32 <sup>BCD</sup>	3.51 <sup>A</sup>	13.16 <sup>CD</sup>	43.89 <sup>ABC</sup>	15.07 <sup>AB</sup>	3.51 <sup>AB</sup>	34.02/65.98
	T3	1.27 <sup>B</sup>	18.55 <sup>CD</sup>	2.39 <sup>CDE</sup>	14.13 <sup>ABCD</sup>	44.22 <sup>ABC</sup>	16.09 <sup>AB</sup>	3.48 <sup>AB</sup>	33.95/66.18
Ham	C	1.78 <sup>A</sup>	18.88 <sup>BCD</sup>	2.30 <sup>ABCDE</sup>	11.03 <sup>E</sup>	45.70 <sup>AB</sup>	15.53 <sup>AB</sup>	4.08 <sup>A</sup>	31.69/67.61
	T1	1.52 <sup>AB</sup>	19.50 <sup>BCD</sup>	2.27 <sup>CDE</sup>	13.46 <sup>BCD</sup>	45.83 <sup>A</sup>	14.14 <sup>AB</sup>	3.28 <sup>AB</sup>	34.48/65.52
	T2	1.32 <sup>AB</sup>	19.92 <sup>ABC</sup>	3.10 <sup>ABCD</sup>	12.35 <sup>DE</sup>	45.34 <sup>AB</sup>	14.33 <sup>AB</sup>	3.64 <sup>AB</sup>	33.59/66.41
	T3	1.20 <sup>B</sup>	19.44 <sup>BCD</sup>	2.38 <sup>CDE</sup>	13.71 <sup>BCD</sup>	43.53 <sup>ABC</sup>	15.85 <sup>AB</sup>	3.89 <sup>A</sup>	34.35/65.65

<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 column with different letters are different(p<0.05).

지방산은 지방의 구성성분으로써 지방의 이화학적인 성질 및 식육의 풍미에 영향을 미치며, 사료에 많은 영향을 받는다. 지방산 분석결과 등심, 삼겹, 앞다리, 뒷다리 모두에서 베타인 급여에 의해 불포화 지방산의 함량을 감소하고 포화지방산의 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 포화지방산은 불포화 지방산에 비교해 산화에 더 안정한 구조를 가지는데, 베타인 급여에 의한 포화지방산의 증가는 육의 저장시 지방산화를 억제시키는 작용을 할 수 있을 것이다.

#### 차. 콜레스테롤

Table 15. Effect of dietary glycine betaine on cholesterol.

Treatments <sup>1)</sup>		Cholesterol (mg/100g)
Loin	C	43.10
	T1	42.86
	T2	40.52
	T3	37.96
Ham	C	44.28
	T1	44.07
	T2	44.10
	T3	42.68

<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 급여에 따른 돈육 내 cholesterol 함량을 Table 15에서 나타내었다. 높은 cholesterol은 인체에 들어가 동맥경화와 같은 병의 원인이 되므로 근래에 들어 cholesterol의 섭취를 기피하는 경향이다. cholesterol분석결과 등심 및 뒷다리의 경우 처리수준이 증가할수록 함량이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 betaine의 급여가 돈육 내 cholesterol함량을 낮추는 것으로 판단된다.

카. 근절길이

Table 17. Effect of dietary glycine betaine on sarcomere length

Treatments <sup>1)</sup>		Storage(days)			
		1	5	9	13
		$\mu\text{m}$			
Loin	C	0.75±0.05 <sup>Ac</sup>	0.83±0.04 <sup>Ab</sup>	0.87±0.08 <sup>Ab</sup>	0.94±0.08 <sup>ABa</sup>
	T1	0.67±0.12 <sup>ABb</sup>	0.70±0.11 <sup>Bb</sup>	0.78±0.16 <sup>Bab</sup>	0.83±0.16 <sup>BCa</sup>
	T2	0.73±0.04 <sup>Ac</sup>	0.85±0.07 <sup>Ab</sup>	0.91±0.12 <sup>Aab</sup>	1.00±0.22 <sup>Aa</sup>
	T3	0.61±0.17 <sup>Bc</sup>	0.65±0.08 <sup>Bbc</sup>	0.73±0.11 <sup>Bab</sup>	0.80±0.11 <sup>Ca</sup>
Belly	C	1.63±0.07 <sup>Ac</sup>	1.81±0.14 <sup>Ab</sup>	1.90±0.15 <sup>Ab</sup>	2.11±0.30 <sup>Aa</sup>
	T1	0.63±0.15 <sup>Ad</sup>	1.79±0.16 <sup>Ac</sup>	1.98±0.10 <sup>Ab</sup>	2.18±0.20 <sup>Aa</sup>
	T2	1.52±0.21 <sup>Bc</sup>	1.66±0.18 <sup>Bc</sup>	1.89±0.21 <sup>Ab</sup>	2.21±0.30 <sup>Aa</sup>
	T3	1.12±0.09 <sup>Cc</sup>	1.21±0.07 <sup>Cbc</sup>	1.26±0.06 <sup>Bb</sup>	1.43±0.26 <sup>Ba</sup>
Picnic	C	1.55±0.12 <sup>Bc</sup>	1.64±0.15 <sup>Bc</sup>	1.82±0.13 <sup>Bb</sup>	1.95±0.15 <sup>ABa</sup>
	T1	1.50±0.09 <sup>BCc</sup>	1.60±0.06 <sup>Bb</sup>	1.76±0.14 <sup>Ba</sup>	1.81±0.12 <sup>BCa</sup>
	T2	1.67±0.26 <sup>Ab</sup>	1.86±0.24 <sup>Aab</sup>	1.97±0.30 <sup>Aa</sup>	2.01±0.30 <sup>Aa</sup>
	T3	1.41±0.13 <sup>Cc</sup>	1.53±0.06 <sup>BCb</sup>	1.63±0.08 <sup>Ca</sup>	1.65±0.10 <sup>Ca</sup>
Ham	C	1.48±1.33 <sup>Ad</sup>	1.62±0.07 <sup>Ac</sup>	1.88±0.11 <sup>Ab</sup>	2.02±0.26 <sup>Aa</sup>
	T1	1.49±0.11 <sup>Ac</sup>	1.66±0.10 <sup>Ab</sup>	1.74±0.14 <sup>Bb</sup>	1.91±0.39 <sup>ABa</sup>
	T2	1.53±0.23 <sup>Ac</sup>	1.66±0.19 <sup>Abc</sup>	1.83±0.30 <sup>ABab</sup>	2.02±0.59 <sup>Aa</sup>
	T3	1.36±0.14 <sup>Bc</sup>	1.42±0.12 <sup>Bc</sup>	1.52±0.13 <sup>Cb</sup>	1.66±0.10 <sup>Ba</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).

근절길이는 근육의 질감과 연함을 나타내는 지표로써 근절의 길이가 길수록 육은 상대적으로 연하게 된다. 실험결과 모든 근육 부위에서 저장기간이 증가할수록 근절

의 길이는 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 베타인 급여구는 대조구에 비교하여 근질의 길이가 길게 나타났는데 이러한 이유는 베타인 급여에 의해 단백질의 함량이 증가한 결과로 사료된다.

타. 조지방

Table 18. Effect of dietary glycine betaine on Crude fat

Treatments <sup>1)</sup>		Crude fat
		%
Loin	C	8.10±0.98 <sup>A</sup>
	T1	7.53±1.04 <sup>AB</sup>
	T2	6.96±1.34 <sup>B</sup>
	T3	6.22±0.28 <sup>B</sup>
Belly	C	33.30±3.29
	T1	34.74±5.45
	T2	34.32±2.45
	T3	33.30±3.11
Picnic	C	14.54±0.73 <sup>A</sup>
	T1	7.96±1.02 <sup>C</sup>
	T2	8.31±0.37 <sup>C</sup>
	T3	10.92±1.98 <sup>B</sup>
Ham	C	6.66±1.43
	T1	6.54±1.15
	T2	6.70±0.51
	T3	6.40±1.11

<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).

일반성분 분석에서 등심과 앞다리의 조지방 함량은 대조구에 비해 베타인 급여구가 낮은 조지방 함량을 나타내었다. 그러나 삼겹과 뒷다리 부위는 베타인 급여구와 처리구간의 차이를 나타내지 않았다. 본 실험결과 베타인 급여에 의해 등심과 앞다리 부위의 지방축적이 감소하는 것을 발견하였다. 국내 소비자들의 육류소비 패턴은 지방함량이 높은 육을 선호하기 때문에 식육의 구매에 있어 부정적인 영향을 줄 수도 있을 것이다. 그러나 지방과 콜레스테롤의 섭취를 기피하는 소비자나 외국의 경우 식육의 선택에 있어 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

#### 파. 도체등급

Table 19. Effect of dietary glycine betaine on yield grade of pigs.

Treatments <sup>1)</sup>	yield grade			
	A	B	C	D
C	9 <sup>2)</sup>	18	12	6
T1	15	14	10	5
T2	19	10	12	4
T3	7	14	16	8

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

2) Number of pigs

도축된 시험돼지의 등급 출현정도를 보면 T2구가 A등급 출현두수가 가장 많으며, T1구가 다음으로 많은 A등급 출현정도를 나타내었다. 그러나 B등급 출현정도는 대조구가 높게 나타났으며, D등급 출현정도는 T3구가 가장 높았다. 본 연구결과 T2구가 도체등급이 가장 우수한 것으로 사료된다.

## 제 3 절 베타인 급여에 따른 도체특성 및 육질변화 측정

### 1. 공시재료

시험에 공시한 돼지는 Berkshire를 이용하였으며, 실험설계는 일반 배합사료를 급여하는 대조구와 대조구에 급여하는 배합사료에 glycine betaine을 0.2% 첨가한 처리구 1, 0.4% 첨가한 처리구 2 그리고 0.6%를 첨가한 처리구 3으로 설정하여 급여한 것을 110kg에 이를 때 도축하여 혈액분석과 육질분석 시험에 공시하였다. 시험에 공시된 시험구는 경상남도첨단양돈연구소(산청군 소재)에서 사육된 돼지로 함양축산(함양군 소재)에서 6시간 동안 계류를 실시한 후 도축하였다. 도축된 돼지는 경상대학교 식육과학 연구실로 이송하여 저장기간별 및 부위별 물리·이화학적 특성을 분석하였다.

### 2. 재료 및 방법

앞의 “제 2 절 베타인 급여에 의한 육질 변화 측정”과 동일한 방법을 사용함.

### 3. 결과 및 고찰

가. 일반성분 분석

Table 1. Effect of dietary glycine betaine on proximate analysis

Treatments <sup>1)</sup>		Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Ash
Loin	C	71.27±2.12 <sup>A</sup>	22.38±1.57 <sup>ABC</sup>	2.68±0.10 <sup>E</sup>	6.50±1.20 <sup>CD</sup>
	T1	73.59±0.73 <sup>A</sup>	20.81±0.96 <sup>ABC</sup>	2.66±0.24 <sup>E</sup>	4.77±0.10 <sup>EF</sup>
	T2	72.86±0.42 <sup>A</sup>	21.20±0.33 <sup>ABC</sup>	2.57±0.17 <sup>E</sup>	4.45±1.10 <sup>FGH</sup>
	T3	72.70±0.17 <sup>A</sup>	21.14±0.64 <sup>ABC</sup>	2.82±0.28 <sup>E</sup>	5.45±1.02 <sup>DEF</sup>
Picnic	C	74.68±0.06 <sup>A</sup>	18.94±0.60 <sup>BC</sup>	6.88±0.55 <sup>ABC</sup>	3.34±0.39 <sup>H</sup>
	T1	75.73±0.38 <sup>A</sup>	18.45±0.74 <sup>BC</sup>	5.42±0.78 <sup>ABCD</sup>	3.41±0.26 <sup>GH</sup>
	T2	74.84±0.57 <sup>A</sup>	19.88±0.40 <sup>ABC</sup>	5.19±0.97 <sup>BCDE</sup>	3.45±1.24 <sup>GH</sup>
	T3	73.91±0.60 <sup>A</sup>	19.66±0.47 <sup>ABC</sup>	7.84±1.18 <sup>AB</sup>	3.96±0.15 <sup>FGH</sup>
Ham	C	72.91±1.89 <sup>A</sup>	20.20±1.78 <sup>ABC</sup>	5.21±4.16 <sup>BCDE</sup>	5.18±0.33 <sup>DEF</sup>
	T1	74.30±0.60 <sup>A</sup>	18.84±1.18 <sup>ABC</sup>	4.98±0.76 <sup>CDE</sup>	4.99±0.71 <sup>DEFG</sup>
	T2	73.68±0.46 <sup>A</sup>	19.50±0.75 <sup>ABC</sup>	8.32±1.74 <sup>A</sup>	5.60±0.74 <sup>DEF</sup>
	T3	77.50±5.09 <sup>A</sup>	18.36±4.67 <sup>C</sup>	7.58±2.56 <sup>ABC</sup>	5.43±0.47 <sup>DEF</sup>
Belly	C	59.29±9.36 <sup>B</sup>	22.00±4.67 <sup>ABC</sup>	4.38±1.43 <sup>DE</sup>	6.26±0.38 <sup>CDE</sup>
	T1	59.16±6.28 <sup>BC</sup>	18.79±1.51 <sup>BC</sup>	3.16±0.57 <sup>E</sup>	7.19±0.77 <sup>BC</sup>
	T2	52.12±5.46 <sup>C</sup>	23.48±3.49 <sup>A</sup>	3.64±0.49 <sup>E</sup>	9.04±1.91 <sup>A</sup>
	T3	55.92±7.37 <sup>BC</sup>	22.78±3.85 <sup>AB</sup>	4.01±1.41 <sup>E</sup>	8.20±0.92 <sup>AB</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).

돈육의 일반성분을 Table 1에서 나타내었다. 수분의 경우 삼겹을 제외한 다른 부위에서는 대조구와 베타인의 급여한 처리구에서 차이가 나타나지 않았다. 그러나 삼겹에서는 다른 부위에 비해 적은 수분 함량을 보이는 것을 알 수 있으며, 단백질의 경우 20% 내외로 대조구와 처리구간에 큰 차이가 나타나지 않았다. 지방의 경우 뒷다리

부위에서 베타인을 급여한 처리구(T2 및 T3)에서 높은 함량을 보이거나 다른 부위는 큰 차이를 보이지 않으며, 삼겹 부위에서 지방 함량이 낮게 나타난 것은 삼겹의 지방을 제외한 근육으로만 실험이 이루어졌기 때문이다. 회분의 경우 등심에서는 처리구에 비해 베타인을 급여하지 않은 구에서 높은 값을 보이거나 삼겹 부위에서는 반대적인 결과를 보여준다. 또한, 다른 부위에 비하여 삼겹 부위에서 높은 회분 함량을 보여준다.

#### 나. pH

Table 2. Effect of dietary glycine betaine on pH

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	5.64±0.07 <sup>DE</sup>	5.69±0.04 <sup>BC</sup>	5.78±0.02 <sup>BCD</sup>	5.76±0.03 <sup>D</sup>
	T1	5.52±0.02 <sup>Eb</sup>	5.52±0.01 <sup>Cb</sup>	5.65 <sup>Da</sup>	5.70±0.05 <sup>Da</sup>
	T2	5.53±0.04 <sup>Eb</sup>	5.59±0.05 <sup>Cab</sup>	5.60±0.02 <sup>Dab</sup>	5.70±0.05 <sup>Da</sup>
	T3	5.61±0.02 <sup>DEb</sup>	5.60±0.04 <sup>Cb</sup>	5.68±0.01 <sup>CDb</sup>	5.77±0.02 <sup>Da</sup>
Picnic	C	6.02±0.56 <sup>ABC</sup>	6.17±0.09 <sup>A</sup>	6.04±0.13 <sup>AB</sup>	6.05±0.10 <sup>ABC</sup>
	T1	6.00±0.09 <sup>ABC</sup>	5.95±0.04 <sup>AB</sup>	6.02±0.15 <sup>AB</sup>	5.97±0.12 <sup>ABCD</sup>
	T2	6.19±0.21 <sup>A</sup>	6.28±0.16 <sup>A</sup>	6.05±0.06 <sup>A</sup>	6.10±0.15 <sup>ABC</sup>
	T3	5.86±0.13 <sup>ABCD</sup>	6.19±0.16 <sup>A</sup>	6.14±0.02 <sup>A</sup>	6.09±0.12 <sup>ABC</sup>
Ham	C	5.81±0.10 <sup>BCDEb</sup>	6.06±0.01 <sup>Aa</sup>	6.06±0.06 <sup>Aa</sup>	5.89±0.06 <sup>CDab</sup>
	T1	5.74±0.09 <sup>CDE</sup>	5.93±0.15 <sup>AB</sup>	5.90±0.01 <sup>ABCD</sup>	5.72±0.01 <sup>D</sup>
	T2	5.74±0.05 <sup>CDE</sup>	5.99±0.19 <sup>AB</sup>	5.93±0.03 <sup>ABC</sup>	5.90±0.14 <sup>BCD</sup>
	T3	5.74±0.04 <sup>CDE</sup>	5.96±0.19 <sup>AB</sup>	5.87±0.10 <sup>ABCD</sup>	5.83±0.10 <sup>CD</sup>
Belly	C	6.09±0.08 <sup>AB</sup>	6.17±0.01 <sup>A</sup>	6.10±0.04 <sup>A</sup>	6.11±0.03 <sup>AB</sup>
	T1	5.93±0.09 <sup>ABCD</sup>	6.06±0.11 <sup>A</sup>	5.97±0.08 <sup>AB</sup>	6.04±0.14 <sup>ABC</sup>
	T2	6.14±0.18 <sup>AB</sup>	6.20±0.08 <sup>A</sup>	6.09±0.16 <sup>A</sup>	6.20±0.04 <sup>A</sup>
	T3	6.05±0.09 <sup>ABC</sup>	6.21±0.05 <sup>A</sup>	6.13±0.12 <sup>A</sup>	6.17±0.03 <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( $p<0.05$ ).

등심의 pH는 저장기간동안 대조구를 제외한 처리구에서 증가하는 것을 알 수 있으며, 처리구간의 비교에서는 대조구인 C가 저장 9일째까지는 높게 나타났으나, 저장 13일째에는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 앞다리의 pH는 저장기간에서 뚜렷한 차이를 나타내지 않았지만, 저장기간이 증가할수록 대조구에 비하여 T2, T3에서 높은 pH 값을 보여준다. 뒷다리 부위의 pH는 C에서 저장기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보이며, 처리구간 비교에서 높은 값을 보여준다. 그러나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 삼겹의 pH는 저장기간에 다른 차이는 없으며, 처리구간에는 T2와 T3에서 높은 값을 보여준다. pH는 육의 보수력, 연도, 육색 등에 영향을 미치는 요인으로 보수력이 좋은 육을 생산할 확률이 높을 뿐만 아니라 짙은 육색을 나타낼 가능성이 높아진다. 본 연구에서 앞다리와 삼겹부위에서 T2와 T3구가 높은 pH를 나타냄으로서 육질면에서는 다른구에 비해 우수할 것으로 사료된다. 또한 사후 낮은 pH는 육질에 나쁜 영향을 미쳐 이상육(PSE)의 발생의 원인되는 것으로 이는 육색, 보수력 및 전단가 등의 원인이 된다. 따라서 베타인 급여구에서 사후 높은 pH 값을 보이는 것으로 미루어 이상육 발생을 줄일 수 있을 것이라 사료된다.

#### 다. TBARS

Table 3. Effect of dietary glycine betaine on lipid oxidation (TBARS)

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
		MA <sup>2)</sup> mg/kg			
Loin	C	0.06±0.01 <sup>AB</sup>	0.11±0.04 <sup>A</sup>	0.14±0.02	0.15±0.02
	T1	0.02±0.01 <sup>C</sup>	0.06±0.02 <sup>AB</sup>	0.11±0.01	0.16±0.04
	T2	0.03±0.01 <sup>BC</sup>	0.03±0.01 <sup>B</sup>	0.12±0.01	0.13
	T3	0.07 <sup>A</sup>	0.12±0.01 <sup>A</sup>	0.15±0.02	0.19
Picnic	C	0.10±0.01	0.10±0.02	0.12±0.02 <sup>B</sup>	0.15±0.02
	T1	0.04±0.02 <sup>b</sup>	0.07±0.02 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>ABa</sup>	0.17±0.03 <sup>a</sup>
	T2	0.07±0.03 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>ABa</sup>	0.18±0.03 <sup>a</sup>
	T3	0.01±0.02 <sup>b</sup>	0.11±0.03 <sup>b</sup>	0.19±0.02 <sup>Aa</sup>	0.20±0.03 <sup>a</sup>
Ham	C	0.10±0.01 <sup>A</sup>	0.11±0.02	0.15±0.03 <sup>AB</sup>	0.16±0.02 <sup>AB</sup>
	T1	0.04±0.02 <sup>B</sup>	0.15±0.17	0.13±0.03 <sup>AB</sup>	0.16±0.01 <sup>AB</sup>
	T2	0.05±0.01 <sup>Bc</sup>	0.07±0.01 <sup>bc</sup>	0.10±0.02 <sup>Bb</sup>	0.14±0.01 <sup>Ba</sup>
	T3	0.11±0.01 <sup>Ab</sup>	0.11±0.02 <sup>b</sup>	0.21±0.01 <sup>Aa</sup>	0.19±0.02 <sup>Aa</sup>
Belly	C	0.09±0.03 <sup>ABb</sup>	0.12±0.03 <sup>b</sup>	0.18±0.02 <sup>Abb</sup>	0.28±0.04 <sup>a</sup>
	T1	0.06±0.01 <sup>Bb</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.02 <sup>ABb</sup>	0.27±0.06 <sup>a</sup>
	T2	0.07±0.02 <sup>ABb</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.09±0.04 <sup>Bb</sup>	0.26±0.03 <sup>a</sup>
	T3	0.13±0.01 <sup>Ab</sup>	0.11±0.02 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>ABb</sup>	0.37±0.09

<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).

TBARS는 지방의 산패정도를 나타냄으로서 저장기간을 확인할 수 있는 것으로 TBARS값이 높을수록 산패가 많이 진행된 것으로 인식한다. 저장기간 동안의 지방산패도를 보면 모든 부위의 근육에서 저장기간이 증가할수록 TBARS값이 증가하는 경향을 나타내었다. 앞다리 부위의 경우 대조구가 처리구에 비해 낮은 값을 보이거나 등

심, 뒷다리 및 삼겹의 경우 대조구에 비하여 T2구에서 낮은 값을 보여준다. 본 연구 결과 돼지에 있어 베타인의 급여가 저장기간 동안 등심, 뒷다리 및 삼겹부위의 지방 산패도 함량을 낮추는 것으로 사료된다.

## 라. 육색

### 1) 명도

Table 4. Effect of dietary glycine betaine on meat color (L\*)

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	50.13±1.53 <sup>Bb</sup>	49.90±0.50 <sup>Cb</sup>	54.05±1.48 <sup>ABa</sup>	52.75±0.52 <sup>Bab</sup>
	T1	53.53±1.41 <sup>ABab</sup>	52.03±1.58 <sup>BCb</sup>	56.21±0.39 <sup>ABa</sup>	55.24±0.97 <sup>Bab</sup>
	T2	54.37±1.41 <sup>Ab</sup>	61.05±1.11 <sup>Aa</sup>	57.87±1.80 <sup>Aab</sup>	60.07±0.84 <sup>Aa</sup>
	T3	53.39±0.46 <sup>AB</sup>	54.54±0.57 <sup>B</sup>	53.16±1.29 <sup>B</sup>	53.12±1.20 <sup>B</sup>
Picnic	C	39.92±2.34 <sup>ab</sup>	38.79±1.40 <sup>Bb</sup>	40.53±1.03 <sup>ab</sup>	44.45±1.02 <sup>Aa</sup>
	T1	40.93±0.85 <sup>b</sup>	43.88±1.25 <sup>Aab</sup>	42.42±1.20 <sup>b</sup>	46.81±1.23 <sup>Aa</sup>
	T2	40.08±1.44	40.06±2.05 <sup>AB</sup>	40.04±1.05	40.70±0.91 <sup>B</sup>
	T3	41.77±1.54 <sup>b</sup>	42.08±0.91 <sup>ABb</sup>	41.06±0.72	45.59±1.18 <sup>Aa</sup>
Ham	C	43.45±0.86 <sup>AB</sup>	42.14±1.68 <sup>B</sup>	40.34±1.17 <sup>B</sup>	43.93±1.47
	T1	36.90±3.95 <sup>Bb</sup>	46.22±1.37 <sup>ABa</sup>	43.74±1.41 <sup>ABa</sup>	45.84±0.32 <sup>a</sup>
	T2	45.45±1.66 <sup>A</sup>	46.68±2.03 <sup>AB</sup>	47.24±2.10 <sup>A</sup>	44.89±2.07
	T3	40.24±1.46 <sup>ABb</sup>	47.46±1.31 <sup>Aa</sup>	40.38±0.68 <sup>Bb</sup>	45.46±1.63 <sup>a</sup>
Belly	C	41.05±0.47 <sup>a</sup>	47.46±1.31 <sup>b</sup>	41.46±1.07 <sup>a</sup>	41.96±1.56 <sup>a</sup>
	T1	41.47±1.48	43.22±0.83	43.47±0.85	44.26±1.53
	T2	41.10±0.87	45.25±1.97	44.52±1.71	42.64±0.47
	T3	39.56±1.52 <sup>b</sup>	44.10±0.87 <sup>a</sup>	42.49±0.90 <sup>ab</sup>	41.63±0.92 <sup>ab</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( $p < 0.05$ ).

일반적으로 육색은 소비자들이 육의 구매를 결정하는 가장 중요한 요인으로 작용한다. L\*값은 육의 밝기를 나타내는 명도로서 L\*값이 높을수록 육색은 밝은색을 나타내므로 소비자가 기피하는 경향이 있다. 모든 부위의 근육에서 저장기간이 증가할수록 명도 값도 증가하였다. 등심부위의 명도 값은 저장초기에 베타인 급여구가 대조구에 비해 높은 값을 나타내었다. 그러나, 저장 9일 이후에는 T3에서 낮은 값을 보여준다. 앞다리의 경우 T2에서 저장 13일째 낮은 명도 값을 보이며, 삼겹 부위의 명도 값은 유의적인 차이는 나타나지 않으나 대조구에 비해 베타인 급여구가 낮은 값을 보여준다. 본 실험결과 베타인 급여가 저장말기의 등심, 앞다리 그리고 뒷다리 부위의 명도 값은 낮추는 것으로 이상육(PSE) 발생을 억제 시킬 수 있을 것이라 사료된다.

2) 적색도

Table 5. Effect of dietary glycine betaine on meat color (a\*)

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	8.48±0.21 <sup>B</sup>	7.97±0.34	8.58±0.42 <sup>AB</sup>	8.35±0.45 <sup>B</sup>
	T1	10.04±0.19 <sup>Aa</sup>	9.64±0.61a	7.85±0.64 <sup>Bb</sup>	7.46±0.55 <sup>ABb</sup>
	T2	8.72±0.41 <sup>AB</sup>	8.04±0.55	8.87±0.44 <sup>AB</sup>	8.69±0.44 <sup>AB</sup>
	T3	9.45±0.65 <sup>AB</sup>	9.21±0.57	9.66±0.33 <sup>A</sup>	9.42±0.67 <sup>A</sup>
Picnic	C	16.10±1.77 <sup>Bab</sup>	17.86±0.55 <sup>ab</sup>	19.41±1.00 <sup>a</sup>	14.15±1.45 <sup>b</sup>
	T1	20.54±0.73 <sup>Aa</sup>	19.77±1.46 <sup>a</sup>	18.48±0.44 <sup>a</sup>	15.06±0.97 <sup>b</sup>
	T2	16.52±0.73 <sup>B</sup>	18.33±0.68	18.75±0.37	16.80±1.11
	T3	18.44±0.14 <sup>AB</sup>	19.34±1.18	18.59±0.53	17.41±0.98
Ham	C	14.68±1.11 <sup>a</sup>	12.16±0.88 <sup>Bab</sup>	13.89±0.70 <sup>Bab</sup>	11.71±0.82 <sup>Bb</sup>
	T1	17.40±1.36 <sup>a</sup>	16.27±0.99 <sup>Aa</sup>	18.08±0.80 <sup>Aa</sup>	12.11±0.33 <sup>Bb</sup>
	T2	15.14±1.58	15.95±1.44 <sup>A</sup>	13.13±0.90 <sup>B</sup>	14.48±0.88 <sup>A</sup>
	T3	17.95±0.93 <sup>a</sup>	16.11±1.04 <sup>Aa</sup>	17.76±0.73 <sup>Aa</sup>	13.04±0.38 <sup>ABb</sup>
Belly	C	18.08±0.58	16.11±1.04	17.54±1.53 <sup>AB</sup>	16.08±0.65
	T1	15.18±1.44 <sup>b</sup>	17.85±0.97 <sup>ab</sup>	19.00±0.92 <sup>Aa</sup>	16.82±0.96 <sup>ab</sup>
	T2	16.09±0.85	15.22±1.04	15.18±0.75 <sup>B</sup>	17.15±0.33
	T3	15.35±1.46	17.69±1.23	17.49±0.54 <sup>AB</sup>	15.60±0.73

<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).

a\*값은 육의 적색도를 나타내는 것으로써 등심부위의 적색도는 저장기간이 증가할 수록 T1에서 감소하였으나 다른 처리구는 차이가 없으며, 대조구에 비하여 베타인을 급여한 처리구(T2, T3)에서 높은 적색도 값을 보여준다. 앞다리, 뒷다리 및 삼겹 부위의 적색도 값은 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보여주며, 처리구간별 비교에서는 베타인을 급여하지 않은 대조구에 비하여 처리구에서 높은 값을 나타내었다. 대조구에 비하여 베타인을 급여한 처리구에서 높은 적색도를 보임으로서 베타인의 급여가

돈육의 적색도 값에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3) 황색도

Table 6. Effect of dietary glycine betaine on meat color (b\*)

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
Loin	C	3.42±0.41 <sup>ab</sup>	2.700.22 <sup>Bb</sup>	4.22±0.54 <sup>BCa</sup>	4.19±0.37 <sup>Ba</sup>
	T1	4.04±0.37	4.450.31 <sup>A</sup>	3.93±0.33 <sup>C</sup>	4.78±0.58 <sup>B</sup>
	T2	4.46±0.45 <sup>b</sup>	5.490.32 <sup>Aa</sup>	5.65±0.32 <sup>A</sup>	6.22±0.25 <sup>Aa</sup>
	T3	4.39±0.26 <sup>b</sup>	4.790.53 <sup>Ab</sup>	5.28±0.40 <sup>ABab</sup>	6.35±0.43 <sup>Aa</sup>
Picnic	C	4.04±0.21 <sup>Bb</sup>	5.26±0.51 <sup>ab</sup>	6.44±0.85 <sup>a</sup>	5.88±0.85 <sup>Bab</sup>
	T1	5.56±0.15 <sup>A</sup>	6.87±1.21	5.91±0.61	5.55±0.67 <sup>B</sup>
	T2	3.42±0.29 <sup>Bb</sup>	4.70±0.13 <sup>b</sup>	4.78±0.62 <sup>b</sup>	6.47±0.75 <sup>ABa</sup>
	T3	6.13±0.40 <sup>Ab</sup>	6.46±0.71 <sup>b</sup>	5.35±0.36 <sup>b</sup>	8.25±0.65 <sup>Aa</sup>
Ham	C	4.05±0.36 <sup>C</sup>	3.33±0.32 <sup>B</sup>	3.41±0.36 <sup>c</sup>	4.41±0.83 <sup>B</sup>
	T1	5.10±0.12 <sup>ABb</sup>	7.64±0.76 <sup>Aa</sup>	7.75±0.56 <sup>Aa</sup>	6.60±0.59 <sup>ABab</sup>
	T2	4.83±0.32 <sup>Bb</sup>	6.25±0.78 <sup>Aab</sup>	6.11±0.51 <sup>ABab</sup>	6.99±0.58 <sup>Aa</sup>
	T3	5.73±0.17 <sup>Aab</sup>	7.03±0.48 <sup>Aa</sup>	5.25±0.81 <sup>Bab</sup>	4.84±0.79 <sup>ABb</sup>
Belly	C	5.63±0.32 <sup>ab</sup>	7.04±0.48 <sup>a</sup>	4.49±1.04 <sup>b</sup>	4.97±0.50 <sup>Bb</sup>
	T1	3.81±1.04 <sup>b</sup>	5.87±0.52 <sup>ab</sup>	5.37±0.53 <sup>ab</sup>	6.88±0.87 <sup>Aa</sup>
	T2	3.87±0.53 <sup>b</sup>	6.23±0.52 <sup>a</sup>	4.25±0.46 <sup>b</sup>	6.01±0.34 <sup>ABa</sup>
	T3	4.62±0.84	6.54±0.68	4.67±0.63	5.55±0.38 <sup>AB</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).

b\*는 육의 황색도를 나타내며, 일반적으로 b\*값이 높을수록 육이나 지방의 색은 나빠지게 된다. 모든 근육부위에서 황색도는 저장기간이 증가할수록 높게 나타났다. 또한, 처리구간별 차이는 베타인을 급여하지 않은 대조구에 비하여 베타인을 급여한 처리구에서 높은 값을 보여 베타인 급여가 황색도를 낮추지는 못하는 것으로 사료된다.

## 마. 전단가

### 1) 등심부위 전단가

Table 7. Effect of dietary glycine betaine on shear force in loin

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods			
	1	5	9	13
	Kg/cm <sup>2</sup>			
C	3.40±0.07 <sup>Aa</sup>	3.43±0.07 <sup>Aa</sup>	3.39±0.10 <sup>Aa</sup>	3.07±0.06 <sup>Ab</sup>
T1	3.09±0.05 <sup>B</sup>	3.21±0.10 <sup>B</sup>	3.21±0.07 <sup>AB</sup>	3.01±0.07 <sup>AB</sup>
T2	2.67±0.09 <sup>Cb</sup>	2.98±0.05 <sup>Ca</sup>	3.05±0.06 <sup>BCa</sup>	2.89±0.10 <sup>ABab</sup>
T3	2.42±0.09 <sup>b</sup>	2.87±0.04 <sup>Da</sup>	2.94±0.05 <sup>Ca</sup>	2.79±0.05 <sup>Ba</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).

전단력(Shear force)은 육을 절단시 소요되는 힘을 말하며, 육의 질감과 연함의 척도로 사용되는 대표적인 측정치로서 전단력이 낮을수록 육은 연하게 된다. 등심부위의 전단력은 베타인을 급여하지 않은 대조구는 저장기간이 증가할수록 감소하나 베타인 급여구에서는 오히려 저장기간이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났으나, 베타인 급여구가 대조구에 비교하여 낮은 값을 나타내며, 베타인 급여 수준이 높을수록 낮은 전단력을 보여준다. 따라서 베타인 급여 및 급여수준이 전단력에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 앞의 pH와 육색(명도)의 결과와 같이 베타인 급여구에서 낮은 전단가를 보여준다. 이는 베타인 급여가 높은 보수력을 가진 돈육 생산이 가능하다는 것을 의미하는 것으로 PSE육의 특성인 육즙삼출(exudative)이 많은 육과 상반된 결과를 보여줌으로서 PSE육의 발생을 억제시킬 수 있을 것이라 사료된다.

2) 뒷다리부위 전단가

Table 8. Effect of dietary glycine betaine on shear force in ham

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods			
	1	5	9	13
	Kg/cm <sup>2</sup>			
C	4.82±0.26 <sup>a</sup>	4.33±0.20 <sup>Ab</sup>	3.40±0.11 <sup>c</sup>	2.99±0.06 <sup>c</sup>
T1	4.45±0.22 <sup>a</sup>	3.93±0.13 <sup>B</sup>	3.62±0.18 <sup>b</sup>	3.02±0.04 <sup>c</sup>
T2	4.40±0.13 <sup>a</sup>	4.35±0.08 <sup>Aa</sup>	3.43±0.07 <sup>b</sup>	3.00±0.04 <sup>c</sup>
T3	4.29±0.09 <sup>a</sup>	3.81±0.08 <sup>Bb</sup>	3.28±0.08 <sup>c</sup>	2.92±0.05 <sup>d</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).

등심 부위와 달리 뒷다리 부위의 모든 처리구에서 저장기간이 증가할수록 전단력이 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 처리구간별 비교에서 5일째의 전단가 값은 베타인을 급여한 T1과 T3에서 낮은 전단가 값을 보여준다.



바. 가열감량

Table 9. Effect of dietary glycine betaine on cooking loss in pork

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
		%			
Loin	C	20.87±0.68 <sup>c</sup>	22.73±0.40 <sup>Bb</sup>	24.04±0.38 <sup>b</sup>	29.81±0.15 <sup>Ba</sup>
	T1	23.84±0.84 <sup>c</sup>	26.85±0.93 <sup>Abc</sup>	27.39±1.28 <sup>b</sup>	32.57±0.66 <sup>Aa</sup>
	T2	22.63±1.03 <sup>c</sup>	26.72±1.09 <sup>Ab</sup>	27.34±1.46 <sup>b</sup>	33.02±0.31 <sup>Aa</sup>
	T3	21.32±1.83 <sup>c</sup>	27.06±0.90 <sup>Ab</sup>	25.07±0.59 <sup>bc</sup>	32.01±0.96 <sup>Aa</sup>
Ham	C	22.51±0.50 <sup>Bbc</sup>	23.24±0.69 <sup>Cb</sup>	20.24±0.93 <sup>Cc</sup>	33.05±0.65 <sup>ABa</sup>
	T1	26.56±0.90 <sup>Ac</sup>	32.20±0.16 <sup>Ab</sup>	32.16±0.66 <sup>Ab</sup>	36.14±0.95 <sup>Aa</sup>
	T2	26.19±0.54 <sup>Ac</sup>	28.77±0.17 <sup>Bbc</sup>	29.78±0.97 <sup>ABab</sup>	31.61±1.16 <sup>Ba</sup>
	T3	24.13±0.49 <sup>Bc</sup>	29.00±0.64 <sup>Bb</sup>	27.42±0.55 <sup>Bb</sup>	32.21±1.04 <sup>Ba</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).

가열감량은 식육을 가열하였을 때, 수분이 삼출되는 양을 말하는 것으로 삼출되는 양이 적을수록 다즙성과 보수력이 높다는 것을 의미한다. 가열감량 결과 저장기간이 증가할수록 모든 처리구에서 높은 값을 보여준다. 또한, 저장 5일, 13일에는 베타인을 급여하지 않은 대조구에서 낮은 값을 보여 베타인 급여가 등심의 가열감량에는 영향을 미치지 않음을 보여준다. 또한 뒷다리 부위의 가열감량 결과 등심과 같이 저장기간이 증가할수록 모든 처리구에서 증가하며, 처리구간별로 베타인을 급여하지 않은 대조구에서 낮은 가열감량을 보이나 저장 13일의 T2와 T3에서는 대조구에 비해 낮은 가열감량을 보여준다.

사. 보수력

Table 10. Effect of dietary glycine betaine on water holding capacity in pork

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
		%			
Loin	C	80.77±0.53 <sup>ABCa</sup>	74.45±1.21 <sup>ABb</sup>	70.29±1.07 <sup>Ac</sup>	62.38±0.72 <sup>BCd</sup>
	T1	80.51±2.28 <sup>ABCa</sup>	76.01±0.97 <sup>ABb</sup>	70.66±0.36 <sup>Ac</sup>	63.42±0.33 <sup>BCd</sup>
	T2	81.92±0.53 <sup>Aa</sup>	76.99±1.05 <sup>ABb</sup>	71.40±0.79 <sup>Ac</sup>	65.36±0.23 <sup>BCd</sup>
	T3	81.63±0.57 <sup>ABa</sup>	76.60±0.90 <sup>ABb</sup>	71.26±0.25 <sup>Ac</sup>	65.70±0.32 <sup>Bd</sup>
Picnic	C	78.35±2.88 <sup>ABCa</sup>	78.35±2.88 <sup>ABa</sup>	70.78±0.08 <sup>Ab</sup>	73.57±0.34 <sup>Aab</sup>
	T1	70.97±2.51 <sup>C</sup>	70.35±2.88 <sup>B</sup>	73.15±1.55 <sup>A</sup>	73.81±0.78 <sup>A</sup>
	T2	80.90±1.07 <sup>ABCa</sup>	81.90±1.07 <sup>Aa</sup>	71.92±0.06 <sup>Ac</sup>	74.52±0.25 <sup>Ab</sup>
	T3	76.45±1.67 <sup>ABCa</sup>	76.45±1.67 <sup>Ba</sup>	71.90±0.28 <sup>Ab</sup>	73.77±0.46 <sup>Aab</sup>
Ham	C	73.99±3.41 <sup>ABC</sup>	73.99±3.41 <sup>AB</sup>	71.35±0.01 <sup>A</sup>	73.28±0.02 <sup>A</sup>
	T1	78.87±1.76 <sup>ABCa</sup>	78.87±1.76 <sup>ABa</sup>	72.67±0.09 <sup>Ab</sup>	72.85±0.69 <sup>Ab</sup>
	T2	83.57±0.77 <sup>Aa</sup>	83.57±0.77 <sup>Aa</sup>	72.29±0.81 <sup>Ab</sup>	73.86±0.91 <sup>Ab</sup>
	T3	71.68±3.46 <sup>BC</sup>	71.68±3.46 <sup>B</sup>	72.44±0.29 <sup>A</sup>	72.78±0.75 <sup>A</sup>
Belly	C	82.69±3.85 <sup>Aa</sup>	82.69±3.85 <sup>Aa</sup>	51.44±1.00 <sup>BCb</sup>	50.91±1.15 <sup>Eb</sup>
	T1	78.29±1.33 <sup>ABCa</sup>	78.29±1.34 <sup>ABa</sup>	49.01±1.72 <sup>Cc</sup>	62.63±0.55 <sup>BCb</sup>
	T2	74.05±6.54 <sup>ABCa</sup>	74.05±6.54 <sup>ABa</sup>	50.12±2.57 <sup>BCb</sup>	57.01±3.33 <sup>Dab</sup>
	T3	75.70±5.46 <sup>ABCa</sup>	75.70±5.46 <sup>ABa</sup>	52.39±1.19 <sup>Bb</sup>	60.70±1.72 <sup>Cb</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).

고기가 내외적인 환경 변화에 대해 자체 수분을 보유하려는 능력을 보수력이라 하며 관능적 특성에 결정적인 영향을 미치는 것으로 식육에 있어서는 보수력이 높을수록 풍미가 우수하게 된다. 본 실험결과 모든 근육부위에서 저장기간이 증가할수록 보수력은 감소하는 것으로 나타났다. 처리구간별 차이는 베타인 급여 수준에 따른 보수력의 차이는 없으나 대조구에 비하여 베타인 급여구가 높은 보수력을 나타내었다. 이는 앞의 pH 결과와 관련이 있는 것으로 베타인 급여가 식육의 보수력 향상에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 이러한 결과는 낮은 전단가의 결과로 보여준다.

아. 관능평가

1) 등심부위 관능평가

Table 11. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in fresh loin

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
Color	C	4.00±0.58	3.00±0.41	3.25±0.48	2.67±0.33
	T1	4.00±0.41 <sup>a</sup>	3.50±0.25 <sup>ab</sup>	3.50±0.29 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>b</sup>
	T2	4.25±0.25 <sup>a</sup>	4.00±0.41 <sup>a</sup>	3.75±0.25 <sup>a</sup>	2.00±0.29 <sup>b</sup>
	T3	5.25±0.75 <sup>a</sup>	4.00±0.71 <sup>ab</sup>	4.25±0.25 <sup>ab</sup>	2.50±2.89 <sup>b</sup>
Flavor	C	5.00±0.58 <sup>a</sup>	1.75±0.25 <sup>bc</sup>	2.00±0.58 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>
	T1	5.00±0.41 <sup>a</sup>	1.75±0.25 <sup>b</sup>	2.00±0.58 <sup>b</sup>	0.25 <sup>c</sup>
	T2	5.25±0.25 <sup>a</sup>	1.75±0.25 <sup>b</sup>	2.00±0.71 <sup>b</sup>	0.50 <sup>c</sup>
	T3	6.25±0.75 <sup>a</sup>	1.75±0.25 <sup>b</sup>	1.75±0.48 <sup>b</sup>	0.50 <sup>c</sup>
Drip	C	2.00±0.41 <sup>b</sup>	3.25±0.25 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>
	T1	1.75±0.25 <sup>b</sup>	3.25±0.63 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>
	T2	1.75±0.25 <sup>b</sup>	3.50±0.87 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	3.50±0.29 <sup>a</sup>
	T3	2.00±0.41	3.25±0.63	3.00	3.00
Off-flavor	C	1.25±0.25 <sup>c</sup>	1.25±0.25 <sup>c</sup>	3.00±0.58 <sup>Ab</sup>	6.00±1.00 <sup>a</sup>
	T1	1.25±0.25 <sup>c</sup>	1.00 <sup>c</sup>	2.50±0.29 <sup>ABb</sup>	5.75±0.25 <sup>a</sup>
	T2	1.00 <sup>c</sup>	1.00 <sup>c</sup>	2.75±0.25 <sup>ABb</sup>	5.25±0.25 <sup>a</sup>
	T3	1.50±0.50 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.75±0.25 <sup>Bb</sup>	5.50±0.29 <sup>a</sup>
Acceptability	C	3.25±0.48 <sup>ab</sup>	3.25±0.48 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>Ba</sup>	0.67±0.33 <sup>c</sup>
	T1	3.00±0.41 <sup>ab</sup>	3.75±0.25 <sup>a</sup>	4.00 <sup>Ba</sup>	0.50±0.29 <sup>c</sup>
	T2	3.50±0.29 <sup>a</sup>	4.00±0.58 <sup>a</sup>	4.50±0.29 <sup>ABa</sup>	0.75±0.48 <sup>b</sup>
	T3	3.50±0.29 <sup>b</sup>	4.50±0.29 <sup>ab</sup>	4.75±0.25 <sup>Aa</sup>	0.75±0.25 <sup>c</sup>

Color (1-3 : pale, 4-6 : normal, 7-9 : dark), Flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Drip (1-3 : small, 4-6 : moderate, 7-9 : large), Off-flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Acceptability (1-3 : dislike, 4-6 : moderate, 7-9 : like)

<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).

등심부위 관능검사 결과 저장기간에 따라 육색, 향 및 기호성은 감소하나 육즙삼출 및 불쾌취는 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 저장 9일차에 불쾌취 및 기호성에서 베타인 처리구가 대조구에 비해 뛰어난 결과를 보여주나, 다른 항목은 처리구간에 차이를 나타내지 않았다. 그러나 전체적으로 베타인 급여구가 대조구에 비하여 뛰어난 관능특성을 보여준다.

## 2) 앞다리부위 관능평가

Table 12. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in picnic

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
Color	C	4.500.65	4.250.63	3.750.48	4.250.48
	T1	4.250.4 <sup>8</sup>	3.250.48	4.750.75	3.750.48
	T2	5.500.29 <sup>a</sup>	5.000.41 <sup>ab</sup>	5.250.63 <sup>a</sup>	3.750.25 <sup>b</sup>
	T3	5.500.65 <sup>a</sup>	5.000.71 <sup>ab</sup>	5.250.25 <sup>a</sup>	3.330.33 <sup>b</sup>
Flavor	C	3.500.65	3.250.63	3.250.48 <sup>AB</sup>	2.000.41
	T1	4.000.91 <sup>a</sup>	2.750.63 <sup>ab</sup>	2.000.41 <sup>Bab</sup>	1.750.48 <sup>b</sup>
	T2	3.000.71 <sup>ab</sup>	3.250.25 <sup>ab</sup>	4.250.85 <sup>Aa</sup>	1.750.48 <sup>b</sup>
	T3	3.500.65 <sup>a</sup>	2.750.25 <sup>a</sup>	2.750.48 <sup>ABa</sup>	1.00 <sup>b</sup>
Drip	C	3.500.50	2.250.63	3.750.48	2.250.25
	T1	2.250.25	2.500.29	2.750.48	2.252.25
	T2	2.750.25	3.750.63	2.750.25	2.500.29
	T3	3.000.71	2.750.48	4.000.71	2.00
Off-flavor	C	2.250.48	1.250.25	2.000.71	3.000.91 <sup>B</sup>
	T1	2.250.48 <sup>b</sup>	2.501.19 <sup>b</sup>	2.501.19 <sup>b</sup>	5.750.25 <sup>Aa</sup>
	T2	1.500.50 <sup>b</sup>	1.250.25 <sup>b</sup>	2.000.58 <sup>b</sup>	5.750.25 <sup>Aa</sup>
	T3	1.750.48 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.750.25 <sup>b</sup>	5.67.033 <sup>Aa</sup>
Acceptability	C	5.500.29 <sup>ABa</sup>	5.000.58 <sup>ab</sup>	5.00 <sup>ABab</sup>	4.000.58 <sup>Ab</sup>
	T1	5.000.41 <sup>Ba</sup>	4.001.08 <sup>ab</sup>	4.001.00 <sup>Bab</sup>	1.750.25 <sup>Bb</sup>
	T2	6.00 <sup>Aa</sup>	5.000.58 <sup>a</sup>	5.00 <sup>ABa</sup>	2.500.65 <sup>ABb</sup>
	T3	5.500.29 <sup>ABa</sup>	5.500.29 <sup>a</sup>	5.750.25 <sup>Aa</sup>	1.670.33 <sup>Bb</sup>

Color (1-3 : pale, 4-6 : normal, 7-9 : dark), Flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Drip (1-3 : small, 4-6 : moderate, 7-9 : large), Off-flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Acceptability (1-3 : dislike, 4-6 : moderate, 7-9 : like)

<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).

앞다리부위 관능검사 결과 저장기간이 증가할수록 육색, 향, 기호성에서 감소하는 것을, 불쾌취는 증가함을 알 수 있다. 또한, 전체적인 기호성에 있어서 저장 1, 9일째는 대조구에 비하여 베타인 급여구에서 높게 나타나지만, 저장 13일째는 대조구에서 높은 값을 보여준다.

### 3) 뒷다리부위 관능평가

Table 13. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in ham

Treatments <sup>1)</sup>	Storage periods				
	1	5	9	13	
Color	C	5.00 <sup>Aa</sup>	5.00±0.41 <sup>a</sup>	4.75±0.25 <sup>ab</sup>	3.75±0.48 <sup>b</sup>
	T1	4.00±0.41 <sup>Bab</sup>	5.25±0.75 <sup>ab</sup>	5.50±0.29 <sup>a</sup>	3.75±0.48 <sup>b</sup>
	T2	5.25±0.25 <sup>A</sup>	6.00±0.41	5.00±0.41	4.75±0.48
	T3	5.50±0.29 <sup>A</sup>	5.50±0.50	5.25±0.48	5.00±0.58
Flavor	C	2.75±0.48 <sup>a</sup>	2.00±0.41 <sup>ab</sup>	1.75±0.25 <sup>ab</sup>	1.25±0.25 <sup>Bb</sup>
	T1	2.50±0.65	2.25±0.48	2.25±0.75	2.00 <sup>AB</sup>
	T2	3.00±0.41	2.50±0.29	2.25±0.75	2.50 <sup>A</sup>
	T3	2.50±0.65	2.00±0.41	2.25±0.95	1.33±0.33 <sup>B</sup>
Drip	C	3.00±0.41 <sup>ab</sup>	2.50±0.29 <sup>b</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	3.75±0.48 <sup>a</sup>
	T1	3.00±0.41	2.75±0.25	2.75±0.25	3.25±0.25
	T2	3.00±0.41	2.50±0.29	2.75±0.25	3.25±0.25
	T3	2.50±0.29	3.25±0.63	2.75±0.25	3.00
Off-flavor	C	1.00 <sup>c</sup>	1.25±0.25 <sup>c</sup>	3.75±0.25 <sup>b</sup>	7.25±0.48 <sup>Aa</sup>
	T1	1.25±0.25 <sup>c</sup>	1.25±0.25 <sup>c</sup>	3.50±0.29 <sup>b</sup>	6.25±0.25 <sup>ABa</sup>
	T2	1.00 <sup>c</sup>	1.25±0.25 <sup>c</sup>	3.50±0.29 <sup>b</sup>	6.25±0.25 <sup>ABa</sup>
	T3	1.00 <sup>c</sup>	1.50±0.29 <sup>c</sup>	3.00±0.41 <sup>b</sup>	5.67±0.33 <sup>Ba</sup>
Acceptability	C	4.50±0.50 <sup>ABa</sup>	4.50±0.65 <sup>a</sup>	4.25±0.25 <sup>ABa</sup>	2.50±0.50 <sup>b</sup>
	T1	4.00 <sup>Ba</sup>	5.00±0.58 <sup>a</sup>	4.00±0.41 <sup>Ba</sup>	2.75±0.25 <sup>b</sup>
	T2	4.75±0.25 <sup>ABa</sup>	4.25±0.25 <sup>a</sup>	4.50±0.29 <sup>ABa</sup>	2.75±0.25 <sup>b</sup>
	T3	5.25±0.25 <sup>Aa</sup>	5.25±0.75 <sup>a</sup>	5.00 <sup>Aa</sup>	3.00 <sup>b</sup>

Color (1-3 : pale, 4-6 : normal, 7-9 : dark), Flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate,

7-9 : strong), Drip (1-3 : small, 4-6 : moderate, 7-9 : large), Off-flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Acceptability (1-3 : dislike, 4-6 : moderate, 7-9 : like)

<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( $p < 0.05$ ).

뒷다리 관능검사 결과 저장기간이 증가할수록 불쾌취를 제외한 다른 항목은 감소하는 경향을 보이며, 불쾌취는 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 13일째 불쾌취는 대조구에 비하여 베타인 급여구가 낮은 값을 보여 전체적인 기로성이 뛰어난 것으로 나타났다.

4) 삼겹부위 관능평가

Table 14. Effect of dietary glycine betaine on sensory evaluation in belly

Treatments <sup>1)</sup>		Storage periods			
		1	5	9	13
Color	C	3.75±0.75 <sup>ab</sup>	2.25±0.63 <sup>b</sup>	4.50±0.29 <sup>a</sup>	4.50±0.29 <sup>3a</sup>
	T1	3.75±1.11	3.50±0.87	4.75±0.25	5.50±0.29 <sup>AB</sup>
	T2	4.50±0.65 <sup>ab</sup>	3.00±0.91 <sup>b</sup>	4.75±0.25 <sup>ab</sup>	5.75±0.25 <sup>Aa</sup>
	T3	4.50±0.65 <sup>ab</sup>	3.00±0.91 <sup>b</sup>	4.50±0.50 <sup>ab</sup>	6.33±0.33 <sup>Aa</sup>
Flavor	C	2.25±0.63	2.75±0.75 <sup>b</sup>	2.50±0.87	2.50±0.65
	T1	1.75±0.25	2.00±0.82	3.00±1.23	2.50±0.65
	T2	1.75±0.25	2.75±0.75	2.25±0.95	2.50±0.50
	T3	1.75±0.25	2.75±0.75	2.75±1.18	3.67±0.33
Drip	C	2.25±0.29 <sup>b</sup>	4.25±0.63 <sup>a</sup>	3.00 <sup>b</sup>	3.50±0.29 <sup>ab</sup>
	T1	2.25±0.29 <sup>b</sup>	4.00±0.41 <sup>a</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	4.00±0.41 <sup>a</sup>
	T2	2.25±2.29 <sup>b</sup>	4.25±0.48 <sup>a</sup>	3.00 <sup>b</sup>	3.50±0.29 <sup>ab</sup>
	T3	3.00±0.41 <sup>b</sup>	4.25±0.48 <sup>a</sup>	3.00 <sup>b</sup>	3.67±0.33 <sup>ab</sup>
Off-flavor	C	1.00	1.50±0.29	3.50±0.65	3.00±1.41
	T1	1.00 <sup>b</sup>	1.50±0.29 <sup>b</sup>	3.25±0.48 <sup>a</sup>	1.75±0.25 <sup>b</sup>
	T2	1.00 <sup>c</sup>	1.50±0.29 <sup>bc</sup>	2.75±0.25	1.75±0.25 <sup>b</sup>
	T3	1.00 <sup>b</sup>	1.75±0.29 <sup>ab</sup>	2.25±0.48 <sup>a</sup>	1.67±0.33 <sup>ab</sup>
Acceptability	C	4.75±0.63 <sup>a</sup>	3.75±0.48 <sup>ab</sup>	3.25±0.48 <sup>ab</sup>	2.50±0.65 <sup>Bb</sup>
	T1	4.50±0.65	3.75±0.25	3.25±0.63	3.50±0.29 <sup>AB</sup>
	T2	4.75±0.25	4.25±0.25	4.00±0.71	4.25±0.48 <sup>A</sup>
	T3	4.75±0.25	4.25±0.25	4.25±0.48	4.33±0.33 <sup>A</sup>

Color (1-3 : pale, 4-6 : normal, 7-9 : dark), Flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Drip (1-3 : small, 4-6 : moderate, 7-9 : large), Off-flavor (1-3 : weak, 4-6 : moderate, 7-9 : strong), Acceptability (1-3 : dislike, 4-6 : moderate, 7-9 : like)

<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).

삼겹 관능검사 결과 저장기간이 증가할수록 증가하며, 베타인을 급여하지 않은 대조구에 비하여 높은 육색을 보여 전체적인 기호성에 있어 베타인 급여구가 높은 값을

보여준다.

자. 혈액성분 분석

Table 15. Effect of dietary glycine betaine on blood Characteristics

Treatments <sup>1)</sup>	Blood Characteristics <sup>2)</sup>							
	WBC (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	RBC (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	HGB (g/dl)	HCT (%)	PLT (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	MCV (μ/m <sup>3</sup> )	MCH (qg)	MCHC (g/dl)
C	17.60	7.91	13.53	42.07 <sup>A</sup>	293.33 <sup>A</sup>	53.33 <sup>B</sup>	17.17 <sup>B</sup>	32.17 <sup>B</sup>
T1	14.30	6.17	11.37	33.90 <sup>B</sup>	230.67 <sup>AB</sup>	55.33 <sup>AB</sup>	18.43 <sup>A</sup>	33.03 <sup>A</sup>
T2	19.50	7.36	13.60	42.07 <sup>A</sup>	197.33 <sup>B</sup>	57.33 <sup>A</sup>	18.47 <sup>A</sup>	32.37 <sup>B</sup>
T3	20.70	7.89	13.47	40.37 <sup>AB</sup>	274.33 <sup>AB</sup>	51.00 <sup>C</sup>	16.90 <sup>B</sup>	33.33 <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>WBC: white blood cell count, RBC: red blood cell count, HGB: hemoglobin, HCT: hematocrit, PLT: platelet count, MCV: mean cell volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration.

<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).

혈액분석결과 세포의 량과 헤모글로빈 함량은 T2에서 높게 나타났으며, 헤모글로빈 농도는 T2를 제외한 베타인 급여에 의해 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 베타인 급여에 의하여 혈액의 응고나 지혈작용을하는 혈소판의 수가 감소하였으며, 세포의 량 또한 감소하는 경향을 나타내었다.



차. 지방산조성

Table 16. Effect of dietary glycine betaine on fatty acid composition.

Treatments <sup>1)</sup>	Fatty acid (%)								
	Myristic acid	Palmitic acid	Palmitoleic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Arachidonic acid	SFA/USFA <sup>2)</sup>	
Loin	C	0.98 <sup>D</sup>	21.81 <sup>I</sup>	2.95 <sup>BCD</sup>	13.38 <sup>E</sup>	47.34 <sup>EF</sup>	12.12 <sup>B</sup>	1.26 <sup>ABCD</sup>	36.17/66.70
	T1	1.03 <sup>D</sup>	25.28 <sup>CD</sup>	2.14 <sup>E</sup>	15.27 <sup>D</sup>	48.22 <sup>DE</sup>	7.22 <sup>F</sup>	0.28 <sup>CD</sup>	41.58/58.16
	T2	0.95 <sup>D</sup>	23.64 <sup>FG</sup>	2.58 <sup>CDE</sup>	21.39 <sup>A</sup>	38.18 <sup>I</sup>	11.21 <sup>BC</sup>	1.70 <sup>ABC</sup>	45.98/53.67
	T3	1.14 <sup>ABCD</sup>	22.80 <sup>GH</sup>	2.81 <sup>CDE</sup>	15.20 <sup>D</sup>	46.86 <sup>F</sup>	10.10 <sup>CD</sup>	0.77 <sup>BCD</sup>	39.14/60.54
Picnic	C	1.12 <sup>ABCD</sup>	25.63 <sup>C</sup>	2.21 <sup>DE</sup>	16.93 <sup>C</sup>	46.32 <sup>F</sup>	5.78 <sup>G</sup>	1.69 <sup>ABC</sup>	42.68/56.00
	T1	1.08 <sup>BCD</sup>	26.10 <sup>BC</sup>	2.13 <sup>E</sup>	15.26 <sup>D</sup>	43.90 <sup>G</sup>	9.88 <sup>D</sup>	1.29 <sup>ABCD</sup>	42.44/57.20
	T2	0.90 <sup>D</sup>	22.59 <sup>HI</sup>	2.76 <sup>CDE</sup>	17.91 <sup>B</sup>	41.48 <sup>H</sup>	13.43 <sup>A</sup>	0.62 <sup>ABCD</sup>	41.10/58.29
	T3	1.07 <sup>CD</sup>	24.12 <sup>EF</sup>	3.17 <sup>BC</sup>	14.84 <sup>D</sup>	50.64 <sup>A</sup>	5.04 <sup>G</sup>	0.90 <sup>ABCD</sup>	40.03/59.77
Ham	C	1.29 <sup>ABC</sup>	26.22 <sup>BC</sup>	3.03 <sup>BC</sup>	14.64 <sup>D</sup>	50.51 <sup>A</sup>	2.10 <sup>H</sup>	2.03 <sup>A</sup>	42.15/57.67
	T1	1.28 <sup>ABC</sup>	27.31 <sup>A</sup>	3.02 <sup>BC</sup>	14.90 <sup>D</sup>	48.00 <sup>BCD</sup>	2.09 <sup>H</sup>	1.90 <sup>AB</sup>	43.49/55.01
	T2	1.32 <sup>AB</sup>	26.59 <sup>AB</sup>	3.97 <sup>A</sup>	14.50 <sup>D</sup>	50.30 <sup>AB</sup>	1.22 <sup>H</sup>	1.95 <sup>A</sup>	42.41/57.44
	T3	1.35 <sup>A</sup>	27.23 <sup>A</sup>	3.66 <sup>AB</sup>	14.35 <sup>D</sup>	50.01 <sup>ABC</sup>	1.31 <sup>H</sup>	1.87 <sup>AB</sup>	42.93/56.85
Belly	C	0.95 <sup>D</sup>	22.03 <sup>HI</sup>	2.72 <sup>CDE</sup>	14.27 <sup>DE</sup>	48.85 <sup>CD</sup>	10.09 <sup>CD</sup>	0.93 <sup>ABCD</sup>	37.25/62.59
	T1	1.08 <sup>CD</sup>	24.21 <sup>EF</sup>	2.27 <sup>DE</sup>	15.27 <sup>D</sup>	49.32 <sup>ABCD</sup>	7.15 <sup>F</sup>	0.51 <sup>D</sup>	40.56/59.25
	T2	0.95 <sup>D</sup>	25.24 <sup>CD</sup>	2.68 <sup>CDE</sup>	15.28 <sup>D</sup>	46.41 <sup>F</sup>	8.45 <sup>E</sup>	0.81 <sup>BCD</sup>	41.47/58.35
	T3	1.06 <sup>CD</sup>	24.63 <sup>DE</sup>	2.95 <sup>BCD</sup>	14.25 <sup>DE</sup>	49.45 <sup>ABCD</sup>	7.01 <sup>F</sup>	0.43 <sup>D</sup>	39.94/59.84

<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 column with different letters are different(p<0.05).

지방산은 지방의 구성성분으로써 지방의 이화학적인 성질 및 식육의 풍미에 영향을 미치며, 사료에 많은 영향을 받는다. 지방산 분석결과 앞다리 부위를 제외한 등심, 뒷

다리 및 삼겹 부위에서 베타인 급여에 의해 불포화 지방산의 함량을 감소하고 포화지방산의 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 포화지방산은 불포화 지방산에 비교해 산화에 더 안정한 구조를 가지는데, 베타인 급여에 의한 포화지방산의 증가는 육의 저장시 지방산화를 억제시키는 작용을 할 수 있을 것이다.

#### 카. 콜레스테롤

Table 17. Effect of dietary glycine betaine on cholesterol.

Treatments <sup>1)</sup>		Cholesterol (mg/100g)
Loin	C	42.96 <sup>A</sup>
	T1	39.14 <sup>B</sup>
	T2	40.95 <sup>AB</sup>
	T3	39.96 <sup>AB</sup>
Picnic	C	49.33
	T1	51.78
	T2	50.73
	T3	49.67
Ham	C	36.60 <sup>C</sup>
	T1	41.65 <sup>B</sup>
	T2	44.22 <sup>A</sup>
	T3	42.95 <sup>AB</sup>
Belly	C	49.91 <sup>B</sup>
	T1	50.60 <sup>A</sup>
	T2	32.95 <sup>C</sup>
	T3	37.62 <sup>C</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.

베타인 급여에 따른 돈육 내 cholesterol 함량 결과 뒷다리의 경우 베타인을 급여하지 않은 대조구에서 낮게 나타났으나, 등심 및 삼겹의 경우 베타인 급여구가 베타인을 급여하지 않은 대조구에 비해 함량이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 betaine의

급여가 돈육 내 cholesterol 함량을 낮추는 것으로 판단된다.

파. 근절길이

Table 18. Effect of dietary glycine betaine on sarcomere length

Treatments <sup>1)</sup>	Storage(days)				
	1	5	9	13	
	$\mu\text{m}$				
Loin	C	1.49±0.01 <sup>b</sup>	1.58±0.04 <sup>Bb</sup>	1.69±0.05 <sup>a</sup>	1.72±0.02 <sup>a</sup>
	T1	1.54±0.02 <sup>c</sup>	1.66±0.01 <sup>ABb</sup>	1.76±0.02 <sup>a</sup>	1.78±0.04 <sup>a</sup>
	T2	1.50±0.03 <sup>c</sup>	1.68±0.02 <sup>Ab</sup>	1.77±0.02 <sup>a</sup>	1.78±0.04 <sup>a</sup>
	T3	1.53±0.04 <sup>c</sup>	1.66±0.02 <sup>ABbc</sup>	1.76±0.06 <sup>ab</sup>	1.82±0.04 <sup>a</sup>
Picnic	C	1.58±0.03 <sup>ABc</sup>	1.67±0.02 <sup>ABbc</sup>	1.79±0.03 <sup>a</sup>	1.75±0.03 <sup>ab</sup>
	T1	1.52±0.05 <sup>Bb</sup>	1.68±0.09 <sup>a</sup>	1.80±0.03 <sup>a</sup>	1.79±0.07 <sup>a</sup>
	T2	1.69±0.06 <sup>Aab</sup>	1.65±0.04 <sup>b</sup>	1.78±0.02 <sup>a</sup>	1.79±0.03 <sup>a</sup>
	T3	1.68±0.07 <sup>ABb</sup>	1.74±0.02 <sup>ab</sup>	1.88±0.04 <sup>a</sup>	1.86±0.03 <sup>a</sup>
Ham	C	1.43±0.07 <sup>b</sup>	1.79±0.04 <sup>a</sup>	1.87±0.04 <sup>a</sup>	1.85±0.05 <sup>a</sup>
	T1	1.56±0.03 <sup>c</sup>	1.71±0.06 <sup>b</sup>	1.83±0.06 <sup>ab</sup>	1.88±0.07 <sup>a</sup>
	T2	1.58±0.07 <sup>b</sup>	1.77±0.12 <sup>a</sup>	1.82±0.06 <sup>a</sup>	1.83±0.02 <sup>a</sup>
	T3	1.44±0.06 <sup>a</sup>	1.79±0.03 <sup>b</sup>	1.89±0.04 <sup>b</sup>	1.82±0.05 <sup>b</sup>
Belly	C	1.54±0.02 <sup>Bb</sup>	1.64±0.03 <sup>Ba</sup>	1.54±0.02 <sup>Bb</sup>	1.47±0.03 <sup>Bb</sup>
	T1	1.59±0.03 <sup>B</sup>	1.57±0.03 <sup>BC</sup>	1.53±0.02 <sup>B</sup>	1.62±0.02 <sup>A</sup>
	T2	1.52±0.03 <sup>Bb</sup>	1.52±0.02 <sup>Cb</sup>	1.54±0.02 <sup>Bab</sup>	1.63±0.03 <sup>Aa</sup>
	T3	1.68±0.03 <sup>Aab</sup>	1.73±0.04 <sup>Aa</sup>	1.61±0.02 <sup>Abc</sup>	1.54±0.03 <sup>ABc</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).

근절길이는 근육의 절김과 연합을 나타내는 지표로써 근절의 길이가 길수록 육은

상대적으로 연하게 된다. 실험결과 모든 근육 부위에서 저장기간이 증가할수록 근질의 길이는 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 베타인 급여구는 대조구에 비교하여 근질의 길이가 길게 나타났는데 이러한 이유는 베타인 급여에 의해 단백질의 함량이 증가한 결과로 사료된다.

#### 타. 도체성적

Table 19. Effect of dietary glycine betaine on carcass characteristics of pigs.

Treatments <sup>1)</sup>	Live weight (kg)	Carcass weight (kg)	Backfat thickness (mm)	Carcass grade (A and B, %)
C	108.79±1.76	84.33±1.37	22.67±4.18	50.0
T1	109.22±9.61	84.67±7.45	23.33±3.93	83.0
T2	109.65±4.24	85.00±3.29	25.83±2.64	100
T3	109.44±3.50	84.83±2.70	26.00±4.43	83.0

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

도축된 시험돼지의 도체 특성을 살펴보면 생체중, 도체중 및 등지방두께는 모든 처리구에서 큰 차이가 없지만, 등급 출현정도를 보면 T2구가 100%를 보여 가장 뛰어난 것으로 나타났으며, T1 및 T3에서도 베타인을 급여하지 않은 대조구의 50%에 비하여 월등히 높은 출현율을 보여준다.

## 제 4 절 베타인 생산 공정 확립

### 1. 연구 방법

#### 가. 종균의 보존 및 배양

##### 1) 배지

종균의 배양배지는 증류수 100ml에 포도당 1g, polypeptone 1g, yeast extract 0.5g, NaCl 0.1g, MgSO<sub>4</sub> 0.03g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.01g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.01g을 녹인 다음 pH를 6.0으로 조정 한 후 121℃에서 15분간 멸균한 YPD 배지를 종균배양을 위한 액체배지로 하며 종균보관을 위한 고체배지는 YPD 배지 100ml에 1.6g의 Bacto agar를 첨가하여 멸균 한 다음 고화시켜 사용하되 종균은 4℃에서 보관하며 매 2개월 마다 배지를 교체하여 균주의 bioreactivity의 감소를 최소화 하였다.

##### 2) 균주접종

고체배지에 보관된 균주를 공시의 방법으로 액체배지에 접종한 다음 30℃에서 진탕 배양 하되 균체의 성장은 분광광도계를 사용한 600nm에서의 흡광도 측정으로 분석하였 으며 베타인 생산을 위한 접종용 종균은 성장이 mid-log phase (OD<sub>600</sub>=~10)에 도달한 균체를 사용하였다.

#### 나. 균체내 베타인 함량 분석

##### 1) 균체의 회수 및 베타인 추출과 정제

시료균 배양액을 1,500xg의 속도로 4℃에서 10분간 원심분리하여 회수한 다음 균체 용적의 4배에 해당하는 끓는 에타놀을 가한 다음 80℃에서 40분간 진탕하여 균체를 파쇄한 후 상등액을 취하고 다시 끓는 80% 에타놀을 추가로 첨가하여 20분간 재 추출하되 미리 수거한 상등액과 합쳐 12,000xg의 속도로 4℃에서 20분간 원심분리 한 다음 상등액을 취하였다. 추출한 상등액을 80℃에서 건조하여 에타놀을 완전히 제거

한 후 적당한 용적의 증류수에 용해시킨 후 같은 조건으로 다시 원심분리하여 불용 성분을 제거한 다음 이를 조성분(crude form)의 베타인으로 하였다. 베타인의 정제는 조성분을 취하여 Dowex 50W (50x40-200, H+ form, Sigma)에 가한 다음 소량의 경우 6ml의 NH<sub>4</sub>OH 용액으로 베타인을 용출시키고 이를 45℃에서 N<sub>2</sub> 가스를 흘려 건조한 다음 적정량의 증류수에 용해하여 분석에 사용하였다.

## 2) 베타인 분석

### 가) periodide 방법에 의한 정량

시료액 0.5ml에 0.2ml의 acid-KI 용액(7.5g I<sub>2</sub>, 10g KI in 1M HCl)을 가한 다음 가끔 진탕하여 섞어면서 90분간 반응시킨다. 여기에 2ml의 냉각증류수를 가하여 섞은 다음 -10℃의 1,2-dichloroethane을 가하고 다시 잘 혼합한 후 정치하여 층 분리를 유도한다. 유기용매층인 하층부를 회수한 다음 365nm에서 흡광도를 측정하여 표준 베타인으로 측정된 값과 비교하여 베타인 함량을 결정한다.

### 나) 핵자기공명분광법(FT-NMR spectroscopy)에 의한 정성 및 정량

핵자기공명 스펙트럼은 원자의 화학적 환경과 원자의 수에 따라 특징적인 공명 흡수선을 보여주므로 핵자기공명분광법은 간단한 유기물의 분석에 아주 적합하다. 일반적으로 중수소가 포함된 화합물을 용매로 사용하며 Betaine은 염과 같은 성질을 나타내므로 중수(D<sub>2</sub>O)를 용매로 사용한다. 0.6 ~ 0.8 ml의 중수에 녹인 시료가 든 시료관을 NMR 분광기에 넣고 측정한다. 이 방법에는 (가) <sup>1</sup>H 핵자기공명 방법과 (나) <sup>13</sup>C 핵자기공명 분석법이 있으나 (나)방법은 정량적으로 비교하기는 어려워 (가) 방법에 의해 분석하였다.

### 다) High performance liquid chromatography 분석에 의한 정량

- column : C18 or Shodex NH2
- mobile phase(이동상) : acetonitrile/water = 50/50
- flow rate : 1ml/min
- UV wave length for detection : at 194nm

## 라) 평가기준

### (1) periodide 방법에 의한 정량

표준함량의 베타인으로 분석한 결과 베타인 농도에 비례하여 흡광도가 직선상으로 증가되어 분석방법이 유효함이 입증되었다.

(2)  $^1\text{H}$  핵자기공명 방법에 의해 Betaine  $[(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COO}^-]$ 을 분석할 경우 3개의  $\text{CH}_3$ 에서 9개에 해당하는 흡수선과  $\text{CH}_2$ 의 2개에 해당하는 2종류의 단일 흡수선이 나타나야 함. 실험 결과에 의하면 3~4.5 ppm 영역에서 예상된 것과 일치하는 2종류의 단일 흡수선이 나타났음(그림 1). 따라서 시료 균체에서 회수정제한 물질이 글라이신베타인 임이 입증되었음.

### (3) High performance liquid chromatography(HPLC) 분석에 의한 정량

재현성이 뛰어나서 베타인 정량을 위한 최적방법이나 최적 분석조건 설정에 많은 시간이 소요되고 기기가 고가이어서 분석비용이 과다하게 소요됨.

## 다. 사육돼지에 축적된 베타인 분석 및 함량조사

### 1) 이론적 배경

사육돼지에 0.0, 0.2, 0.4, 및 0.6%의 베타인을 첨가한 사료 급여시 혈액 및 근육조직에 베타인이 축적되는지의 여부를 분석함으로써 만약 실험돼지의 육질에 베타인이 축적될 경우 축적돈육을 섭취함으로써 생리활성 물질인 베타인을 섭취하는 효과가 있으므로 일반 돈육에 비해 차별화 및 상품화 효과를 증대시킬수 있기 때문임

### 2) 혈청에 잔류하는 베타인 분석 및 정량

베타인을 급여한 사육돼지의 전혈 혹은 저속으로 원심분리하여 불순물을 제거한 혈청에 4배 부피의 boiling ethanol을 첨가하여 분해하되 상기의 방법에 분해 및 정제를 수행하였으며 정제된 베타인의 정량은 HPLC 방법이나 periodide 방법으로 각기 분석

하여 상호 비교하였다.

### 3) 돈육 부위별 베타인 함량 분석 및 정량

사육돼지의 부위별로 채취한 돈육을 적당량 증류수를 가하여 부피를 조절한 다음 얼음수조에서 냉각을 유지하면서 homogenizer(polytron)로 마쇄한 후 4배 부피의 boiling ethanol을 첨가하여 40분 동안 조직을 파쇄한 다음 상등액을 수거하되 잔유물을 80% boiling ethanol로 한번 더 추출하였다. 추출액을 다시 17,000xg의 속도로 4℃에서 30분간 원심분리 하여 불용물을 제거하였으며 정제 및 분석은 상기 방법에 따라 시행하였다.

## 라. 효모를 이용한 베타인 생산

### 1) 배경

식물체, 특히 상업적 베타인 생산원료인 사탕무우에서는 choline monooxygenase에 의해 choline에서 글라이신 베타인을 다량 생합성 함이 규명되었으며 박테리아의 경우도 유사한 기작에 의해 베타인이 추가로 합성됨이 발표되었다. 따라서 시료 군체에서 베타인 생합성 효소를 추출하여 whole cell extract와 반응시킴으로써 원료를 외부에서 공급하지 않고도 자가생산에 의해 베타인을 추가로 생산할수 있는지의 여부를 조사하였다.

### 2) 방법

과량의 베타인 생산을 유도하기 위해 극도의 환경스트레스를 가한 효모에서 베타인 생산효소가 발현된 whole cell extract 준비하여 이를 일상조건에서 배양한 효모 배양액 혹은 효모 균사체 추출액을 원료로 하여 반응시킨 다음 베타인이 추가로 합성되는지의 여부를 분석하였다.

## 마. 시료균주의 당밀적응도 검정



### 1) 이론적 배경

설탕제조용으로 국내에 도입되고 있는 원당은 사탕수수 및 사탕무우를 파쇄한 다음 불순물을 제거한 점성이 높은 조당 형태로 75% DM 기준으로 설탕 48/56%, 포도당 5/10%, 과당 5/10%, 비당 유기물 9/12% 등 유기물이 60~65% 함유되어 있을 뿐만 아니라 가격이 100원/kg으로 매우 저렴하여 효모 등의 미생물 발효배지용 원료의 탄소원 대부분을 당밀에 의존하고 있다. 그러나 생산지에 따라 차이가 있지만 8~12%의 회분, 미량으로  $SO_3$ ,  $NO_3$ , 및  $NH_3$  등과 색소원 등 난분해성 물질이 함유되어 있어 이를 제거하여야 하므로 산업체에서는 당밀분리기를 사용하여 불순물을 제거한 후 배지에 사용하고 있다. 따라서 본 실험실에서도 대량생산을 위한 본 실험에 앞서 실험실 자체에서 개발한 당밀정제법으로 정제한 당밀이 시료균주의 배지로 사용가능한지를 먼저 조사하였다.

### 2) 당밀을 이용한 배지조성

당밀을 증류수로 Brix 값으로 10, 20, 및 30이 되게 희석한 다음 미량원소로 적당량의  $NaCl$ ,  $MgSO_4$ , 인산카리틀, 또 질소원으로 요소(urea)를 3% 첨가하거나 산업용 효모추출물 혹은 polypeptone을 적당량 첨가한 다음 pH를 4~5.5로 보정하였다. 이를 5,000xg의 속도로 4℃에서 10분간 원심분리하여 불용성분을 제거한 다음 공시의 방법으로 autoclave하여 배지로 사용하였다.

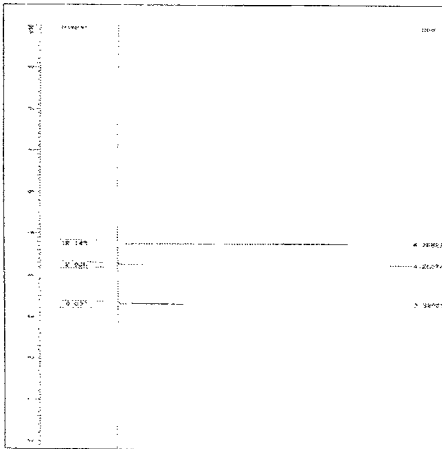
### 3) 종균접종 및 적응도 검정

상기 YPD 배지로  $OD_{600}=10$ 이 되게 배양한 종균을 당밀배지 100ml 당 5ml 씩 첨가한 다음 30℃에서 진탕하여 배양하되 매 24시간 마다 배양액을 채취하여 균체의 성장을 분광광도계법으로 측정하였다.

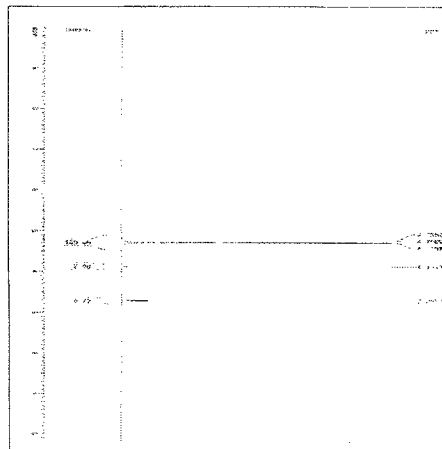
## 3. 연구결과

### 가. FT-NMR에 의한 베타인 분석

1) 순수 베타인



2) 순수 베타인+효모추출물



3) 순수 베타인+효모 추출 베타인

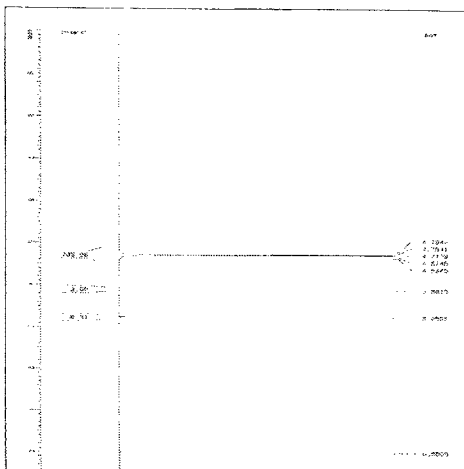
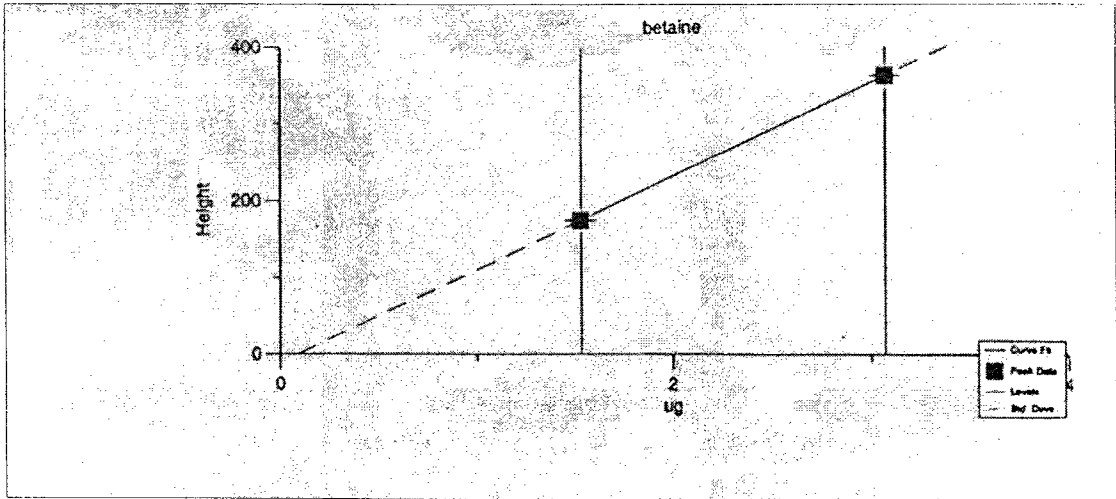
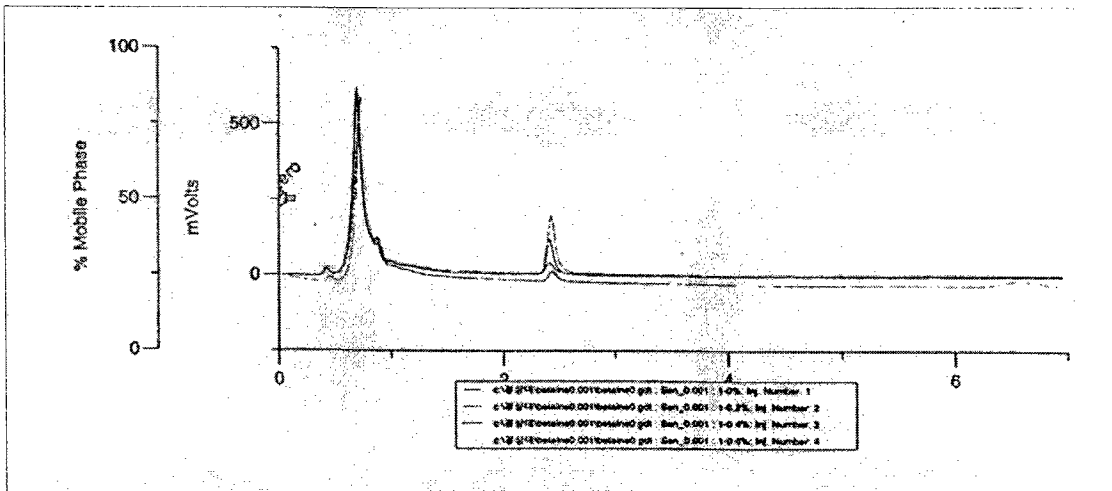


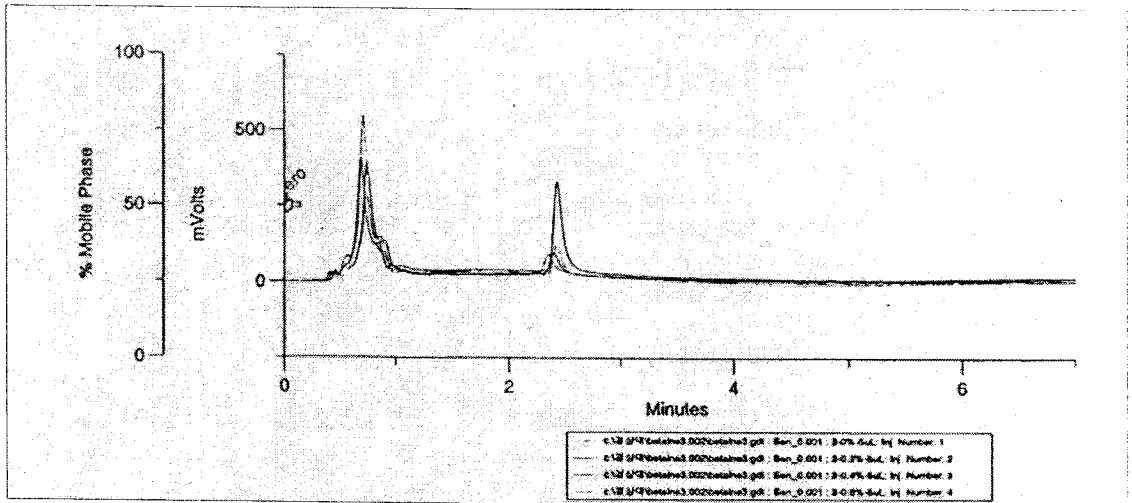
Figure 1. FT-NMR에 의한 베타인 분석. 정제 베타인(panel 1), 정제 베타인과 베타인을 생산하지 않은 효모 추출물과의 혼합액(panel 2) 및 시료효모에서 추출정제한 베타인(panel 3)을 각각 FT-NMR 방법으로 분석하였다. 분석 결과 3~4.5ppm 영역에서 2종류의 단일 흡수선만 나타나 효모에서 추출한 물질이 베타인임이 확인되었음.

나. HPLC 방법에 의한 베타인 분석자료



	Peak Name	Level Number	Mean Height	Amount ug	Std.Dev.	Cv	Num Avg.
1	betaine	1.00	174.76	1.53	--	--	1.00
2	betaine	2.00	361.58	3.07	--	--	1.00

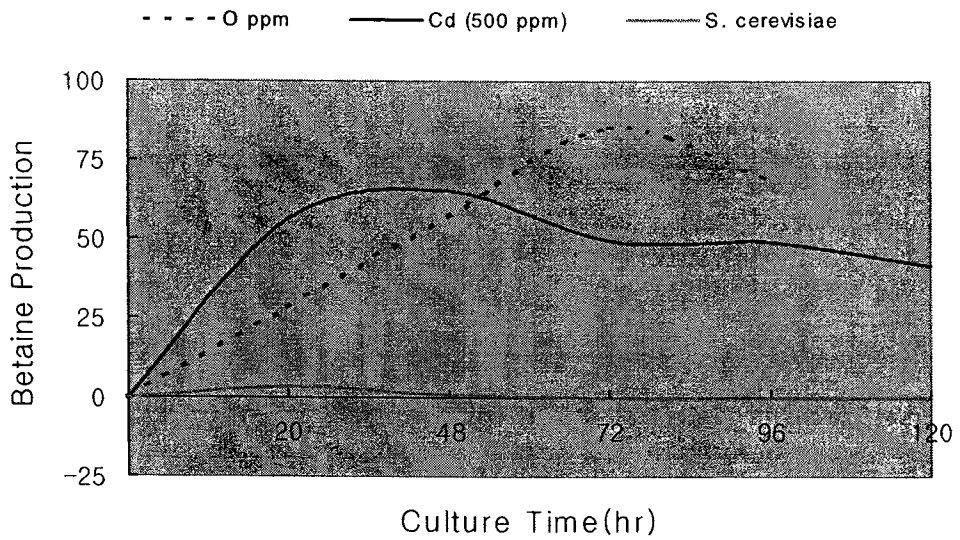




다. 베타인 생산에 미치는 stress 유형별 효과

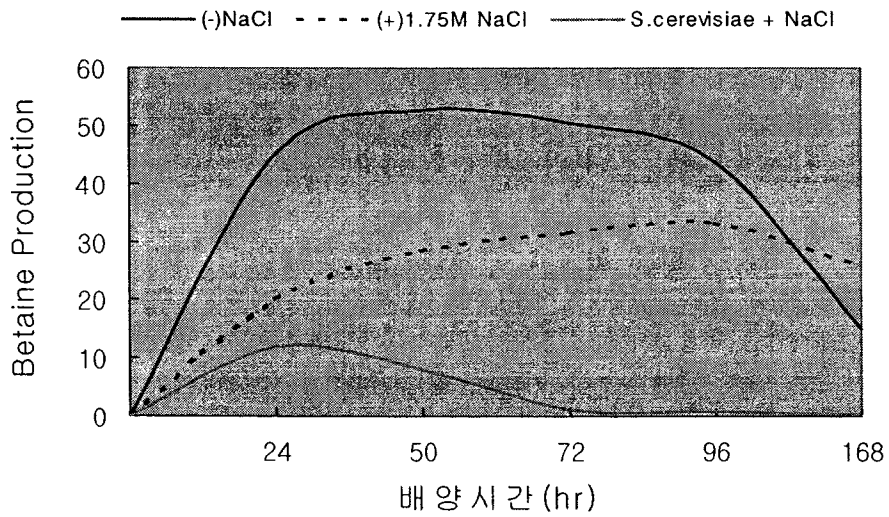
1) 500ppm의 Cd으로 stress를 가한 효모를 평균으로 한 베타인 생산

### Effect of Cd



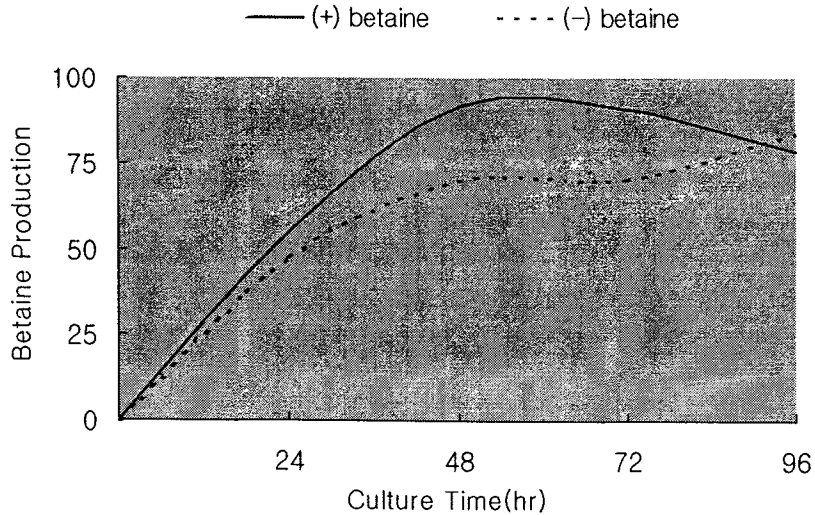
2) 1.75M NaCl로 stress를 가한 효모를 종균으로 한 베타인 생산

## Effect of NaCl in Media



3) 10mM 글라이신 베타인으로 stress를 가한 효모를 종균으로 한 베타인 생산

## Effect of Betaine(10mM) in Media



(설명)

- 1) 실험 : 시료종균을 500ppm의 Cd으로 먼저 스트레스를 가한 다음 표준배지에서 1회 계대배양한 후 베타인생산 종균으로 사용(0ppm, ---)하거나 배지에 50ppm의 Cd을 첨가하여 베타인 생산을 수행하였음. 대조구로 같은 효모인 빵효모를 사용하여 비교하였음.
- 2) 실험 : 시료종균을 같은 방법으로 1.75M NaCl을 배지에 첨가하여 배양하거나 대조구로 표준배지에 시료효모 혹은 빵효모를 배양하여 베타인 생산성을 비교하였음.
- 3) 실험 : 표준배지에 10mM의 베타인을 첨가하여 배양함으로써 상당량의 베타인이 잔존하고 있는 사탕무 당밀을 배지로 사용할 경우 잔존 베타인이 생산성 향상을 증가시키는지의 여부를 조사하였음.

라. 표: 베타인 급여 사육돼지의 혈청내 베타인 함량 : 분석방법

사료내 G·B 급여량	HPLC로 측정된 G.B 양		acid KI로 측정한 GB 양		평균함량(mM) (분석방법 별)		대조구 비 증가율	
	mM	mg/ml 혈청	mM	mg/ml 혈청	HPLC	acid KI	HPLC	acid KI
0.0 %	0.73	0.112	0.384	0.177	0.73	0.82	1.00	1.00
0.2 %	1.45	0.223	1.442	0.218	1.45	1.42	1.99	1.73
0.4 %	3.837	0.364	1.512	0.232	2.36	1.51	3.23	1.84
0.6 %	3.59	0.552	1.922	0.295	3.59	1.922	4.92	2.34

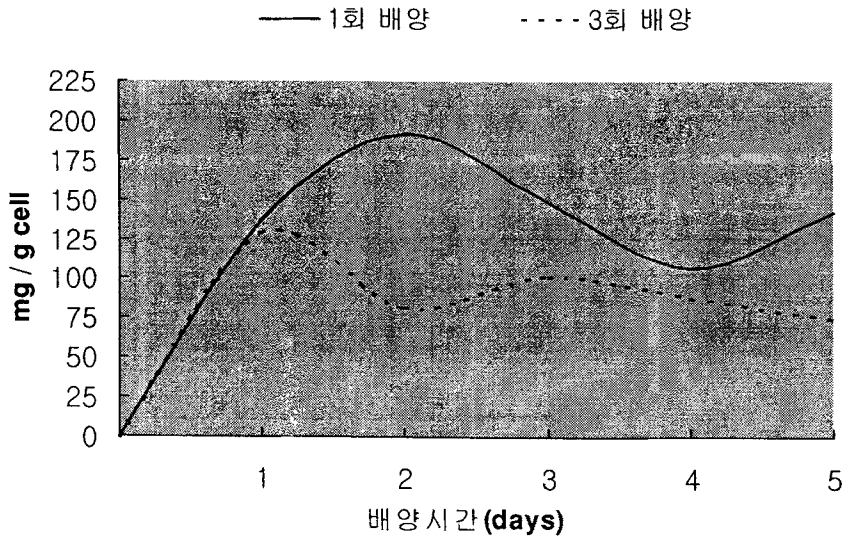
혈액내에 있는 unknow material 들이 베타인과 periodide와의 결합을 방해하는것으로 추측되며 따라서 정확한 분석방법은 적어도 혈액 및 근육조직내에 축적된 베타인의 최적분석법은 HPLC 혹은 FT-NMR 방법으로 사료되나 고가의 장비가 소요되고 분석에 많은 시간이 소요됨이 단점임.

마. 베타인 급여 사육돼지의 부위별 베타인 함량조사

(“제 4 절 베타인 대량생산 기술개발” 항목에 포함됨)

바. FeSO4로 스트레스를 가한 종균 표준배지에서 계대 배양한 종균 사용시 G.B 생산

## FeSO<sub>4</sub> 로 stress를 가한 종균

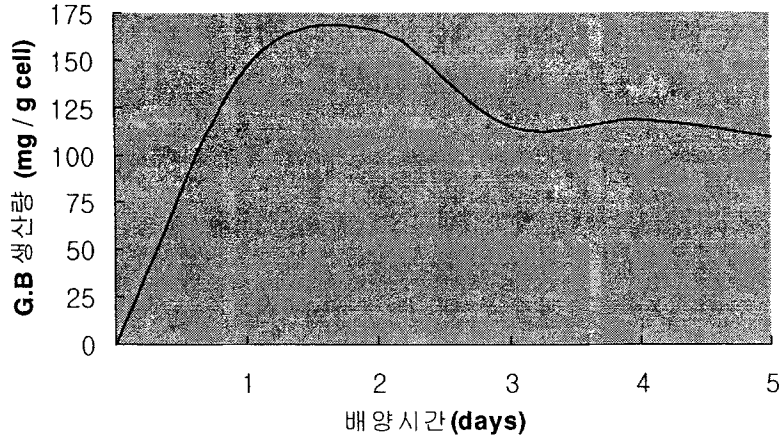


(설명) 종균을 25mM FeSO<sub>4</sub>로 스트레스 가한 후 Fe를 함유하지 않는 표준배지에 1회 배양(—) 혹은 3회 배양(---) 후 대량 배양에 사용하였으며 배양 균체에서의 베타인 추출은 표준방법에 따라 시행하되 함량은 acid-KI 방법으로 측정하였다.

사. 표준 배지에서 스트레스 없이 배양한 균주 사용시 G·B 생산량



## G.B 생산량



### 아. 시료균주의 당밀적응도

당밀을 사용한 배지의 Brix 농도별 (10, 20, 및 30) 균체성장율을 측정하여 시료균주의 당밀적응도를 조사하였으나 표준 YPD 배지(Brix 3.0)에 비해서도 유의할 차이는 없었으며 Brix 농도별도 큰 차이가 없었으나 다만 Brix 30의 배지에서는 배양초기에 성장이 15% 낮았으나 성장대수기 중엽에서는 차이가 없었다. 이는 당밀이 효모배양의 좋은 배지가 됨이 이미 알려져 있음과 일치함. 확인실험을 위해 현재 반복 중에 있음.

### 자. 기타 스트레스에 대한 베타인 생산 패턴

5mM, 및 10mM의 Cu, 100 $\mu$ M의 Se 으로 스트레스를 가해 베타인의 생산 향상을 시도하였으나 오히려 표준조건에서 배양한 경우보다 생산성이 낮았음. 현재 1mM의 은(AgNO<sub>3</sub>)으로 환경스트레스를 가해 생산성 향상 실험을 수행 중에 있음.

차. 표준 종균을 효모생산업체에 제공하여 위탁생산 및 정제를 의뢰하였으며 생산된 정제제품(순도: 90~93%)을 사육실험용으로 제공하였음.

## 제 5 절 베타인 대량생산 기술개발

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 종균의 보존 및 배양

##### 1) 배지

종균의 배양배지는 증류수 100ml 당 포도당 1g, polypeptone 1g, yeast extract 0.5g, NaCl 0.1g, MgSO<sub>4</sub> 0.03g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.01g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.01g을 녹인 다음 pH를 6.0으로 조정 한 후 121℃에서 15분간 멸균한 YPD 배지를 종균배양을 위한 액체배지로 사용하였다. 종균보관을 위한 고체 사면배지는 액체 YPD 배지 100ml 당 1.6g의 Bacto agar를 첨가하여 같은 방법으로 멸균한 다음 고화시켜 사용하되 배양된 종균은 4℃에서 보관하며 매 2개월 마다 배지를 교체하여 균주의 생명력 감소를 최소화 하였다(Rose 등).

##### 2) 균주접종

고체배지에 보관된 균주를 공시의 방법으로 액체배지에 접종한 다음 30℃에서 진탕배양 하되 균체의 성장은 600nm에서의 흡광도를 측정하는 분광광도계법으로 분석하였으며 베타인 생산을 위한 접종용 종균은 성장이 mid-log phase (OD<sub>600</sub>=~10)에 도달한 균체를 사용하였다(Ausubel 등)..

#### 나. 균체내 베타인 함량 분석

##### 1) 균체의 회수 및 베타인 추출과 정제

시료균 배양액을 1,500xg의 속도로 4℃에서 10분간 원심분리하여 회수한 다음 균체 용적의 4배에 해당하는 끓는 에탄올을 가한 다음 80℃에서 40분간 진탕하여 균체를

파쇄한 후 상등액을 취하고 다시 끓는 80% 에타놀을 추가로 첨가하여 20분간 재 추출하되 미리 수거한 상등액과 합쳐 12,000xg의 속도로 4℃에서 20분간 원심분리하여 불순물을 제거하였다. 회수한 상등액을 80℃에서 건조하여 에타놀을 완전히 제거한 다음 적당한 용적의 증류수에 용해시킨 후 같은 조건으로 다시 원심분리하여 불용 성분을 한번 더 제거한 다음 이를 조성분(crude form)의 베타인으로 하였다. 베타인의 정제는 상기 조성분의 베타인액을 취하여 Dowex 50W (50x40-200, H<sup>+</sup> form, Sigma) 음이온교환수지를 충전하여 미리 활성화 시킨 column에 통과하여 베타인은 결합시킨 다음 column에 잔류한 미결합 불순성분은 증류수로 수회 세척하여 제거하였다. 이온 교환수지에 결합한 베타인은 적당용적의 2N NH<sub>4</sub>OH 용액으로 용출시키고 이를 45℃에서 N<sub>2</sub> 가스를 흘려 건조한 다음 적정량의 증류수에 용해하여 분석에 사용하였다 (Incharoensakdi 등).

## 2) 베타인 분석

### 가) periodide 방법에 의한 정량

시료액 0.5ml에 0.2ml의 acid-KI 용액(7.5g I<sub>2</sub>, 10g KI in 1M HCl)을 가한 다음 가끔 진탕하여 섞어면서 90분간 반응시킨다. 반응 후 2ml의 냉각 증류수와 5ml의 1,2-dichloroethane (-10℃)을 즉시 첨가한 다음 잘 혼합한 후 20~30 분간 정치하여 액체 및 유기용매 층의 분리를 유도한다. 베타인과 요오드의 유도체가 용해되어 있는 하층부의 유기용매 층을 회수한 다음 365nm에서 흡광도를 측정하여 표준 베타인으로 측정한 값과 비교하여 베타인 함량을 결정한다(Incharoensakdi 등).

### 나) 핵자기공명분광법(FT-NMR spectroscopy)에 의한 정성 및 정량

핵자기공명 스펙트럼은 원자의 화학적 환경과 원자의 수에 따라 특징적인 공명 흡수선을 보여주므로 핵자기공명분광법은 간단한 유기물의 분석에 아주 적합하다. 일반적으로 중수소가 포함된 화합물을 용매로 사용하며 Betaine은 염과 같은 성질을 나타내므로 중수(D<sub>2</sub>O)를 용매로 사용한다. 0.6 ~ 0.8 ml의 중수에 녹인 시료가 든 시료관을 NMR 분광기에 넣고 측정한다. 이 방법에는 (가) <sup>1</sup>H 핵자기공명 방법과 (나) <sup>13</sup>C 핵자기공명 분석법이 있으나 (나)방법은 정량적으로 비교하기는 어려워 (가) 방법에 의해 분석하였다. 이 방법은 매우 정밀한 방법이나 고가의 장비 뿐만 아니라 분석에

많은 비용과 시간이 소요되어 시료의 일부만 검정용으로 이 방법에 의해 분석하였다 (Tugnoli 및 Alcalde).

다) High performance liquid chromatography 분석에 의한 정량

(1) 원형(intact form) 그대로의 분석

-column : C18 or Shodex NH2

-mobile phase(이동상) : acetonitrile/water = 50/50

-flow rate : 1ml/min

-UV wave length for detection : at 194nm

(2) 유도체화 후 분석

베타인을 Alaiz 등의 방법에 따라 diethyl ethoxymethylenemalonate(DEMM) 유도체로 만든 후 280nm에서 흡광도를 측정한 다음 표준량으로 측정한 값과 비교하여 농도 환산함.

라) 평가기준

(1) periodide 방법에 의한 정량

표준함량의 베타인으로 분석한 결과 베타인 농도에 비례하여 흡광도가 직선상으로 증가되어 분석방법이 유효함이 입증되었다.

(2)  $^1\text{H}$  핵자기공명 방법에 의해 Betaine  $[(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COO}^-]$ 을 분석할 경우 3개의  $\text{CH}_3$ 에서 9개에 해당하는 흡수선과  $\text{CH}_2$ 의 2개에 해당하는 2종류의 단일 흡수선이 나타나야 함. 실험 결과에 의하면 3~4.5 ppm 영역에서 예상된 것과 일치하는 2종류의 단일 흡수선이 나타났음(그림 1). 따라서 시료 균체에서 회수정제한 물질이 글라이신베타인 임이 입증되었음.

(3) High performance liquid chromatography(HPLC) 분석에 의한 정량

재현성이 뛰어나서 베타인 정량을 위한 최적방법이나 최적 분석조건 설정에 많은 시간이 소요되고 기기가 고가이어서 분석비용이 과다하게 소요됨.

## 다. 사육돼지에 축적된 베타인 분석 및 함량조사

### 1) 이론적 배경

사육돼지에 0.0, 0.2, 0.4, 및 0.6%의 베타인을 첨가한 사료 급여시 혈액 및 근육조직에 베타인이 축적되는지의 여부를 분석함으로써 만약 실험돼지의 육질에 베타인이 축적될 경우 축적돈육을 섭취함으로써 생리활성 물질인 베타인을 섭취하는 효과가 있으므로 일반 돈육에 비해 차별화 및 상품화 효과를 증대시킬수 있기 때문이다

### 2) 혈청에 잔류하는 베타인 분석 및 정량

베타인을 급여한 사육돼지의 전혈 혹은 저속으로 원심분리하여 불순물을 제거한 혈청에 4배 부피의 boiling ethanol을 첨가하여 분해하되 상기 2)의 방법에 분해 및 정제를 수행하였으며 정제된 베타인의 정량은 HPLC 방법이나 periodide 방법으로 각기 분석하여 상호 비교하였다.

### 3) 돈육 부위별 베타인 함량 분석 및 정량

사육돼지의 부위별로 채취한 돈육의 절편을 액체질소와 함께 마쇄하여 분말화한 다음 적당량의 증류수를 가하여 부피를 조절한 후 얼음수조에서 냉각을 유지하면서 homogenizer(polytron)로 충분히 균질화 하였다. 균질 조직액에 4배 부피의 boiling ethanol을 첨가하여 40분 동안 조직을 파쇄한 다음 상등액을 수거하되 잔유물을 80% boiling ethanol로 한번 더 추출하였다. 추출액을 다시 17,000xg의 속도로 4℃에서 30분간 원심분리 하여 불용물을 제거하였으며 정제 및 분석은 상기 방법에 따라 시행하였다.

## 라. 효소를 이용한 베타인 생산

### 1) 배경

식물체, 특히 상업적 베타인 생산원료인 사탕무우에서는 choline monooxygenase에 의해 choline에서 글라이신 베타인을 다량 생합성 함이 규명되었으며 박테리아의 경

우도 유사한 기작에 의해 베타인이 추가로 합성됨이 발표되었다. 따라서 시료 균체에 서 베타인 생합성 효소를 추출하여 whole cell extract와 반응시킴으로써 원료를 외부에서 공급하지 않고도 자가생산에 의해 베타인을 추가로 생산할수 있는지의 여부를 조사하였다.

## 2) 방법

과량의 베타인 생산을 유도하기 위해 극도의 환경스트레스를 가한 효모에서 베타인 생산효소가 발현된 whole cell extract 준비하여 이를 일상조건에서 배양한 효모 배양액 혹은 효모 균사체 추출액을 원료로 하여 반응시킨 다음 베타인이 추가로 합성되는지의 여부를 분석하였다.

## 마. 시료균주의 당밀적응도 검정

### 1) 이론적 배경

설탕제조용으로 국내에 도입되고 있는 원당은 사탕수수 및 사탕무우를 파쇄한 다음 불순물을 제거한 점성이 높은 조당 형태로 75% DM 기준으로 설탕 48/56%, 포도당 5/10%, 과당 5/10%, 비당 유기물 9/12% 등 유기물이 60~65% 함유되어 있을 뿐만 아니라 가격이 100원/kg으로 매우 저렴하여 효모 등의 미생물 발효배지용 원료의 탄소원 대부분을 당밀에 의존하고 있다. 그러나 생산지에 따라 차이가 있지만 8~12%의 회분, 미량으로 SO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, 및 NH<sub>3</sub> 등과 색소원 등 난분해성 물질이 함유되어 있어 이를 제거하여야 하므로 산업체에서는 당밀분리기를 사용하여 불순물을 제거한 후 배지에 사용하고 있다. 따라서 본 실험실에서도 대량생산을 위한 본 실험에 앞서 실험실 자체에서 개발한 당밀정제법으로 정제한 당밀이 시료균주의 배지로 사용가능한지를 먼저 조사하였다.

### 2) 당밀을 이용한 배지조성

당밀을 증류수로 Brix 값으로 10, 20, 및 30이 되게 희석한 다음 미량원소로 적당량의 NaCl, MgSO<sub>4</sub>, 인산카리클, 또 질소원으로 요소(urea)를 3% 첨가하거나 산업용 효모추출물 혹은 polypeptone을 적당량 첨가한 다음 pH를 4~5.5로 보정하였다. 이를

5,000xg의 속도로 4℃에서 10분간 원심분리하여 불용성분을 제거한 다음 공시의 방법으로 autoclave하여 배지로 사용하였다.

### 3) 종균집중 및 적응도 검정

상기 YPD 배지로 OD<sub>600</sub>=10이 되게 배양한 종균을 당밀배지 100ml 당 5ml 씩 첨가한 다음 30℃에서 진탕하여 배양하되 매 24시간 마다 배양액을 채취하여 균체의 성장을 분광광도계법으로 측정하였다.

### 바. 반고체 배지를 사용한 베타인 생산

#### 1) 이론적 배경

효모의 상업적 생산은 당밀을 탄소원으로, 요소 혹은 유기물을 질소원으로 하여 액체배양하고 있으나 돼지에 급여하기 위해 배양액 혹은 균사체를 양돈사료와 직접 배합할 경우 수송상의 문제는 물론 다량 함유된 수분으로 인해 사육농가에서 취급하기가 매우 어려워 현장에서 사용하기가 불가능하다. 이를 개선하기 위해 반고체 형태의 배지를 사용하여 효모를 배양한 다음 간단한 공정으로 잔여 수분을 제거함으로써 농가의 사이로에서 돈사료와 직접 배합 가능한 형태의 제품을 생산하고자 착안하게 되었음.

#### 2) 반고체 배지조성 및 배양

원당 제조용 당밀과 질소원으로 효모추출물 및 증량제로 미세 분말형태의 톱밥을 혼합하되 환원당의 농도는 최종 환산치로 Brix 20(per wt.), 효모추출물은 1%(w/w) 농도로 조절한다. 미세분말 형태의 톱밥을 사용하는 이유는 돼지에의 급여용이 아닌 오직 증량용이며 다음 연구에는 배합 돈사료를 사용할 예정이다. 버섯 병재배용으로 시판중인 것을 구입하여 온수로 수차 세척하여 불순물 및 송진을 제거한 다음 당밀 및 효모추출물 및 무기염류와 혼합한 다음 건조하여 함량수분을 51~53%로 조절하였다. 배지혼합물을 Silistopper(녹십자)로 입구를 봉한 1000ml 시약병에 2/1을 채운 다음 121℃에서 20분간 멸균한 후 실온까지 냉각하여 사용하며 한다. 대수 중간기까지

배양한 종균 50ml를 무균적으로 접종한 다음 30℃에서 병을 360° 회전하여 배양한다. 배양도중 효모의 배양 정도를 육안으로 관찰하면서 12시간 마다 시료를 채취하여 하기의 방법으로 첨가한 당의 중량 별 베타인 생산량을 분석하였다.

### 3) 반 고체 배지에서의 베타인 생산량 분석

발효된 반고체 시료를 채취하여 적당량의 멸균수를 가하여 현탁한 다음 끓는 80% 에탄올을 가해 공시의 방법에 따라 균체를 분해한 다음 베타인을 추출, 정제 및 Acid KI 방법으로 함량을 정량하였다.

## 2. 연구결과

### 가. 베타인의 유도체화 후 HPLC 분석

#### 1) 분석방법

베타인을 HPLC를 사용하여 유도체를 만들지 않고 직접 분석할 경우 190nm~200nm의 파장이 매우 짧은 UV에서 측정하여야 하나 이 영역의 파장에서는 sensor가 정확히 판독하기가 어렵다. 뿐만 아니라 문헌에 의하면 Li 등은 normal phase의 경우 192nm에서 측정하였으나 Bessieres 등의 경우는 200nm에서 측정하는 등 실험자에 따라 사용하는 파장이 다르다. 따라서 이를 규명하기 위해 본 실험실에서 파장에 따른 베타인의 흡광도를 분석하였으며 (그림 1) 베타인의 최대 흡광도는 192nm에서 일어남을 확인하여 종전까지 사용하여 왔다(1차년도 보고서 참조). 그러나 192nm에서의 흡광도 측정은 재현성이 떨어져 이를 개선하고자 Altaic 등은 diethyl ethoxymethylene -malonate를 사용하여 매우 안정된 유도체로 만든 후 280nm에서 흡광도를 측정하여 분석함으로써 재현성의 개선은 물론 분석효율 및 민감도(sensitivity)도 개선할수 있었다고 보고하였다. 본 실험실에서도 베타인 표준물질을 사용하여 같은 방법으로 분석하였으며(그림 2) 분석조건은

Column : C18  
Eluent : 100mM + ACN (Isocratic)  
UV : 280nm

이며, 6분 정도에 나타난 커다란 Peak가 베타인의 것으로 판단되어 문헌과 일치함을

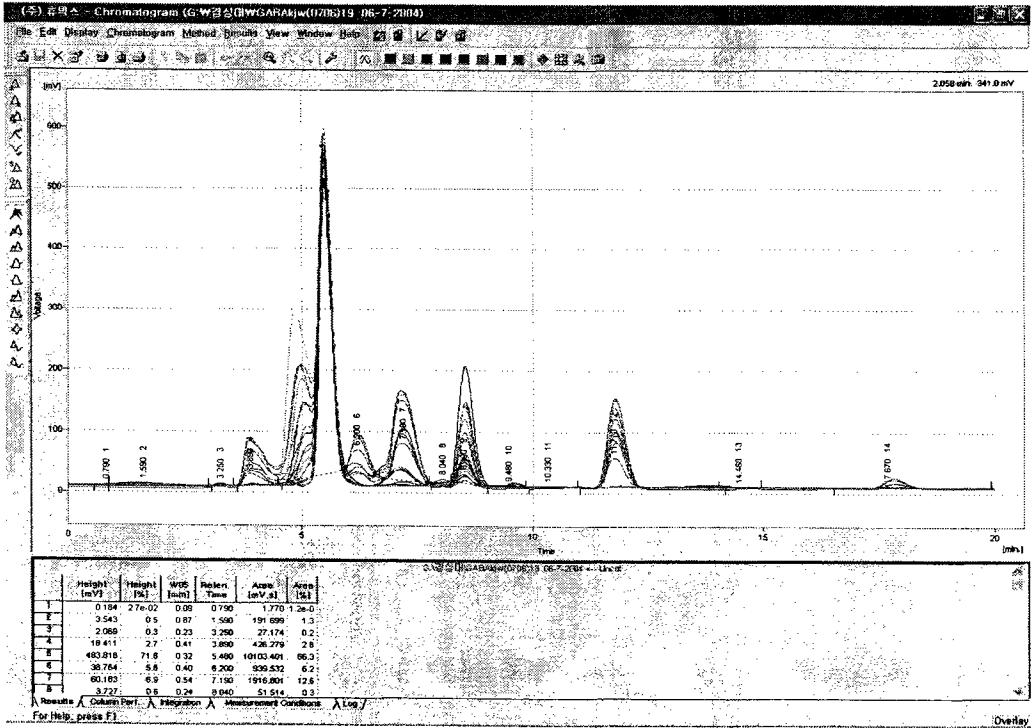


확인하였다. 따라서 HPLC 방법으로 베타인을 분석할 경우 이 방법에 따라 분석하였다.

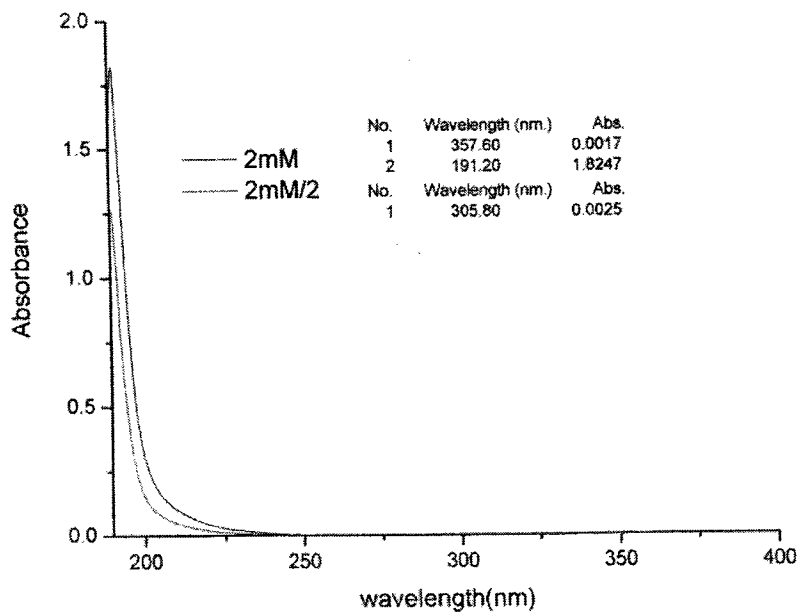
## 2) 베타인 급여 돼지의 혈액 및 근육에 축적된 베타인 농도분석

0.2, 0.4, 및 0.6%(w/w)의 베타인을 첨가한 표준사료를 시료 돼지에 급여한 다음 혈액 및 등심육을 대조구의 시료돼지와 함께 채취하여 공시의 방법에 따라 근육내 베타인을 추출하여 HPLC 방법으로 분석하였다(표 1). data의 신뢰도를 높이고자 베타인 시료를 상기 Acid KI 방법으로도 분석하여 상호 비교하였다(표 2). 베타인을 급여한 시료돼지 혈액내의 베타인 함량은 베타인을 급여하지 않은 대조구에 비해 뚜렷한 유의성이 발견되지 않았으며 이는 혈액내에 베타인이 과도히 함유할 경우 대사를 통해 코린과 같은 다른 물질로 전환되기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 등심육내의 베타인 분포는 사료에 0.4 및 0.6%를 급여한 시료돼지에 대조구에 비해 개체별로는 상당한 차이가 있음에도 각각 2.7배 및 2.5배나 높아 급여한 베타인의 축적이 가능하리라 추측되며 이는 이미 발표된 문헌과도 일치한다(Cromwell 등 및 Matthews). 또한 HPLC로 분석한 결과는 Acid KI의 분석에 비해 감도가 등심육의 경우 2.6배 더 높았으나 혈액의 분석치는 Acid KI 방법의 감도가 낮아 상호 비교는 큰 의미가 없었다. 반면 효모균사체에 함유된 베타인을 같은 방법으로 분석하면 돼지 근육을 분석할때의 두 방법의 감도차이와 비슷하며(data not shown) 또한 혈액에서 추출, 정제한 베타인 시료를 HPLC로 분석하면 효모균체에는 없는 다양한 물질이 존재함도 확인되었다(data not shown). 따라서 이들 data에 의하면 혈액내에는 요오드와 베타인이 반응하여 유도체를 합성하는 화학반응을 저해하는 다양한 물질이 함유되어 있기 때문일 것으로 추측된다.

(그림 1.)



(그림 2.)



<표 1> HPLC 방법에 의한 베타인 함량분석

사료 내 G.B 급여량	돼지별	혈액 내 함유량 (mg/ml)	등심육 내 함유량 (mg/g meat)
0%	1	0.811	4.13
	2	0.846	2.33
	3	0.919	3.13
0.2%	1	0.775	4.12
	2	0.909	1.93
	3	0.863	3.74
0.4%	1	0.919	10.89
	2	0.846	3.91
	3	0.860	6.28
0.6%	1	0.891	4.24
	2	0.915	9.74
	3	0.913	4.99

<표 2> Acid KI 방법에 의한 분석 값

사료 내 G.B 급여량	돼지별	혈액 내 함유량 (mg/ml)	등심육 내 함유량 (mg/g meat)
0%	1	0.190	2.11
	2	0.157	2.34
	3	0.171	1.05
0.2%	1	0.212	1.61
	2	0.198	1.07
	3	0.201	1.84
0.4%	1	0.168	2.05
	2	0.262	2.04
	3	0.236	1.55
0.6%	1	0.272	2.75
	2	0.265	3.45
	3	0.243	2.65

### 3) 시료균주의 당밀적응도 검정

탄소원의 농도가 높을 경우 YPD 영양배지에서와는 달리 최대 베타인 생산은 발효 시작 24시간 이후가 되며 배양액에는 미사용된 상당량의 환원당이 잔존(배양시작때의 환원당 농도 33% 가 배양 96시간 후는 42.4%에 해당하는 14%의 환원당이 잔류-data not shown) 하고 있어 사탕무당밀의 농도를 환원당 기준 36% 혹은 이를 1/2로 각각 희석(환원당 19% 해당)한 다음 80℃에서 24시간 불활성화 시킨 후 시료효모를 접종하여 배양한 결과 36%의 경우 배양 72시간 후 최대성장을 보인 반면 19%의 경우 배양 24시간 후에 성장이 최대점에 도달하였으나 불활성 처리를 하지 않은 19% 희석 사탕무 당밀에서는 전혀 성장하지 않았다(그림 3). 따라서 정제 설탕의 제조원료로 도입하는 원당을 시료효모의 배양배지로 사용하기 위해서는 열처리가 필수적임이 확인되었다.

### 4) 당밀을 배지로 한 시료효모 배양 및 베타인 생산성 분석

효모제조업체에서의 배양조건(총당 30%, pH 5.0, 충분한 통기)에서 3차례에 걸쳐 5 일 동안 배양하면서 배양시간 별로 100ml를 취하여 흡광도(OD/600), PCV를 측정한다. 다음 끓는 80% 에탄올 4 부피를 가해 효모를 파쇄한 후 표준 acid KI 방법에 따라 100ml 배양액에 함유된 베타인 생산량을 측정한다(그림 4), 균체 단위무게당 베타인 생산 추이를 분석하였다(그림 5). 1차 실험결과 2일 후 균체건량 1g 당 34.2mg(2.6%) 이, 2차 실험에서는 배양 24시간에 40.2mg의 베타인이 각각 생산

(그림 3.)

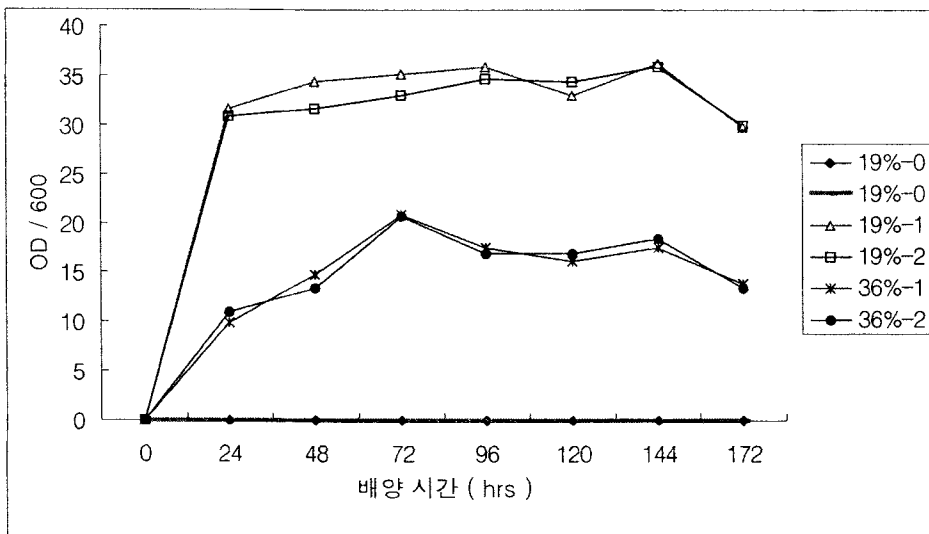
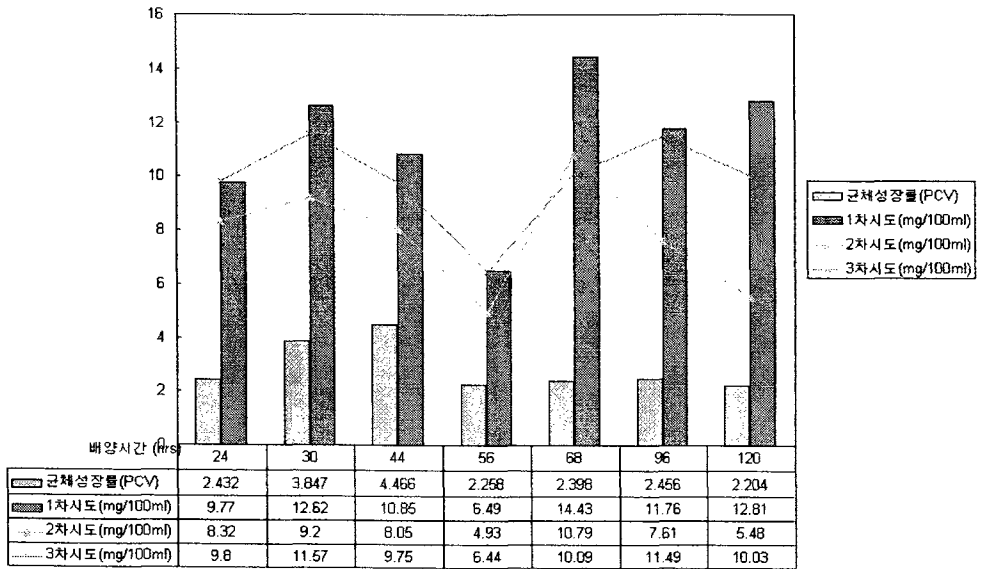


Fig. 3. 사탕무 당밀 농도별 균체성장. 사탕무 당밀의 환원당 농도를 36% 및 19%로 가가 조절한 다음 80℃에서 24시간 전처리(19%-1 및 -2, 36%-1 및 -2)를 한다음 시료효모를 접종하고 매 24시간 마다 배양액을 취하여 균체성장을 측정하였으며 전처리 하지 않은 대조구(19%-0)에서는 거의 성장하지 못하였다.

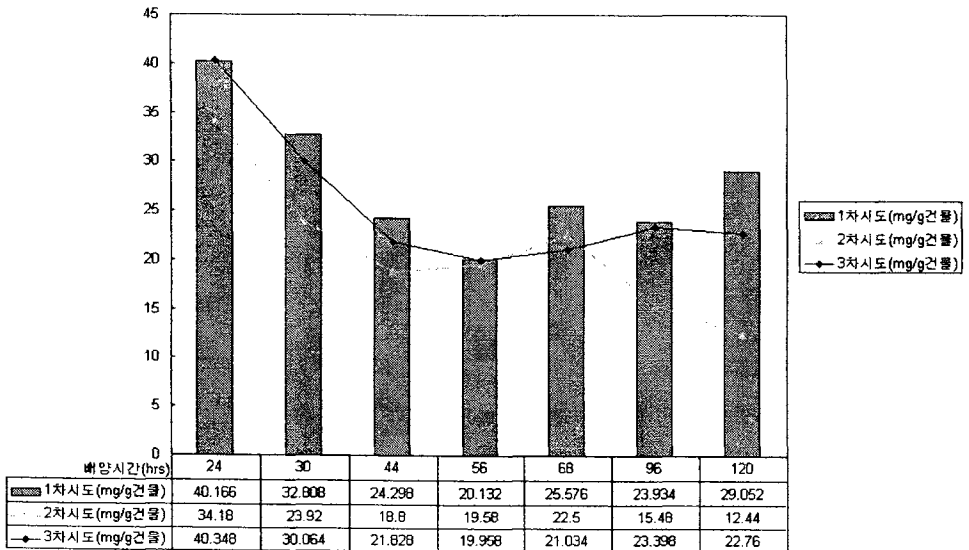
(그림 4.)

Fig 4. Assay of GB in 100ml culture



(그림 5.)

Fig. 5 Assay of GB in dried cell mass



되었다. 총 배지의 환원당 함량이 30% 임에도 생산성이 낮은 이유는 질소원으로 사용한 요소가 시료효모에게 상당히 toxic 하고 또 탄소원으로 사용한 사탕수수 당밀도 많은 불순물이 함유되어 있어 상당한 전처리를 해야하는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 원천기술이 전무하여 처리법이 시급히 개발되어야 할 것이다. 여러 경로의 정보와 실험을 통해 80℃에서 24시간 가열로 inactivation 한 결과 시료효모의 성장이 가능하였으나 열처리를 하지 않을 경우 전혀 성장하지 않았다. 또한 질소원으로 요소대신 값싸면서도 독성이 없는 경제적인 유기질소원이 개발되어야 할 것이다.

#### 6) 반고체 배지를 사용한 베타인 생산

베타인을 함유한 효모 액체배양액을 돈사료에 첨가할 경우 사육농가에서 사용하기 위해서는 다량의 수분을 건조하여 제거하여야 하는 단점을 보완하고자 반고체 배지를 이용한 효모발효 방법의 가능성을 탐색하고자 본 실험을 시도하였으며 반고체 배지를 드럼형태의 발효조에 충전한 후 이를 회전하여 발효하였으며 발효시작 24시간 후 부터는 12시간 마다 시료를 채취하여 베타인 생산량을 Acid KI 방법으로 측정하였다. 3회 배양한 결과를 분석하였으며(그림 6) 배양시간 별 생산패턴은 액체배지에서의 배양(그림 4)과 유사하였으나 생산량은 약 40%에 불과하였으며 이는 액체배양의 경우 다량의 공기 주입이 가능하여 충분한 용존산소의 공급이 가능할 뿐만 아니라 액체배양의 경우 프로페러를 사용하여 배양액을 충분히 섞을수 있으나 반고체 배지의 경우 드럼형태의 용기를 사용해야하므로 액체배지의 경우처럼 충분하게 mixing 할수없기 때문인 것으로 추측된다.

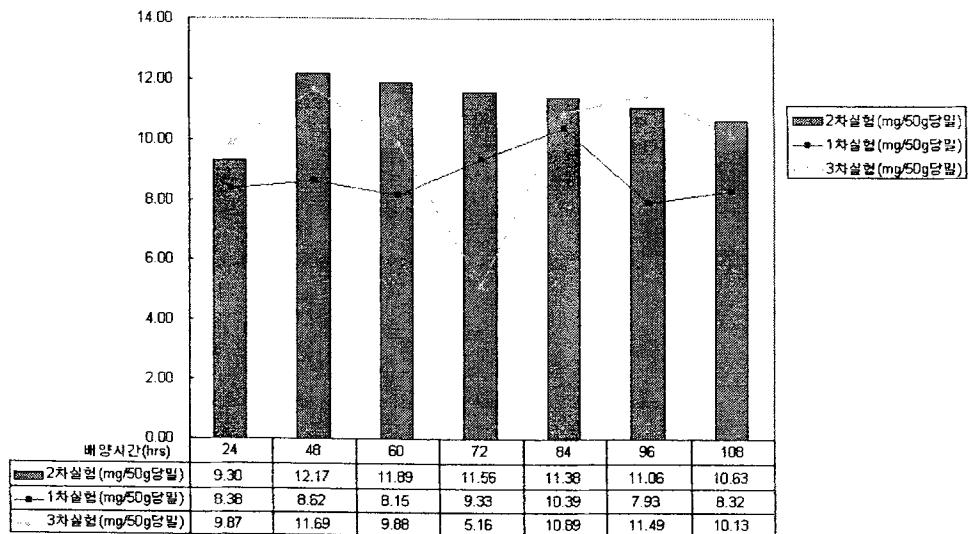
#### 7) 효소를 이용한 베타인 생산

살아있는 세포의 삼투압 균형의 회복 및 유지에 관여하는 호환성물질(compatible solute)인 베타인은 극심한 스트레스를 가할 경우 이에 반응하여 생합성되어 세포내에 축적된다. 또한 베타인은 메칠 group의 donor 로서도 뿐만 아니라 사료첨가제 등 다양한 용도로도 사용되고 있다. 이들의 생합성 기작은 잘 알려져 있으며 또한 모든 생명체에서 같은 양상을 보이며(universal) 일련의 효소가 관여하는 것으로 알려져 있다(Lamk, Boch and Pocard). 이 경우 choline을 중간 대사물질로 하여 choline dehydrogenase 혹은 choline oxidase에 의한 산화를 통해 합성되는 것으로 알려져 있

다. 그러나 코린의 세포내 농도는 매우 낮고(trace amount) 또 고가이어서 in vitro 방식에 의한 베타인의 대량생산 응용에는 적당치 않다. 최근 코린 보다는 값이 매우 싼 아미노산인 glycine도 methyl transferase, glycine sarcosine methyl transferase, 및 sarcosine dimethyl glycine methyl transferase 효소에 의한 methylation에 의해서도 베타인의 생산이 가능함이 입증되었다.(Sing, Waditee and Nyysola). 따라서 시료 효모를 베타인을 최대로 생합성하는 조건 및 그 초기조건 혹은 대조구로 일반적 배양조건에서 각각 배양한 다음 균체를 회수하고 glass bead를 사용하여 세포벽을 파쇄하여 whole cell extract를 조제한다. 시험관에서 이

(그림 6.)

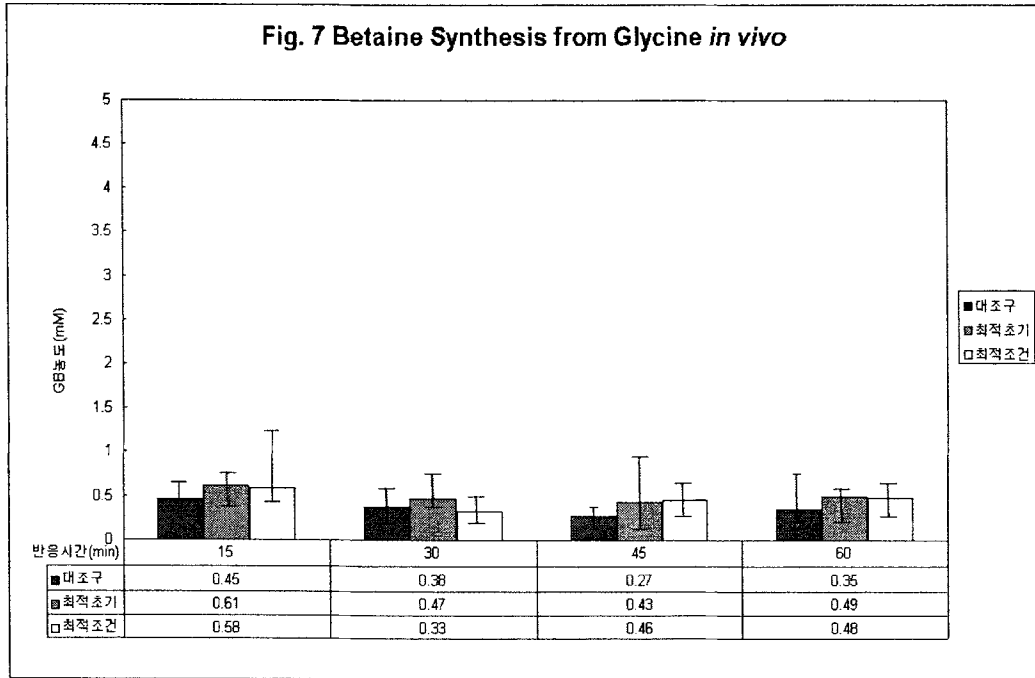
Fig. 6 반고체 배지에서의 시간별 베타인 생산



whole cell extract에 10mM의 glycine을 첨가하여 30℃에서 60분간 반응시킨 후 추가로 합성된 베타인을 정량분석 하였다(그림 7). 분석 결과 대조구에 비해 유의성 있는 data는 없었으며 또한 반응액내에 잔류하는 glycine의 양을 분석한 결과 유의성 있게 함량이 감소하지 않아 다른 물질로 전환되었다는 증거도 미약하였다. 즉 본 실험의 결과는 염을 극도로 선호하는 미생물들과는 달리 시료 효모의 스트레스에 대응하여 베타인을 생산하는 기작은 일반 미생물처럼 코린을 산화되어 생합성할것으로 추측되어 진다.



(그림 7.)



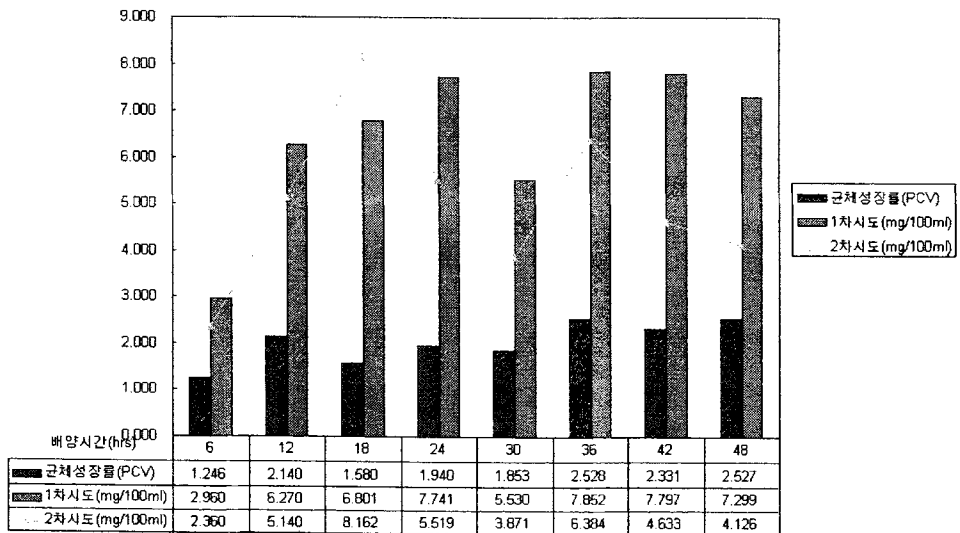
8) 시료호모의 배양에 의한 베타인 최적생산 조건 확립

1차년도 연구결과 및 상기 실험 data를 이용하여 5ℓ 발효조에서의 베타인 생산의 조건을 최적화 하였으며 지금까지의 시도결과 시료균주를 5mM의 CuSO<sub>4</sub>에 1차 배양한 다음 이를 평균으로 하되 포도당과 polypeptone 및 NaCl 등의 염을 공시의 방법에 따라 첨가한 배지에서 배양하되 배지의 초기 pH는 6.0으로 조절하며 배양중에는 이를 인위적으로 조절하지 않았고 통기의 경우 평균의 접종 전에 충분한 통기로 용존산소의 양을 최대로 하며 배양 중에는 통기의 양을 최소로 공급하였으며 배양온도는 30℃를 유지할 경우 최대 수율의 베타인 생산이 가능하였다(그림 8 및 9).. 배양액 100ml 당 생산량(그림 8) 및 이의 균체 단위 무게당 생산량(그림 9)을 각각 분석한 결과 배양액에 함량된 베타인은 배양시작 후 24시간만에 최대치를 보였으나 배양을 계속하여도 크게 증가되지 않았다. 그러나 균체 단위 무게당 생산량은 배양 후 6~12시간만에 최대가 되었으며 배양을 계속하여도 유의성 있는 증가는 없었다. 대조구로 배지의 pH를 6.0으로 조절한 후 배양 중 이를 유지하면서 통기를 충분히 하였을때(그림

10 및 11), 100ml 배양액의 베타인 생산량은 실험구와 비슷하였으나 (그림 10), 균체 단위무게당 베타인 생산량은 대조구의 경우 배양 시작 36시간 이후에는 감소하였으나 통기를 하지 않은 실험구의 경우 균체량은 적었으나 단위무게당 생산량이 대조구에 비해 1/3이 증가되었어 이는 통기의 차단을 통해 용존산소의 공급을 중단함으로써 세포를 저산소 상태로 전환하여 세포증식은 억제하는 반면 세포분열에 시용될 대사물질이 베타인으로 전환되었기 때문일 것으로 예측된다.

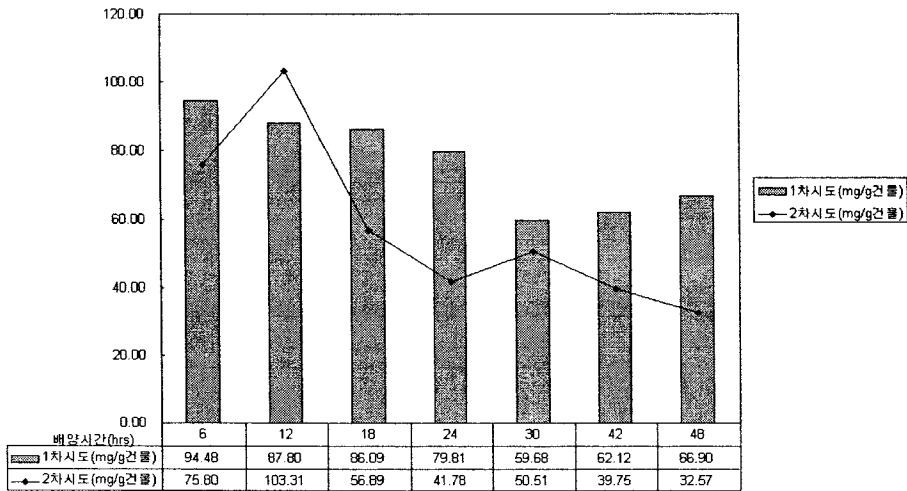
(그림 8.)

Fig. 8 Assay of GB contents 100ml culture



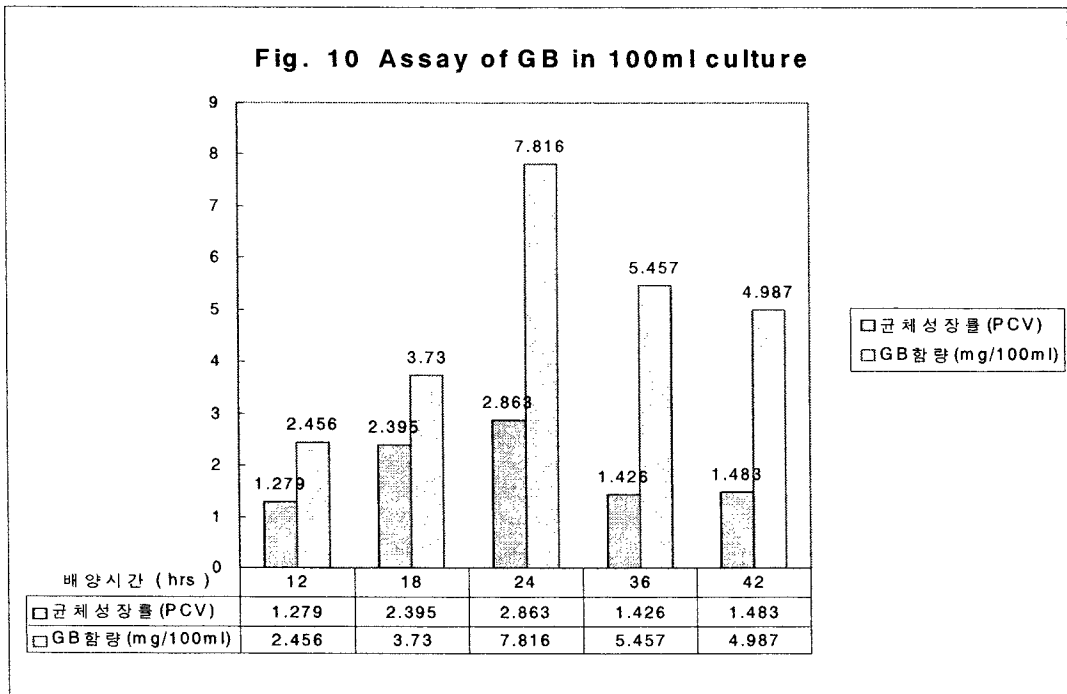
(그림 9.)

Fig. 9 Assay of GB in dried cell mass

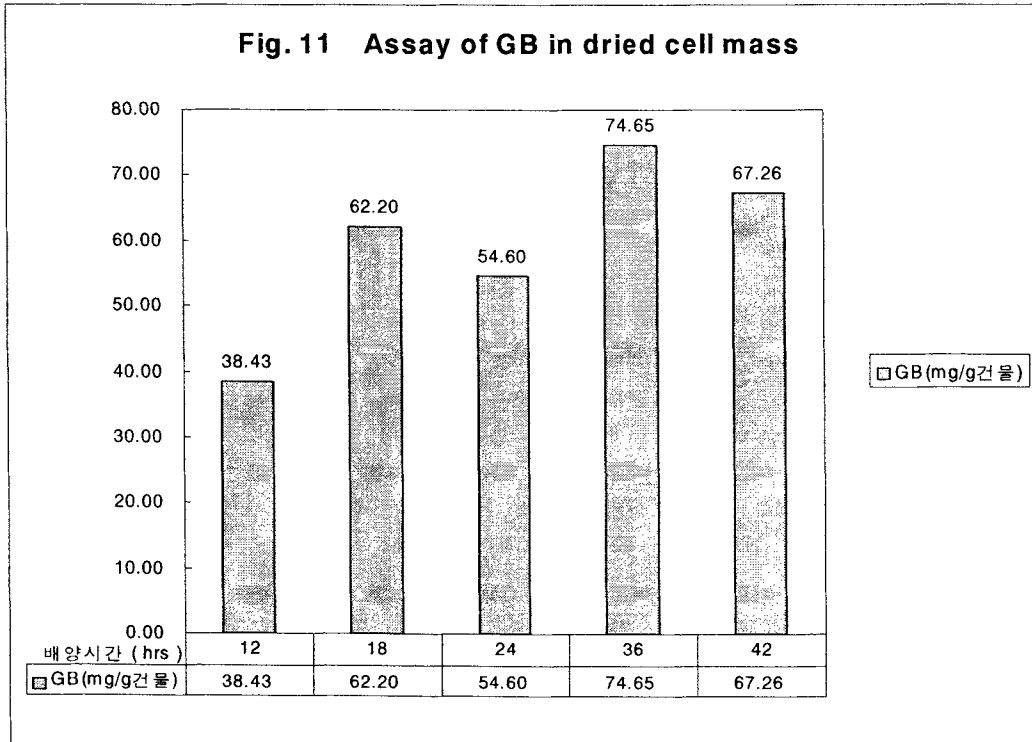


(그림 10.)

Fig. 10 Assay of GB in 100ml culture



(그림 11.)



## 제 6절 사육 단계별 배타인 급여가 돼지성장에 미치는 효과 구명

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 시험동물 및 시험설계

사육중인 3원교잡종[(Landrace ×Yorkshire)×Duroc]인 자돈(I · II), 육성돈(III) 그

리고 비육돈(IV)을 이용하여 각 성장단계별 동일한 조건에서 사육시험을 실시하였다.

시험설계는 일반 배합사료를 급여하는 대조구와 대조구에 급여하는 배합사료에 glycine betaine을 0.2% 첨가한 처리구 1, 0.4% 첨가한 처리구 2 그리고 0.6%를 첨가한 처리구 3으로 설정하여 급여하였다.

사양시험에 사용한 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 빛의 조사나 중간대사 산물인 고가의 choline 첨가 없이 베타인 생산 가능한 효모를 이용하여 생산한 순도 90%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

Table 1. Experimental design

Phase	Item	Treatments			
		Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
Phase I (23~45kg)	Number of plot	4	4	4	4
	Number of pig/plot	5	5	5	5
Phase II (37~70kg)	Number of plot	4	4	4	4
	Number of pig/plot	5	5	5	5
Phase III (65~100kg)	Number of plot	3	3	3	3
	Number of pig/plot	10	10	10	10
Phase IV (90~115kg)	Number of plot	3	3	3	3
	Number of pig/plot	10	10	10	10

### 1) 시험 1

개시체중이 23.10±1.43kg의 3원 교잡종[(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 자돈 80두를 공시하여 33일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 자돈용 일반배합사료(부경양돈사료)를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인을 0.2% 첨가구(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한 구(Treat 3)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다. 본 사양시험에 사용한 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 분리·개량한 효모를 이용하여 생산한 순도

99.9%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

## 2) 시험 2

개시체중이  $37.69 \pm 1.62 \text{kg}$ 의 3원 교잡종[(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 자돈 80두를 공시하여 32일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 자돈용 일반배합사료(부경양돈사료)를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인을 0.2% 첨가구(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한 구(Treat 3)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다. 본 사양시험에 사용한 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 분리·개량한 효모를 이용하여 생산한 순도 99.9%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

## 3) 시험 3

개시체중이  $66.51 \pm 3.44 \text{kg}$ 의 3원 교잡종[(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 육성돈 120두를 공시하여 31일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 육성돈용 일반배합사료(부경양돈사료)를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인을 0.2% 첨가구(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한구(Treat 3)로 4개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 10두씩 완전임의 배치하였다. 본 사양시험에 사용한 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 분리·개량한 효모를 이용하여 생산한 순도 99.9%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

## 나. 시험

개시체중이  $90.42 \pm 2.17 \text{kg}$ 의 3원 교잡종[(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 비육돈 120두를 공시하여 25일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 육성돈용 일반배합사료(부경양돈사료)를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인을 0.2% 첨가구(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한구(Treat 3)로 4개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 10두씩 완전임의 배치하였다. 본 사양시험에 사용한 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 분리·개량한 효모를 이용하여 생산한 순도 99.9%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

## 다. 사양관리 및 시험사료

### 1) 시험 1

사양시험은 돈방의 크기가 2.0×0.8m인 시험농장에서 실시하였으며, 돈사구조는 무창 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 플라스틱 베드를 사용하였다. 사료급여 방법은 25kg이 들어갈 수 있는 스텐레스 자돈용 사각 급여기를 사용하여 건식으로 자유채식토록 하였으며, 급수방법은 돈방 벽에 부착되어 있는 니뿔을 이용하여 자유롭게 급수하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다. 본 사양시험에 사용된 자돈 I, 자돈 II, 육성돈 및 비육돈 사료의 배합표는 Table 1과 같다.

### 2) 시험 2

사양시험은 돈방의 크기가 3.1×1.2m인 시험농장에서 실시하였으며, 돈사구조는 개방식 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 트라이바(철망)를 사용하였다. 사료급여 방법은 50kg이 들어갈 수 있는 스텐레스 자돈용 사각 급여기를 사용하여 건식으로 자유채식토록 하였으며, 급수방법은 돈방 벽에 부착되어 있는 니뿔을 이용하여 자유롭게 급수하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다. 본 사양시험에 사용된 사료의 배합표는 Table 1과 같다.

### 3) 시험 3

사양시험은 돈방의 크기가 3.1×4.0m인 시험농장에서 실시하였으며, 돈사구조는 개방식 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 콘슬랏을 사용하였다. 사료급여 방법은 75kg이 들어갈 수 있는 원형 습식사료 급여기를 사용하여 습식으로 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다. 본 사양시험에 사용된 사료의 배합표는 Table 1과 같다.

### 4) 시험 4

사양시험은 돈방의 크기가 3.1×4.0m인 시험농장에서 실시하였으며, 돈사구조는 개방식 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 콘슬랏을 사용하였다. 사료급여 방법은 75kg이 들어갈 수 있는 원형 습식사료 급여기를 사용하여 습식으로 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다. 본 사양시험에 사용된 사료의 배합표는 Table 1과 같다.

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

Item	Experiment diet			
	Phase I (Nursery I )	Phase II (Nursery II )	Phase III (growingIII)	Phase IV (FinishingIV)
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
Lysine	0.20	0.10	0.07	0.08
Methionine	0.15			
Antibiotics(CTC)***	0.30	0.10	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition				
DE(kcal/kg)	3,515	3500.00	3400.00	3300.00
Crude protein(%)	19.50	18.50	16.00	14.00
Lysine(%)	1.20	1.10	0.90	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, 0.02



mg

\*\* 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

#### 라. 시험항목 및 방법

사료섭취량은 시험기간동안 급여량과 잔량을 칭량하여 급여량에서 잔량을 제외하고 사육기간을 나누어 섭취량을 계산하였고, 증체량은 개시체중에서 종료체중까지 증가한 체중의 무게를 사육기간으로 나누어 계산하였으며, 사료요구율(feed conversion rate)은 사료섭취량에 증체량을 나누어 산출하였고, 사료효율(feed efficiency)은 증체량의 사료섭취량에 대한 비율로 산출하였다.

#### 마. 통계분석

통계분석은 SAS(1995) program를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 시험구간의 평균간 유의성 검정은 Duncan의 다중검정방법으로 5% 수준에서 실시하였다.

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 시험 1(23-45kg)

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 자돈에 있어 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of nursery pigs(Exp. 1)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
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
Feed Intake, kg/d	1.67±0.60	1.63±0.58	1.55±0.54	1.55±0.54
Average daily gain, kg/d	0.67±0.03 <sup>B</sup>	0.66±0.04 <sup>B</sup>	0.72±0.05 <sup>A</sup>	0.74±0.04 <sup>A</sup>
Feed/gain	2.49±0.12 <sup>A</sup>	2.48±0.14 <sup>A</sup>	2.19±0.15 <sup>B</sup>	2.13±0.13 <sup>B</sup>
Gain/feed, kg/kg	0.40±0.02 <sup>B</sup>	0.41±0.03 <sup>B</sup>	0.46±0.03 <sup>A</sup>	0.47±0.02 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup> Eighty pigs with an average initial weight of 23.10±1.43kg (SD).

<sup>2)</sup> Control : The pig fed on commercial feed(100%).

Treat 1 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B,C</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

베타인은 콜린이 산화되어 베타인 알데히드가 되고, 이것이 다시 산화되면서 인체에 중요한 생리기능을 가진 메틸기의 공급원인 베타인이 된다.

글라이신 베타인 첨가수준을 달리하여 33일간 급여시험을 수행한 결과 일당사료섭취량은 대조구, 처리구 1, 처리구 2, 및 처리구 3이 각각 1.67, 1.63, 1.55 및 1.55를 보여 유의적인 차이는 없었으나 대조구에 비하여 글라이신 베타인 사료 첨가구가 낮은 일당사료섭취량을 보였다. 글라이신 베타인은 두가지 주요 기능이 있다고 알려져 있는데, 첫 번째는 메칠공여체로써 methionine 이나 cholin 보다 훨씬더 효과적으로 메칠기를 제공하여 준다. 즉 베타인은 급여사료에 methionine과 cholin의 첨가량을 절약하여 사료원가를 절감 할 수 있다. 두 번째는 삼투압 조절제로서 살아있는 세포내에서 수분과 이온 균형을 조절하여 준다.

일당중체량은 대조구에 비하여 0.2% 글라이신 베타인 첨가구는 유의적인 차이가 없

었으나 베타인 0.4%~0.6% 첨가수준에서는 유의적인 차이가 있었다. 베타인은 낮은 단백질과 낮은 에너지사료 그리고 적당한 단백질과 높은 에너지를 급여한 비육출하돈의 일당증체량을 증가시킨다고 보고하였다(Matthews 등, 1998). 사료효율은 일당증체량과 거의 같은 결과를 보였으며, 대조구와 글라이신 베타인 0.2% 첨가구 간에는 유의적인 차이가 없었으나, 0.4~0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 대조구에 비하여 유의적으로 높은 사료효율을 보였다.

본 결과를 요약하면 글라이신 베타인을 사료에 0.4~0.6% 첨가하여 급여하면 글라이신 베타인을 첨가하지 않은 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 증가하고 반면에 사료요구율은 감소하여 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

#### 나. 시험 2(35-70kg)

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 자돈에 있어 증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of nursery pigs(Exp. 2)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
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
Feed Intake, kg/d	2.23±0.53	2.07±0.60	2.07±0.60	2.27±0.50
Average daily gain, kg/d	0.96±0.02 <sup>B</sup>	0.91±0.02 <sup>D</sup>	0.94±0.02 <sup>C</sup>	1.01±0.02 <sup>A</sup>
Feed/gain	2.34±0.05 <sup>A</sup>	2.29±0.06 <sup>B</sup>	2.21±0.05 <sup>D</sup>	2.25±0.06 <sup>C</sup>
Gain/feed, kg/kg	0.43±0.01 <sup>B</sup>	0.44±0.01 <sup>B</sup>	0.45±0.01 <sup>A</sup>	0.45±0.01 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup> Eighty pigs with an average initial weight of 37.69±1.62kg (SD).

<sup>2)</sup> Control : The pig fed on commercial feed(100%).

Treat 1 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B,C</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

베타인은 대부분 유기체에 존재하는 아미노산이며(trimethyl-glycine) 그리고 콜린의 이화작용에서 발생하는 필수적인 중간산물이다. 베타인은 물과 소금 스트레스 아래에서 조직에 축적되며 삼투적인 작용으로 유기체에 녹아있으며(Petronini 등, 1992), 베타인은 잠정적으로 lipotropic 효과를 나타내며(Finkelstein, 1990; Barak 등, 1993), 그리고 S-adenosyl-methionine을 경유하여 methyl기를 제공 할 수 있다.

사양시험 기간동안(37~70kg) 글라이신 베타인 0.6% 첨가구가 다른 처리구와 비교하여 일당증체량이 1.01kg으로 유의적으로 높았다. 대조구, 처리구 1과 처리구 2가 각각 0.95, 0.91, 0.94로 일당증체량을 보였다. 사료섭취량은 처리구 3, 대조구, 처리구 1 그리고 처리구 2의 순으로 각각 2.27, 2.23, 2.07, 2.07kg/일의 사료섭취량을 보였다. 일당증체량과 사료섭취량을 비교하면 거의 같은 경향을 보였으며, 사료섭취량이 증가할수록 일당증체량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 사료효율은 처리구들간에 통계적으로 유의적인 차이는 있었지만 큰 차이는 없었다. 대조구와 비교하여 0.2% 글라이신 베타인 첨가구는 유의적인 차이가 없었지만 0.4~0.6% 첨가구는 대조구에 비하여 유의적으로 높은 사료효율을 보였다. 베타인은 돼지에게 급여시 도체 등지방 두께가 감소, 살코기 량이 증가, 그리고 사료효율을 개선시킨다고 제안하였으며(Campbell 등, 1997; Casarin 등, 1997; Cromwell 등, 1999), Fernandez-Figares 등(2002)은 제한된 사료를 급여한 자돈의 성장 특성에 글라이신 베타인 급여 효과를 구명하기 위하여 0~0.5%의 범위로 글라이신 베타인을 급여하였는데, 베타인 급여수준이 증가할수록 성장특성에 긍정적인 효과를 보였으며, 특히 에너지를 제한시킨 돼지들에게 효과적이라고 보고하였다. 본 연구의 결과와 일치하는 경향이였다. 급여사료량에 대한 증체율을 나타내는 사료요구율은 대조구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높았으며, 글라이신 베타인 첨가구 간에는 0.4% 첨가구가 가장 낮았으며, 다음으로 0.6%, 0.2% 순이었다.

본 결과를 요약하면 글라이신 베타인 0.4~0.6% 첨가구가 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 증가하고 반면에 사료요구율은 감소하여 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

#### 다. 시험 3(65-100kg)

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 육성돈에 있어 증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of growing pigs(Exp. 3)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
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
Feed Intake, kg/d	3.12±0.57 <sup>A</sup>	2.82±0.41 <sup>B</sup>	3.22±0.52 <sup>A</sup>	3.22±0.60 <sup>A</sup>
Average daily gain, kg/d	0.91±0.04 <sup>D</sup>	0.94±0.04 <sup>C</sup>	1.16±0.08 <sup>A</sup>	1.07±0.04 <sup>B</sup>
Feed/gain	3.45±0.15 <sup>A</sup>	3.00±0.15 <sup>B</sup>	2.80±0.19 <sup>C</sup>	3.01±0.12 <sup>B</sup>
Gain/feed, kg/kg	0.29±0.02 <sup>C</sup>	0.34±0.02 <sup>B</sup>	0.36±0.02 <sup>A</sup>	0.33±0.01 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup> One hundred twenty pigs with an average initial weight of 66.51±3.44kg (SD).

<sup>2)</sup> Control : The pig fed on commercial feed(100%).

Treat 1 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B,C</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

글라이신 베타인 첨가수준이 성장중인 돼지의 성장특성에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 사료섭취량은 처리구 1이 2.82(kg/일)으로 가장 낮았으며, 다음으로 대조구, 처리구 2, 처리구 3 순으로 각각 3.12, 3.22, 3.22(kg/일)이었다. 일당증체량은 대조구에 비하여 글라이신 베타인 처리구가 유의적으로 높았으며, 글라이신 베타인 첨가구 간에는 0.4% 첨가구가 0.2%와 0.6%에 비하여 유의적으로 높은 일당증체량을 보였다. 대조구의 일당증체량은 0.91kg을 보였으며, 반면에 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 1.16kg을 보였다. Smith 등(1994a,b)은 비육돈의 성장률과 도체성적에 미치는 베타인의 첨가효과를 알아보기 위하여 베타인을 0 또는 0.1% 수준에 차이를 두어 실험을 실시하였는데, 베타인 첨가로 인해 일당증체량이 대조구에 비해 좋은 경향을 나

타났으며, 등심근 단면적(LMA)도 베타인을 첨가했을 때 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하였다. 사료효율은 대조구에 비하여 글라이신 베타인 첨가구가 유의적으로 높은 사료효율을 보였으며, 전 처리구 중에서 0.4% 글라이신 베타인 첨가구가 0.36으로 가장 높았으며, 다음으로 0.2% 첨가구, 0.6% 첨가구, 대조구 순이었으며, 각각 0.34, 0.34, 0.29이었다. 사료효율과 역으로 계산한 사료요구율은 대조구가 3.45이었으며, 반면에 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 2.80로 글라이신 베타인 첨가가 성장특성에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 결과를 요약하면 글라이신 베타인 0.4~0.6% 첨가구가 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 증가하고 반면에 사료요구율은 감소하여 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

#### 라. 시험 4(90-115kg)

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 비육돈에 있어 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of finishing pigs(Exp. 4)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
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
Feed Intake, kg/d	3.33±0.48	3.23±0.28	3.40±0.41	3.43±0.44
Average daily gain, kg/d	1.00±0.10 <sup>B</sup>	0.97±0.18 <sup>B</sup>	1.08±0.08 <sup>A</sup>	1.00±0.07 <sup>B</sup>
Feed/gain, kg/kg	3.37±0.29 <sup>1</sup>	3.40±0.48 <sup>A</sup>	3.16±0.23 <sup>B</sup>	3.45±0.22 <sup>A</sup>
Gain/feed, kg/kg	0.30±0.03 <sup>B</sup>	0.30±0.05 <sup>AB</sup>	0.32±0.02 <sup>A</sup>	0.29±0.02 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup> One hundred twenty with an average initial weight of 90.42±2.17kg (SD).

<sup>2)</sup> Control : The pig fed on commercial feed(100%).

Treat 1 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pig fed on commercial feed(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B,C</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

비육말기 글라이신 베타인 첨가가 성장특성에 미치는 영향을 조사하였다. 일당증체량은 대조구에 비하여 글라이신 베타인 첨가구가 높은 경향을 보였으며, 전 처리구중 글라이신 베타인 0.4% 첨가구가 1.08kg으로 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높은 증체량을 보였다. 사료섭취량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었으며, 처리구 1이 3.23/kg으로 가장 낮은 사료섭취량을 보였으며, 다음으로 대조구, 처리구 2, 처리구 3이었으며, 각각 3.33, 3.40, 3.43kg이었다. 사료효율은 전 처리구 중에서 0.4% 글라이신 베타인 첨가구가 0.32kg으로 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높았으며, 0.2% 첨가구는와 대조구는 0.30kg, 0.6% 첨가구는 0.29kg를 나타내었다. 사료요구율은 대조구가 3.37kg이었으며, 0.4% 첨가구는 3.16kg을 나타내어 글라이신 베타인 첨가가 성장특성에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

#### 마. 경제성 분석

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 비육돈에 있어 경제성을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Analysis of dietary glycine betaine on economical efficiency in pig growth stages

Phase	Item	Glycine betaine <sup>1)</sup>			
		0%	0.2%	0.4%	0.6%
Phase I (15~30kg)	Average daily gain, kg/d	0.67	0.66	0.72	0.74
	Feed Intake, kg/d	1.67	1.63	1.55	1.55
	Feeding days	33	33	33	33
	Total feed intake, kg	55.11	53.79	51.15	51.15
	Added glycine betaine, kg	0	0.11	0.20	0.31
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>550</b>	<b>1,000</b>	<b>1,550</b>
Phase II (37~70kg)	Average daily gain, kg/d	0.95	0.91	0.94	1.01
	Feed Intake, kg/d	2.23	2.07	2.07	2.27
	Feeding days	32	32	32	32
	Total feed intake, kg	71.36	66.24	66.24	72.64
	Added glycine betaine, kg	0	0.13	0.13	0.44
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>2,200</b>
Phase III (65~100kg)	Average daily gain, kg/d	0.91	0.94	1.16	1.07
	Feed Intake, kg/d	3.12	2.80	3.23	3.23
	Feeding days	31	31	31	31
	Total feed intake, kg	96.72	86.80	100.13	100.13
	Added glycine betaine, kg	0	0.17	0.40	0.60
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>850</b>	<b>2,000</b>	<b>3,000</b>
Phase IV (90~115kg)	Average daily gain, kg/d	0.97	0.97	1.08	1.00
	Feed Intake, kg/d	3.33	3.23	3.40	3.43
	Feeding days	25	25	25	25
	Total feed intake, kg	83.25	80.75	85.00	85.75
	Added glycine betaine, kg	0	0.16	0.34	0.51
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>800</b>	<b>1,700</b>	<b>2,550</b>

1) Abbreviated 0%, added 0% of glycine betaine; 0.2%, added 0.2% of glycine betaine; 0.4%, added 0.4% of glycine betaine; 0.6%, added 0.6% of glycine betaine.

Glycinebetaine(글라이신베타인, 이하 베타인)은 quaternary ammonium compound인



choline의 산 유도체로 비타민 첨가제, 비 알콜성 지방간 치료제 뿐만 아니라 작물의 잎에 있어 살포할 경우 내염, 내온 내한, 및 가뭄에 대한 저항을 증가시켜 개화촉진, 낙과방지 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

성장 1단계인 20~50kg 사양시험에서 글라이신 베타인 첨가 급여가 성장 및 경제성에 미치는 영향은 다음과 같다. 사양시험 33일동안 대조구의 일당증체량은 0.67kg이었으며, 반면에 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 0.74kg의 증체를 보여 사양시험 기간동안 대조구에 비하여 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 2.31kg의 증체를 보였다. 사양시험 기간동안 대조구는 55.11kg의 사료를 섭취하였으며, 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 51.15kg을 섭취하여 3.96kg의 사료를 절감하였으며, 또한 2.31kg의 증체를 보였기 때문에 사료요구율을 증체에 곱하면 5.75kg의 사료를 절감한 것으로 나타나 사료비로 환산하면 3,204원(3.96kg+5.75kg, 330원/kg)이다. 0.6% 글라이신 베타인 첨가 급여구는 사양시험기간동안 0.31kg의 글라이신 베타인을 급여하였기 때문에 1,550원(5,000/kg)의 추가비용이 들었지만 사료비에서 3,204원이 절감되었기 때문에 결국 사육 33동안 1두당 1,650원의 경제적 이익이 발생하였다.

성장 3단계인 65~100kg 사양시험에서 글라이신 베타인 첨가급여가 성장 및 경제성에 미치는 영향을 조사하였다. 시험기간 31일 동안 대조구의 일당증체량은 0.91kg, 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 1.16kg의 일당증체를 보여 시험기간동안 대조구에 비하여 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 7.75kg의 증체를 보였다. 시험기간 31일 동안 대조구는 96.72kg의 사료를 섭취하였으며, 0.4% 첨가구는 100.13kg을 섭취하여 대조구에 비하여 0.4% 글라이신 베타인 첨가구가 3.41kg을 더 섭취하여 추가된 사료비는 890원(육성돈사료 261원/kg)과 글라이신 베타인 첨가량 0.4kg 비용은 2,000원(5,000원/kg)으로 대조구에 비하여 2,890원의 비용이 추가적으로 들었다. 결국 대조구에 비하여 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 2,890원의 추가비용이 들었지만 증체는 7.75kg을 보여 글라이신 베타인 첨가가 돼지의 생산성 향상에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 대조구의 경우 7.75kg의 증체를 위해서는 사료요구율이 3.43kg이므로 26.58kg의 사료가 필요하며 사료비로 환산하면 6,940원이다. 결국 글라이신 베타인을 급여하므로 사육 31일 동안 1두당 4,050원의 경제적 이익이 발생된다.

글라이신 베타인의 원료가 되는 사탕무박은 연간 14만톤(260억원)이 소비되고 있으며, 전량을 수입에 의존하고 있다. 그러므로 동일한 량의 사탕무박에서 저렴한 비용으로 베타인을 대량생산함으로써 수입대체 효과를 가짐과 동시에 이를 가축에게 급여하므로써 가축의 생산성 향상 및 질병에 대한 저항성 높여 농가의 소득증대를 제고할

수 있다. 또한 다양한 생리활성 효과를 가진 베타인의 급여를 통하여 식육의 고품질화를 추구할 수 있다고 사료된다.

## 제 7절 베타인을 이용한 저지방·기능성 돈육 생산

### 1. 재료 및 방법

#### 가. 시험동물·시험설계 및 사양시험

산청군 소재 첨단양돈연구소농장에서 사육중인 Berkshire를 이용하여 각 급여시기별 동일한 조건에서 사육시험을 실시하였다.

시험설계는 일반 배합사료를 급여하는 대조구와 대조구에 급여하는 배합사료에 glycine betaine을 0.2% 첨가한 처리구 1, 0.4% 첨가한 처리구 2 그리고 0.6%를 첨가한 처리구 3으로 설정하여 급여하였다.

사양시험에 사용한 글라이신 베타인은 경상대학교 생물학과(진바이오)에서 빛의 조사나 중간대사 산물인 고가의 콜린 첨가 없이 베타인 생산 가능한 효모를 이용하여 생산한 순도 99.9%의 글라이신 베타인을 공급받아 사용하였다.

Table 1. Experimental design

Phase	Item	Treatments			
		Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
Phase I (33~110kg)	Number of plot	4	4	4	4
	Number of pig/plot	5	5	5	5
Phase II (53~110kg)	Number of plot	4	4	4	4
	Number of pig/plot	5	5	5	5
Phase III (90~110kg)	Number of plot	4	4	4	4
	Number of pig/plot	5	5	5	5

사양시험 I 은 개시체중이  $33.47 \pm 3.74\text{kg}$ 의 육성돈 80두(암 40두, 수 40두)를 공시하여 출하시점인 110kg 까지 92일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 육성용 일반배합사료를 급여한 대조구(Control), 대조구 사료내 글라이신 베타인 0.2% 첨가구(Treat 1), 0.4% 첨가구(Treat 2)와 0.6%를 첨가한 구(Treat 3)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다.

사양시험 II는 개시체중이  $53.74 \pm 5.93\text{kg}$ 의 육성돈 80두(암 40두, 수 40두)를 공시하여 출하시점인 110kg 까지 59일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 사양시험 I 과 같이 4개 처리로 설정하여 처리당 4반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다.

사양시험 III은 개시체중이  $90.85 \pm 4.94\text{kg}$ 의 비육돈 80두(암 40두, 수 40두)를 공시하여 출하시점인 110kg 까지 22일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 사양시험 I 과 같이 4개 처리로 설정하여 처리당 4반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다.

#### 나. 사양관리 및 시험사료

사양시험 I 은 돈방의 면적이  $5.34\text{m}^2(2.0 \times 2.9\text{m})$ 인 시험돈사에서 실시하였으며, 돈사 구조는 개방식 슬러리 돈사이고 돈방 바닥은 1/3 부분 콘슬랏을 사용하였다. 사료급여 방법은 75kg이 들어갈 수 있는 스텐레스 5구용 사각 급여기를 사용하여 건식으로 자유채식토록 하였으며, 급수방법은 돈방 벽에 부착되어 있는 니플을 이용하여 자유롭게 급수하였다. 돈사환기는 슬러리 피트로 최소환기팬을 이용하여 환기를 실시하였고, 낮 시간에는 돈사회전창을 개폐하여 돈사환기를 실시하였다.

사양시험 II와 III도 사양시험 I 과 같은 조건으로 실시하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다. 본 사양시험에 사용된 육성돈과 비육후기 사료의 배합표는 Table 2과 같다.

Table 2. Formula of experiment diet(% , as fed basis)

Item	Experiment diet	
	Phase I (Growing)	Phase II (Finisher)
Ingredients		
Yellow corn	67.32	69.25
Soybean meal	23.60	14.68
Wheat bran	-	5.65
Wheat	-	-
Wheat flour	-	-
Rapeseed meal	-	3.00
Limestone	0.43	1.00
Tricalcium phosphate	1.92	0.84
Salt	0.30	0.30
Vitamin*	0.10	0.10
Mineral**	0.10	0.10
Animal fat	2.16	1.00
Molasses	4.00	4.00
Lysine	0.07	0.08
Methionine	-	-
Antibiotic***	0.00	0.00
Total	100.00	100.00
Chemical Composition		
DE(kcal/kg)	3400.00	3300.00
Crude protein(%)	16.00	14.00
Lysine(%)	0.90	0.75

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

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

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

#### 다. 조사항목 및 분석방법

사료섭취량은 시험기간동안 급여량과 잔량을 칭량하여 급여량에서 잔량을 제외하고 사육기간을 나누어 섭취량을 계산하였고, 증체량은 개시체중에서 종료체중까지 증가한 체중의 무게를 사육기간으로 나누어 계산하였으며, 사료효율(feed efficiency)은 증체량의 사료섭취량에 대한 비율로 산출하였다.

## 라. 통계분석

통계분석은 SAS(1999) program를 이용하여 분산분석 하였고, 시험구간의 평균간 유의성 검정은 Duncan의 다중검정방법으로 5% 수준에서 실시하였다.

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 글라이신 베타인 첨가수준이 육성돈~비육돈(33~110kg)의 성장특성에 미치는 영향

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 육성~비육돈의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of growing~finishing pigs(Exp. I)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
Initial weight, kg	34.94±5.06	34.25±3.15	32.38±3.96	32.44±2.40
Final weight, kg	112.00±4.84	107.75±7.74	111.25±5.09	112.67±6.28
Average daily gain, kg	0.85±0.03 <sup>AB</sup>	0.81±0.06 <sup>B</sup>	0.87±0.05 <sup>A</sup>	0.88±0.06 <sup>A</sup>
Average daily feed intake, kg	2.92±0.53 <sup>AB</sup>	2.89±0.56 <sup>AB</sup>	2.99±0.44 <sup>A</sup>	2.81±0.20 <sup>B</sup>
Gain/feed, kg/kg	0.29±0.01 <sup>B</sup>	0.28±0.02 <sup>B</sup>	0.29±0.02 <sup>B</sup>	0.31±0.02 <sup>A</sup>

1) Eighty pigs with an average initial weight of 33.74±3.74kg (SD).

2) Control : The pigs fed the commercial diet(100%).

Treat 1 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

베타인은 콜린이 산화되어 베타인 알데히드가 되고, 이것이 다시 산화되면서 인체에 중요한 생리기능을 가진 메틸기의 공급원인 베타인이 된다. 글라이신 베타인은 두 가지 주요 기능이 있다고 알려져 있는데, 첫 번째는 메칠공여체로써 methionine 이나 cholin 보다 훨씬더 효과적으로 메칠기를 제공하여 준다. 즉 베타인은 급여사료에 methionine과 cholin의 첨가량을 절약하여 사료원가를 절감 할 수 있다. 두 번째는 삼투압 조절제로서 살아있는 세포내에서 수분과 이온 균형을 조절하여 준다.

글라이신 베타인의 첨가수준을 달리하여 92일간 급여시험한 결과 일당증체량은 대조구와 비교하여 0.2% 글라이신 베타인 첨가구가 유의적인 차이는 없지만 낮은 일당증체량을 보였으며, 0.4와 0.6% 첨가구는 대조구에 비하여 다소 높은 일당증체량을 보였다. 베타인 첨가구간에는 0.2% 첨가구에 비하여 0.4%와 0.6% 첨가구가 유의적으로 높은 일당증체량을 보였다( $P < 0.05$ ). 베타인은 낮은 단백질과 낮은 에너지사료 그리고 적당한 단백질과 높은 에너지를 급여한 비육출하돈의 일당증체량을 증가시킨다고 보고하였다(Matthews 등, 1998). 일당사료섭취량은 대조구, 처리구 1, 처리구 2, 및 처리구 3이 각각 2.927, 2.89, 2.99 및 2.81kg를 보였으며, 대조구에 비하여 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 유의적으로 낮은 일당사료 섭취량을 보였다( $P < 0.05$ ). Matthews 등 (2001)은 0~0.5% 첨가수준으로 베타인을 돼지에게 급여하였을 때 일당증체량과 사료효율은 영향을 미치지 않았으나, 일당사료섭취량은 베타인 급여로 인하여 유의적으로 ( $P < 0.01$ ) 감소하였다. 또한 베타인을 0.25% 급여시 가장 낮은 사료섭취량을 보였다고 보고하였다. 사료효율은 일당증체량과 유사한 결과를 보였으며, 대조구와 글라이신 베타인 0.2%와 0.4% 첨가구 간에는 유의적인 차이가 없었으나, 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 대조구에 비하여 유의적으로 높은 사료효율을 보였다( $P < 0.05$ ).

본 결과를 요약하면 글라이신 베타인을 사료에 0.6% 첨가하여 급여하면 글라이신 베타인을 첨가하지 않은 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 증가하여 생산성

향상에 크게 기여할 것으로 사료된다.

나. 글라이신 베타인 첨가수준이 육성돈~비육돈(53~110kg)의 성장특성에 미치는 영향

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 육성~비육돈의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of growing~finishing pigs(Exp. II)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
Initial weight, kg	60.71±6.77	50.00±5.32	53.40±3.47	52.44±3.57
Final weight, kg	108.71±10.90	102.78±6.42	108.30±7.82	102.00±5.83
Average daily gain, kg	0.80±0.08 <sup>B</sup>	0.78±0.12 <sup>B</sup>	0.92±0.11 <sup>A</sup>	0.82±0.10 <sup>AB</sup>
Average daily feed intake, kg	3.09±0.80	2.87±0.35	3.09±0.63	2.97±0.48
Gain/feed, kg/kg	0.26±0.03	0.27±0.04	0.29±0.04	0.28±0.03

<sup>1)</sup> Eighty pigs with an average initial weight of 53.74±5.93kg (SD).

<sup>2)</sup> Control : The pigs fed the commercial diet(100%).

Treat 1 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

사양시험 기간동안(53~110kg) 글라이신 베타인 0.4% 첨가구가 다른 처리구와 비교하여 일당증체량이 0.92kg으로 유의적으로 높았다( $P < 0.05$ ). 대조구, 처리구 1과 처

리구 3가 각각 0.80, 0.78, 0.82kg의 일당증체량을 보였다. 베타인에 대한 연구에서 여러 연구자들이 베타인 0.125%를 급여한 암퇘지의 사료 섭취량은 감소한다고 보고하였는데(Cera와 Schinckel, 1995; Matthews 등, 1998), 본 연구결과 일당사료섭취량은 대조구, 처리구 1, 처리구 2 그리고 처리구 3의 순으로 각각 3.09, 2.87, 3.09, 2.97kg의 일당사료섭취량을 보여 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 대조구에 비하여 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 낮은 사료 섭취량을 보였다. 사료효율은 처리구들간에 통계적으로 유의적인 차이가 없었으며, 대조구와 비교하여 글라이신 베타인 첨가구가 다소 높은 사료 효율을 보였다. 베타인을 돼지에 급여시 사료효율을 개선시킨다고 보고하였으며(Campbell 등, 1997; Casarin 등, 1997; Cromwell 등, 1999), Fernandez-Figares 등(2002)은 제한된 사료를 급여한 자돈의 성장 특성에 글라이신 베타인 급여 효과를 구명하기 위하여 0~0.5%의 범위로 글라이신 베타인을 급여하였는데, 베타인 급여수준이 증가할수록 성장특성에 긍정적인 효과를 보였으며, 특히 에너지를 제한시킨 돼지들에게 효과적이라고 보고하였는데, 본 연구수행 결과도 성장 특성에 긍정적인 효과가 있었다.

#### **다. 글라이신 베타인 첨가수준이 비육돈의 성장특성에 미치는 영향**

글라이신 베타인이 첨가된 사료를 급여한 비육돈(90~100kg)의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 5에 나타내었다.



Table 5. Effects of glycine betaine supplementation on the growth performance of finishing pigs(Exp. III)<sup>1)</sup>

Item	Treatments <sup>2)</sup>			
	Control	Treat 1	Treat 2	Treat 3
Initial weight, kg	93.13±4.91	89.75±6.36	90.00±4.44	90.56±4.09
Final weight, kg	112.00±4.84	107.75±7.74	111.25±5.09	112.67±6.28
Average daily gain, kg	0.86±0.13 <sup>AB</sup>	0.82±0.19 <sup>B</sup>	0.97±0.09 <sup>AB</sup>	1.00±0.14 <sup>A</sup>
Average daily feed intake, kg	3.27±0.45	3.27±0.46	3.41±0.62	3.41±0.71
Gain/feed, kg/kg	0.26±0.04	0.25±0.06	0.28±0.03	0.29±0.04

<sup>1)</sup> Eighty pigs with an average initial weight of 90.85±4.94kg (SD).

<sup>2)</sup> Control : The pigs fed the commercial diet(100%).

Treat 1 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.2%).

Treat 2 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.4%).

Treat 3 : The pigs fed the commercial diet(100%) with glycine betaine(0.6%).

<sup>A,B</sup> Means with different superscript in the same row are significantly differ at  $p < 0.05$ .

글라이신 베타인은 quaternary ammonium compound인 콜린의 산 유도체로 (deZwart 등, 2003) 비타민 첨가제, 비 알콜성 지방산 치료제 뿐만 아니라 작물의 잎에 살포할 경우 내염, 내온, 내한 및 가뭄에 대한 저항을 증가시켜 개화촉진, 낙과방지 등의 효과가 있으며(Sakamoto와 Murata, 2002) 고온·다습시 가축에게 급여하면 스트레스를 완화시켜주는 것으로 알려져 있다(Augustine와 Danforth, 1999).

글라이신 베타인 첨가수준을 달리하여 22일간 급여시험 후 일당증체량은 대조구에 비하여 글라이신 베타인 0.2% 첨가구가 낮았으며, 반면에 글라이신베타인 0.4%와 0.6% 첨가구는 대조구에 비하여 높은 일당증체량을 보였다. 글라이신 베타인 첨가구 간에는 0.6% 첨가구가 0.2%에 비하여 유의적으로 높은 일당증체량을 보였다( $P < 0.05$ ).

대조구의 일당증체량은 0.86kg을 보였으며, 반면에 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 1.00kg을 보였다. Smith 등(1994a,b)은 비육돈의 성장률과 도체성적에 미치는 베타인의 첨가효과를 알아보기 위하여 베타인을 0 또는 0.1% 수준에 차이를 두어 실험을 실시하였는데, 베타인 첨가로 인해 일당증체량이 대조구에 비해 높은 경향을 나타냈다. 일당사료섭취량은 대조구와 글라이신 베타인 첨가구 간에는 유의적인 차이가 없었다. 일부 연구자들은 베타인 급여가 사료섭취량에 영향을 미치지 않는다고 보고하였으며 (Webel, 1994; Casarin 등, 1997; Kitt 등, 1999), 사료섭취량이 증가 또는 감소하는 것은 아마도 lysine/calorie 비율 또는 급여되는 사료의 에너지 수준에 의하여 영향을 받을 수 있다고 보고하였다(Haydon 등, 1995). 사료효율은 대조구에 비하여 글라이신 베타인 0.4%와 0.6%첨가구가 높은 사료효율을 보였으며, 전 처리구 중에서 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 0.29으로 가장 높았다. 본 결과를 요약하면 글라이신 베타인 0.4~0.6% 첨가구가 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율은 증가하여 생산성 향상에 기여할 것으로 사료된다.

#### 라. 경제성 분석

글라이신 베타인 첨가수준과 첨가기간이 경제성에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다.

Table 6. Analysis of dietary glycine betaine on economical efficiency in pig growth stages

Phase	Item	Glycine betaine <sup>1)</sup>			
		0%	0.2%	0.4%	0.6%
Phase I (33~110kg)	Average daily gain, kg	0.85	0.81	0.87	0.88
	Average daily feed intake, kg	2.92	2.89	2.99	2.81
	Feeding days	92	92	92	92
	Total feed intake, kg	268.64	265.88	275.08	258.52
	Added glycine betaine, kg	0	0.53	1.10	1.55
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>2,650</b>	<b>5,500</b>	<b>7,750</b>
	Average daily gain, kg	0.80	0.78	0.92	0.82
Phase II (53~110kg)	Average daily feed intake, kg	3.09	2.87	3.09	2.97
	Feeding days	59	59	59	59
	Total feed intake, kg	182.31	169.33	182.31	175.23
	Added glycine betaine, kg	0	0.34	0.73	1.05
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>1,700</b>	<b>3,650</b>	<b>5,250</b>
	Average daily gain, kg	0.86	0.82	0.97	1.00
	Average daily feed intake, kg	3.27	3.27	3.41	3.41
Phase III (90~110kg)	Feeding days	22	22	22	22
	Total feed intake, kg	71.94	71.94	75.02	75.02
	Added glycine betaine, kg	0	0.14	0.30	0.45
	Glycine betaine cost, 5,000/kg	<b>0</b>	<b>700</b>	<b>1,500</b>	<b>2,250</b>

<sup>1)</sup> Abbreviated 0%, added 0% of glycine betaine; 0.2%, added 0.2% of glycine betaine; 0.4%, added 0.4% of glycine betaine; 0.6%, added 0.6% of glycine betaine.

사양시험 I 인 33~110kg 사양시험에서 글라이신 베타인 첨가 급여가 성장 및 경제성에 미치는 영향은 다음과 같다. 사양시험 92일 동안 대조구의 일당증체량은 0.85kg이었으며, 반면에 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 0.88kg의 증체를 보여 사양시험 기간동안 대조구에 비하여 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 2.76kg의 증체를 보였다. 사양시험 기간동안 대조구는 268.64kg의 사료를 섭취하였으며, 0.6% 글라이신 베타인

첨가구는 258.52kg을 섭취하여 10.12kg의 사료를 절감하였으며, 또한 2.76kg의 증체를 보였기 때문에 사료요구율을 증체에 곱하면 6.82kg의 사료를 절감한 것으로 나타나 사료비로 환산하면 6,149원(10.12kg+6.82kg=16.94kg, 363원/kg)이다. 0.6% 글라이신 베타인 첨가 급여구는 사양시험기간동안 1.55kg의 글라이신 베타인을 급여하였기 때문에 7,750원(5,000/kg)의 추가비용이 들어 급여 사료에 대한 경제적으로 이익이 발생하지는 않았지만 생리활성물질이 축적된 고품질의 브랜드 돈육이 생산 가능하여 농가 소득에 이익이 발생할 것으로 사료된다.

사양시험Ⅱ인 53~110kg 사양시험에서 글라이신 베타인 첨가 급여가 성장 및 경제성에 미치는 영향은 다음과 같다. 사양시험 59일 동안 대조구의 일당증체량은 0.80kg이었으며, 반면에 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 0.92kg의 증체를 보여 사양시험 기간동안 대조구에 비하여 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 7.08kg의 증체를 보였다. 사양시험 기간동안 대조구는 182.31kg의 사료를 섭취하였으며, 0.4% 글라이신 베타인 첨가구는 182.31kg을 섭취하여 사양시험 기간동안 사료섭취량은 동일하였다. 대조구에 비하여 0.4% 글라이신 베타인 첨가구가 7.08kg의 증체를 보였기 때문에 사료요구율을 증체에 곱하면 23.79kg의 사료를 절감한 것으로 나타나 사료비로 환산하면 8,635원(23.79kg, 363원/kg)이다. 0.4% 글라이신 베타인 첨가 급여구는 사양시험기간동안 0.73kg의 글라이신 베타인을 급여하였기 때문에 3,650원(5,000/kg)의 추가비용이 들었지만 사료비에서 8,635원을 절감하였기 때문에 결국 1두당 4,985원의 경제적 이익이 발생하였으며, 또한 생리활성물질이 축적된 고품질의 브랜드 돈육이 생산 가능하여 농가 소득에 이익이 발생할 것으로 사료된다.

사양시험Ⅲ인 90~110kg 사양시험에서 글라이신 베타인 첨가 급여가 성장 및 경제성에 미치는 영향은 다음과 같다. 사양시험 22일 동안 대조구의 일당증체량은 0.86kg이었으며, 반면에 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 1.00kg의 증체를 보여 사양시험 기간동안 대조구에 비하여 0.6% 글라이신 베타인 첨가구가 3.08kg의 증체를 보였다. 사양시험 기간동안 대조구는 71.94kg의 사료를 섭취하였으며, 0.6% 글라이신 베타인 첨가구는 75.02kg을 섭취하여 3.08kg의 사료를 추가로 급여하였으며, 또한 3.08kg의 증체를 보였기 때문에 사료요구율을 증체에 곱하면 10.50kg의 사료를 절감한 것으로 나타나 사료비로 환산하면 2,693원(10.50-3.08kg=7.42kg, 363원/kg)이다. 0.6% 글라이신 베타인 첨가 급여구는 사양시험기간동안 0.45kg의 글라이신 베타인을 급여하였기 때문에 2,250원(5,000/kg)의 추가비용이 들었지만 사료비에서 2,693원을 절약하였기 때문에 결국 1두당 443원의 경제적 이익이 발생하였다. 본 연구의 목적인 생리활성물질이

축적된 고품질의 브랜드 돈육이 생산 가능하여 농가 소득에 기여할 것으로 사료된다.

## 제 8 절 산업화를 위한 기술이전

베타인 생산기술 및 베타인 함유사료 개발 기술 이전, 열량과 에너지를 고려한 적정 베타인 첨가량 확립과 베타인을 양돈 사료내 첨가하는 방법 등을 통한 사육 단계별 적정 첨가수준 및 첨가량 기술이전 및 베타인이 함유된 사료를 이용하여 돼지를 사육하는 기술 이전을 진행 중이며, 이를 통해 생산된 돈육은 고품질·고기능성 식육으로써 브랜드화할 계획임.

## 제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

구 분	연구 개발 목표	달성도 및 기여도
1차 년도 (2002)	<p>① 베타인 생산 공정 확립</p> <p>② 사육단계별 베타인 급여가 돼지성장에 미치는 효과</p> <p>③ 베타인 급여에 의한 육질변화 측정</p>	<p>- 베타인 생산기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 반고체 배지를 사용한 베타인 생산 공정 개발</li> <li>· 당밀을 첨가한 사탕무박을 배지로 하여 액체 배양법으로 베타인 생산</li> <li>· 돈육 내 축적된 베타인 분석 및 함량조사</li> <li>· 혈청 내 베타인 함량분석</li> </ul> <p>- 베타인 급여를 통한 사육단계별 돼지성장에 미치는 효과 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 열량과 에너지를 고려하여 베타인을 사료에 첨가하는 방법 확립(사탕수수내 함유된 베타인의 순도를 계산하여 사료 중 베타인 첨가 수준 결정)</li> <li>· 베타인을 양돈 사료내 첨가하는 방법 확립</li> <li>· 베타인 급여수준과 급여기간이 사육단계별 돼지 성장특성 및 사양특성 분석</li> <li>· 베타인 급여수준과 급여기간에 따른 경제성 분석</li> </ul> <p>- 저장기간별 돈육의 품질 특성 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 베타인 축적률 및 일반성분 분석</li> <li>· 저장기간 중 물리, 이화학적, 관능적 특성 변화 분석</li> <li>· 스트레스 관련물질 조사 및 혈액분석</li> <li>· 돼지도체등급을 통한 육량 등급 출현율 조사</li> </ul>

구 분	연구 개발 목표	달성도 및 기여도
2차 년도 ( 2003 )	<p>① 베타인 대량생산 기술 개발을 통한 베타인 사료의 산업화를 위한 기술이전</p> <p>② 베타인을 이용한 저지방 기능성 돈육 생산</p> <p>③ 베타인 급여에 따른 도체특성 및 육질변화 측정</p>	<p>- 베타인 대량 생산기술 개발</p> <p>· 대용량 발효조를 사용한 베타인 생산</p> <p>- 산업화를 위한 기술이전</p> <p>· (주) 진바이오 기술이전</p> <p>· 베타인 기술 개발 이전</p> <p>- 베타인 급여를 통한 사육단계별 돼지성장에 미치는 효과 구명</p> <p>· 비육기용 베타인 첨가제 개발</p> <p>· 저지방 기능성 돈육을 생산하기 위한 최적의 급여 수준 및 급여기간 설정</p> <p>· 저지방 기능성 돈육의 도체등급향상 가능성 검증</p> <p>· 사육단계별 돼지 성장특성 및 사양특성 분석</p> <p>· 베타인 급여수준과 급여기간에 따른 경제성 분석</p> <p>- 이상육(PSE) 발생과 억제효과 측정</p> <p>· 물리, 화학적 특성을 통한 이상육 발생 유무 확인</p> <p>- 도체특성 및 도체성적 조사</p> <p>· 도체성적(등지방두께, 도체율, 생체중 등) 조사</p>

## 제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

1. 양질의 베타인을 저렴한 가격으로 생산→ (양돈사료 개발가능, 식품, 의약품, 화장품 원료로 이용)
2. 수입에 의존하고 있는 고가의 베타인을 저렴한 가격으로 생산함으로써 수입대체 효과
3. 돼지 사육시 생산효율 향상 (항 스트레스효과, 사료효율증가 효과, 일당증체량 증가 효과)
4. 생리활성 효과를 가진 베타인이 축적된 돈육 생산가능
5. 고품질 돈육생산 (등지방두께 감소, 육량증가, 보수력증가, 가열감량 감소효과)
6. 베타인 사료를 이용한 돼지의 생산성을 향상은 축산농가의 부가가치를 제고
7. 식육의 고품질화를 통한 축산업의 국제경쟁력을 제고

이상의 것들로 베타인 급여를 통한 우수한 돈육 생산은 현 소비자가 요구하는 고기능성, 안정성 있는 돈육을 생산하여 국민건강에 기여할 수 있을 것이며, 이를 통한 경쟁력 있는 축산물 생산이 가능할 것이다. 이러한 축산물에 베타인의 이용범위를 확대하여 돈육뿐만 아니라 전 축산물에 이용 가능할 것이라 사료된다.

또한 베타인의 저비용, 대량 생산을 통한 베타인의 대량 수요처 개발 및 베타인이 함유된 양돈사료를 생산할 업체 확보를 통한 브랜드 돈육의 개발은 베타인 & 돈육 수출시장 개척이 이루어질 수 있을 것이라 판단된다.



## 제 6 장 기대효과

### 1. 기술적 측면

- 가. 양질의 베타인을 발효를 통해 저렴한 가격으로 생산 가능
- 나. 생리활성 효과가 뛰어난 베타인이 다량 함유된 양돈 사료 개발가능
- 다. 환경스트레스에 강한 효과, 사료효율 증가 그리고 일당증체량 증가 효과 등으로 돼지 사육시 생산효율을 향상시킬 수 있다.
- 라. 인체에 다양한 생리활성 효과를 가진 베타인이 축적된 돈육 생산가능
- 마. 등지방 두께 감소, 육량증가, 보수력증가 및 가열감량 감소 효과 등으로 고품질 돈육을 생산할 수 있다.

### 1. 경제. 산업적 측면

- 가. 부가가치가 높은 베타인의 대량생산은 축산뿐만 아니라 식품, 의약, 화장품 등 관련분야에 이용 가능성이 높다.
- 나. 전적으로 수입에 의존하고 있는 고가의 베타인을 저렴한 가격으로 생산함으로써 수입대체효과와 수출상품으로 개발가능성이 매우 크다.
- 다. 상업적으로 돼지에게 급여하기 위해서는 다량의 베타인이 필요하고, 경제성 측면에서 보았을 때 저렴한 베타인의 생산이 필수적이다.
- 라. 베타인은 돼지의 생산성을 향상시키므로 축산농가의 부가가치를 제고할 수 있을 것이다.
- 마. 식육의 고품질화를 통한 축산업의 국제경쟁력을 제고할 수 있다.

## 제 7 장 참고문헌

1. Alaiz, M., Navarro, J., Giron, J. and Vioque, E. (1992). Amino acid analysis by high performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylene malonate. *J. Chromatogr.* 591: 181-186.
2. Alcalde E, Mesquida N, Perez-Garcia L, Ramos S, Alemany M, Rodriguez ML. (2002). Novel bis-betaines and betaines within [1(4)]meta-heterophane frameworks. *Chemistry.* 18:8(2): 474- 84.
3. Augustine, P. C., 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.
4. Ausubel F. M., Brent R., Kingston R. E., Moore D. D., Seidman J. G., Smith J. A. and Struhl K. eds. (1991). *Current Protocol of Molecular Biology*, Wiley Interscience, New York
5. 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.
6. Barak, A. J., Beckenhauer, H. C., Junnila, M. and Tuma, J. D. 1993. Dietary betaine promotes generation of hepatic S-adenosylmethionine and protects the liver from ethanol-induced fatty infiltration. *Alcohol. Clin. Exp. Res.* 17:552-555.
7. Boch J., Kempf B., Schmid R. and Bremer E. (1996). *J. Bacteriol.* 178:

5152-29.

8. 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.).
9. Campbell, R. G., Morley, W. C. and Zabarás-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.
10. 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.
11. Casarin, A., Forat, M. and Zabarás-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).
12. Cera, K. R. and Schinkel. 1995. Carcass and performance responses to feeding betaine in pigs. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):82(Abstr).
13. 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).
14. 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).

15. de Zwart, F. J., Slow, S., Payne, R. J., Lever, M., George, P. M., Gerrard, J. A. 2003. Glycine betaine and glycine betaine analogues in common foods. *Food Chemistry*. 83: 197-204.
16. Fernandez-Figares, 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.
17. Finkelstein, J. D. 1990. Methionine metabolism in mammals. *J. Nutr. Biochem.* 1:228-237.
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. Incharoensakdi A. and Waditee R (2000). Dedradation of glycine betaine by betaine homocysteine methyltransferase in *Aphanothece halophytica*: effect of salt downshock and starvation. *Current Microbiol.* 41: 227-31.
20. 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).
21. Lamark T., Kassen I., Eshoo M. W., Falkenbeg P., McDougall J. and Strom A. R. (1991). *Mol. Microbil.* 5: 1049-64.

22. 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.).
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., Sougthern, L. L., Higbie, A. D., Persica, M. A. and Bidner, T. D. 2001. Effects of betaine on growth, carcass characteristics, 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. Nyyssola A., Reinikainen T. and Leisola M. (2001). Characterization of glycine sarcosine N-methyltransferase and sarcosine dimethylglycine N-methyltransferase. *Appl. Environ Microbiol.* 67(5): 2044-50.
27. 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.
28. Pocard J. A., Vincent N., Boncompagni E., Smith L. T., Poggi M. C. and Le Rudlier D. (1997). *Microbiol.* 143: 1369-79.
29. Rose M. D., Winston F. and Hieter P. (eds)(1990). *Methods in Yeast Ggenetics: A Llaboratory Ccourse Mmanual*, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, NY

30. 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.
31. Singh, S., Aziz MA, Khandelwal, P., Bhat, R. and Bhatnagar R. (2004). The osmoprotectants glycine and its methyl derivatives prevent the thermal inactivation of protective antigen of *Bacillus anthracis*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 316(2): 559-564.
32. 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.
33. Smith, J. W. II., Owen, K. Q., Lohrmann, J. L. 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
34. 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.).
35. Tugnoli V, Reggiani A, Beghelli R, Tomaselli V, Trincherro A, and Tosi MR. (2003). Magnetic resonance spectroscopy and high performance liquid chromatography of neoplastic human renal tissues. *Anticancer Res.* 23(2B):1541-8.
36. Waditee R., Tanaka Y., Aoki, K., Hibino T., Jikuya H., Taakano J.,

- Takabe T. and Takabe T. (2003). Isolation and functional characterization of N-methyltransferases that catalyze betaine synthesis from glycine in a halotolerant photosynthetic organism *Aphanothece*. *J. Biol. Chem.* 278(7): 4932-42.
37. Webel, D. M., McKeith, F. K. and Easter, R. A. 1995. The effects of betaine supplementation on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1): 82 (Abstr).
38. Øverland, 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.